

BASES METODOLÓGICAS

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES ESTRUCTURADAS CON PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO

EVALUACIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE EQUIPAMIENTO



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD**



**Centro Colaborador OPS/OMS para Mitigación de
Desastres en Establecimientos de Salud
Universidad de Chile**

**Ministerio de Salud
División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial
Octubre de 2000**

BASES METODOLÓGICAS

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES ESTRUCTURADAS CON PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO

EVALUACIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE EQUIPAMIENTO

**CENTRO COLABORADOR OPS/OMS PARA MITIGACIÓN DE
DESASTRES EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD
UNIVERSIDAD DE CHILE**

**MINISTERIO DE SALUD
DIVISIÓN DE INVERSIONES Y DESARROLLO DE LA RED ASISTENCIAL**

Santiago, Octubre de 2000

BASES METODOLÓGICAS

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES ESTRUCTURADAS CON PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO

EVALUACIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE EQUIPAMIENTO

| | | |
|-----------------------|---|---|
| Director de Proyecto | : | Rubén Boroschek K. |
| Ingeniero de Proyecto | : | Rodrigo Retamales S. |
| Especialistas | : | Rubén Boroschek K. Rodolfo Saragoni H. Edgar Kausel Ramón Verdugo Sofía Rebolledo Manuel Araneda Víctor Aguila Héctor Díaz |
| Colaboradores | : | Jaime Farías M. Pablo Mata A. Eduardo Muñoz A. Rodrigo Poblete S. M ^a Alejandra Sánchez T. Julio Valenzuela R. |

**CENTRO COLABORADOR OPS/OMS PARA MITIGACIÓN DE
DESASTRES EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD
UNIVERSIDAD DE CHILE**

**MINISTERIO DE SALUD
DIVISIÓN DE INVERSIONES Y DESARROLLO DE LA RED ASISTENCIAL**

Santiago, Octubre de 2000

Agradecimientos:

El Centro Colaborador para la Mitigación de Desastres en Establecimientos de Salud de la OMS/OPS desea agradecer la colaboración prestada por los profesionales del Ministerio de Salud de Chile y del Servicio de Salud de Arica en el desarrollo del presente estudio. En particular, deseamos agradecer la colaboración del Sr. Agustín Gallardo, Ingeniero de la División de Inversiones y Desarrollo de la Red Asistencial del Ministerio de Salud, al Sr. Henry Green, Jefe de Departamento de Recursos Físicos del SSA, al Sr. Enrique Carvalho, Jefe de Unidad de Desarrollo, Control y Gestión del SSA y a la Sra. Ximena Mazzei, Arquitecto del SSA.

Asimismo, deseamos agradecer la colaboración del personal médico, paramédico y administrativo del Hospital Dr. Juan Noé Crevani de Arica, por las facilidades y por el apoyo brindados durante el trabajo en terreno. En particular al Sr. Eduardo Fritis, Director del Hospital y del Servicio de Salud de Arica y al Sr. Marco Gutiérrez, Jefe del Departamento de Servicios Generales del Hospital.

Finalmente, agradecemos al Profesor Maximiliano Astroza Inostroza, con quien iniciamos los estudios de vulnerabilidad hospitalaria en la Universidad de Chile, el apoyo brindado en el desarrollo de esta investigación.

*Rubén Boroschek Krauskopf
Centro Colaborador para la Mitigación de Desastres
en Establecimientos de Salud
Universidad de Chile*

BASES METODOLÓGICAS

EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES ESTRUCTURADAS CON PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO

EVALUACIÓN DE ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS

EVALUACIÓN DE EQUIPAMIENTO

Introducción

Los estudios realizados en diferentes países en relación con los daños causados por los terremotos destructores del presente siglo, evidencia que también el establecimiento hospitalario, se encuentra entre las estructuras principalmente afectadas. Las consecuencias de un sismo en un centro de salud no solo se presentan en el pánico del personal y pacientes o en un daño total o parcial de su estructura, sino también por la pérdida parcial o total de la capacidad de operación del sistema y por lo tanto, de su capacidad de satisfacer y aliviar las necesidades de atención de salud, cuando son mayormente demandadas por la comunidad. Adicionalmente, las restricciones técnicas y económicas típicas del sector, impiden que este se recupere rápidamente a los niveles anteriores y no son extraños los casos de hospitales en que los efectos de un sismo aún se perciben después de 10 años.

Países como Chile, que están expuestos a la ocurrencia frecuente de eventos sísmicos severos en todo su territorio, requieren de una preocupación permanente para reducir al máximo el riesgo del sistema de salud en cada uno de sus componentes y además, poseer una estrategia de operación y apoyo clara y eficaz.

En la experiencia chilena del comportamiento sísmico de hospitales se han presentado casos extremos. Hospitales localizados en zonas de gran destrucción sin daño estructural alguno y daño no estructural menor y por tanto mantenimiento de una adecuada capacidad de operación y casos de daños estructurales severos en zonas de relativo poco efecto sísmico y por tanto una salida de operación y no respuesta a las demandas de la comunidad.

Conscientes de esta situación el Ministerio de Salud de Chile conjuntamente con el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile a través de la Fundación para la Transferencia Tecnológica y con el apoyo del Centro Colaborador de la Organización Mundial de la Salud para la Mitigación de los Desastres en los Establecimientos de Salud, han elaborado una serie de proyectos tendientes a evaluar la vulnerabilidad sísmica de hospitales y a su mitigación.

Como consecuencia de estos estudios, el Ministerio de Salud ha planificado para el año 2000 la continuación de un conjunto de actividades tendientes a establecer y validar las bases conceptuales y los parámetros indispensables para emprender las acciones que es necesario promover para reducir la vulnerabilidad sísmica de los hospitales.

Vulnerabilidad Sísmica de Hospitales.

El tema de la protección sísmica presenta varios aspectos que es conveniente aclarar para entender los objetivos y alcances de este tipo de estudios.

Un estudio de vulnerabilidad sísmica tiene como objetivo establecer el grado de pérdida de un bien o función como resultado de la probable ocurrencia de un evento sísmico. En el caso específico de un hospital la vulnerabilidad puede estar asociada a tres aspectos:

Vulnerabilidad Estructural: que está asociada al daño de elementos de la estructura resistente, es decir vigas, columnas, losas, muros estructurales y fundaciones.

Vulnerabilidad No Estructural: que está asociada al daño de elementos del tipo no estructural, tales como tabiques, fachadas, vidrios, cielos falsos, etc., equipo médico e industrial, y servicios distribuidos (gases, comunicaciones, agua potable, aguas servidas, electricidad, aire acondicionado, etc.).

Vulnerabilidad Organizacional: que está asociada a la organización humana y a su relación con la infraestructura. Esta relación debe considerar los distintos estados de la infraestructura para las diversas situaciones de desastre. Esta vulnerabilidad también se le reconoce como médico-administrativo-arquitectónica.

Adicionalmente, la *Vulnerabilidad Hospitalaria* depende del objetivo que se establezca para el hospital. Estos objetivos pueden ser protección de la operación, protección de la inversión, protección de la vida o una combinación de estos. El alcance u objetivo de la definición de vulnerabilidad para el hospital debe establecerse de acuerdo a las características que tenga el sistema en el cual el establecimiento está inserto a nivel nacional y regional y a la severidad del evento sísmico: frecuente, ocasional, raro o máximo creíble.

Es importante destacar que el Ministerio de Salud de Chile participó y suscribió las Recomendaciones de la Conferencia Internacional sobre Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud, realizada en México en Febrero de 1996. También ha suscrito la “Estrategia y plan de acción para un mundo más seguro” documento resultante de la Conferencia Mundial de Reducción de Desastres, celebrada en Yokohama, Japón en Mayo de 1994. De estos acuerdos el Ministerio de Salud estableció entre otros los siguientes lineamientos estratégicos para su accionar:

“El Ministerio de Salud adhiere al concepto que la prevención y la mitigación de los desastres forman parte integral de los cuidados de la salud.”

“El Ministerio de Salud ha privilegiado dentro de sus políticas, como de alta prioridad sanitaria, social, económica y política, la adopción de medidas para la Mitigación de la Vulnerabilidad Hospitalaria, con el objetivo de disminuir los efectos adversos de los terremotos y de los incendios en las instalaciones de salud.”

“Se considera como punto de partida para las acciones de Mitigación en los edificios existentes, asegurar tras el evento catastrófico, el funcionamiento de las instalaciones de salud en los servicios de atención de urgencia y todos los sistemas que lo apoyan (servicios críticos), de acuerdo a un plan estratégico de emergencia previamente establecido, que asegure la atención en presencia de una masiva afluencia de víctimas”

Como consecuencia de los lineamientos estratégicos, se considera para los edificios hospitalarios nuevos establecer, para situaciones de emergencia por catástrofe sísmica, la norma de diseño y funcionalidad bajo el concepto de protección de la operación, para los establecimientos seleccionados de acuerdo a su importancia y rol dentro de la Red Asistencial local. Además, se considera de gran importancia que estos conceptos sean promovidos en las clínicas y hospitales privados.

Tipología Estructural y Normas de Protección Sísmica en Chile

Chile es el país más sísmico del planeta, motivo por el cual la infraestructura posee un nivel de protección contra terremotos. Esta protección en edificios hospitalarios se ha desarrollado en los primeros 60 años del siglo XX esencialmente mediante el uso de muros estructurales de hormigón armado. Este tipo de estructura presentaba una sobrerresistencia que permitió a muchos de estos hospitales sobrevivir con daño limitado eventos sísmicos severos. El cambio tecnológico en la medicina de inicios de los 70 y nuevos conceptos de arquitectura hospitalaria fueron generando hospitales con estructuras sin muros estructurales, llamadas marcos o pórticos espaciales. Este tipo de estructura, por sus características, requieren para un control del daño de un proceso de diseño y construcción más elaborado y cuidadoso que las estructuras de muros.

Además de comprender los aspectos de estructuración utilizados en hospitales, es importante considerar en todo proceso de evaluación de vulnerabilidad sísmica, los objetivos que se tuvieron al crear y diseñar el hospital y el nivel de conocimiento de la profesión en ese momento. En Chile el primer reglamento de diseño sísmico se genera después de los daños catastróficos producidos por el terremoto de Talca de 1928 y comienzan a regir oficialmente a través de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización el año de 1935. Después de ocurrido el sismo de 1939 en Chillán, se plantean nuevas modificaciones a los aspectos sísmicos de la Ordenanza, los cuales comienzan a regir a partir del año 1949. Esta sufre algunas modificaciones, las cuales se encuentran resumidas en el documento “Versión Ordenada y Actualizada de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanismo” de 1967. Es a partir del año 1972 que se oficializa la primera norma de diseño sísmico propiamente tal, llamada NCh433Of72 “Cálculo Antisísmico de Edificios” y las futuras Ordenanzas hacen referencia a este documento.

Esta Norma ha sido modificada dos veces desde la fecha de oficialización, la primera con un cambio sustancial el año 1993, al incluir la nueva información recogida del terremoto de 1985 en Chile y el avance de la ingeniería sismorresistente a nivel mundial y la segunda con un cambio de importancia el año 1996. Lamentablemente no existen registros de movimiento fuerte en estructuras hospitalarias por terremotos en Chile y por tanto, desde un punto de vista de mitigación y desarrollo de nuevos hospitales, no se poseen los antecedentes suficientes para mejorar en forma efectiva la seguridad de los mismos.

Es importante de destacar que, debido a las deficiencias de información y al nivel de desarrollo de la ingeniería sísmica, los reglamentos y normas de toda esta secuencia adoptaron como objetivo lograr estructuras que, según se puntualiza en la Norma NCh 433 Of96:

- a) Resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad moderada.
- b) Limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad.
- c) Aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa.

Es decir, las normas nacionales (y la mayoría de las normas internacionales) no tienen como objetivo la protección de la operación o la inversión. El objetivo de la normativa vigente es la limitación del daño en sismos menores y la seguridad de las personas durante eventos mayores. Además la normativa vigente actualmente indica que “la conformidad con las disposiciones de estas normas no asegura, en todos los casos, cumplimiento de los objetivos antes mencionados”.

Esto tiene como consecuencia que los hospitales en Chile estén diseñados para proteger la vida y no la operación, la inversión o su recuperación en un plazo razonable y por tanto los estudios de vulnerabilidad deben dejar claro si están orientados a cumplir con la normativa vigente nacional u otro objetivo.

Objetivos y Alcances de Estas Bases Metodológicas

El Ministerio de Salud de Chile, después de los estudios realizados a partir de 1994, se ha comprometido a avanzar en el establecimiento de normas y criterios tendientes a establecer un nivel de protección superior al establecido en la normativa vigente. Dentro de este marco y con los resultados del estudio desarrollado en el año 1995 se concluyó que era necesario desarrollar una guía metodológica para la ejecución de estudios de vulnerabilidad. Esta guía se ha elaborado utilizando como referencia el estudio de detalle de la vulnerabilidad sísmica del Cuerpo I del Hospital Juan Noé Crevani de la ciudad de Arica elaborado por la Universidad de Chile.

El Cuerpo I se encuentra estructurado con marcos de hormigón armado. Este tipo de estructura se comenzó a incorporar en los hospitales de Chile a finales de los años 60, siguiendo una corriente mundial que permitiría una gran flexibilidad en el uso del espacio, pero alejándose de una tradición chilena de edificaciones sismorresistentes basadas principalmente en muros estructurales.

En el período que se incorporaron los hospitales con estructuras de marcos en Chile, estas ya se habían masificado en zonas sísmicas de importancia como es California, EEUU. Lamentablemente después del terremoto de San Fernando en California, en 1971, se encontró que los procedimientos de refuerzo vigente en los códigos eran inadecuados para prevenir el daño severo de las estructuras, lo que produjo una modificación importante en las normativas a finales de la década de los años 70 y que ha seguido cambiando hasta nuestros días.

La construcción de un gran número de edificios de marcos en EEUU y en otras partes del mundo, al igual que en Chile, generó un stock de edificios susceptibles de sufrir un daño mayor al esperado o deseado con las normativas vigentes. Esta situación ha obligado varios países a iniciar un plan estratégico para la evaluación de la vulnerabilidad y el reforzamiento o modificación de uso de muchas de estas estructuras.

En Chile existe un número importante de edificios hospitalarios en esta condición y el Ministerio de Salud de Chile desea revertir y modificar la situación existente.

Para finalizar es importante destacar que en general la protección sísmica de los contenidos que distinguen y permite el funcionamiento de un hospital (elementos arquitectónicos, equipos y líneas vitales) ha sido muy limitada y principalmente dirigida a elementos arquitectónicos.

Este documento presenta una descripción de los procedimientos requeridos para realizar una evaluación de la vulnerabilidad sísmica de sistemas estructurales y no estructurales. Su objetivo

es servir de guía para la gestión, desarrollo y evaluación de proyectos en edificios hospitalarios de gran importancia, en los cuales se ha establecido como criterio de diseño la protección de la operación y el control del daño debido a sismos.

Estas bases metodológicas recogen la experiencia obtenida hasta el momento a nivel nacional y se propone como base para el desarrollo de una metodología de evaluación. Su aplicación en otros proyectos permitirá afinar los aspectos necesarios y así incluir la mayor información posible para que el usuario realice una evaluación rigurosa y contrastable.

Debido a la etapa de su desarrollo, estas bases metodológicas presentan algunos aspectos en forma general y requieren por el momento de un grupo de expertos en cada tema para su desarrollo. Esta situación puede cambiar en el futuro pero es siempre recomendable que las distintas etapas de los estudios sean desarrolladas por personal experto, calificado en el tipo de estudio a realizar y con experiencia en aplicaciones de tipo hospitalario.

Los alcances de las bases metodológicas incluyen lo siguiente:

- Peligro Sísmico.
- Evaluación Geológica y Geotécnica.
- Riesgo Sísmico y Bases de Análisis Sísmico.
- Prospección de Estado Físico.
- Análisis y Evaluación Estructural.
- Análisis y Evaluación No Estructural: tabiques, cielos falsos, equipo industrial y médico (en términos generales).

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| 1.-Metodología para la Prospección Geológica, Geofísica y Geotécnica del Suelo de Fundación..... | 1 |
| 1.1.- Introducción..... | 1 |
| 1.2.- Objetivos y Fases del Estudio Geotécnico..... | 1 |
| 1.3.- Geología y Campaña de Exploración Geotécnica..... | 2 |
| 1.3.1.- Marco Geológico..... | 2 |
| 1.3.2.- Prospección del Terreno..... | 2 |
| 1.3.2.1.- Profundidad de Exploración..... | 2 |
| 1.3.2.2.- Tipo de Exploración..... | 3 |
| 1.3.2.2.1.- Pozos o Calicatas..... | 3 |
| 1.3.2.2.2.- Sondajes..... | 3 |
| 1.3.2.2.3.- Perfil Geosísmico..... | 4 |
| 1.3.3.- Campaña de Exploración Necesaria..... | 4 |
| 1.4.- Ensayos de Caracterización Geotécnica..... | 4 |
| 1.4.1.- Ensayos de Terreno..... | 4 |
| 1.4.2.- Ensayos de Laboratorio..... | 5 |
| 1.5.- Espectro de Respuesta del Terreno..... | 6 |
| 1.6.- Consideraciones de Fundación..... | 7 |
| 1.7.- Plazo Global de Estudio Geotécnico..... | 7 |
| 1.8.- Equipo Profesional..... | 7 |
| 1.9.- Resumen de Actividades y Ensayos Requeridos para la caracterización del Suelo de Fundación..... | 7 |
| 1.10.- Referencias..... | 11 |
| 2.- Metodología para la Evaluación de la Sismicidad y Peligro Sísmico de la Región..... | 12 |
| 2.1.- Introducción..... | 12 |
| 2.2.- Sismotectónica y Sismicidad..... | 12 |
| 2.3.- Catálogo de Sismos..... | 13 |
| 2.4.- Fuentes Sismogénicas..... | 13 |
| 2.5.- Distribución Temporal de los Terremotos..... | 16 |
| 2.6.- Ley de Atenuación..... | 17 |
| 2.7.- Trayectoria Fuente-Sitio..... | 18 |
| 2.8.- Duración del Movimiento Fuerte y Período Predominante..... | 18 |
| 2.9.- Estimación del Peligro Sísmico..... | 18 |
| 2.10.- Duración Global del Estudio de Sismicidad y Peligro Sísmico..... | 21 |
| 2.11.- Requerimientos Profesionales..... | 21 |
| 2.12.- Resumen de Actividades Requeridas para el Estudio de Sismicidad y Peligro Sísmico..... | 22 |
| 2.13.- Referencias..... | 25 |
| 3.- Metodología para la Evaluación del Riesgo Sísmico y Desarrollo del Espectro Local..... | 27 |
| 3.1.- Revisión de Antecedentes Generales..... | 27 |
| 3.2.- Evaluación de Riesgo Sísmico..... | 27 |
| 3.3.- Estimación del Espectro para la Evaluación de la Vulnerabilidad..... | 27 |
| 3.3.1.- Introducción..... | 27 |
| 3.3.2.- Metodología para Estimar Espectros Promedio de Respuesta de Aceleraciones Absolutas..... | 28 |
| 3.4.- Duración Global del Estudio de Riesgo Sísmico..... | 30 |
| 3.5.- Requerimientos Profesionales..... | 30 |
| 3.6.- Resumen de Actividades Requeridas para la Evaluación del Riesgo Sísmico y Desarrollo del Espectro Local..... | 30 |
| 3.7.- Referencias..... | 33 |
| 4.- Metodología para la Prospección y Evaluación del Estado de la Estructura..... | 34 |
| 4.1.- Introducción..... | 34 |
| 4.2.- Plazo Global del estudio..... | 34 |
| 4.3.- Equipo Profesional..... | 34 |
| 4.4.- Resumen de Actividades y Ensayos Requeridos para la Evaluación del Estado Estructural..... | 34 |
| 4.5.- Referencias..... | 44 |

| | |
|---|----|
| 5.- Metodología para la Verificación Estructural de Hospitales..... | 46 |
| 5.1.- Introducción..... | 46 |
| 5.2.- Etapas del Proceso de Evaluación de Vulnerabilidad Estructural..... | 46 |
| 5.2.1.- Cubicación..... | 46 |
| 5.2.2.- Estudio del Detallamiento del Refuerzo Estructural..... | 46 |
| 5.2.3.- Definición de Cargas..... | 47 |
| 5.2.3.1.- Cargas de Peso Propio y Sobrecargas..... | 47 |
| 5.2.3.1.- Solicitación Sísmica..... | 47 |
| 5.2.4.- Determinación de Mecanismos de Falla..... | 48 |
| 5.2.5.- Criterios de Modelación..... | 48 |
| 5.2.5.1.- Criterios Generales..... | 48 |
| 5.2.5.2.- Módulo de Elasticidad del Hormigón..... | 48 |
| 5.2.5.3.- Resistencia del Hormigón..... | 48 |
| 5.2.5.4.- Resistencia del Acero..... | 49 |
| 5.2.6.- Análisis de Esfuerzos y Factores de Utilización..... | 49 |
| 5.2.6.1.- Aspectos Generales..... | 49 |
| 5.2.6.2.- Factores de Reducción de la Resistencia..... | 49 |
| 5.2.6.3.- Factores de Utilización..... | 50 |
| 5.3.- Duración Global del Estudio de Vulnerabilidad Estructural..... | 50 |
| 5.4.- Equipo Profesional..... | 50 |
| 5.5.- Resumen de Actividades Requeridas para la Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural..... | 50 |
| 5.4.- Referencias..... | 58 |
| 6.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Elementos no Estructurales..... | 59 |
| 6.1.- Introducción..... | 59 |
| 6.2.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Tabiques..... | 59 |
| 6.2.1.- Verificación de la Capacidad de Deformación de Tabiques..... | 59 |
| 6.2.2.- Verificación de la Capacidad Resistente de Tabiques..... | 61 |
| 6.3.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Cielos Falsos..... | 61 |
| 6.4.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Equipamiento..... | 62 |
| 6.4.1.- Criterios para el Estudio de Volcamiento de Equipos..... | 62 |
| 6.4.2.- Criterios para el estudio de pernos de anclaje..... | 63 |
| 6.5.- Plazo Global del Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de Elementos no Estructurales..... | 63 |
| 6.6.- Equipo Profesional..... | 64 |
| 6.7.- Resumen de Actividades Requeridas para la Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Elementos no Estructurales..... | 64 |
| 6.8.- Referencias..... | 71 |
| 7.- Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Dr. Juan Noé Crevani de Arica: Un Modelo..... | 72 |

1.-Metodología para la Prospección Geológica, Geofísica y Geotécnica del Suelo de Fundación.

1.1.- Introducción.

En el presente capítulo se presenta la metodología que puede aplicarse en el desarrollo del Estudio Geotécnico asociado a un proyecto hospitalario, el cual en un país de alta sismicidad como Chile, requiere establecer con mayores detalles las características geomecánicas del terreno de fundación.

En este manual metodológico se explica el objetivo de un Estudio Geotécnico para una obra hospitalaria en un área de alta sismicidad y se desarrollan los requisitos que se deben cumplir, explicándose además, los pasos a seguir y los procedimientos técnicos respectivos. Es importante señalar que existen infinitudes de combinaciones de tipos de terrenos y tipos de estructuras, con lo cual es necesario tener en consideración que el presente manual debe ser utilizado como marco referencial, que presenta la condición de borde técnica mínima a satisfacer.

1.2.- Objetivos y Fases del Estudio Geotécnico.

Considerando la importancia estratégica de un centro de salud, es necesario realizar un esfuerzo serio y racional tendiente a investigar y establecer las propiedades geomecánicas del subsuelo de fundación, de forma de asegurar el buen comportamiento del terreno de fundación y además, evaluar el nivel de la acción sísmica que se inducirá en el depósito de suelos y que solicitará a la estructura del hospital emplazada en dicho depósito.

Consecuentemente, es posible indicar que los objetivos del estudio geotécnico son los siguientes:

- Investigar y evaluar las propiedades dinámicas del subsuelo donde se emplaza la estructura del hospital, de forma de estimar el nivel de sollicitación sísmico del sector.
- Investigar y caracterizar las propiedades geomecánicas del terreno de fundación, de forma de diseñar las fundaciones, verificando que frente a una sollicitación sísmica severa, el terreno-fundación no presente deformaciones más allá de las admisibles por la estructura.

El programa de trabajo geotécnico que se recomienda efectuar para satisfacer los objetivos anteriormente indicado puede ser desglosado en las siguientes fases y/o materias:

- Estudio del Marco Geológico del Sector
- Campaña de Exploración Geotécnica
- Ensayos de Caracterización Geomecánica
- Definición del Espectro de Respuesta del Terreno
- Definición del Sello de Fundación, Tipo de Fundación, Capacidad de Soporte del Terreno y Constantes de Balasto.

En los acápite siguientes de este manual metodológico se explica en detalle cada uno de estos puntos.

1.3.- Geología y Campaña de Exploración Geotécnica.

1.3.1.- Marco Geológico.

Se recomienda iniciar la campaña de exploración del terreno de fundación desarrollando primero un estudio geológico de superficie, de manera de definir en forma macro, las condiciones geomorfológicas del sector, identificando y descartando potenciales riesgos de, aluviones, avalanchas, inundaciones y derrumbes. Además, el informe geológico debe contener el análisis de la existencia de potenciales fallas activas en las cercanías del proyecto, que de resultar positivo dicho análisis, debe adicionalmente, establecer la probabilidad de que estas fallas generen sismos importantes. El estudio geológico también debe establecer en forma estimativa los tipos de materiales sedimentarios que constituyen el depósito donde se emplaza el hospital y el orden de magnitud de la profundidad a la cual se desarrolla la roca basal.

1.3.2.- Prospección del Terreno.

Apoyándose en la primera información proporcionada por el informe geológico, se procede a definir la prospección del terreno. La prospección se refiere básicamente a la investigación, auscultación y completa caracterización geotécnica del terreno de fundación de la estructura hospitalaria. Resulta importante destacar que en la práctica resulta imposible conocer geotécnicamente el terreno en un 100%, toda caracterización se apoya en un número limitado de observaciones, prospecciones y ensayos, todo lo cual permite al Ingeniero “razonablemente” conceptualizar geotécnicamente el terreno. Luego, siempre permanecerá un nivel de incertidumbre relativa a las características geotécnicas del sitio de emplazamiento de la estructura hospitalaria, el cual será mayor o menor, de acuerdo a la calidad y densidad de la prospección y a las características geológicas propias del sitio en cuestión.

En la definición de una prospección de terreno de fundación, se necesitan establecer y decidir al menos dos importantes variables:

- Profundidad a explorar y
- Tipo de exploración a realizar.

La profundidad a explorar se puede separar en dos: una asociada a la prospección del terreno comprometido con la estabilidad de las fundaciones, tanto desde un punto de vista resistencia como deformabilidad y otra, de mayor magnitud, orientada a establecer la secuencia de los estratos de suelo en profundidad que controlan la respuesta sísmica del terreno en superficie.

Por otra parte, el tipo de exploración depende básicamente de: profundidad a explorar, tipo de suelo presente y ubicación del nivel freático.

1.3.2.1.- Profundidad de Exploración.

Dada la variedad de tipos de estructuras y condiciones posibles de encontrar en un terreno de fundación, resulta difícil entregar valores específicos de la profundidad de exploración sin correr el riesgo que para algún caso, dicho valor sea incorrecto. Por ejemplo, en un extremo están depósitos de suelos blandos de significativo espesor, donde la solución de fundación más aconsejable pueden ser pilotes y en cuyo caso la profundidad de exploración puede ser mayor a 40

metros, la cual en definitiva depende principalmente del espesor del terreno blando. En el otro extremo se puede citar el caso de suelos gravosos densos y homogéneos, donde la profundidad de exploración no necesita superar los 3 metros, por debajo del sello de piso del subterráneo más profundo.

Como lineamiento es posible señalar que la profundidad de exploración asociada al diseño de las fundaciones de la estructura debe ser igual, o superior, a 4 veces el ancho menor de la mayor de las fundaciones y además, siempre mayor a 3 metros. En el caso de existir subterráneos, la profundidad antes indicada es medida a partir desde el piso del subterráneo, lo cual implica que la profundidad total de prospección es la suma de la profundidad del subterráneo más la de exploración propiamente tal.

Como inicialmente no se conoce el terreno, la información de las dimensiones de la fundación tampoco se conoce, luego, resulta necesario tener una primera estimación del terreno, la cual es posible de establecer en base a geología de superficie y/o a través de estudios de Mecánica de Suelos de proyectos en las inmediaciones.

De suma importancia es que una vez terminado el proyecto se verifique que se cumple que la profundidad explorada y caracterizada geotécnicamente sea igual o superior a la involucrada en la estabilidad del sistema de fundación adoptado.

1.3.2.2.- Tipo de Exploración.

Dependiendo principalmente de la profundidad a explorar y de las condiciones del terreno, pueden ser usados diferentes tipos de exploración, o combinación de estos. Las principales formas de exploración son a través de los siguientes métodos:

1.3.2.2.1.- Pozos o Calicatas.

Para un terreno con un nivel freático profundo, tal que no se presenta dentro de la profundidad de exploración, se puede realizar una investigación del subsuelo en base a pozos (calicatas), los cuales pueden excepcionalmente llegar a profundidades de 30 o más metros. Sin embargo, por razones económicas y de seguridad, lo habitual es que los pozos de exploración no superen los 10 a 12 metros de profundidad. La gran ventaja de los pozos, o calicatas, radica en el hecho de poder observar directamente el terreno presente y expuesto en las paredes del pozo. También, es posible la toma de muestra “inalterada” en los estratos de suelo que se estime conveniente y adicionalmente, realizar mediciones de densidad in-situ para evaluar el nivel de densificación de los distintos estratos del subsuelo investigado.

1.3.2.2.2.- Sondajes.

Para situaciones en las que se necesita explorar profundidades mayores a 10 – 15 metros y/o frente a una condición de terreno suelto y napa de agua superficial, en general, resulta apropiado el uso de sondajes geotécnicos a rotación con toma de muestra y ensayos de penetración estándar (SPT). Adicionalmente, es recomendable la toma de muestra “inalterada” a través de la penetración a presión de tubos Shelby. La gran ventaja de los sondajes es que permiten a cualquier profundidad deseada, observar el subsuelo extraído y la ejecución de ensayos de caracterización.

1.3.2.2.3.- Perfil Geosísmico.

Posee la ventaja de poder cubrir una gran extensión, tanto en distancia horizontal como en profundidad, y de tener un costo muy inferior al de los sondajes. Además, es de gran utilidad para estimar la profundidad de la roca basal, o de los estratos de suelos cementados. La desventaja es que es una medida indirecta y su interpretación se apoya en la hipótesis de aumento de velocidades de propagación de ondas de compresión con la profundidad, condición que podrían no ser satisfecha, generando siempre un cierto nivel de duda. Además, los resultados que se obtienen son básicamente velocidades de propagación de onda, la cual no es información suficiente para caracterizar mecánicamente el terreno de fundación.

1.3.3.- Campaña de Exploración Necesaria

Una racional y óptima campaña de exploración puede ser lograda mediante la ejecución de perfiles sísmicos y sondajes, de forma de cruzar información, optimizando así la ubicación y profundidad de los sondajes. Adicionalmente, resulta conveniente la ejecución de calicatas de exploración de forma de caracterizar en forma más detallada los primeros metros superficiales del terreno de fundación. Se recomienda al menos la siguiente exploración:

- 3 sondajes a rotación, con un total de 100 metros lineales de perforación.
- 2 perfiles geosísmicos de 200 metros de largo cada uno. Capaces de investigar a lo menos 50 metros de profundidad.
- 5 pozos de 6 a 10 metros de profundidad.

En los sondajes y calicata se deberá realizar una descripción estratigráfica detallada de los materiales observados en las muestras y paredes, respectivamente.

1.4.- Ensayos de Caracterización Geotécnica.

Para determinar las características de deformabilidad y resistencia del terreno de fundación, resulta necesaria la ejecución de ensayos, tanto de laboratorio como de terreno. Estos últimos presentan la ventaja de que la estructura natural del terreno no es alterada y se logra, en general, una mejor representatividad del material ensayado. Por otra parte, los ensayos de laboratorio permiten un mejor control de las distintas variables que intervienen en la respuesta mecánica de una masa de suelos. Consecuentemente, es recomendable la ejecución complementaria de ensayos de terreno y de laboratorio.

1.4.1.- Ensayos de Terreno.

En los sondajes se deben ejecutar ensayos de penetración SPT cada 1 metro de profundidad, o en su defecto donde sea posible, es decir en todos aquellos estratos de suelos arenosos, limosos y arcillosos. Adicionalmente, se recomienda la ejecución de ensayos de propagación de ondas del tipo Cross-Hole y Down-Hole, con el objeto de determinar el perfil de velocidad de ondas de corte del terreno explorado.

En caso de ser factible la ejecución de calicatas, en estas se deberán realizar ensayos de densidad in-situ y toma de muestras para ensayos de compactación Proctor Modificado y/o

Densidades Máximas y Mínimas, según proceda. De este modo se deberá informar el Grado de Compactación del terreno natural y/o la Densidad Relativa de éste.

Dependiendo de los materiales encontrados en la prospección, es posible optar por la ejecución de ensayos de placa de carga. Este tipo de ensayo permite estimar deformabilidad y resistencia del terreno, pero debe ser ejecutado una vez que se conoce el perfil estratigráfico del subsuelo, con el objeto de realizar dicho ensayo sobre el estrato más débil.

1.4.2.- Ensayos de Laboratorio.

En relación a los ensayos de laboratorio, lo primero y básico es la ejecución de ensayos de clasificación (granulometría, límite de Atterberg, densidad de los sólidos y humedad natural) sobre todas las muestras extraídas de los distintos estratos presentes en el subsuelo y observados a través de la exploración con calicatas y/o sondajes.

Para evaluar la resistencia de los materiales comprometidos, se recomienda recurrir a ensayos triaxiales CIU cuando se esté en presencia de suelos con un tamaño máximo de partícula menor a 1". Esto debido a que el diámetro más grande de probeta disponible hoy en día en Chile (año 2000) es de 15 cm y se recomienda utilizar un tamaño máximo de partículas nunca superior a 1/6 del diámetro de las probetas. Si el porcentaje de material sobre una 1" es, digamos, inferior a un 20% en peso, se podría cortar el material en 1" y ensayar el material remanente bajo 1". Evidentemente, los resultados obtenidos serán una aproximación a los valores del material integral. En lo posible se deberán ejecutar los ensayos en muestras del tipo "inalterada", de no ser posible de deberán utilizar muestras recompactadas a la densidad observada in-situ.

Se deberá tener especial atención en establecer cual resistencia gobierna la respuesta del terreno: drenada, o no-drenada. El informe geotécnico deberá en forma clara y explícita explicar cual condición de carga es la más desfavorable y en consecuencia establecer los parámetros de resistencia al corte correspondientes.

Para materiales más gruesos una posibilidad es la construcción in-situ de un bloque de suelo y romperlo mediante la aplicación de carga lateral, movilizand o la resistencia pasiva de éste.

De encontrarse suelos finos del tipo limoso, o arcilloso, se deberán ejecutar ensayos de consolidación hasta una presión vertical que permita claramente evaluar el índice de compresibilidad, C_c , y la presión de pre-consolidación del depósito de suelo fino.

De encontrarse suelos arenosos saturados, o con la posibilidad de saturarse, se deberá realizar un detallado análisis de licuación, siguiendo procedimientos simplificados como el propuesto por Seed y colaboradores (Seed et al, 1971) y análisis dinámico en tensiones efectivas, ver por ejemplo Finn, 1991. Los parámetros del suelo deberán evaluarse desde ensayos SPT y triaxiales cíclicos, estos últimos en lo posible en base a probetas de muestras "inalterada".

De encontrarse suelo bajo malla # 4, es posible reemplazar las mediciones de velocidad de ondas de corte in-situ, por mediciones realizadas en laboratorio mediante pruebas con "bender elements" (Dyvik et al, 1985) a diferentes presiones de confinamiento.

1.5.- Espectro de Respuesta del Terreno.

Para estimar el espectro de respuesta del terreno de fundación, en una primera aproximación, se debe utilizar la proposición que presenta la Norma Chilena para el diseño sísmico de edificios (NCh 433.Of96). Para la utilización de esta norma se debe caracterizar el terreno de fundación de acuerdo a los parámetros y sistema descritos en la Tabla No.1.

El resultado obtenido utilizando la norma Chilena NCh 433.Of96, deberá ser contrastado con un análisis más elaborado, considerando los parámetros dinámicos del terreno de fundación y aplicando un análisis de respuesta sísmica. Este análisis puede ser, por ejemplo, del tipo propagación de ondas con propiedades no-lineales manejadas a través del método lineal equivalente, como el implementado en el programa SHAKE (Schnabel et al, 1972), o vía elementos finitos como el implementado en el código computacional QUAD-4 (Idriss et al, 1973).

El espectro de respuesta a utilizar (Norma Chilena v/s análisis dinámico) se recomienda sea el más restrictivo para la estructura.

Tabla 1.1. Definición de los tipos de suelos de fundación.

| Tipo de Suelo | Descripción |
|---------------|---|
| I | Roca: material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ igual o mayor que 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 Mpa y RQD igual o mayor que 50%. |
| II | <p>a) Suelo con v_s, igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien,</p> <p>b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 kN/m³, o índice de densidad ID(DR) (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien,</p> <p>c) Arena densa, con ID (DR) mayor que 75%, o Índice de Penetración Estándar N mayor que 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 Mpa), o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor Modificado, o bien,</p> <p>d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado S_u igual o mayor que 0.10 Mpa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0,20 Mpa) en probetas sin fisuras.</p> <p>En todo los casos, las condiciones indicadas deberán cumplirse independientemente de la posición del nivel freático y el espesor mínimo del estrato debe ser 20 m. Si el espesor sobre la roca es menor que 20 m, el suelo se clasificará como tipo I.</p> |
| III | <p>a) Arena permanentemente no saturada, con ID(DR) entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 Mpa); o bien,</p> <p>b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien,</p> <p>c) Suelo cohesivo con S_u comprendido entre 0,025 y 0,10 Mpa (q_u entre 0,05 y 0,20 Mpa) independientemente del nivel freático, o bien,</p> <p>d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 Mpa).</p> <p>Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo II.</p> |
| IV | <p>Suelo cohesivo saturado con S_u igual o menor que 0,025 Mpa (q_u igual o menor que 0,050 Mpa).</p> <p>Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre suelo correspondiente a algunos de los tipos I, II o III es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo III.</p> |

1.6.- Consideraciones de Fundación.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la exploración y caracterización geotécnica del terreno de fundación, se definirá el sello de fundación y el tipo de fundación más recomendable, que básicamente pueden corresponder a fundación directa, o fundación profunda vía pilotes. La determinación de uno, u otro sistema de fundación depende de la capacidad de soporte del terreno y la profundidad del terreno apto como suelo de fundación.

La capacidad de soporte para fundación directa se establecerá en base a las expresiones propuestas para este efecto por Terzaghi, o Meryerhof (Bowles, 1996). Por otra parte, de proyectarse pilotes, la capacidad de soporte de estos será evaluada siguiendo la metodología propuesta por la ASCE (1993).

El informe geotécnico deberá proporcionar las constantes de balastos estáticas y sísmicas, para las cuales se deberá explicitar la información de terreno y/o laboratorio utilizada en su determinación.

1.7.- Plazo Global de Estudio Geotécnico.

En términos generales es posible señalar que el tiempo global utilizado en el desarrollo de un estudio geotécnico para un proyecto hospitalario, puede variar de 2 a 4 meses. De encontrarse terrenos difíciles como: depósitos profundos de suelos finos blandos, o arenas sueltas saturadas, o arcillas expansivas, o limos colapsables, entre otros, un estudio completo con análisis de alternativas de fundación, puede tender a una duración de 4 meses. Por otro lado, en caso de suelos gravosos densos y homogéneos, la duración del estudio geotécnico, incluyendo solución de fundación, tendería a los 2 meses de duración.

1.8.- Equipo Profesional.

El grupo de profesionales necesarios (mínimo) para desarrollar la Mecánica de Suelos asociada al emplazamiento de una estructura de hospital consiste en:

- Jefe de Proyecto. Debe ser un Ingeniero Civil con más de 10 años de experiencia acreditada en proyectos de Geotecnia.
- Ingenieros de Proyecto. Deben de haber al menos dos Ingenieros Civiles con al menos 5 años de experiencia acreditada en proyectos de Geotecnia.
- Laboratorio Acreditado. Todos los ensayos de terreno y laboratorio y los sondajes, deben ser realizados por un laboratorio geotécnico acreditado como tal frente a algún organismo estatal.

1.9.- Resumen de Actividades y Ensayos Requeridos para la caracterización del Suelo de Fundación.

En los cuadros que a continuación se presenta se resumen los ensayos requeridos para caracterizar el suelo de fundación. Se indican además las normas y documentos que pueden ser considerados como referencia y los objetivos y resultados de cada ensayo.

| Geología | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------|--|
| Ensayo | Norma de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número mínimo de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales | Resultados |
| 1. Evaluación de peligros geológicos | Tilling, R.I. Short course in Geology: Volume 1. Volcanic Hazards: American Geophysical Union, Washington, D.C., 1989 O'Riordan . Environmental science for environmental management. 2° edition. Prentice Hall, 2000. Howard, A. Y Remson, I. Geology in environmental planning. McGraw-Hill, Inc,1978. | Definir marco geológico. Analizar potenciales peligros de avalancha, erupciones volcánicas, aluviones, derrumbes y existencia de fallas activas | | [0-7] días | Profesional | Definición de marco y peligro geológico. |
| 2. RQD | RQD, Método de recuperación modificada. Departamento de Obras Civiles, Universidad de Chile. Engineering classification of in-situ rock. Don Deere, University of Illinois, 1969. | Evaluar nivel de agrietamiento. | 1 por sondaje | 0.5 días | Profesional | Calificación del material. |

| Geotécnia | | | | | | |
|----------------------|--|---|---------------------------|--------------------------|------------------------------|--|
| Ensayo | Norma de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número mínimo de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales | Resultados |
| 1. Calicatas | ASTM D2488: "Practice for Description and Identification of Soils" | Caracterizar y conceptualizar geotécnicamente los estratos del suelo de fundación. La ventaja del método radica en que se puede inspeccionar directamente la estratigrafía del suelo de fundación, en una profundidad de hasta 12 metros aprox. | [3-12] | [3-30] días | No Técnico | Pozo de Exploración [0-15] metros |
| 2. Sondajes | ASTM D1587-94: "Standard Practice for thin-walled tube geotechnical sampling soils" | Caracterizar el suelo de fundación en una profundidad mayor a la que se puede alcanzar con una calicata. El método permite prospectar suelos de baja cohesión o con presencia de napa freática. | [0-4] | [1-20] días | Técnico-Profesional | Perforación de exploración [0-100] metros |
| 3. Perfil geosísmico | Documento referencial: Baja M. Das, Fundamentals of soils Dynamics Elsevier Science Publishing Co. ISBN0 444-00705-9 | Determinar las velocidades de propagación de ondas y espesores de los distintos estratos del suelo de fundación. La ventaja del método radica en un costo muy inferior al de los sondajes, pudiéndose abarcar grandes extensiones y alcanzar profundidades mayores. | [1-4] | [1-3] días | Profesional | Perfil de velocidades de ondas de compresión [0-80] metros |

| Geotécnia | | | | | | |
|--|--|---|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|---|
| Ensayo | Norma de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número mínimo de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales | Resultados |
| 4. Extracción de muestras inalteradas | ASTM D420: "Guide for Investigating and Sampling Soil and Rock" | Extraer muestras de suelo inalteradas para realizar ensayos de laboratorio que permitan caracterizar el suelo de fundación. Los ensayos a realizar son: granulometría, contenido de finos, humedad natural, consolidación, CIU, índices de plasticidad, clasificación, entre otros. | [0-10] | [0-5] días | Técnico-Profesional | Muestras |
| 5. Cross-Hole y Down-Hole | Crosshole: ASTM D4428-91(1995): "Standard Test Methods for Crosshole Seismic Testing" | Determinar el perfil de velocidades de propagación de ondas de corte en el suelo de fundación. | Cada [1-5] metros de sondaje | Idem sondajes | Técnico-Profesional | Perfil de velocidades de ondas de corte |
| 6. Penetración estándar SPT | ASTM D1586: "Standard Test Method for Penetration Test and split-barrel sampling of soils" | Evaluar la resistencia a la penetración. Establecer tipo de suelo de fundación, según tabla 4.2 de NCh433 Of96. | 1 por cada [1-5] metros de sondaje | [1-20] días | Técnico | Índice de penetración (N) |
| 7. CPT | ASTM D3441-94: "Method for Deep, Quasi-Static, Cone and Friction – Cone Penetration Test of Soil" | Evaluar la resistencia a la penetración y de fuste. | Continuo en estrato de suelo. | [1-2] día por perforación. | Técnico-Profesional | Resistencia de punta y fuste |
| 8. Densidad in Situ | ASTM D1556-90(1996): "Standard Test Method for Density and Unit weight of soil in Place by the Sand-Cone Method" | Determinar el grado de compactación del suelo de fundación. Determinar el potencial de densificación del suelo frente a una acción sísmica. | 3 por calicata | 0.5 días por calicata | Técnico | Densidad natural, Peso unitario seco (γ) |
| 9. Proctor modificado y/o densidades máximas y mínimas | Proctor Modificado: ASTM D1557-91: "Standard Test Method for Laboratory Compaction characteristics of Soil using Modified Effort". Densidad Máxima: ASTM D4253-91 (1996): "Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table" Densidad Mínima: ASTM D2454-91 (1996): "Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and calculation of relative density" | Determinar el grado de compactación o densidad relativa. | 1 por calicata | 2 días por proctor | Técnico | Densidad máxima Densidad mínima |
| 10. Placa de carga | Ensayo de Placa de Carga AASHTO T222-81 (1993): "Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soils and Flexible Pavement Components, for use in Evaluation and design of Airport and Highway Pavements" | Establecer la relación entre deformabilidad y carga en el terreno. | [0-3] | 4 días por placa | Técnico-Profesional | Constante de Balasto |
| 11. Consolidación | ASTM D2435: "One dimensional Consolidation Properties of Soils" | Determinar coeficiente de consolidación como medida del grado de compresibilidad de la muestra. | [0-5] | 5 días por muestra | Técnico | Coeficientes de consolidación y compresibilidad |

| Geotécnia | | | | | | |
|-----------------------------|--|---|---|---------------------------------|------------------------------|---|
| Ensayo | Norma de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número mínimo de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales | Resultados |
| 12. Triaxial CIU | ASTM D4767: "Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils". | Evaluar la capacidad de soporte del estrato. | [0-5] | 1 semana por serie (3 probetas) | Técnico-Profesional | Angulo de fricción interna (ϕ) Cohesión (c) Resistencia no drenada (S_u) |
| 13. Clasificación de Suelos | Granulometría ASTM D422: "Standard Test Method for Practice – Size Analysis of Soils" ASTM D2487: "Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (USCS)" | Gradación de los tamaños de partículas. (Clasificación del suelo de fundación). | [4-7] por sondaje [2-5] por calicata | ([*]) | Técnico | |
| | Granulometría de los finos ASTM D421-85: "Standard Practice for Dry Preparation of soil Samples for particle size Analysis and Determination of soil Constants" ASTM D422-63: "Standard Test Method for particle Size Analysis of Soils" | | [0-1] por sondaje [0-1] por calicata | ([*]) | Técnico | Porcentaje de finos |
| | Contenido de humedad ASTM D2216: "Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock" | Determinar la humedad natural del suelo de fundación. | Idem granulometría | ([*]) | Técnico | Humedad natural (w_c) |
| | Indices de Atterberg ASTM D4318: "Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils" | Clasificación del suelo de fundación. | Idem granulometría | ([*]) | Técnico | Límite líquido (LL) Límite plástico (LP) Índice de plasticidad (IP) |
| | Peso específico ASTM D854-92: "Standard Test Method for Specific Gravity of Soils" ASTM C127-93 "Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate" ASTM D4753-95: "Standard Specification for Evaluating, Selecting and Specifying Balances and Scales for use in soil, rock, and Construction Materials Testing" | Clasificación del suelo de fundación. | Idem granulometría | ([*]) | Técnico | Peso unitario (γ_d) |

(^{*}) Los ensayos requeridos para la clasificación del suelo de fundación tienen una duración global de 2 días por muestra.

1.10.- Referencias.

1. ASCE, (1993): “Design of pile foundations”, Technical Engineering and Design Guides as Adapter from the US Army Corps of Engineers, No.1.
2. NCh 433.Of96 (1996): “Diseño Sísmico de Edificios”, Instituto Nacional de Normalización.
3. Bowles J. (1996): Foundation Analysis and Design. Fifth edition. McGraw-Hill.
4. Das, B. (1993): “Principles of Soil Dynamics” PWS-KENT Publishing Company.
5. Dyvik, R. and Madshus, C. (1985): “Lab measurements of Gmax using bender elements”, ASCE, Advances in the art of testing soils under cyclic conditions, Detroit, U.S.A. pp. 186-196.
6. Finn, W. (1991): “Assesment of liquefaction potential and post-liquefaction behavior of earth structures: Developments 1981-1991 (state of the art paper)”, 2nd International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamic, St. Louis. U.S.A. Vol. 3, pp. 1833-1850.
7. Idriss, I., Lysmer, J., Hwang, R. and Seed, H. “QUAD-4, A Computer Program for Evaluating the Seismic Response of Soil Structure by Variable Damping Finite Element Procedures”, Report EERC No. 73-16, 1973.
8. Schnabel, P., Lysmer, J. and Seed, H. “SHAKE A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites”, Report EERC, No. 72-12, 1972.
9. Seed, H., and Idriss, I. (1971): “Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential”, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 107, No.SM9, pp. 1249-1274.

2.- Metodología para la Evaluación de la Sismicidad y Peligro Sísmico de la Región.

2.1.- Introducción.

El objetivo principal de este capítulo es desarrollar una metodología para proveer la información necesaria destinada a facilitar la estimación de la peligrosidad sísmica. Esto implica describir los efectos de sismos locales y regionales en términos útiles para ingenieros, como por ejemplo las características de los movimientos fuertes que puede experimentar el suelo en un emplazamiento particular en un período dado de tiempo generalmente ligado a la vida útil de la obra civil en cuestión.

Los movimientos fuertes pueden ser expresados mediante diferentes parámetros tales como: intensidad macrosísmica I , aceleración máxima PGA , velocidad máxima PGV y desplazamiento máximo PGD del suelo. Otros parámetros que pueden especificarse son: duración, frecuencia predominante del movimiento y valor medio cuadrático, entre otros.

Los movimientos fuertes en un sitio o emplazamiento son el resultado de una serie de factores que intervienen, tales como características de la fuente (sismo), medio y distancia de propagación, y particularidades del suelo de emplazamiento. Para la estimación del peligro sísmico se requiere entonces de un análisis detallado de la sismotectónica y nivel de sismicidad del lugar, especificación de las fuentes sismogénicas involucradas, magnitudes de Richter máximas probables, frecuencia de ocurrencia de sismos en función de la magnitud, atenuación de los movimientos fuertes en función de la distancia y magnitud de Richter, características del lugar de emplazamiento, mecanismos focales asociados a los mayores sismos, sismicidad histórica y efectos de sitio.

2.2.- Sismotectónica y Sismicidad.

La generación de sismos está íntimamente ligada a los procesos geológicos y geofísicos de la tectónica global de placas (Ver Figura 2.1). La cáscara superficial de la tierra o litósfera está constituida de grandes casquetes esféricos o placas de unos 80 km. de espesor que cubren la totalidad de la superficie terrestre. Las placas se mueven horizontalmente en relación a placas contiguas sobre un material más plástico, la astenósfera. La velocidad relativa entre placas es del orden de centímetros por año. Los sismos ocurren en su mayor parte en la zona de contacto entre placas tectónicas. El movimiento relativo puede ser de convergencia y subducción, de divergencia y creación de nueva litósfera, y de movimiento paralelo al contacto entre placas (fallas transformadas). A lo largo de la costa pacífica de Sudamérica el proceso principal es de convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana a una velocidad de unos 10 cm/año, provocando la subducción de Nazca bajo Sudamérica a lo largo de un plano de contacto, el plano de Benioff. En la costa oeste de América del Norte el movimiento relativo es paralelo al contacto entre la placa pacífico y la placa Norteamérica (falla de San Andrés). La placa continental se mueve hacia el sur en relación a la placa oceánica produciendo principalmente sismos de rumbo, como el terremoto de San Francisco de 1906. Cada uno de estos escenarios generan sismos de mecanismos, magnitud y frecuencia diferentes.

Es por lo tanto de gran importancia en un estudio de peligro sísmico la descripción del marco sismotectónico causante de los terremotos y sismos que ocurren en torno al sitio en estudio.

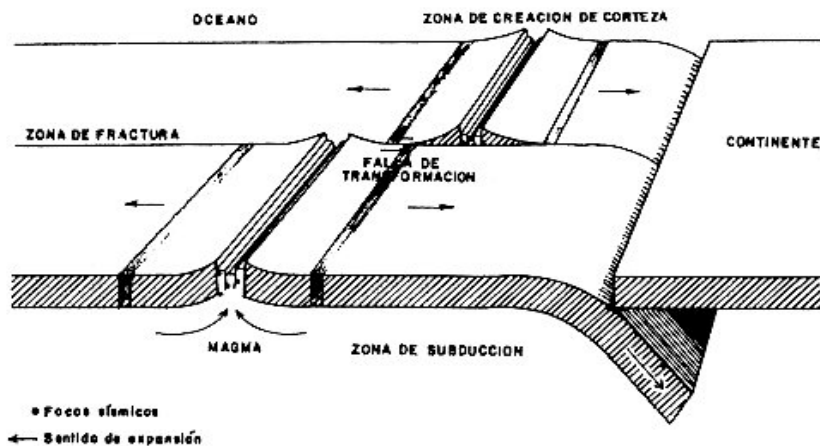


Figura 2.1. Tectónica de placas.

2.3.- Catálogo de Sismos

Para el estudio sismotéctónico se requiere preparar un Catálogo de Sismos que contenga datos de sismos históricos (anteriores 1900) y datos sísmicos instrumentales (posteriores a 1900). El catálogo debe incluir fecha de ocurrencia, coordenadas geográficas epicentrales, profundidad de foco, magnitud de Richter (M_s o m_b) y/o magnitud de momento sísmico M_w (Ver Figura 2.2).

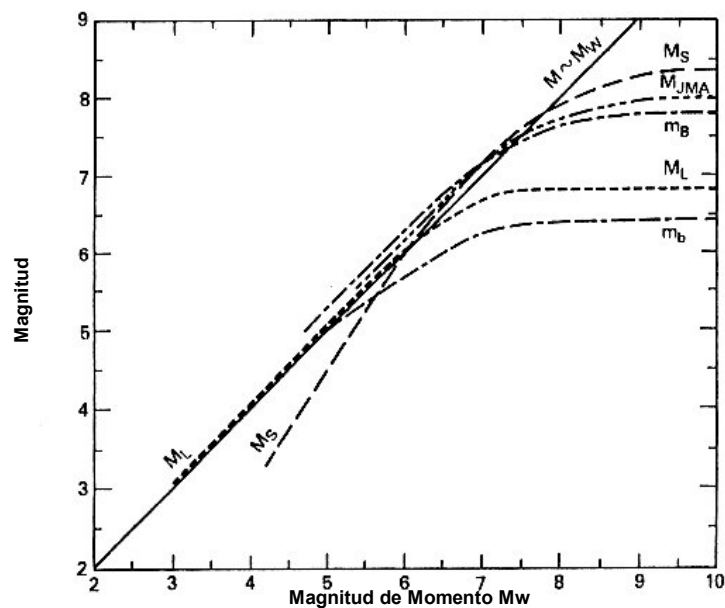


Figura 2.2. Comparación entre Magnitud de Momentos (M_w) con otras escalas de magnitud (según Heaton, Tajima y Mori, 1986)

2.4.- Fuentes Sismogénicas.

Los sismos que ocurren a lo largo del plano de Benioff en una zona de subducción o a lo largo de una falla transformada (ejemplo falla de San Andrés), o en general a lo largo del plano de contacto entre dos placas, se denominan sismos interplaca. La mayor parte de los grandes sismos son de este tipo. Aquellos sismos que ocurren al interior de una placa se denominan sismos

intraplaca. En general, los sismos tectónicos están de una u otra manera ligados a una falla. Sin embargo, no todas las fallas son activas y por lo tanto generadoras de peligro. Fallas inactivas sólo indican posible sismicidad en el pasado. No hay consenso en la definición de “falla activa” por lo que generalmente se prefiere hacer uso del término “falla capaz”, definida como aquella falla que exhibe uno o más de los siguientes atributos:

- Movimiento al menos una vez dentro de los últimos 10.000 años (holoceno).
- Microsismicidad determinada instrumentalmente y que demuestra relación directa con la falla.
- Relación estructural con una falla definida como capaz, tal que el movimiento en una falla pueda producir movimiento en la otra.

Para los efectos prácticos de un estudio de peligro sísmico, se define como fuente sismogénica aquella línea, zona o volumen geográfico que tenga similitudes geológicas, geofísicas y sísmicas tales que se pueda considerar que posee un potencial sísmico homogéneo en toda la fuente, es decir, en las que el proceso de generación y recurrencia de sismos es espacial y temporalmente homogéneo. La definición de fuente sismogénica y su demarcación suele ser bastante subjetiva, sin embargo es de gran importancia para estudios cuantitativos de peligro sísmico. Al menos las siguientes particularidades deben ser definidas para caracterizar una fuente sismogénica: magnitud máxima probable y relación frecuencia-magnitud.

La magnitud máxima se establece a partir de datos históricos, longitud o superficie máxima de falla deducida de antecedentes geológicos, geofísicos y tectónicos, desplazamientos máximos obtenidos de estudios geológicos de detalle, paleosismicidad, velocidad relativa de placas tectónicas, etc. Una serie de expresiones empíricas permiten relacionar los parámetros indicados con la magnitud máxima (Ver Figura 2.3). Kausel y Ramírez (1992) determinaron relaciones entre parámetros instrumentales y macrosísmicos para grandes terremotos chilenos. Ejemplos de sismos históricos pueden encontrarse en Kausel 1986 y en la Figura 2.4.

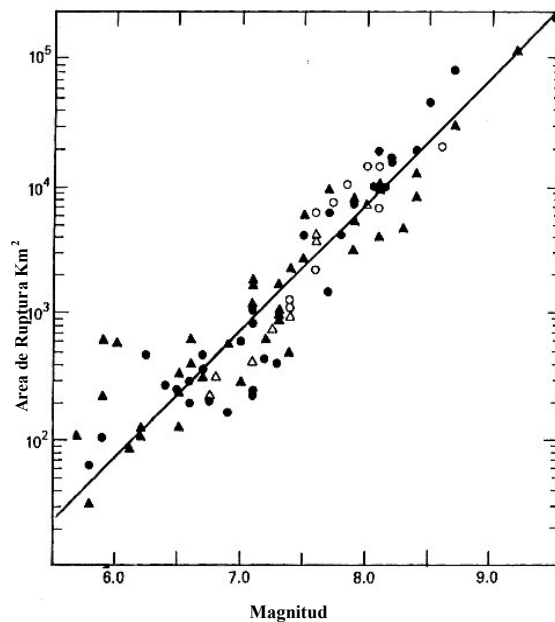


Figura 2.3. Área de Ruptura v/s Magnitud (adaptado de Wyss, 1979)

La relación de recurrencia para una fuente sismogénica se expresa haciendo uso de la relación frecuencia-magnitud de Gutenberg y Richter (1944).

$$\text{Log } N = a - bM$$

donde N es el número de sismos con magnitud igual o mayor que M y (a, b) son constantes representativas de la fuente sismogénica. El valor de a representa la actividad sísmica, o sea el número total de sismos mayores que $M = 0$. El valor de b indica la proporción de sismos grandes y chicos. El valor de b varía entre 0.5 y 1.5. Un valor pequeño de b indica un alto número de sismos grandes respecto a los chicos. Comúnmente se observa que valores grandes de b están relacionados con fuentes sismogénicas intraplacas. Fuentes interplacas generalmente muestran valores de b menores que uno.

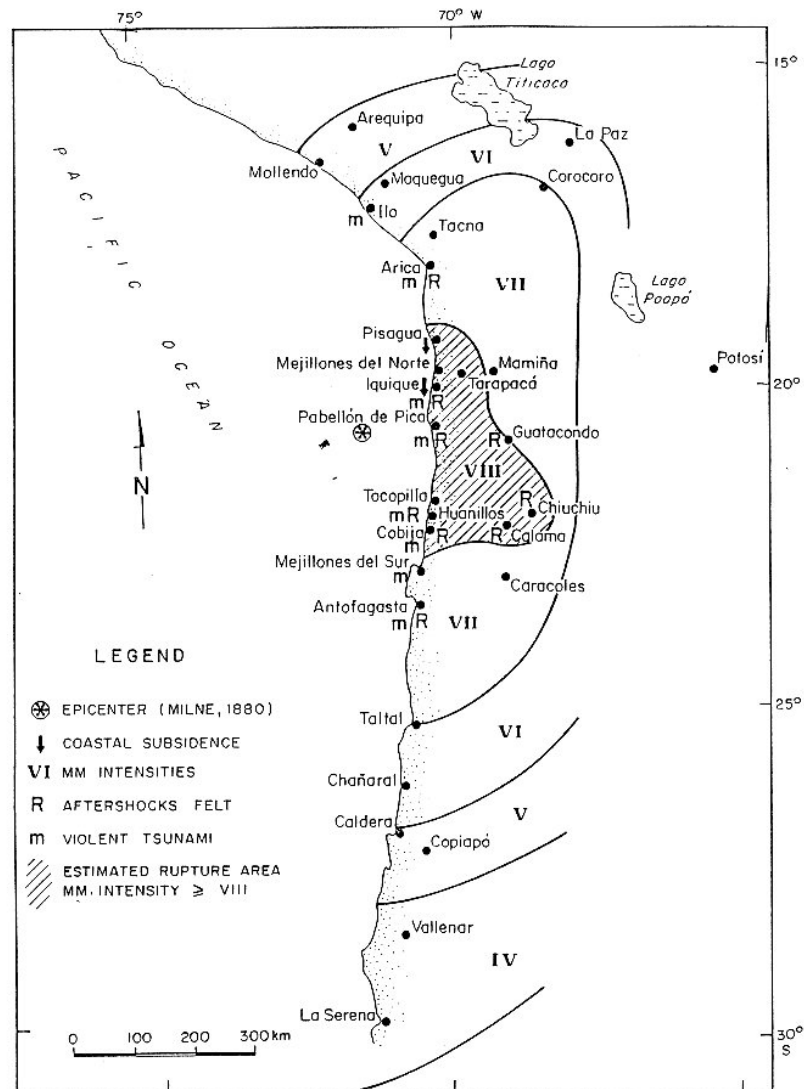


Figura 2.4. Terremoto de Iquique 1877 (de Kausel, 1986).

La relación de Gutenberg y Richter para una fuente sismogénica dada puede obtenerse a partir del catálogo de sismos, graficando $\text{Log } N$ v/s M . La línea recta obtenida por regresión define $-b$ como su inclinación (ver Figura 2.5).

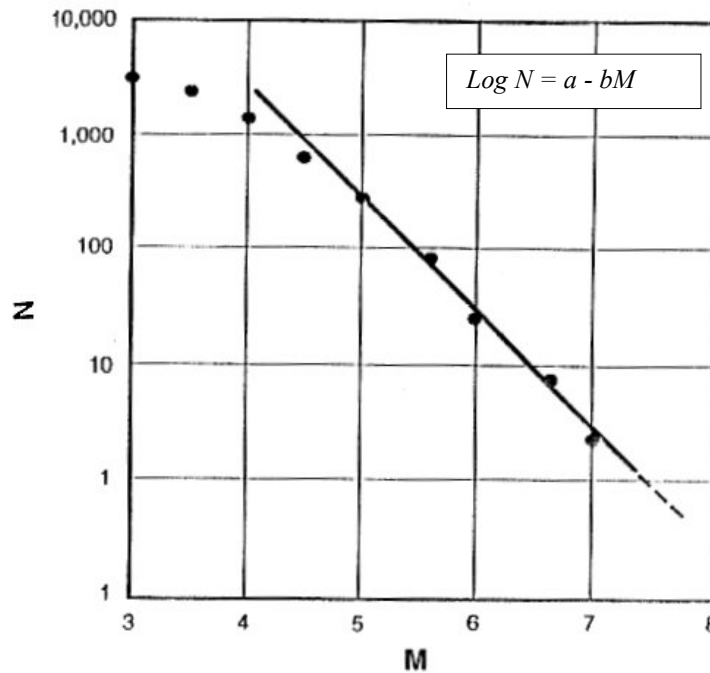


Figura 2.5. Curva de recurrencia $\text{Log } N = a - b M$, en Imperial Valley, California. M es Magnitud y N es el número de sismos $\geq M$ por unidad de área y unidad de tiempo. Para sismos menores que $M = 4$ el catálogo no es completo.

La misma expresión puede escribirse como $N(M) = \alpha e^{-\beta M}$ en que $a = \text{Log } \alpha$ y $b = \beta \text{Log } e$. Este tipo de distribución se observa en una gran diversidad de fenómenos y se le conoce como distribución de Pareto, distribución exponencial de tamaño (M) típica de sets fractales y proviene la autosemejanza de terremotos a diferentes escalas. Algunos autores consideran que la relación lineal $\text{Log } N = a - bM$ se rompe para sismos de magnitud $M < 3$ por lo que la autosimilitud no se cumpliría para sismos pequeños. La extrapolación de la recta hacia magnitudes grandes puede dar un indicio del sismo máximo.

2.5.- Distribución Temporal de los Terremotos.

Es evidente que los terremotos no son independientes mirados como una serie en el tiempo. Físicamente se requiere la acumulación de energía para generar un sismo mayor por lo que es poco probable que sismos de gran magnitud se sucedan en plazos cortos. La ocurrencia de réplicas es otro ejemplo de que los sismos no son independientes entre sí. A pesar de ello, en estudios de peligro sísmico se acepta que la ocurrencia de los sismos responde a una distribución de Poisson, lo que implica suponer que los eventos son independientes entre sí, es decir, la distribución no tiene memoria.

2.6.- Ley de Atenuación.

La influencia de la trayectoria fuente-emplazamiento, distancia hipocentral, es de primera importancia para estimar los movimientos fuertes en el sitio en estudio (intensidad, aceleración máxima u otra).

Las leyes de atenuación se obtienen mediante análisis de regresión a partir de datos sísmicos obtenidos a lo largo del tiempo. Son fórmulas empíricas que se adaptan a la región en estudio. Generalmente se acepta una relación de atenuación del tipo

$$a = A e^{BM} (R + C)^{-D} e^{-FR}$$

donde a es la amplitud máxima del movimiento fuerte (aceleración máxima, velocidad máxima, desplazamiento máximo), R es la distancia hipocentral, M es la magnitud de Richter, y A , B , C , D y F son constantes representativas de la región en estudio. El segundo factor representa el aumento del movimiento fuerte con la magnitud, el tercer factor es la atenuación geométrica y el cuarto factor representa la atenuación anelástica. Se puede agregar un término que considere el tipo de suelo. Si dicho término no está presente, generalmente la expresión es representativa de suelo duro o roca. Debido a la falta de suficientes datos para realizar la regresión, normalmente se elimina el último factor de atenuación anelástica.

La fórmula de atenuación para a también puede ser usada para la intensidad I (Mercalli), considerando que $I \sim \text{Log } a$, en que a es aceleración máxima (Barrientos, 1980).

La relación de atenuación indicada más arriba sólo es función de M y R . Sin embargo, hay muchos otros factores que afectan los movimientos fuertes, factores especialmente relacionados con el proceso de ruptura en la fuente misma. Parámetros como condiciones de tensión en la fuente, dimensiones de la ruptura, distribución del desplazamiento a lo largo de la superficie de la falla, existencia de asperezas y barreras, patrón de radiación, velocidad de ruptura, directividad, etc. Las condiciones de tensión ($\Delta\sigma$) y las dimensiones de la ruptura (Σ) constituyen en conjunto una medida del “poder” o “tamaño” de la fuente, lo que se expresa comúnmente en términos de momento sísmico (M_o) o magnitud de Richter (M). El momento sísmico M_o se define como $M_o = \mu \Sigma \Delta u$, donde μ es la rigidez, Σ la superficie de falla y Δu el desplazamiento medio entre las dos caras de la falla. Para una falla circular de radio r

$$M_o = 16/7 r^3 \Delta\sigma$$

Además, la magnitud de momento M se define como $M = 1.5 \text{ Log } M_o - 6$, con M_o en Newtons x metros. De esto se desprende que el tamaño del terremoto M está ligado a M_o , que a su vez es función del tamaño de la fuente (r^2) y la caída de tensión ($\Delta\sigma$). Esto en parte justifica que el único parámetro utilizado para caracterizar el tamaño de la fuente sea la magnitud. Una forma de incorporar indirectamente otros parámetros de fuente es generar por regresión fórmulas de atenuación para diferentes tipos de fuentes sismogénicas. Es por lo tanto importante utilizar relaciones de atenuación apropiadas a la región donde su ubica el sitio en estudio.

2.7.- Trayectoria Fuente-Sitio.

Los factores que afectan los movimientos fuertes atribuibles a la trayectoria de las ondas sísmicas incluyen: Atenuación geométrica, atenuación anelástica, inhomogeneidades, conversión de ondas de cuerpo a ondas superficiales, etc. Sólo la atenuación con la distancia R es el factor considerado en las expresiones anteriores. Otros factores dependientes de la trayectoria no son fácilmente cuantificables.

La distancia R fuente-sitio puede ser medida de varias formas:

- Distancia epicentral
- Distancia hipocentral
- Distancia al punto de mayor energía liberada
- Distancia más corta al plano de falla
- Distancia al centro de superficie de falla
- Otras

2.8.- Duración del Movimiento Fuerte y Período Predominante.

Un parámetro a menudo utilizado como indicador de poder destructivo de un sismo es la duración del movimiento fuerte. Bolt (1973) define la duración efectiva como el tiempo que transcurre entre el 5% y el 95% de la entrega de energía. Otras expresiones han sido propuestas por Dobri, Idriss y Ng (1978), Donovan (1972), Husid (1970), Araya y Saragoni (1980), Arias (1969) y Saragoni et al. (1981).

El período predominante contenido en un acelerograma es el período para el cual la aceleración (velocidad) alcanza su valor máximo. Se obtiene generalmente del espectro de respuesta del acelerograma, leyendo el período para el cual la curva espectral es máxima. Expresiones de período predominante en función de magnitud y distancia pueden encontrarse en Seed, Idris y Kiefer (1968). Araya y Saragoni (1980) y Saragoni et al. (1981) proponen una fórmula a partir de datos sísmicos chilenos y peruanos.

2.9.- Estimación del Peligro Sísmico.

Los métodos seguidos para evaluar los métodos del peligro sísmico son generalmente de dos tipos: método determinístico y método probabilístico. Cada uno tiene sus ventajas y sus desventajas.

El método determinístico elige un evento discreto controlador, por ejemplo el sismo máximo probable ubicado en una de las fuentes sismogénicas definidas en el estudio sismotectónico. Sus dimensiones (falla), ubicación espacial y geometría con respecto al emplazamiento, y magnitud máxima permiten calcular la aceleración máxima PGA y/o velocidad máxima PGV en función de las distancias características al sitio (distancias mínimas), haciendo uso de la relación de atenuación considerada apropiada para la región. En forma similar, se estiman la duración y período predominante.

En ocasiones se define un segundo sismo, a menudo de características más locales y más pequeño que el sismo máximo probable, pero que por su cercanía al sitio genera aceleraciones de alta frecuencia que pueden afectar en forma diferente a las estructuras ubicadas en el sitio.

En resumen, el método determinístico define uno o más terremotos característicos controladores, especificando para cada uno de ellos su magnitud, distancia hipocentral, aceleración (horizontal y/o vertical) máxima, velocidad máxima, duración y período predominante. Las etapas básicas para la determinación de este (os) sismo (s) se muestra en la Figura 2.6

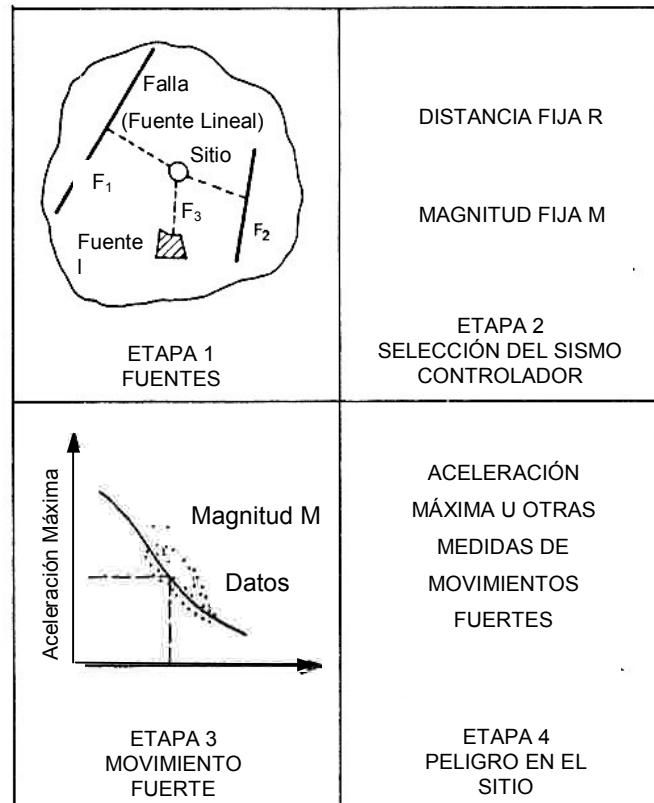


Figura 2.6. Etapas básicas para el análisis de peligro sísmico determinístico (Modificado de TERA Corporation, 1978).

El método probabilístico no define un sismo específico, sino que incorpora los efectos de todos los sismos de todas las fuentes sismogénicas en el entorno del sitio definidas por los valores de magnitud máxima y relación frecuencia-magnitud. En esta forma, se logra considerar la probabilidad de ocurrencia de diferentes sismos. El resultado final entrega la aceleración máxima que tiene una probabilidad dada de ser superada en un período determinado de tiempo. Por ejemplo, 10% de probabilidad de que la aceleración a sea superada en 50 años. La aceleración así obtenida no proviene de ningún sismo específico sino del efecto combinado de todos los sismos ubicados en las fuentes sismogénicas.

Las etapas a seguir son las indicadas en la Figura 2.7. El primer paso consiste en definir cada una de las fuentes sismogénicas consideradas como puntos, áreas, fallas o volúmenes, donde la probabilidad de ocurrencia de sismos de distintas magnitudes es homogénea en toda la fuente. El segundo paso es caracterizar cada fuente sismogénica por su magnitud máxima y relación frecuencia-magnitud ($\log N = a - bM$). Debido a que los sismos pueden provenir de cualquier punto de la fuente, deben considerarse las distancias más cortas al sitio medidas desde todos los puntos dentro de cada una de las fuentes. En la práctica, cada fuente se subdivide en subfuentes menores donde las distancias al sitio se miden desde el centro de cada subfuente. Las aceleraciones máximas en el sitio para cada sismo de cada una de las subfuentes se calculan mediante la relación de atenuación adecuada. El resultado es un set de aceleraciones máximas provenientes de sismos de

diferentes magnitudes, ubicados en diferentes lugares de cada fuente sismogénica, con diferentes probabilidades de ocurrencia. Este set se integra en una sola curva que muestra la probabilidad de excedencia de distintas aceleraciones máximas en el sitio por unidad de tiempo. Para el cálculo se asume que la ocurrencia de cada sismo es independiente de cualquier otro, es decir que la secuencia no tiene memoria. Esta suposición de independencia se cumple con el modelo de distribución de Poisson.

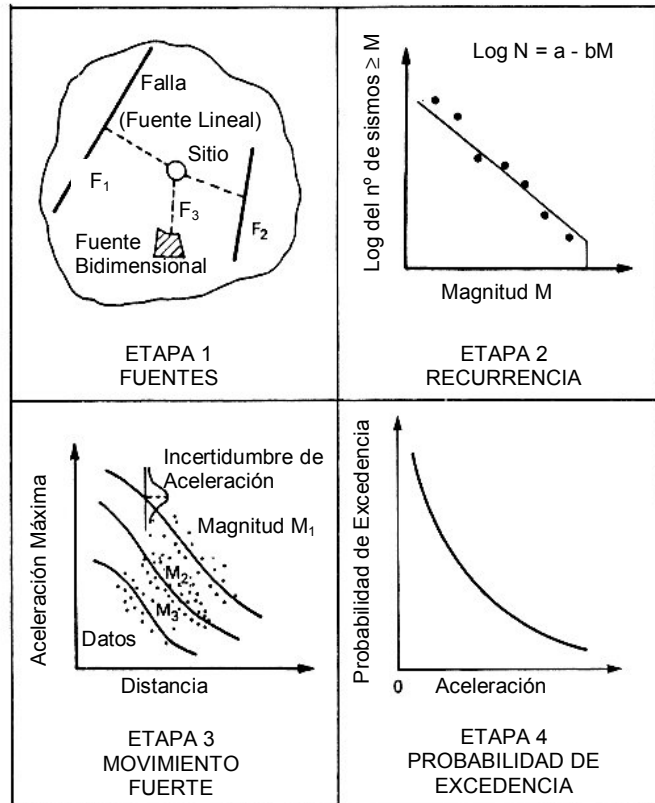


Figura 2.7. Etapas básicas del análisis de peligro sísmico probabilístico (Modificado de TERA corporation, 1978).

El método probabilístico fue publicado originalmente por Cornell (1968) y posteriormente adaptado por Algermissen y Perkins (1976) para permitir su uso numérico con fuentes de forma cualquiera. Así, a partir de relaciones de atenuación empíricas se calcula para el sitio en estudio el número esperado de ocurrencias anuales de aceleraciones asociadas a los sismos de cada subzona. El producto final de este cálculo es la distribución del número anual de ocurrencias en función de la aceleración máxima. Con esta distribución se determina la probabilidad de que ciertas aceleraciones puedan ser excedidas en T años bajo la hipótesis de que las aceleraciones siguen un proceso de Poisson en el tiempo.

La distribución de Poisson:

$$P(n) = \frac{\left(\frac{T}{T_r}\right)^n e^{-T/T_r}}{n!}$$

donde $P(n)$ es la probabilidad de ocurrencia de n situaciones de la clase considerada, con período de retorno T_r en años, durante un período de T años.

$$\text{Para } n = 0, \quad P(0) = e^{-T/T_r}$$

Luego, la probabilidad de que ocurra al menos un evento en el período T de la clase considerada será

$$P_s = 1 - e^{-T/T_r}$$

en que P_s es el Peligro sísmico, es decir, la probabilidad de excedencia de un valor particular de movimiento fuerte durante el período T , T = vida útil considerada y T_r = tiempo medio de retorno de un evento que excede un valor particular de movimiento fuerte. T_r es el recíproco de la probabilidad anual ($T = 1$ año) de excedencia de dicho nivel de movimiento fuerte. Generalmente se especifica el movimiento fuerte que tiene una probabilidad de excedencia P_s de 10% en 50 años o 100 años. También es común utilizar una probabilidad de excedencia de 50 % en 50 y 100 años.

Las ventajas y desventajas de los tipos de peligro sísmico son variadas. El peligro sísmico determinístico es fácil de entender y las consecuencias de elegir otro sismo de otra magnitud a la misma distancia del sitio son rápidas de evaluar. La desventaja del método determinístico es que no es fácil estimar la incertidumbre de los resultados. Tampoco la frecuencia de ocurrencia del sismo elegido se toma en cuenta explícitamente. Por el contrario, el método probabilístico permite la incorporación de la incertidumbre en la frecuencia de ocurrencia de los sismos. Además, dado que los resultados se expresan como probabilidad de excedencia en un cierto período de tiempo, el peligro sísmico puede ser comparado con otros peligros presentes en el mismo sitio. Sin embargo, debido que la estimación del peligro sísmico determinístico considera una serie de factores (fuentes, relaciones de frecuencia - magnitud, etc.), no es fácil evaluar el efecto que cada uno de estos parámetros tiene en el resultado final. Por último, la hipótesis de independenciamiento en la ocurrencia de un sismo respecto a otros anteriores o posteriores (distribución de Poisson) no es fácilmente aceptada, especialmente cuando se trata de sismos de gran magnitud.

2.10.- Duración Global del Estudio de Sismicidad y Peligro Sísmico.

Dependiendo de la disponibilidad de antecedentes relativos a la sismicidad histórica e instrumental de la región y del conocimiento previo que tenga el especialista, la duración del estudio puede variar entre 1 y 4 meses. La duración mínima señalada correspondería al caso más favorable, en el cual se dispone de una base de datos importante con registros instrumentales y con antecedentes sobre la sismicidad histórica de la región. La duración máxima se asocia al escenario pesimista, en el cual existen registros sísmicos insuficientes, debiéndose realizar la instrumentación de la zona con redes sismológicas temporales.

2.11.- Requerimientos Profesionales.

Debido a la especificidad de los conocimientos que se requieren para la elaboración de un estudio de sismicidad y peligro sísmico, se recomienda que éste sea desarrollado íntegramente por un sismólogo. Además, el desarrollo del estudio por parte de un experto en la sismicidad particular de la región en estudio permitirá reducir considerablemente su duración.

2.12.- Resumen de Actividades Requeridas para el Estudio de Sismicidad y Peligro Sísmico.

El siguiente cuadro describe las actividades requeridas para desarrollar el estudio de sismicidad y peligro sísmico de una región. Se incluyen además las duraciones estimadas, las referencias bibliográficas y los objetivos correspondientes a cada actividad.

Sismicidad y Peligro Sísmico

| Actividad | Subtareas | Referencias Bibliográficas | Objetivos de la Actividad | Comentarios | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales |
|-----------------------------------|---|---|--|---|--------------------------|------------------------------|
| 1. Estudio de Sismicidad Regional | Estudio general de la sismicidad histórica de la región. | | Describir en forma general las características de la sismicidad histórica de la región, a fin de establecer su peligrosidad sísmica. | Descripción de características generales de tipo sismogénicas, grado de sismicidad y efectos sísmicos. | [2-10] días | Profesional |
| | Preparación de catálogo de sismos de la región. | Catálogo SISRA-CERESIS, "Catalogue of Earthquake Hypocenter Data, Chile, Period 1530-1981", Preparado por Edgar Kausel, M. Pardo, J. Bannister y L. Alvarez; en Catálogo Earthquake Hypocenters Data for South America, Project SISRA, Editor Ted Algermissen y B. Askew, 1986. | Elaborar un catálogo que contenga las principales características de los sismos del lugar, a partir de uno o más catálogos existentes. | El catálogo de sismos puede contener antecedentes de paleosismología, datos de sismos históricos y datos de sismos instrumentales. El catálogo debe incluir: fecha de ocurrencia, coordenadas geográficas epicentrales, profundidad de foco y magnitud de cada evento. En zonas de baja información se podrá considerar la instrumentación con redes sismológicas temporales. | [2-7] días | Profesional |
| | Marco sismotectónico de la región: Estudio geológico y geofísico. | | Establecer las características de la sismotectónica del lugar. | Tarea incluye identificación de procesos geotectónicos y geofísicos que caracterizan la sismicidad de la región, estudio de los mecanismos focales y características de las fuentes. Se debe realizar además un estudio de la actividad de las fallas y estudio de microsismicidad. | [5 días - 4 meses] | Profesional |
| | Identificación de fuentes sismogénicas. | Reiter, L., "Earthquake Hazard Analysis", 1999. Martin, A., "Hacia Una Nueva Regionalización y Cálculo del Peligro Sísmico en Chile", 1990. Barrientos, S., "Regionalización Sísmica de Chile", 1980. Casaverde, L., J. Vargas, "Zonificación Sísmica del Perú", 1980. Algermissen, T., Perkins, D. M., "A Probabilistic Estimate of Maximum Acceleration in Rock in the Contiguous United States", 1976. | Reconocer las fuentes que deben ser consideradas en el estudio. | Las fuentes consideradas en el estudio deben ser delimitadas espacialmente. | | Profesional |

| Sismicidad y Peligro Sísmico | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--------------------------|------------------------------|
| Actividad | Subtareas | Referencias Bibliográficas | Objetivos de la Actividad | Comentarios | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales |
| 2. Caracterización de las fuentes sismogénicas | Establecimiento de relaciones frecuencia-magnitud. | Gutenberg, B. y Richter, C.F., "Frequency of Earthquakes in California", 1944. | Establecer las relaciones de Gutenberg - Richter para cada fuente sismogénica. | Las relaciones se obtienen a partir del catálogo de sismos. | 1 día | Profesional |
| | Estimación del sismo máximo probable. | Mc Guire, R.K., "Computation of Seismic Hazard", 1993. | Obtener un indicador de la magnitud máxima probable de cada fuente. | El sismo máximo debe considerar la historia sísmica del lugar, la presencia de asperezas en la placa, las dimensiones de ruptura, las relaciones de Gutenberg Richter, el desplaz. relativo de la falla, etc. | 1 día | Profesional |
| 3. Estimación del Peligro Sísmico | Estimación del movimiento fuerte en términos probabilísticos. | Algermissen, T., Perkins, D. M., "A Probabilistic Estimate of Maximum Acceleration in Rock in the Contiguous United States", 1976. Mc Guire, R.K., "Computation of Seismic Hazard", 1993. | Establecer la probabilidad de excedencia de un determinado nivel de movimiento fuerte en un período de tiempo. | Generalmente se considera una distribución de Poisson. | [2-4] días | Profesional |
| | Definición de una o más leyes de atenuación. | Martín, A., "Hacia Una Nueva Regionalización y Cálculo del Peligro Sísmico en Chile", 1990. Barrientos, S., "Regionalización Sísmica de Chile", 1980. Casaverde, L., J. Vargas, "Zonificación Sísmica del Perú", 1980. | Estimar la influencia de la distancia y magnitud en los movimientos fuertes del sitio. | La ley de atenuación se determina en consideración de la distancia a la fuente, de la magnitud, de los efectos de la trayectoria fuente-sitio y en algunos casos de los efectos de sitio. | 1 día | Profesional |
| | Estimación de la duración del movimiento fuerte. | Bolt, B.A., "Duration of Strong Ground Motion", 1973. Araya, R., Saragoni, R., "Capacidad de los Movimientos Sísmicos de Producir Daño Estructural", 1980. Saragoni, R., Crempien, J., Araya, R., "Características de los Movimientos Sísmicos Fuertes de Chile", 1981. | Establecer la duración probable del movimiento fuerte. | La duración del movimiento fuerte es función del tamaño de la fuente, magnitud y momento sísmico, velocidad y longitud de ruptura, otros. | 1 día | Profesional |
| | Estimación del período predominante del movimiento fuerte. | Araya, R., Saragoni, R., "Capacidad de los Movimientos Sísmicos de Producir Daño Estructural", 1980. Saragoni, R., Crempien, J., Araya, R., "Características de los Movimientos Sísmicos Fuertes de Chile", 1981. | Establecer el período predominante del movimiento fuerte. | La duración del movimiento fuerte es función del tamaño de la fuente, magnitud y momento sísmico, longitud de ruptura, otros. | 1 día | Profesional |
| | Estimación del movimiento fuerte probable por medio de métodos determinísticos. | Reiter, L., "Earthquake Hazard Analysis", Columbia University Press, N.Y., 1999. | Determinar las características del sismo máximo probable. Determinar los parámetros caracterizadores del movimiento fuerte en el sitio. | Los parámetros que se deben establecer son: aceleraciones máximas horizontal y vertical, velocidad máxima, desplazamiento máximo, duración del movimiento fuerte, período predominante del movimiento fuerte. | [2-4] días | Profesional |

2.13.- Referencias.

1. Algermissen, T., Perkins, D. M., "A Probabilistic Estimate of Maximum Acceleration in Rock in the Contiguous United States", U.S. Dep. of Interior, Geol. Survey Rep. 76-416, 1976.
2. Anderson, D.L., "La falla de San Andrés, en Deriva Continental y Tectónica de Placas", 2da Edición, Blume, Madrid, 1976.
3. Arias, A., "A Measure of Earthquake Intensity; in Seismic Design for Nuclear Power Plants", R. Hansas Ed., MIT Press, Cambridge, 1970, 438-483, 1969.
4. Araya, R., Saragoni, R., "Capacidad de los Movimientos Sísmicos de Producir Daño Estructural", 3as Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Concepción, Chile, 1980.
5. Barrientos, S., "Regionalización Sísmica de Chile", Tesis de Grado Magister, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1980.
6. Bolt, B.A., "Duration of Strong Ground Motion", Proc. 5th WCEE, Rome, v.I, pp. 1304-1313, 1973.
7. Casaverde, L., J. Vargas, "Zonificación Sísmica del Perú", 11 Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-resistente, OEA y Pont. Univ. Católica del Perú, Lima, 1980.
8. Catálogo SISRA-CERESIS, "Catalogue of Earthquake Hypocenter Data, Chile, Period 1530-1981", Preparado por Edgar Kausel, M. Pardo, J. Bannister y L. Alvarez; en Catálogo Earthquake Hypocenters Data for South America, Project SISRA, Editor Ted Algermissen y B. Askew, 1986.
9. Cornell, C.A., "Engineering Seismic Risk Analysis", Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 58, pp 1583-1606, 1968.
10. Dobry, R., Idriss, I.M., Ng, E., "Duration Characteristics of Horizontal Components of Strong Motion Earthquakes Records", BSSA, v.68, 1487-1520, 1978.
11. Donovan, N.C., "Earthquake Hazards for Buildings; Proc. Nat. Workshops on Building Practices for Disaster Mitigation", Nat. Bureau of Standards, Boulder, Colorado, 1972.
12. Gutenberg, B. y Richter, C.F., "Frequency of Earthquakes in California", BSSA, v. 34, 185-188, 1944.
13. Heaton, T., Tajima, F., Mori, A.W., "Estimating Ground Motions Using Recorded Accelerograms", Surveys in Geophysics, v.8, 25-83, 1986.
14. Husid, R., "Análisis de Terremotos"; Revista del IDIEM, Santiago, Chile, v. 8, 21-42, 1969.
15. Kausel, E., "Los Terremotos de Agosto 1868 y Mayo 1877 que Afectaron el Sur del Perú y Norte de Chile", Bol. Acad. Ciencias, Inst. de Chile, v.3: 8-14, 1986.
16. Kausel, E., Ramírez, D., "Relaciones Entre Parámetros Focales y Macrosísmicos de Grandes Terremotos Chilenos", Revista Geofísica N° 37, pp 159-194, Julio-Diciembre 1992, Inst. Panam. Geogr. Hist., Méjico, 1992.

17. Martin, A., "Hacia Una Nueva Regionalización y Cálculo del Peligro Sísmico en Chile", Memoria, Título Ing. Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Profesor Guía E. Kausel, pp 207, 1990.
18. Mc Guire, R.K., "Computation of Seismic Hazard", *Annali di Geofisica*, v.36, 181-200, 1993.
19. Reiter, L., "Earthquake Hazard Analysis", Columbia University Press, N.Y., 1999.
20. Saragoni, R., Crempien, J., Araya, R., "Características de los Movimientos Sísmicos Fuertes de Chile"; Publ. SES 12/81 (164), Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, 1981.
21. TERA Corporation Seismic Hazard Analysis: "A Methodology For the Eastern United States", US Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-1582,2, 1978.
22. Wyss, M., "Estimating Maximum Expectable Magnitude of Earthquakes From Fault Dimensions", *Geology*, v. 7, 336-340, 1979.

3.- Metodología para la Evaluación del Riesgo Sísmico y Desarrollo del Espectro Local.

3.1.- Revisión de Antecedentes Generales.

En forma previa a la evaluación del riesgo sísmico del sector de emplazamiento del hospital, se debe efectuar la revisión de antecedentes relativos a las características de los sismos históricos registrados en la región. Como base debe considerarse el informe de “Sismicidad y Peligro Sísmico” desarrollado en el marco del proyecto de evaluación de vulnerabilidad.

3.2.- Evaluación de Riesgo Sísmico.

Se debe efectuar la revisión de los antecedentes de peligro sísmico de la región, con el objeto de determinar el riesgo sísmico de la estructura. Se deben validar las características del sismo máximo probable definidas en el estudio sismológico, desde la perspectiva de la demanda máxima creíble que puede afectar al edificio. Para la determinación de las características del movimiento fuerte se pueden utilizar procedimientos tanto determinísticos como probabilísticos.

3.3.- Estimación del Espectro para la Evaluación de la Vulnerabilidad.

3.3.1.- Introducción.

En el caso de la Norma Chilena NCh 433 Of.96 “Diseño Sísmico de Edificios” el diseño sísmico de hospitales se hace considerado un espectro de diseño de colapso, vale decir para evitar el colapso del hospital, cumpliendo con la disposición 5.1.1.c de la norma: “Aunque presenten daños evitar el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa”.

Para lograr este objetivo, se consideran los hospitales como edificios tipo A, con un coeficiente $I = 1.2$, 20% superior a los edificios normales.

Sin embargo, este criterio empleado por la norma chilena y usado por otras normas de diseño sísmico mundial, ha conducido a respuestas sísmicas inadecuadas: porque después del terremoto hay que demoler el hospital o el hospital ha quedado fuera de operación en su instante de mayor demanda.

Un criterio de diseño sísmico más moderno de hospitales debe considerar un criterio por desempeño o comportamiento.

Ello consiste en considerar dos espectros de diseño: 1) un espectro de operación: que garantice la operación plena del hospital durante y después de un terremoto y 2) un espectro de colapso: que corresponde a un terremoto de baja probabilidad de ocurrencia, en que se considera un desempeño del hospital con algunas interrupciones y reparaciones de él.

3.3.2.- Metodología para Estimar Espectros Promedio de Respuesta de Aceleraciones Absolutas.

En el caso de no utilizar el espectro promedio de la norma chilena se debe desarrollar un espectro específico que considere las características geológicas, geotécnicas y sismogénicas del lugar. Para esto existen una serie de procedimientos que, identificadas o estimadas las propiedades del movimiento en el lugar, permiten generar un espectro con probabilidad de excedencia definida.

Dentro de estos procedimientos, se presenta a continuación el desarrollado por Saragoni y Hart, que ha sido utilizado en Chile en varias oportunidades.

Considerando los registros de aceleraciones de un terremoto como muestras de un proceso estocástico no estacionario, puede demostrarse que la función cuadrática esperada de aceleraciones del proceso tiende a una función chicuadrado del tipo (Saragoni y Hart (8)).

$$E\{\dot{u}_s^2(t)\} = \beta e^{-\alpha t} t^\gamma$$

donde:

$E\{.\}$ = valor esperado

$\dot{u}_s(t)$ = aceleración del suelo

t = tiempo

β = parámetro de intensidad

α, γ = parámetros de forma

Para caracterizar el comportamiento del terremoto en el dominio de las frecuencias se usará un espectro de densidad espectral $\Gamma_{SS}(\omega)$ del tipo (Saragoni y Hart (8)).

$$\Gamma_{SS}(\omega) = S_0 e^{-Q\omega} \omega^P; \quad \omega \geq 0$$

donde ω es la frecuencia.

Las constantes P y Q pueden estimarse a partir de las ecuaciones de Rice (9)

$$v_0 = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{(P+1)(P+2)}{Q^2}}$$

$$v_m = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(P+3)(P+4)}{Q^2}}$$

ó:

$$\left(\frac{v_m}{v_0}\right)^2 = \frac{1}{4} \frac{(P+3)(P+4)}{(P+1)(P+2)}$$

donde v_0 es la intensidad de cruces por cero por segundo y v_m es la intensidad de máximos por segundo.

El valor de S_θ se obtiene de $\int_0^\infty \Gamma_{SS}(\omega) = 1$

El espectro promedio de respuesta de desplazamiento relativo $E\{S_D(T_n, \eta)\}$ se puede estimar para el proceso de aceleraciones empleando el método propuesto por Crempien y Saragoni (10), a partir de los parámetros α , β y γ , que caracterizan el proceso en amplitud y de $\Gamma_{SS}(\omega)$ su función de densidad espectral.

$$E\{S_D(T_n, \eta)\} = 0.884 \sqrt{\beta \left(\frac{\gamma}{\alpha e}\right)^\gamma} \sqrt{1 - e^{-4\pi\eta N_S}} \left(\lambda + \frac{0.5772}{\lambda}\right) \sqrt{\frac{\pi \Gamma_{SS}(\omega_n)}{2\eta \omega_n^3}}$$

donde:

$\eta =$ razón de amortiguamiento

$T_n =$ período natural del oscilador de un grado de libertad

$\Gamma_{SS}(\omega) =$ función de densidad espectral del acelerograma considerado, estimada a la frecuencia natural ω_n del oscilador.

$$\omega_n = \frac{2\pi}{T_n}$$

Este método considera en forma explícita la variación de las aceleraciones del terremoto con el tiempo, su duración de movimiento fuerte Δt_s y su contenido de frecuencias.

En la ecuación del espectro N_S es la duración de movimiento fuerte Δt_s , expresado como número de períodos equivalentes T_n .

$$N_S = \frac{\Delta t_s}{T_n}$$

$$\text{con } \Delta t_s \text{ tal que: } \Delta t_s = \begin{cases} \frac{2\sqrt{\gamma}}{\alpha}; & \gamma \geq 1 \\ \frac{\gamma + \sqrt{\gamma}}{\alpha}; & \gamma \leq 1 \end{cases}$$

λ queda definido en la ecuación del espectro como:

$$\lambda = \sqrt{2 \text{Ln}(N_{ES})}$$

$$\text{con: } N_{ES} = N_S \left(1 + \frac{1}{4\pi\eta N_S} \text{Ln}(0.18 + e^{-4\pi\eta N_S})\right)$$

A su vez, el espectro de respuesta de aceleraciones absolutas queda dado por:

$$E\{S_A(T_n, \eta)\} = \left(\frac{2\pi}{T_n}\right)^2 E\{S_D(T_n, \eta)\}$$

Estas aproximaciones son válidas sólo para $T_n \neq 0$. Para $T_n = 0$, en la ecuación de $E\{S_A(T_n, \eta)\}$ debe considerarse la convergencia:

$$E\{S_A(T_n, \eta)\} \rightarrow E\{\ddot{u}_s \max(t)\} \text{ cuando } T_n \rightarrow 0$$

Los parámetros α , β y γ requeridos para la estimación del espectro esperado de aceleraciones se obtienen de las siguientes fórmulas de atenuación, aplicables a terremotos subductivos chilenos en suelo duro:

$$\text{Para } D < 60 \text{ km } \Delta t_s = 2 \times 10^{-4} e^{1.51Ms}$$

$$\alpha = \frac{2}{\Delta t_s} \left(1 + \frac{10}{\Delta t_s} \right)$$

$$\gamma = \left(1 + \frac{10}{\Delta t_s} \right)^2$$

Para terremotos superficiales y $D \geq 20$ km

$$E\{W_A(t_0)\} = \frac{3 \times 10^{-7} e^{2.77Ms}}{D^{0.25Ms}}$$

El parámetro β puede estimarse como:

$$\beta = \frac{E\{W_A(t_0)\} \alpha^{\gamma+1}}{\Gamma(\gamma+1)}$$

Una vez estimado el espectro, de acuerdo a distintos niveles de desempeño, es necesario establecer los posibles coeficientes de reducción acordes con el objetivo de comportamiento.

3.4.- Duración Global del Estudio de Riesgo Sísmico.

La duración de este estudio puede fluctuar entre 2 semanas y 1 mes, dependiendo de la calidad y disponibilidad de los registros sísmicos requeridos para el análisis.

3.5.- Requerimientos Profesionales.

Para el desarrollo de este estudio se requiere de un especialista con experiencia acreditada de más de 10 años en proyectos de evaluación de riesgo sísmico de estructuras.

3.6.- Resumen de Actividades Requeridas para la Evaluación del Riesgo Sísmico y Desarrollo del Espectro Local

El siguiente cuadro resume las actividades que se deben desarrollar para efectuar la evaluación del riesgo sísmico de una estructura y para la construcción de un espectro local.

Riesgo Sísmico y Evaluación del Espectro Local

| Actividad | Subtareas | Referencias Bibliográficas | Objetivos de la Actividad | Comentarios | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales |
|--|---|---|---|--|--------------------------|------------------------------|
| 1. Revisión de Antecedentes | Revisión de antecedentes de Peligro Sísmico. | | Recopilar los antecedentes necesarios para evaluar el riesgo sísmico del lugar. | Ver Informe "Sismicidad y Peligro Sísmico". | [2-5] días | Profesional |
| | Revisión de antecedentes de geología y geotécnica. | | Recopilar los antecedentes necesarios para evaluar el riesgo sísmico del lugar. | Ver "Informe Geológico y Geotécnico". | [2-5] días | Profesional |
| 2. Evaluación de Riesgo Sísmico | Caracterización del movimiento fuerte. | Saragoni, G.R. and G.C. Hart, "Simulation of Artificial Earthquakes". Earthquake Engineering and Structures Dynamics Journal, Vol. 2, pp. 249-268, 1974. | Determinar los parámetros del movimiento fuerte en roca y suelo. | Se debe determinar la duración máxima del movimiento fuerte, periodo predominante, envolvente, evolución de frecuencias, etc. | [2-5] días | Profesional |
| | Identificación de registros de movimiento fuerte. | Saragoni, G. R., Celebi, M., Holmberg, A., Saez, A., "Análisis de Acelerogramas del Terremoto de Chile de 1985, Segunda Parte", 5 ^{as} Jornadas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol. I, pp. 357-368, Santiago, Chile, Agosto 1989. | Selección de posibles registros a utilizar en el análisis. | La selección de los registros se efectúa en consideración de las zonas sismogénicas, condiciones del suelo de fundación, geología, distancia, entre otros. | [2-15] días | Profesional |
| 3. Desarrollo de Espectro Local de Aceleraciones | Descripción de antecedentes considerados para estimar el espectro local de aceleraciones. | Crempien, J. and Saragoni, G.R. "Influence of the Duration of Earthquake Motion in Average Response Spectra". Sixth European Conference on Earthquake Engineering, Vol. 1, pp. 143-150. Duvronic, Yugoslavia, 1978. | Exponer los criterios considerados en la elaboración del espectro local de aceleraciones. | Tarea incluye el desarrollo de un espectro local de aceleraciones para servicio y otro para colapso. | [1-5] días | Profesional |
| | Definición de parámetros sísmicos y espectrales. | International Building Code 2000 (*). NCh 433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Definir parámetros sísmicos y espectrales. Proponer un espectro local de aceleraciones, en estados de servicio y de colapso, que permita evaluar la vulnerabilidad estructural del edificio. | Contrastar normativas y condiciones locales en la forma del espectro | [1-5] días | Profesional |
| | Generación de espectro local | International Building Code 2000 (*). NCh 433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Generar de espectro local | | [5-10] días | Profesional |
| | Generación de señales sintéticas | International Building Code 2000 (*). NCh 433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Generar señales sintéticas | Aplicable en hospitales en situación crítica. | [2-10] días | Profesional |

Riesgo Sísmico y Evaluación del Espectro Local

| Actividad | Subtareas | Referencias Bibliográficas | Objetivos de la Actividad | Comentarios | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales |
|-----------|--|--|---|---|--------------------------|------------------------------|
| | Selección de factores de reducción y procedimientos de análisis. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", Applied Technology Council Council. International Building Code 2000 (*). NCh 433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Determinar factores de reducción o factores para el cumplimiento de objetivos de desempeño. | Se deben definir los objetivos de desempeño de la estructura y los procedimientos para obtener este objetivo. | [2-5] días | Profesional |

(*) Aplicación del IBC 2000 con restricción al caso de terremotos subductivos.

3.7.- Referencias.

1. Silgado, F.E. "Terremotos Destructivos en América del Sur. 1530 - 1894". Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina (Proyecto SISRA), Volumen 10 CERESIS, 1985.
2. Kausel, E. "Los Terremotos de Agosto de 1868 y Mayo de 1877 que afectaron al Sur del Perú y Norte de Chile". Discurso de Incorporación a la Academia Chilena de Ciencias, Volumen 3. N° 1. Santiago, Chile, 1986.
3. Kausel E., L. Alvear, J. Bannister, S. Barrientos y M. Pardo. "Catálogo de Terremotos para América el Sur. Datos de Hipocentros e Intensidades, Volumen 5, Chile". Programa para la Mitigación de los Efectos del los Terremotos en la Región Andina. (Proyecto SISRA). CERESIS 1985.
4. Saragoni, G.R., J. Crempien y R. Araya, "Antecedentes Experimentales de los Movimientos Sísmicos Sudamericanos", Revista IDIEM Universidad de Chile. Vol. 21, pp 67-88, 1982, Santiago, Chile.
5. Comte, D., M. Pardo y A. Eisenberg, "Análisis Cuantitativo de los Grandes Terremotos del Norte de Chile y Sur del Perú: Estimación del Peligro Sísmico". 5tas. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Volumen I, pp. 279-289, Viña del Mar, Chile, Agosto 1989.
6. Saragoni, G.R. "Análisis del Riesgo Sísmico para la Reconstrucción del Puerto de Valparaíso", 6tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Chile, 1993. Vol II, pp. 165-178.
7. Schaad, C. y G.R. Saragoni, "Fórmulas de Atenuación Considerando el Terremoto de Chile de 1985" 5tas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago Chile 1989, Vol. I pp 379-388.
8. Saragoni, G.R. and G.C. Hart, "Simulation of Artificial Earthquakes". Earthquake Engineering and Structures Dynamics Journal, Vol. 2, pp. 249-268, 1974.
9. Rice, S.O., "Mathematical Analysis of Random Noise", Bell System Technical Journal, Vol. 23., pp. 282-332, and Vol. 24., pp. 46-156, 1944. Reprinted in Selected Papers in Noise and Stochastic Processes, Editor N. Wax, Dover, New York, N.Y., 1954.
10. Crempien, J. and Saragoni, G.R. "Influence of the Duration of Earthquake Motion in Average Response Spectra". Sixth European Conference on Earthquake Engineering, Vol. 1. pp. 143-150. Duvronic, Yugoslavia, 1978.
11. Calcagni, J., Saragoni, G.R., "Estimation of Code Design Spectra from the Response of Reinforced Concrete Building to the 1985 Chilean Earthquake". 9th World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, Kyoto, Japan, 1988.

4.- Metodología para la Prospección y Evaluación del Estado de la Estructura.

4.1.- Introducción.

En este capítulo se presenta una guía con las actividades que se pueden realizar para caracterizar las propiedades de los elementos estructurales de un edificio de importancia prioritaria como lo es un hospital. Se señala además las principales variables que deben ser identificadas y evaluadas para establecer la condición actual de la estructura, efectuar una proyección de su vida útil y evaluar su vulnerabilidad sísmica. Finalmente, se indican los procedimientos y ensayos necesarios para la determinación de estas variables.

4.2.- Plazo Global del estudio.

Dependiendo de las características particulares de la obra, de la calidad de la información disponible y del número de ensayos a realizar, la duración global del estudio puede variar entre 1 semana y 2 meses.

4.3.- Equipo Profesional.

El grupo de profesionales necesarios (mínimo) para desarrollar la prospección de estado de un establecimiento hospitalario consiste en:

- Jefe de proyecto. Debe ser un Ingeniero civil con más de 10 años de experiencia acreditada en proyectos de evaluación de estado de estructuras.
- Ingenieros de proyecto. Se debe conformar un equipo de trabajo compuesto por al menos 5 Ingenieros Civiles.
- Técnicos: Deben estar calificados para los ensayos a desarrollar.

4.4.- Resumen de Actividades y Ensayos Requeridos para la Evaluación del Estado Estructural.

Para la evaluación del estado de la estructura se deben desarrollar al menos las actividades y ensayos que se describen en los siguientes cuadros, los que además indican la duración de la actividad, requerimientos profesionales, referencias bibliográficas y número de ensayos necesarios.

El listado que se presenta no corresponde ni representa de manera alguna las actividades y ensayos suficientes para la caracterización integral de cualquier estructura, debiéndose efectuar todas las actividades y ensayos alternativos y/o adicionales que a juicio del ingeniero a cargo de la evaluación sean necesarios.

| Recolección y Revisión de Antecedentes Básicos | | | | | | |
|--|--|---------------------|--|-------------|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Planos | Recolección de Planos Estructurales (Originales y actualizados). Recolección de Planos de Arquitectura (Originales y actualizados). Revisión y estudio de Planos. Estudio de las Características principales de la Estructura. Identificación preliminar de deficiencias del sistema estructural. Determinación de Información no Disponible. | | Recopilar los antecedentes requeridos para el estudio de la estructura. | | [2-30] días | Profesional |
| 2. Informes | Recolección y Revisión de Memorias de Cálculo. Recolección y Revisión de Informes de Mecánica de Suelos. Recolección y Revisión de Informes de Daños en Sismos anteriores. Recolección y Revisión de Informes de Reparaciones. | | Recopilar y procesar antecedentes requeridos para el estudio de la estructura. | | [7-30] días | Profesional |
| 3. Especificaciones | Revisión de Especificaciones Técnicas Estructurales Revisión de Especificaciones Técnicas de Arquitectura | | Determinar los criterios de diseño de la estructura. | | [3-30] días | Profesional |
| 4. Revisión de Normas nacionales y Códigos extranjeros | Revisión de disposiciones de Códigos ATC, FEMA y ACI para la evaluación sísmica de elementos estructurales y no estructurales. Revisión de Normas nacionales e internacionales: NCh, ACI, ASTM, AISC, RILEM, etc. | | Recopilar los antecedentes requeridos para el estudio de vulnerabilidad sísmica. | | [3-30] días | Profesional |

| Prospección de Estado de Elementos Estructurales | | | | | | |
|---|---|--|--|--|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Revisión de antec. para la Prospecc. de Estado | Revisión de códigos nacionales e internacionales. Determinación preliminar de los sitios más adecuados para la extracción de testigos y auscultación de armaduras. Determinación del número de probetas suficientes y necesarias para la caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales presentes en la estructura. | ACI 201.R: "Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service". ACI364.1R-94: "Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation". NCh 200 Of 72: Productos metálicos - Ensayo de tracción NCh 204 Of 78: Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado NCh 1565 - 1979: Hormigón: Determinación del índice esclerométrico NCh 1037 Of 77: Hormigón. Ensayo de compresión de probetas cubicas y cilindricas ASTM A370- 95: Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products ASTM C39 - 86: Standard Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C42-94: Standard Test Methods for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete ASTM D512 - 89: Standard Test Methods for Chloride Ion in Water ASTM E122 - 89: Standart Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Mesure of Quality for a Lot or Process RILEM CPC - 18: Measurement of hardened concrete carbonation depth | Establecer una metodología para la coordinación de actividades a desarrollar durante la prospección de estado y el levantamiento en terreno. | La revisión bibliográfica permite identificar los procedimientos de ensayo necesarios para determinar: módulo de elasticidad y resistencia de compresión del hormigón, resistencia de fluencia del acero, resistencia y alargamiento de rotura del acero de refuerzo, grado de carbonatación y contenido de cloruros de los hormigones, etc. | [8-15] días | Profesional |

| Prospección de Estado de Elementos Estructurales | | | | | | |
|---|--|---------------------|--|--|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 2. Levantamiento obra gruesa | Medición de dimensiones geométricas de pilares y vigas. Medición de Espesores de muros y losas. Inspección de existencia de grietas y deformaciones por asentamientos diferenciales en la estructura. | | Validar la información disponible en los planos de diseño del edificio. Determinar la existencia de deformaciones y grietas por asentamientos diferenciales en la estructura. | En caso de discrepancias entre los valores medidos y los presentados en los planos de diseño, se debe evaluar el impacto de esta discrepancia en la capacidad resistente del elemento. Asimismo, se debe corregir la ubicación del peso sísmico del elemento. La medición de los espesores de losas y muros se realiza a partir de las dimensiones de los testigos de hormigón. Esta tarea permite determinar indirectamente los espesores de los estucos de terminación usados en los pilares y muros del edificio. Asimismo, permite determinar los espesores reales de las sobrelosas del edificio. | [5-15] días | Profesional |
| 3. Verificación de Estado de Juntas de Dilatación | Inspección de estado de juntas de dilatación entre cuerpos del edificio. Se verifica la existencia de escombros y elementos que cruzan la junta de dilatación. | | Determinar el estado de las juntas de dilatación entre cuerpos del edificio. | | [1-5] días | Profesional |
| 4. Verificación de Estado de Escaleras | Inspección de materialización de las juntas de dilatación indicadas en los planos de diseño. Inspección de daños producidos en sismos anteriores y evaluación del estado actual. Evaluación de interacción con estructura principal. | | Recopilar la información necesaria para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las escaleras del edificio. | | [1-5] días | Profesional |

| Prospección de Estado de Elementos Estructurales | | | | | | |
|--|---|---|--|---|------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 5. Selección de Sitios a Auscultar | Determinación de zonas donde se efectuará el destape de barras, extracción de testigos de hormigón y acero e identificación de detallamiento estructural. | ATC-40: "Seismic Evaluation an Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: " NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI364.1R-94: Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation. ASTM E122-89: Standard Practice for Choice a Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot of Process | Establecer los sitios más adecuados para la inspección visual de corrosión, medición de profundidad de carbonatación, extracción de testigos y corroboración de detallamiento estructural. | En general, el número y ubicación de probetas que se deben extraer depende del estado y grado de conocimiento de la estructura. | [1-5] días | Profesional |
| 6. Verificación de dimensiones físicas. | Comparación de armaduras dispuestas en obra versus armaduras especificadas en planos de diseño. Se verifica tanto el número como el diámetro y ubicación de las barras longitudinales y transversales dispuestas en obra. Verificación de la pérdida de secciones del refuerzo longitudinal y transversal. Medición de separación entre barras de refuerzo transversal y longitudinal. Medición de longitud y ángulo de doblado de ganchos sísmicos. En forma complementaria, y mediante el uso de pacómetro, se estudia la ubicación de las armaduras de pilares, vigas, nudos y muros, en sectores donde no se ha efectuado el destape de barras. | | Verificar el cumplimiento del detallamiento estructural especificado en los planos de diseño del edificio. | | [1-5] días | Profesional |

| Ensayos no destructivos en Hormigones | | | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------|-------------------------------|--|
| Ensayo | Normas de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales* | Resultados |
| 1. Inspección visual | ACI 201.R: "Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service" | Reconocimiento y verificación geométrica y de estado. | No aplica | [2-15] días | Técnico Profesional | Condición general y materiales. Calidad Constructiva, detección de deficiencias, estado, ** modificaciones, etc. |
| 2. Resistencia de hormigones por medio de Pistola Windsor | ASTM C803: "Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete". | Determinar la resistencia del hormigón por medio de un ensayo no destructivo, a partir de la correlación existente entre la penetración de dardos de metal en el hormigón y su resistencia a compresión. | 3 por zona [3-6] zonas por elemento típico | [0.5-1] hora por zona | Técnico | Homogeneidad y resistencia del hormigón. |
| 3. Martillo de Rebote (martillo Schmidt) | ASTM C805: "Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete". | Verificar homogeneidad de los hormigones de diferentes sectores y elementos del edificio. | [6-10] por piso | Hasta 0.5 horas por golpe | Técnico | Homogeneidad de los hormigones. |
| 4. Instrumentos de detección magnética (Pacómetro) | Específicas del instrumento. | Estimación de espesores de recubrimientos y ubicación y diámetro del acero de refuerzo. | 3 por tipo de elemento | Hasta 0.5 horas por zona | Técnico Profesional | Posición de armaduras, cuantías y distribución. |
| 5. Test de Carga | ACI 437R: "Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings". ACI 318-99: "Building Code Requirements for Structural Concrete", Capítulo 20. | Determinar el comportamiento de la estructura bajo simulación de condiciones de carga. | No aplica | 3 días por elemento | Técnico Profesional | Evaluar comportamiento de los elementos. |
| 6. Impacto acústico | Clifton, J., Carino, N., Howdyshell, P., "In-Place Nondestructive Evaluation Methods for Quality Assurance of Building Materials", U.S. Army Corps of Engineers Construction Research Laboratory Technical Report M-305, 1982. | Detección de grietas y nidos de piedras. | Según síntomas | [1-3] horas por zona | Técnico Profesional | |
| 7. Pulso ultrasónico | ASTM C597: "Test Method for Pulse Velocity Through Concrete". | Estimar la uniformidad, calidad y resistencia del hormigón (previa correlación) y detección de discontinuidades internas. | 1 por elemento seleccionado | [1-3] horas por elemento | Técnico Profesional | Uniformidad y calidad del hormigón y localización de defectos. |
| 8. Termografía infraroja | Mathey, R., Clifton, J., "Review of Nondestructive Evaluation Methods Applicable to Construction Material and structures", NBS Technical Note 1247, U.S. Department of Commerce, 1988. | Detección de delaminaciones y nidos de piedras. | Según síntomas | Según número de muestras | Técnico Profesional | Zonas de posibles delaminaciones superficiales |

| Ensayos no destructivos en Hormigones | | | | | | |
|---------------------------------------|--|---|--------------------|--------------------------|-------------------------------|--|
| Ensayo | Normas de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales* | Resultados |
| 9. Medición del potencial eléctrico | Mathey, R., Clifton, J., "Review of Nondestructive Evaluation Methods Applicable to Construction Material and structures", NBS Technical Note 1247, U.S. Department of Commerce, 1988. | Determinación del estado de corrosión de las armaduras de refuerzo del hormigón. | Según síntomas | Según número de muestras | Técnico Profesional | Detección de zonas de corrosión activa. |
| 10. Medición de resistencia eléctrica | Mathey, R., Clifton, J., "Review of Nondestructive Evaluation Methods Applicable to Construction Material and structures", NBS Technical Note 1247, U.S. Department of Commerce, 1988. | Determinación de la composición de los hormigones. | Según síntomas | Según número de muestras | Técnico Profesional | Determinación de zonas donde puede producirse corrosión. |
| 11. Análisis Petrográfico | ASTM C856: "Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete". | Determinar densidad y homogeneidad del hormigón, ubicación de grietas, contenido de aire, proporciones de agregados y razón agua-cemento. | Según síntomas | Según número de muestras | Profesional | Idem objetivos |
| 12. Radiografías | | Localización y dimensionamiento del refuerzo estructural. Identificación de vacíos del hormigón. | Según síntomas | Según número de muestras | Técnico Profesional | Idem objetivos |

* Todos los técnicos y profesionales deben ser precalificados en el ensayo.

** El nivel de antecedentes y la inspección visual definen el tipo y número de ensayos a realizar.

| Ensayos destructivos en Hormigones | | | | | | |
|---------------------------------------|--|---|--------------------|--------------------------|------------------------------|------------|
| Ensayo | Normas de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales | Resultados |
| 1. Extracción de Testigos de Hormigón | ASTM C42-94: "Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete". | Los testigos extraídos pueden ser utilizados para determinar contenidos de cloruros, resistencia a la compresión, densidad, elongación, módulo de elasticidad, módulo de ruptura, proporciones de materiales, resistencia al congelamiento, resistencia por hendimiento, resistencia a la tracción. | Según patología | Hasta 1 día por zona | Técnico Profesional | Objetivo |
| 2. Resistencia del hormigón | ASTM C39: "Standard Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens". ASTM C78: "Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third – Point Loading)" ASTM C293: "Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center – Point Loading)" ASTM C496: "Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens" | Establecer las resistencias de compresión, tracción, tracción por hendimiento y adherencia. | Según volumen obra | Según número de muestras | Técnico | Objetivo |
| 3. Módulo de Elasticidad | RILEM: "Modulus of elasticity of concrete in compression". | Determinar el módulo de elasticidad del hormigón. | Según proyecto | 2 horas por muestra | Técnico | Objetivo |

| Ensayos Químicos en Hormigones | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--------------------|--|------------------------------|------------|
| Ensayo | Normas de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales | Resultados |
| 1. Profundidad de Carbonatación | RILEM Draft Recommendation CPC-18: "Measurement of Hardened Concrete Carbonation Depth". | Evaluar la vulnerabilidad de las armaduras frente a condiciones ambientales, determinando la calidad del hormigón de recubrimiento como protección | Según patología | 1 a 2 horas por zonas | Técnico profesional | Objetivo |
| 2. Ensayos químicos | | Determinar grado de acidez, contenido de cemento, composición química, contenido y gradientes de cloruros, contenido de agregados o agua contaminados, nivel de corrosión y resistencia a los sulfatos del hormigón. | Según patología | Según cantidad de ensayos y número de muestras | Técnico Profesional | Objetivo |

| Ensayos del Acero de Refuerzo | | | | | | |
|------------------------------------|--|---|--|--------------------------|--------------------------------|---|
| Ensayo | Normas de Referencia | Objetivos del Ensayo | Número de muestras | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales * | Resultados |
| 1. Inspección visual | | Determinar grado de corrosión del refuerzo, medir espesores de recubrimiento. Determinar condición, ubicación, forma y diámetro de las barras. Determinar ubicación de empalmes y longitud y ángulo de doblado de ganchos sísmicos. | Según patología | Hasta 1 hora por zona | Técnico Profesional | Estado general características de los resaltes, masa, distribución de armadura estructural, detallamiento estructural, etc. |
| 2. Pérdida de Material | | Determinar masa/longitud y características de los resaltes. Verificar efecto de la corrosión. | Número de refuerzos visibles o extraídos | Media hora por barra | Técnico Profesional | Severidad de corrosión. |
| 3. Medición de potencial eléctrico | Mathey, R., Clifton, J., "Review of Nondestructive Evaluation Methods Applicable to Construction Material and structures", NBS Technical Note 1247, U.S. Department of Commerce, 1988. | Detectar zonas con riesgo de corrosión o con corrosión activa. | No aplica | 1 hora por zona | Profesional | Detectar zonas activas de corrosión. |
| 4. Ensayo de tracción | ASTM A370: "Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products" NCh204 Of78: "Acero: Barras Laminadas en Caliente para Hormigón Armado" | Determinar tensiones de fluencia y rotura y deformaciones de rotura. Determinar masa/longitud y características de los resaltes. | [2-3] por diámetro y calidad de acero | 0.5 horas por ensayo | Técnico | Resistencia de fluencia (F_y) y rotura (F_u). Deformaciones de rotura (ϵ_u). |

* Todos los técnicos y profesionales deben ser precalificados en el ensayo.

| Ensayo Estructural | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|-------------------|--------------------------|------------------------------|--|
| Ensayo | Referencias Bibliográficas | Objetivos del Ensayo | Número de Ensayos | Duración de la Actividad | Requerimientos Profesionales | Resultados |
| 13. Vibración Ambiental | Boroschek, R., Yáñez, F., "Experimental verification of basic analytical assumptions used in the analysis of structural wall buildings", Engineering Structures 22 (2000), Jan, 1999. | Determinar períodos, amortiguamiento y formas modales del sistema. Efectos de elementos secundarios, torsión, otros. | [1] | 1 día | Profesional | Períodos $[T_n]$, amortiguamientos modales $[\xi_n]$, formas modales, etc. |
| 14. Vibración Forzada | Boroschek, R., Yáñez, F., "Experimental verification of basic analytical assumptions used in the analysis of structural wall buildings", Engineering Structures 22 (2000), Jan, 1999. | Determinar períodos, amortiguamiento y formas modales del sistema. Efectos de elementos secundarios, torsión, otros. | [1-6] | [7-15] días | Profesional | Períodos $[T_n]$, amortiguamientos modales $[\xi_n]$, formas modales, etc. |
| 15. Condición Inicial (Pull Bach) | | Determinar períodos, amortiguamiento y formas modales del sistema. Efectos de elementos secundarios, torsión, otros. | [1-6] | [7-15] días | Profesional | Períodos $[T_n]$, amortiguamientos modales $[\xi_n]$, formas modales, etc. |

4.5.- Referencias.

1. ACI 201.R: “Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service”.
2. ACI 318-99: “Building Code Requirements for Structural Concrete”.
3. ACI364.1R-94: “Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation”.
4. ACI 437R: “Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings”.
5. ASTM A370: “Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products”
6. ASTM C39 - 86: “Standard Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”.
7. ASTM C42-94: “Standard Test Methods for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete”.
8. ASTM C78: “Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third – Point Loading)”.
9. ASTM C293: “Standard Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center – Point Loading)”.
10. ASTM C496: “Standard Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens”.
11. ASTM C597: “Test Method for Pulse Velocity Through Concrete”.
12. ASTM C803: “Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete”.
13. ASTM C805: “Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete”.
14. ASTM C856: “Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete”.
15. ASTM D512 - 89: “Standard Test Methods for Chloride Ion in Water”.
16. ASTM E122-89: “Standard Practice for Choice a Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot of Process”.
17. ATC-40: “Seismic Evaluation an Retrofit of Concrete Buildings”.
18. Boroschek, R., Yáñez, F., “Experimental verification of basic analytical assumptions used in the analysis of structural wall buildings”, Engineering Structures 22 (2000), Jan, 1999.
19. Clifton, J., Carino, N., Howdyshell, P., “In-Place Nondestructive Evaluation Methods for Quality Assurance of Building Materials”, U.S. Army Corps of Engineers Construction Research Laboratory Technical Report M-305, 1982.
20. FEMA 273: “NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings”.

21. Mathey, R., Clifton, J., "Review of Nondestructive Evaluation Methods Applicable to Construction Material and structures", NBS Technical Note 1247, U.S. Department of Commerce, 1988
22. NCh 200 Of 72: "Productos metálicos - Ensayo de tracción".
23. NCh204 Of78: "Acero: Barras Laminadas en Caliente para Hormigón Armado".
24. NCh 1037 Of 77: "Hormigón. Ensayo de compresión de probetas cubicas y cilíndricas".
25. NCh 1565 – 1979: "Hormigón: Determinación del índice esclerométrico".
26. RILEM: "Modulus of elasticity of concrete in compression".
27. RILEM Draft Recommendation CPC-18: "Measurement of Hardened Concrete Carbonation Depth".

5.- Metodología para la Verificación Estructural de Hospitales.

5.1.- Introducción.

En este capítulo se presentan los antecedentes que pueden ser incorporados en un estudio de vulnerabilidad sísmica estructural y se describen los criterios que pueden ser considerados para la modelación, análisis y verificación de la capacidad de la estructura. Asimismo, se incluyen los requerimientos de detallamiento de armaduras que pueden ser verificados con el fin de establecer la capacidad de la estructura para incursionar en el rango inelástico.

La verificación estructural de un edificio existente es un proceso tanto más complejo que su diseño, puesto que se debe proyectar el comportamiento estructural a partir de información que por lo general no se encuentra disponible. Por esta razón, y en forma previa a la verificación, se debe efectuar un acabado estudio de las propiedades mecánicas de los materiales presentes en el edificio, una prospección de su estado, la verificación de los detalles del refuerzo efectivamente dispuesto en obra y la corroboración de dimensiones geométricas, modificaciones y cargas existentes en la estructura.

Por otra parte, se debe considerar que las estructuras diseñadas con anterioridad al año 1970 no poseen un diseño sísmico adecuado que garantice una ductilidad estructural como la exigida por los códigos de diseño actual. Como consecuencia de esto, las estructuras pueden presentar fallas frágiles y un limitado control en la degradación de la capacidad resistente. La descripción en detalle de esta y otras deficiencias típicas de estas estructuras se pueden encontrar, por ejemplo, en “Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, Volume I” del Applied Technology Council.

En las secciones siguientes se describen los pasos fundamentales del proceso de evaluación de vulnerabilidad sísmica de estructuras.

5.2.- Etapas del Proceso de Evaluación de Vulnerabilidad Estructural.

5.2.1.- Cubicación.

Con el objeto de determinar la masa sísmica real del edificio, se debe desarrollar una detallada cubicación de sus componentes estructurales y no estructurales. De la misma forma se deben establecer las sobrecargas de uso del recinto. La información disponible en planos debe ser validada con un levantamiento en terreno.

5.2.2.- Estudio del Detallamiento del Refuerzo Estructural.

Se deberá estudiar el detallamiento del refuerzo estructural para:

- Estimar la capacidad última de las secciones y elementos.
- Estimar la ductilidad de secciones y elementos.
- Estimar la capacidad de deformación de elementos y estructura.
- Evaluar la capacidad de control de degradación de capacidad y ductilidad.
- Evaluar la capacidad de control de mecanismos de falla.

Como normas o documentos de referencia se pueden utilizar el ACI 318, ATC 40 y FEMA 273. En todo caso como mínimo deberá evaluarse lo siguiente:

- Características mecánicas del hormigón.
- Características mecánicas del acero.
- Estribos: diámetro, ubicación, densidad, anclaje, forma, compatibilidad con acero longitudinal.
- Refuerzo longitudinal: diámetro, ubicación, densidad, longitud de desarrollo, traslapes.
- Aspectos geométricos de elementos y secciones.
- Capacidad relativa entre secciones de un elemento y entre elementos.
- Consideración de rotulas plásticas.
- Control de tipo de falla.
- Control de degradación.
- Refuerzo mínimo y máximo.

5.2.3.- Definición de Cargas.

5.2.3.1.- Cargas de Peso Propio y Sobrecargas.

Las cargas de peso propio y las sobrecargas de la estructura se deben estimar según se señala en el párrafo 5.2.1 de esta metodología.

5.2.3.1.- Solicitación Sísmica.

Los esfuerzos sísmicos se deben determinar a partir del espectro de aceleraciones definido en la normativa vigente y del espectro local de operación y colapso desarrollado en forma particular para el sitio de emplazamiento del hospital. Los espectros y registros a considerar para el análisis sísmico se determinan de acuerdo a los criterios señalados en el capítulo 3.

La demanda sísmica debe considerar las condiciones de sitio y las características de estructuración y detallamiento del refuerzo.

Como primera aproximación podrán considerarse los niveles de desempeño establecidos en la normativa vigente, como por ejemplo, el objetivo de protección a la vida bajo una demanda de un sismo con probabilidad de excedencia de 10% en 50 años. Si este nivel de desempeño se cumple, puede efectuarse la evaluación bajo un objetivo de desempeño superior, como sería el de ocupación inmediata para un sismo con probabilidad de excedencia de 10% en 50 años y protección a la vida para un sismo con probabilidad de excedencia de 10% en 100 años. Niveles de desempeño superiores pueden ser requeridos en situaciones especiales.

Para cada nivel de desempeño es necesario considerar factores de modificación de la respuesta estructural acordes con el daño esperado y el detallamiento existente en la obra.

El procedimiento de análisis puede ser lineal o no lineal, de acuerdo al nivel de desempeño esperado. Preferentemente se deben realizar análisis dinámico lineal y estático no lineal para establecer los mecanismos de falla globales de la estructura, utilizando procedimientos validados por ejemplo en el ATC-40 y FEMA-273.

5.2.4.- Determinación de Mecanismos de Falla.

Deberá establecerse una estimación de los mecanismos de falla locales y globales de la estructura.

Los mecanismos locales mínimos a considerar son:

- Falla corte columnas, vigas, muros y fundaciones.
- Falla flexión columnas, vigas, muros y fundaciones.
- Falla por anclajes o adherencia.
- Falla de nudos.
- Columna fuerte - viga débil.
- Efectos de elementos secundarios.

Los mecanismos globales a considerar:

- Mecanismo de piso (mecanismo de columna).
- Colapso gravitacional (P-Delta).
- Mecanismo flexión (o mecanismo de viga).
- Mecanismos mixtos.

En cada caso deberá realizarse una estimación de la capacidad y ductilidad local y global que permiten estos mecanismos.

5.2.5.- Criterios de Modelación.

5.2.5.1.- Criterios Generales.

La modelación podrá desarrollarse bajo distintos criterios previamente validados en el tipo de estructura a analizar. Como referencia se podrán utilizar las condiciones de las normas nacionales, el ATC-40 o FEMA-273. Los criterios de modelación deberán considerar los mecanismos de falla estimados para la estructura.

5.2.5.2.- Módulo de Elasticidad del Hormigón.

Para el estudio de deformaciones sísmicas del edificio, se recomienda considerar una envolvente de módulos de elasticidad del hormigón, obtenida a partir de expresiones empíricas definidas en las normas y de ensayos mecánicos efectuados en testigos de hormigón extraídos de la estructura.

5.2.5.3.- Resistencia del Hormigón.

Para la evaluación de la capacidad de los elementos sismorresistentes se deben considerar las siguientes resistencias características del hormigón:

- i. Resistencia cilíndrica de diseño.
- ii. Resistencia cilíndrica de probetas ensayadas durante la construcción de la obra.
- iii. Resistencia cilíndrica de testigos de hormigón extraídos durante la prospección de estado.

Las resistencias cilíndricas promedio de las muestras deben ser reducidas en consideración de la desviación estándar de los resultados de los ensayos y de la fracción defectuosa admisible.

Un análisis de sensibilidad de las capacidades resistentes, calculadas considerando las resistencias indicadas anteriormente, permitirá establecer un valor representativo y adecuado para considerar en el estudio de factores de utilización.

En caso de no tener antecedentes proporcionados por ensayos de terreno o laboratorio, se podrá considerar un valor conservador igual a $1.5f'_c$, si la inspección visual del material indica que la calidad del hormigón es razonablemente uniforme y no ha ocurrido deterioro.

5.2.5.4.- Resistencia del Acero.

Las capacidades de los elementos se deben determinar considerando las resistencias nominales de los aceros y las resistencias obtenidas a partir de ensayos de tracción efectuados en muestras extraídas del edificio. Se debe registrar además la capacidad de deformación en rotura del acero, obtenidas en los mismos ensayos. Para la evaluación estructural se debe considerar, en forma conservadora, una resistencia de fluencia del acero igual a $1.25f_y$.

5.2.6.- Análisis de Esfuerzos y Factores de Utilización.

5.2.6.1.- Aspectos Generales.

Como una aproximación del nivel de deficiencia de la estructura, se debe estimar los factores de utilización, definidos como el cociente entre demanda y capacidad. Estos valores son buenos indicadores de posibles efectos de torsión, pisos débiles y excesiva debilidad de la estructura. La capacidad real del edificio se determina a partir del estudio de los mecanismos de falla.

Para la estimación de los factores de utilización se deben considerar las demandas gravitacionales reales y la demanda sísmica ajustada con un factor de reducción apropiado al detallamiento estructural observado. Adicionalmente, el método de análisis debe estar acorde con el nivel de desempeño establecido y esperado para la estructura.

5.2.6.2.- Factores de Reducción de la Resistencia.

Para el cálculo de capacidades se debe considerar los factores de reducción recomendados por la normativa vigente, los que para el caso de una verificación estructural son levemente mayores que los recomendados para el diseño, debido al conocimiento que se tiene de las propiedades mecánicas reales de los materiales dispuestos en obra.

5.2.6.3.- Factores de Utilización.

Con el objeto de establecer un parámetro que permita evaluar la distribución de esfuerzos en la estructura e identificar los elementos críticos, se debe realizar el cálculo de factores de utilización. Estos factores se determinan como el cociente entre los esfuerzos últimos mayorados y las capacidades de los elementos, ponderadas por los factores de reducción de resistencia correspondientes.

5.3.- Calificación de Vulnerabilidad.

Considerando los niveles de capacidad, demanda y comportamiento esperado para la estructura se deberá:

- Establecer una lista de las deficiencias observadas.
- Estimar capacidad de la estructura.
- Estimar nivel de desempeño.
- Comentar y discutir la vulnerabilidad en relación a los objetivos de desempeño.

5.4.- Duración Global del Estudio de Vulnerabilidad Estructural.

Dependiendo de la cantidad y calidad de la información disponible y de la importancia, complejidad, regularidad en planta y elevación, dimensiones, y cantidad de elementos críticos de la estructura, la duración del estudio de evaluación de vulnerabilidad estructural puede fluctuar entre 4 y 6 meses.

5.5.- Equipo Profesional.

El grupo de profesionales necesarios (mínimo) para desarrollar el estudio de vulnerabilidad sísmica del sistema estructural de un hospital debe estar compuesto por:

- Jefe de Proyecto. Debe ser un Ingeniero Civil con más de 10 años de experiencia acreditada en proyectos de Evaluación de Vulnerabilidad sísmica de estructuras.
- Ingenieros de Proyecto. Deben de haber al menos dos Ingenieros Civiles con al menos 5 años de experiencia acreditada en proyectos de Ingeniería.

5.6.- Resumen de Actividades Requeridas para la Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural.

En los siguientes cuadros se resumen las actividades requeridas para desarrollar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura. Para cada actividad se describen los objetivos, referencias bibliográficas y códigos consultados, duraciones estimadas y requerimientos profesionales. Las duraciones y requerimientos profesionales se han estimado a partir del “Estudio de Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Dr. Juan Noé Crevani de Arica”.

| Análisis Estructural: Cubicaciones | | | | | | |
|---|---|--|--|---|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Cubicación de Elementos Estructurales | Cubicación de peso propio de pilares, vigas, losas, muros, fundaciones y otros, de acuerdo a especificaciones de planos de diseño y observaciones de terreno. | NCh353Of63: "Mensuras en Obras de Edificación: Prescripciones" | Determinar el peso sísmico del edificio. | La cubicación se efectúa considerando las dimensiones nominales de los elementos. Sin embargo, durante el levantamiento en terreno, se valida la información disponible en planos. | [5-15] días | Profesional |
| 2. Cubicación de Elementos no Estructurales | Cubicación del peso propio de cielos falsos, tabiques de fachadas e interiores, sobrelosas, estucos y otros de acuerdo a especificaciones de planos y observaciones de terreno. | NCh1537Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso" | Determinar el peso sísmico del edificio. | La cubicación se efectúa en algunos casos considerando los pesos informados por los fabricantes y en otros, los pesos estimados a partir de los pesos unitarios descritos en la norma NCh1537 Of86. Debido a que la información disponible en los planos de diseño puede no encontrarse actualizada, toda la información sobre ubicación y tipos de tabiques debe ser validada con datos de terreno. Para el caso de los cielos falsos, debe considerarse en forma adicional el peso de las luminarias, sistemas de aire acondicionado y otros elementos que no posean sistemas de fijación independientes. | [5-15] días | Profesional |
| 3. Cubicación de Sobrecargas de uso | Cubicación de sobrecargas de cada recinto, de acuerdo al uso indicado en los planos de diseño. | NCh1537Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso". | Determinar el peso sísmico del edificio. | El uso dado a cada recinto debe ser validado durante el levantamiento en terreno. | [1-3] días | Profesional |

| Análisis Estructural: Detallamiento Estructural | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 4. Estudio de Detallamiento Estructural | Verificación de disposiciones de detallamiento de armaduras de pilares, vigas, muros y fundaciones. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" FEMA 273: "NEHRP Guidelines for seismic rehabilitation of buildings" | Verificar los requisitos de detallamiento de las armaduras de refuerzo para capacidad, ductilidad y control de degradación. | Para vigas y columnas los aspectos que se estudian y verifican son: dimensiones geométricas de elementos estructurales, cuantías mínimas y máximas de aceros de refuerzo, espaciamientos máximos y mínimos del refuerzo, densificación de refuerzo en zonas de posible formación de rótulas plásticas, entre otros. El estudio se realiza a nivel de las secciones y de los elementos. En muros, se debe estudiar principalmente la cuantía del acero de refuerzo, ubicación de traslapes y confinamiento. Para el caso de las fundaciones, se debe verificar principalmente la longitud de desarrollo al interior de las fundaciones de las armaduras de refuerzo de los elementos sismorresistentes del edificio. El estudio de detallamiento estructural se desarrolla con anterioridad al levantamiento en terreno con el fin de prever los resultados de la prospección. El estudio de detallamiento estructural debe ser actualizado con los datos registrados en terreno. | [10-30] días | Profesional |

| Análisis Estructural: Desarrollo de Modelos de Análisis | | | | | | |
|--|--|---|--|---|--------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Definición de secciones y uniones tipo | Definición de secciones "tipo" de vigas, columnas y muros del edificio. Definición de nudos "tipo" del edificio. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | Establecer las secciones y uniones "tipo" del edificio, para efectuar el posterior estudio de capacidades y factores de utilización. | La definición de secciones tipo vigas, columnas y muros se efectúa considerando las dimensiones geométricas y las armaduras de flexión y de corte de la sección. Los nudos "tipo" se definen en función de las dimensiones, armaduras de confinamiento y armaduras longitudinales de los elementos que concurren a él. | [2-10] días | Profesional |
| 2. Determinación de capacidades de Flexión y Corte de Elementos Estructurales. | Calculo de capacidades de flexión y corte de pilares, vigas y muros. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Determinar los momentos máximos probables y las capacidades de corte de las secciones tipo de vigas, columnas y muros del edificio. | El cálculo de capacidades se efectúa considerando las propiedades reales y nominales de los materiales y los factores de reducción de la resistencia indicados en los códigos. Para el cálculo de capacidades de flexión de pilares se debe desarrollar diagramas de interacción y diagramas momento-curvatura. | [15-45] días | Profesional |
| 3. Desarrollo de Modelos y Análisis Estático | Desarrollo de modelo para el análisis estático de la estructura. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Desarrollo de un modelo que permita determinar los esfuerzos estáticos en los elementos estructurales. | Los pesos y sobrecargas consideradas en el modelo incluyen las observaciones de terreno. La validación del modelo utilizado para el análisis estático se efectúa mediante la comparación de las propiedades dinámicas de este modelo y las del modelo utilizado para el análisis dinámico (el cual puede ser el mismo). | [2-10] días | Profesional |

| Análisis Estructural: Desarrollo de Modelos de Análisis | | | | | | |
|---|---|--|--|---|-------------|-------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos. Profesionales |
| 4. Desarrollo de Modelo y Análisis Dinámico | Revisión de planos estructurales del edificio. Desarrollo de modelo matemático para el análisis dinámico de la estructura. Análisis sísmico de la estructura. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" Guendelman, T., Lindenberg, J., "Perfil Geosísmico de Edificios", Séptimas Jornadas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, La Serena, Chile, 1997. | Desarrollar un modelo matemático de la estructura que permita efectuar el análisis dinámico. Determinar los esfuerzos sísmicos a considerar para la verificación estructural. Evaluar mecanismos de colapso y capacidad estructural. | Las propiedades dinámicas de la estructura, determinadas analíticamente, deben ser contrastadas con los resultados de los ensayos dinámicos realizados. La demanda sísmica debe considerar las condiciones de sitio y las características de estructuración y detallamiento del refuerzo. El procedimiento de análisis puede ser lineal o no lineal, de acuerdo al nivel de desempeño a considerar. Preferentemente se usan análisis dinámico lineal y estático no lineal. | [5-10] días | Profesional |
| 5. Combinaciones de Cargas | Elaboración de procedimiento para la combinación de esfuerzos estáticos y sísmicos. | NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Determinar los esfuerzos combinados requeridos para la verificación estructural. | En caso de usar análisis no lineal, las cargas gravitacionales y laterales deben analizarse en forma simultánea. | [1-5] días | Profesional |

| Análisis Estructural: Estudio de Mecanismos de Falla | | | | | | |
|--|---|---|--|--|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 6. Mecanismo de Falla de Columnas | Verificación del mecanismo de falla de las columnas del edificio. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Establecer el mecanismo de falla de las columnas del edificio. | Se verifica el tipo de falla de todas las columnas del edificio. Se pueden analizar los siguientes tipos de falla probables: rotulación de los extremos de la columna, rotulación del extremo inferior de la columna y de las vigas que concurren a su extremo superior, y rotulación del extremo superior de la columna y de las vigas que concurren a su extremo inferior. Estos dos últimos mecanismos de falla se deben verificar para la sollicitación actuando en las dos direcciones y sentidos de análisis. Se debe evaluar el potencial de falla por flexión, corte, adherencia, traslapes, entre otros. Se determina la efectividad del acero de confinamiento para garantizar la falla dúctil del elemento. En el análisis se consideran los esfuerzos estáticos mayorados. Las propiedades de los materiales utilizadas deben incorporar los resultados de los estudios de terreno y el nivel de conocimiento real de éstos y del detallamiento del elemento. | [5-15] días | Profesional |
| 7. Mecanismo de Falla de Vigas | Verificación del mecanismo de falla de las vigas del edificio. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Establecer el mecanismo de falla de las vigas del edificio. | Se verifica el mecanismo de falla de todas las vigas del edificio. Se debe evaluar el potencial de falla por flexión, corte, adherencia, traslapes, entre otros. Se determina la efectividad del acero de confinamiento para garantizar la falla dúctil del elemento. En el análisis se consideran los esfuerzos estáticos mayorados. Las propiedades de los materiales utilizadas deben incorporar los resultados de los estudios de terreno y el nivel de conocimiento real de éstos y del detallamiento del elemento. | [5-15] días | Profesional |

| Análisis Estructural: Estudio de Mecanismos de Falla | | | | | | |
|--|--|--|---|---|-------------|-------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos. Profesionales |
| 8. Verificación Criterio Columna Fuerte - Viga Débil | Verificación del cumplimiento del criterio Columna Fuerte - Viga Débil. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" Calvi, M., Priestley, M. J., "Towards a Capacity-Design Assessment Procedure for Reinforced Concrete Frames", Earthquake Spectra, Vol 2 N° 8, 1991. | Estudiar la generación de mecanismos de piso blando en la estructura. | La verificación se efectúa considerando los momentos máximos probables de los elementos que concurren a los nudos superior e inferior de la columna. Las propiedades de los materiales utilizadas deben incorporar los resultados de los estudios de terreno y el nivel de conocimiento real de éstos y del detallamiento del elemento. | [5-15] días | Profesional |
| 9. Verificación de Mecanismo Global | Identificación del mecanismo de falla que controla el comportamiento y capacidad de la estructura. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" Calvi, M., Priestley, M. J., "Towards a Capacity-Design Assessment Procedure for Reinforced Concrete Frames", Earthquake Spectra, Vol 2 N° 8, 1991. | Caracterización del mecanismo de falla global de la estructura. | Identificar mecanismos de piso blando y mecanismos basados en el daño en vigas. Estudio de capacidad y ductilidad del mecanismo de falla que controla. Identificación del riesgo de colapso. Estimación de la capacidad última de la estructura. Las propiedades de los materiales utilizadas deben incorporar los resultados de los estudios de terreno y el nivel de conocimiento real de éstos y del detallamiento del elemento. | [5-15] días | Profesional |

| Análisis Estructural: Factores de Utilización y Análisis de Resultados | | | | | | |
|--|---|--|---|--|-------------|-------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos. Profesionales |
| 10. Cálculo de Factores de Utilización | Cálculo de factores de utilización de corte y flexión de las secciones "tipo" de vigas, pilares, muros, nudos y fundaciones. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" FEMA 178: "NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings" | Determinar los factores de utilización en corte y flexión de los elementos sismorresistentes. Establecer la magnitud y distribución de sobredemandas y definir las zonas críticas de la estructura. | Las secciones "tipo" de la estructura han sido determinadas en una etapa anterior. La capacidad se calcula en las secciones extremas y central de los elementos. | [5-15] días | Profesional |
| 11. Estudio de Esfuerzos en Suelo de Fundación | Cálculo de esfuerzos estáticos y sísmicos transmitidos al suelo de fundación. Cálculo de áreas en compresión bajo zapatas. | | Determinar los esfuerzos transmitidos al suelo de fundación. | Los mecanismos de falla y los análisis estático y dinámico deben ser consistentes con las características de fundación. | [5-10] días | Profesional |
| 12. Estudio de Estabilidad de Fundaciones | Verificación de estabilidad de fundaciones. | | Evaluar la posibilidad de volcamiento de las fundaciones. | | [5-10] días | Profesional |
| 13. Análisis y Resultados de la Evaluación Estructural | Análisis y discusión de resultados del análisis estructural. | | Establecer mecanismos de falla, nivel de ductilidad, degradación y capacidad de deformación de la estructura. Comparar resultados del análisis con niveles de desempeño esperados. Revisión y reiteración de análisis. Calificación de vulnerabilidad. | | [5-60] días | Profesional |

5.4.- Referencias.

1. ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado".
2. ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings".
3. Calvi, M., Priestley, M. J., "Towards a Capacity-Design Assessment Procedure for Reinforced Concrete Frames", Earthquake Spectra, Vol 2 N° 8, 1991.
4. FEMA 178: "NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings", Junio 1992.
5. FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings".
6. Guendelman, T., Lindenberg, J., "Perfil Geosísmico de Edificios", Séptimas Jornadas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, La Serena, Chile, 1997.
7. NCh353 Of63: "Mensuras en Obras de Edificación: Prescripciones".
8. NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios".
9. NCh1537 Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso".

6.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Elementos no Estructurales.

6.1.- Introducción.

Debido a la acción de un sismo de importancia, gran parte del daño se puede concentrar en los elementos no estructurales del edificio, arriesgando de esta forma la continuidad de los servicios clínicos que se imparten en el hospital. Esto se debe principalmente a las mínimas o nulas previsiones consideradas para la protección sísmica de estos elementos, o bien, a deficiencias de construcción o montaje o a la inexistencia de un programa de mantenimiento adecuado.

Los elementos no estructurales incluidos en esta base metodológica son los siguientes: tabiquerías interiores y de fachadas, cielos falsos y equipamiento médico e industrial. Los antecedentes considerados para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estos elementos deben ser recopilados por medio de un levantamiento en terreno y por la revisión de las especificaciones técnicas de proveedores que identifiquen sus principales características: uso, geometría, peso, materiales, condiciones de apoyo, estado, impacto con otros sistemas, seguridad interna y comportamiento sísmico histórico, entre otros.

6.2.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Tabiques.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las tabiquerías es fundamental la identificación en terreno de las características del elemento. Entre los aspectos que se deben estudiar se encuentran los siguientes:

- Estructuración y geometría.
- Materiales, seguridad interna, rigidez, capacidad de deformación y resistencia.
- Condiciones de apoyo y dilataciones con la estructura principal.
- Capacidad de soporte para otros elementos.
- Estado.
- Otros específicos al tipo de tabique.

Todos estos aspectos deben ser estudiados con profundidad, pues determinan de manera importante la vulnerabilidad sísmica de los tabiques.

6.2.1.- Verificación de la Capacidad de Deformación de Tabiques.

La norma chilena de diseño sísmico de edificios NCh433 Of96, en su capítulo 8, establece las condiciones y solicitaciones para el diseño y anclaje de elementos secundarios y la interacción de éstos con la estructura resistente, tomando en cuenta el uso del edificio y la necesidad de continuidad de operación.

Con este propósito, se distinguen tres niveles de desempeño, los que se relacionan directamente con el comportamiento sísmico de los tabiques. Estos son: superior, bueno y mínimo, a los cuales se les asigna valores para el factor de desempeño K_d iguales a 1.35, 1.0 y 0.75, respectivamente.

Según la clasificación que establece la norma, el nivel de desempeño depende del elemento que se considere y de la categoría del edificio. De esta forma, y de acuerdo a la tabla 8.1 de la citada norma, las divisiones de altura parcial, para un edificio de categoría A (hospitales), tienen asignado un factor de desempeño bueno ($K_d = 1.0$). El resto de los tabiques de altura total y los muros no estructurales tienen asignado un nivel de desempeño superior ($K_d = 1.35$).

Para los efectos de la interacción entre la estructura y los tabiques divisorios, éstos se clasifican en solidarios, si siguen la deformación de la estructura, y flotantes, si se deforman en forma independiente.

La interacción entre los tabiques solidarios y la estructura resistente del edificio debe ser analizada prestando especial atención a la compatibilidad de deformaciones. La disposición del párrafo 8.4.2 de la norma establece que estos elementos deben ser incorporados en el modelo utilizado para el análisis sísmico del edificio, a menos que el desplazamiento relativo de entrepiso medido en el punto en que se encuentra el tabique sea igual o menor que 0.001 veces la altura de entrepiso.

En el párrafo 8.4.3 se establece que los tabiques solidarios deben aceptar, sin que presenten daños que impidan su uso normal, la deformación lateral que se obtiene de amplificar por $R^*K_d/3$ la deformación lateral de entrepiso en el punto en que está ubicado el tabique. Esta condición debe ser considerada como mínima ya que los desplazamientos inelásticos pueden fácilmente alcanzar a R^*K_d .

La distancia lateral libre entre los tabiques flotantes y la estructura resistente, según la disposición del párrafo 8.4.4, debe ser igual o mayor que la deformación lateral que se obtiene de amplificar por $R^*K_d/3$ la deformación lateral de entrepiso en el punto en que está ubicado el tabique. Además, los anclajes de los tabiques deben disponerse de tal forma que permitan la deformación libre de la estructura resistente y a su vez aseguren la estabilidad transversal del tabique.

Por lo anterior, la verificación de la tabiquería se realiza alternativamente considerando las siguientes hipótesis:

- Suponiendo que la tabiquería se encuentra flotante y
- Suponiendo que la tabiquería se encuentra solidaria

En el caso en que se considera que la tabiquería se encuentra flotante, se debe cumplir que las dilataciones registradas en terreno sean mayores a los valores mínimos especificados en la norma o las estimadas en el análisis. En el caso contrario, en que se supone que los tabiques se encuentran solidarios, se debe verificar que estos elementos posean la capacidad para alcanzar el nivel de deformaciones de entrepiso y fuerzas inerciales obtenido del análisis sísmico de la estructura.

Las capacidades de deformación de tabiques deben ser establecidas por los fabricantes, o bien, pueden determinarse por medio de ensayos de carga como los estudiados por Willatt et al (1996), quien estableció las capacidades de deformación de algunos tipos de tabiques en estados límites de servicio y último.

6.2.2.- Verificación de la Capacidad Resistente de Tabiques.

Se debe verificar la capacidad resistente de los tabiques de fachadas y de los tabiques interiores, considerando como mínimo las demandas y procedimientos de análisis descritos en el capítulo 8 de la norma NCh433 Of96. Para esto se puede utilizar como demanda una fuerza equivalente F igual a:

$$F = (F_k/P_k)K_pC_pK_dP_p$$

- donde
- F_k = Esfuerzo de corte total del nivel en que se encuentra el tabique
 - P_k = Peso total del nivel en que se encuentra ubicado el tabique
 - K_p = Factor de amplificación dinámica, determinado de acuerdo a sección 8.3.3 de la Norma NCh433 Of96
 - C_p = Factor de demanda sísmica, determinado de acuerdo a tabla 8.1 de la Norma NCh433 Of96
 - K_d = Factor de desempeño, determinado de acuerdo a tabla 8.1 de la Norma NCh433 Of96
 - P_p = Peso del tabique

6.3.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Cielos Falsos.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los cielos falsos es fundamental la identificación en terreno de sus características principales. Entre los aspectos que se deben estudiar están los siguientes:

- Estructuración y geometría.
- Materiales.
- Condiciones de apoyo y arriostamiento.
- Independencia con sistemas de luminarias y aire acondicionado.
- Estado del elemento.
- Integridad interna.
- Interacción con la estructura y con otros elementos no estructurales.
- Juntas de dilatación.
- Mecanismos de unión y ensamblado.
- Comportamiento en sismos anteriores.
- Detalles constructivos.
- Calificación sísmica previa.
- Capacidad de elementos de arriostre y anclaje.

El modelo de análisis del cielo falso dependerá de sus dimensiones, integridad y condiciones de ensamblado y sujeción. El modelo más sencillo para un sistema estable consiste en el uso de una demanda del tipo

$$F = K_p WCI$$

- donde
- K_p = Factor de amplificación dinámica, que depende de la flexibilidad del sistema de cielo falso
 - W = Peso del cielo falso y de elementos superpuestos

- C = Factor de demanda sísmica, que incluye el efecto de amplificación dinámica de la estructura
- I = Factor de importancia de la estructura

6.4.- Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Equipamiento.

El estudio de la vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial está motivado por la importancia que revisten para el funcionamiento del hospital y por el alto costo de reposición y reparación de los equipos.

Para el estudio de cada equipo se debe tomar en cuenta la siguiente secuencia de análisis, que permite a grandes rasgos, hacer una primera evaluación de su vulnerabilidad:

1. Características geométricas
2. Peso del equipo
3. Posición del Centro de Masa
4. Tipo de apoyo
5. Distribución de los apoyos
6. Existencia de elementos de anclaje
7. Material
8. Número de componentes independientes
9. Seguridad interna del equipo
10. Contenido
11. Uso
12. Importancia relativa
13. Ubicación
14. Complejidad del entorno del equipo
15. Características de la demanda
16. Comportamiento en sismos anteriores

Debido a la complejidad de los equipos, al nivel de información y al alcance de este tipo de estudio, la vulnerabilidad se evalúa, en forma preliminar, verificando los anclajes de los equipos fijos y analizando la probabilidad de deslizamiento o vuelco de los equipos sin anclaje. Posteriormente es necesario evaluar su vulnerabilidad en conjunto.

6.4.1.- Criterios para el Estudio de Volcamiento de Equipos.

Para la estimación de la factibilidad de volcamiento del equipo se pueden considerar los criterios establecidos por Ishiyama (1982):

- El límite inferior de la máxima aceleración horizontal que es necesaria para que el cuerpo pueda volcarse es aproximadamente:

$$a_0 = \frac{B}{H} \cdot g$$

- El límite inferior de la máxima velocidad que es necesaria para que el cuerpo pueda volcarse es aproximadamente:

$$v_o \approx 0.4 \sqrt{\frac{2g}{r} (i^2 + r^2) \frac{1 - \cos \alpha}{\cos^2 \alpha}}$$

La límite anterior se puede simplificar por las siguientes expresiones:

- Para cuerpos rectangulares: $v_o \approx 0.4 \sqrt{\frac{8gr}{3} \frac{1 - \cos \alpha}{\cos^2 \alpha}}$
- Para cuerpos rectangulares y esbeltos: $v_o \approx 10 \frac{B}{\sqrt{H}}$

donde i = Radio de giro.

r = Distancia entre centro de rotación y centro de masa.

α = Angulo entre vertical y línea definida de por r .

B = Ancho del equipo.

H = Altura del equipo, definida como el doble de la altura del centro de gravedad de equipo.

Las características del movimiento fuerte quedan determinadas por el estudio de sismicidad y peligro sísmico (aceleración máxima $a_{m\acute{a}x}$ y velocidad máxima $v_{m\acute{a}x}$).

6.4.2.- Criterios para el Estudio de Pernos de Anclaje.

Para la evaluación de los anclajes se pueden considerar como referencia las disposiciones de las normas NCh433 Of96, IBC 2000 y normas de materiales, que establecen demandas, factores de reducción (que consideran la flexibilidad y fragilidad del dispositivo) y capacidades de los distintos dispositivos y formas de anclaje.

6.4.3.- Estudio de Seguridad Interna.

Para la evaluación de la vulnerabilidad interna del equipo se debe conocer todas las especificaciones técnicas del equipo. Para la evaluación podrán utilizarse los siguientes instrumentos:

- Modelos analíticos
- Ensayos en mesa vibradora
- Experiencia sísmica histórica
- Criterio de Expertos

En caso de existir normas de seguridad sísmica específicas, deberán ser consideradas tomando en cuenta el nivel de desempeño requerido para el hospital.

6.5.- Plazo Global del Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de Elementos no Estructurales.

El estudio de vulnerabilidad sísmica de elementos no estructurales se debe desarrollar en dos etapas: la primera etapa se desarrolla en terreno y consiste en la recopilación de información

descriptiva y evaluación preliminar de la vulnerabilidad de tabiquerías, cielos falsos y equipamiento médico e industrial; y una segunda etapa, en que se desarrolla el análisis en detalle de la vulnerabilidad sísmica de estos elementos. La primera etapa del estudio puede durar entre 2 y 4 semanas, dependiendo de aspectos tales como: dificultades de acceso para la inspección, heterogeneidad de los sistemas de apoyo, cantidad de elementos a estudiar, etc. La segunda etapa puede durar entre 3 y 4 meses, dependiendo de la calidad de la información disponible (resistencia de los materiales y capacidad de deformación, características de los anclajes, etc.)

6.6.- Equipo Profesional.

El grupo de profesionales necesarios (mínimo) para desarrollar el estudio de vulnerabilidad sísmica de los elementos no estructurales consiste en:

- Jefe de proyecto. Debe ser un Ingeniero civil con más de 10 años de experiencia acreditada en proyectos de evaluación de estado de estructuras y equipamiento.
- Ingenieros de proyecto. Se debe conformar un equipo de trabajo compuesto por al menos 5 Ingenieros Civiles que participan en la recolección de antecedentes en terreno y en la verificación posterior.

6.7.- Resumen de Actividades Requeridas para la Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Elementos no Estructurales.

En los cuadros que a continuación se presentan se resumen las actividades requeridas para este estudio. Se indican además las normas y documentos que pueden ser consideradas como referencia y los objetivos de cada actividad.

| Estudio de Elementos no Estructurales: Análisis Preliminar y Levantamiento en Terreno | | | | | | |
|---|---|---|---|-------------|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Levantamiento de Elementos Arquitectónicos | Identificación y definición de tipos de elementos existentes en la estructura. Determinación de las dimensiones y ubicación en el edificio de los distintos tipos de elemento. Determinación de los materiales que componen cada elemento. Revisión de la estructuración típica. Inspección de estado de conservación, condiciones de apoyo y estabilidad, dilataciones, elementos de arriostramiento y deficiencias constructivas. | | Se recopila toda la información necesaria para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. | | [5-30] días | Profesional |
| 2. Levantamiento de Equipamiento Médico e Industrial | Selección del equipamiento médico e industrial que se debe estudiar durante el levantamiento en terreno. Identificación de aspectos a estudiar en terreno para efectuar la evaluación de vulnerabilidad sísmica. Recolección de antecedentes generales del equipo: año de instalación, vida útil y costo de reposición, entre otros. Determinación de propiedades geométricas del equipo: dimensiones, ubicación del centro de masa y distribución de pernos de anclaje. Inspección visual de interacción con otros elementos. Evaluación preliminar de estabilidad. Evaluación e identificación de características y seguridad interna. Inspección de estado de mantenimiento. | | Determinar los equipos fundamentales para la continuidad de los servicios prestados por el hospital. Identificar las variables que se deben estudiar. Recopilar los antecedentes necesarios para efectuar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del equipo y determinar el impacto en la función del hospital. | | [5-30] días | Profesional |
| 3. Inspección de Estado de Ascensores | Se debe inspeccionar en terreno el estado del sistema de rieles (Anclajes, empalmes y sistemas de apoyo), ducto de circulación, funcionamiento de los sistemas de protección, sistemas de poleas y máquinas de conducción. | NCh440 Of53: "Elevadores - Construcción de cajas y salas de máquinas" NCh440/1 cR1999: "Construcción - Ascensores y montacargas, requisitos de seguridad e instalación, Parte 1: Ascensores eléctricos". ASME A17.1-1996. "Safety code for Elevators and Escalators". | Determinar el estados de los componentes del ascensor. | | 2 días | Profesional |

| Estudio de Elementos no Estructurales: Análisis de Tabiques de Albañilería | | | | | | |
|---|--|--|--|---|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 4. Revisión de antec. para el Análisis de Tabiques de Albañilería. | Revisión de normas, memorias y otras referencias bibliográficas. Revisión de antecedentes recopilados en terreno. | Intrenational Building Code 2000. Willat, E., "Capacidad de Deformación de Tabiques", Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1996. NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". NCh1928 Of93: "Albañilería Armada: Requisitos para el Diseño y Cálculo" NCh2123 Of86: "Albañilería Confinada: Requisitos de Diseño y Cálculo" | Recopilar la información necesaria para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los elementos arquitectónicos del edificio. | | [5-15] días | Profesional |
| 5. Demanda Sísmica | Análisis sísmico de la estructura. | ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | Determinar las deformaciones de entrepiso y las fuerzas inerciales requeridas para la evaluación de vulnerabilidad. | | [5-15] días | Profesional |
| 6. Estudio de Capacidad de Deformación y Capacidad Resistente de Tabiques de Albañilería. | Revisión de requisitos normativos relacionados con dilatación, capacidad de deformación y capacidad resistente de estos elementos. Definición de procedimientos de análisis. Revisión de antecedentes experimentales relativos a capacidad de deformación (en servicio y rotura). Estudio de demanda deformaciones sísmicas en la estructura. Estudio de factores de utilización de elementos de confinamiento. Evaluación de estabilidad y capacidad resistente. Conclusiones sobre vulnerabilidad. | Willat, E., "Capacidad de Deformación de Tabiques", Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1996. NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". NCh1928 Of93: "Albañilería Armada: Requisitos para el Diseño y Cálculo" NCh2123 Of86: "Albañilería Confinada: Requisitos de Diseño y Cálculo" | Establecer criterios para la verificación. Estudiar la capacidad de deformación de tabiques. Evaluar la demanda de deformaciones sobre los tabiques. Evaluar la magnitud de los esfuerzos inerciales actuando sobre los tabiques. Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las tabiquerías de albañilería. | Tarea incluye el estudio de capacidades de deformación para los estados de servicio y último de tabiques. El análisis de deformaciones de tabiques se efectúa en cada nivel de la estructura y en cada dirección de análisis. El análisis de la estructura se efectúa considerando diferentes módulos de elasticidad del hormigón, con lo que se obtiene una envolvente para los desplazamientos de entrepiso y deformaciones máximas probables del edificio. Se debe evaluar la capacidad del tabique para resistir fuerzas inerciales y efectos de otros elementos estructurales y no estructurales. Se debe evaluar el impacto de estos elementos en el comportamiento de la estructura. | [5-30] días | Profesional |

| Estudio de Elementos no Estructurales: Análisis de Tabiques de Albañilería | | | | | | |
|--|--|--|---|--|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 7. Análisis de Tabiques de Fachadas | Estimación de coeficientes sísmicos para la verificación. Estudio de factores de utilización de tabiques de fachadas. Estudio de factores de utilización de elementos de confinamiento. Evaluación de estabilidad y capacidad resistente de tabiquerías de fachadas. Conclusiones sobre vulnerabilidad del elemento. | NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" NCh1928 Of93: "Albañilería Armada: Requisitos para el Diseño y Cálculo" NCh2123 Of86: "Albañilería Confinada: Requisitos de Diseño y Cálculo" | Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las tabiquerías de fachadas. | Las aceleraciones utilizadas para la verificación de tabiques, se determinan de acuerdo a las disposiciones de las normas y a resultados derivados del análisis estructural. | [5-15] días | Profesional |

| Estudio de Elementos no Estructurales: Análisis de Cielos Falsos | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Estimación de Demanda Sísmica | Estimación de demanda sísmica inercial y de deformaciones impuestas por otros elementos. | NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" International Building Code 2000. | | | [2-5] días | Profesional |
| 2. Caracterización de Cielos Falsos. | Identificación de características relevantes de los cielos falsos. | NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" International Building Code 2000. | Identificar las características de los cielos falsos, requeridas para efectuar el análisis de vulnerabilidad sísmica. | Entre los aspectos que caracterizan el cielo falso se encuentran: estructuración y geometría, materiales, condiciones de apoyo y arriostramiento, independencia con sistemas de luminarias y aire acondicionado, estado del elemento, integridad interna, interacción con la estructura y con otros elementos no estructurales, juntas de dilatación, mecanismos de unión y ensamblado y detalles constructivos, entre otros. | [5-10] días | Profesional |
| 3. Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Cielos Falsos | Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los cielos falsos del edificio, a partir de información recopilada en terreno (estado de conservación, condiciones de apoyo y arriostramiento, independencia con sistemas de aire acondicionado, líneas vitales y luminarias, etc.) y especificaciones de fabricantes. | NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" International Building Code 2000. | Evaluar la vulnerabilidad sísmica de los cielos falsos del hospital. | | [15-60] días | Profesional |

| Estudio de Elementos no Estructurales: Análisis de Equipos | | | | | | |
|--|--|--|---|--|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Selección de Equipos | Selección de equipos a analizar. | | Determinar los equipos críticos para la continuidad de operaciones del hospital. | | [1-5] días | Profesional |
| 2. Revisión de Antecedentes para el Estudio de Equipos | Revisión de especificaciones de fabricantes de equipos. Revisión de normativas para la verificación del elemento. | | Recopilar los antecedentes necesarios para desarrollar el estudio de vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial. | | [5-60] días | Profesional |
| 3. Identificación de Características Principales | Identificación de las principales características de cada equipo en estudio. | | Recopilar los antecedentes necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial. | Entre las características que se deben identificar para evaluar la vulnerabilidad sísmica del equipo se encuentran: Características geométricas, peso del equipo, posición del centro de masa, tipo de apoyo, distribución de los apoyos, existencia de elementos de anclaje, material, número de componentes independientes, seguridad interna del equipo, contenido, uso, importancia relativa, ubicación, complejidad del entorno del equipo, características de la demanda, comportamiento en sismos anteriores. | [5-60] días | Profesional |
| 4. Estimación de Demanda | Estimación de demanda inercial y distorsiones. | | | Debe establecerse la demanda y los factores de reducción correspondientes al nivel de desempeño esperado | [1-10] días | Profesional |
| 5. Evaluación de Integridad y Seguridad Interna | Definición de procedimiento de análisis. | | | Entre las herramientas de análisis se encuentran: Modelos analíticos, ensayos en mesa vibradora, experiencia sísmica histórica y criterio de expertos. | [1-10] días | Profesional |
| 6. Estudio de Elementos de Anclaje | Cálculo de solicitaciones en elementos de anclaje Verificación de capacidad resistente de elementos de anclaje. | ACI 349 Appendix B: "Nuclear Safety Structures". NCh 2369 2000: "Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales". NCh 433 Of 96: "Diseño Sísmico de Edificios". International Building Code 2000. | Determinar la capacidad de los elementos de anclaje para resistir esfuerzos sísmicos. | | [1-30] días | Profesional |

| Estudio de Elementos no Estructurales: Análisis de Equipos | | | | | | |
|--|--|--|---|-------------|-------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 7. Análisis de Volcamiento | Evaluación de la probabilidad de volcamiento del equipo. | Ishiyama Y., "Criteria for Overturning of Rigid Bodies by Sinusoidal and Earthquake Excitations", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 10, 1981. | Evaluar la estabilidad del equipamiento no anclado. | | [1-30] días | Profesional |
| 8. Evaluación de Vulnerabilidad | Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial del hospital. | | Establecer la vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial del hospital. | | [5-15] días | Profesional |
| 9. Estimación de Impacto en la Función | Evaluación del impacto de la vulnerabilidad del equipamiento en la función hospitalaria. | | Evaluar el impacto de la vulnerabilidad del equipamiento en la actividad desarrollada en el hospital. | | [5-30] días | Profesional |

| Estudio de Elementos no Estructurales: Análisis de Ascensores | | | | | | |
|---|---|--|--|-------------|--------------|------------------------------|
| Tarea | Descripción | Ref. Bibliográficas | Objetivos | Comentarios | Duración | Requerimientos Profesionales |
| 1. Revisión de Antecedentes para el Estudio de Ascensores | Revisión de referencias bibliográficas. Revisión de especificaciones de fabricantes de ascensores. | NCh440 Of53: "Elevadores - Construcción de cajas y salas de máquinas" NCh440/1 cR1999: "Construcción - Ascensores y montacargas, requisitos de seguridad e instalación, Parte 1: Ascensores eléctricos". ASME A17.1-1996. "Safety code for Elevators and Escalators". Mata, P., "Estudio de Daños Sísmicos en Sistemas de Ascensores y Determinación de los Parámetros de Diseño Antisísmico", Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1999. | Definir los aspectos a considerar para evaluar la vulnerabilidad sísmica de ascensores. | | [10-20] días | Profesional |
| 2. Identificación de Características Principales | Identificación de las principales características del ascensor: sistema de rieles guía, anclajes y empalmes de rieles, vigas de apoyo, peso de cabina y contrapeso, capacidad de carga, sistema de poleas y maquinarias de conducción, etc. | Idem anterior. | Recopilar los antecedentes necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de ascensores. | | [5-10] días | Profesional |
| 3. Evaluación Vulnerabilidad | Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del sistema de ascensores. | Idem anterior. | Establecer la vulnerabilidad sísmica del sistema de ascensores del hospital. | | [5-10] días | Profesional |
| 4. Estimación de Impacto en la Función | Evaluación del impacto de la vulnerabilidad del sistema de ascensores en la función hospitalaria. | Idem anterior. | Evaluar el impacto de la vulnerabilidad del sistema de ascensores en la actividad desarrollada en el hospital. | | [2-5] días | Profesional |

6.8.- Referencias.

1. ACI318-99: “Código de Diseño de Hormigón Armado”.
2. ACI 349 Appendix B: “Nuclear Safety Structures”.
3. ASME A17.1-1996: “Safety code for Elevators and Escalators”.
4. ATC-40: “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”.
5. FEMA 273: “Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings”.
6. International Building Code 2000.
7. Ishiyama, Y., “Criteria for Overturing of Rigid Bodies by Sinusoidal and Earthquake Excitations”.
8. Mata, P., “Estudio de Daños Sísmicos en Sistemas de Ascensores y Determinación de los Parámetros de Diseño Antisísmico”, Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1999.
9. NCh433 Of96: “Diseño Sísmico de Edificios”.
10. NCh440 Of53: “Elevadores - Construcción de cajas y salas de máquinas”.
11. NCh440/1 cR1999: “Construcción - Ascensores y montacargas, requisitos de seguridad e instalación, Parte 1: Ascensores eléctricos”.
12. NCh1928 Of93: “Albañilería Armada: Requisitos para el Diseño y Cálculo”.
13. NCh2123 Of86: “Albañilería Confinada: Requisitos de Diseño y Cálculo”.
14. NCh 2369 2000: “Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”.
15. Willat, E., “Capacidad de Deformación de Tabiques”, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1996.

7.- Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Dr. Juan Noé Crevani de Arica: Un Modelo.

Debido al gran número de actividades que se deben desarrollar en el marco de un estudio de vulnerabilidad sísmica, se requiere de una presentación gráfica que muestre de manera sencilla y esquemática la secuencia temporal y relaciones entre actividades. Por esta razón, en el CD que acompaña a estas bases metodológicas, se ha incluido un archivo llamado “Programación de Actividades.mpp”, que consiste en una versión para Microsoft Project 2000 del Programa de actividades desarrolladas como parte del proyecto de “Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Dr. Juan Noé Crevani de Arica: un Modelo”, considerado como referencia para el desarrollo de esta metodología.

La programación de actividades ha consistido básicamente en la elaboración de cartas Gantt y Pert. En la carta Gantt se presenta el listado de actividades y tareas requeridas por el estudio. En esta carta se resumen las principales características de cada tarea: duración, fechas de inicio y término, requerimientos profesionales y actividades predecesoras inmediatas. En la carta Pert (también llamada carta nodo-actividad) se muestran las relaciones y dependencias entre actividades. Además, esta carta indica la ruta de actividades críticas, con lo que se pueden manejar los recursos necesarios para controlar la duración del proyecto.

Para la correcta interpretación de la información presentada se deben considerar los siguientes aspectos:

- La información presentada corresponde a los procedimientos desarrollados en el marco del estudio de vulnerabilidad sísmica del Hospital Juan Noé Crevani, por lo que no incluye la totalidad de los procedimientos descritos en estas bases metodológicas y que pueden ser necesarios para la evaluación de otra estructura.
- Las duraciones de las actividades corresponden a las duraciones reales demandadas durante la ejecución del proyecto de evaluación de vulnerabilidad sísmica del hospital de Arica.
- Las actividades fueron planificadas y coordinadas de manera de optimizar los plazos de ejecución y el uso de los recursos humanos, físicos y económicos.
- Las dependencias entre actividades quedan definidas tanto por las dependencias directas entre actividades como por la disponibilidad de recursos para su ejecución.
- Los recursos humanos considerados para el desarrollo del estudio son los siguientes:

| Recurso | Iniciales del Recurso |
|--|-----------------------|
| Director de Proyecto | : IngDir |
| Ingeniero 1 | : Ing1 |
| Ingeniero 2 | : Ing2 |
| Ingeniero 3 | : Ing3 |
| Ingeniero 4 | : Ing4 |
| Ingeniero 5 | : Ing5 |
| Especialista Ensayos de Materiales | : Esp1 |
| Especialista Mecánica de Suelos | : Esp2 |
| Especialista Sismicidad y Peligro Sísmico | : Esp3 |
| Especialista Riesgo Sísmico | : Esp4 |
| Especialista Modelación y Análisis Estructural | : Esp5 |
| Especialista Ascensores | : Esp6 |

Adicionalmente, cada especialista deberá definir los requerimientos profesionales para el desarrollo de su actividad.

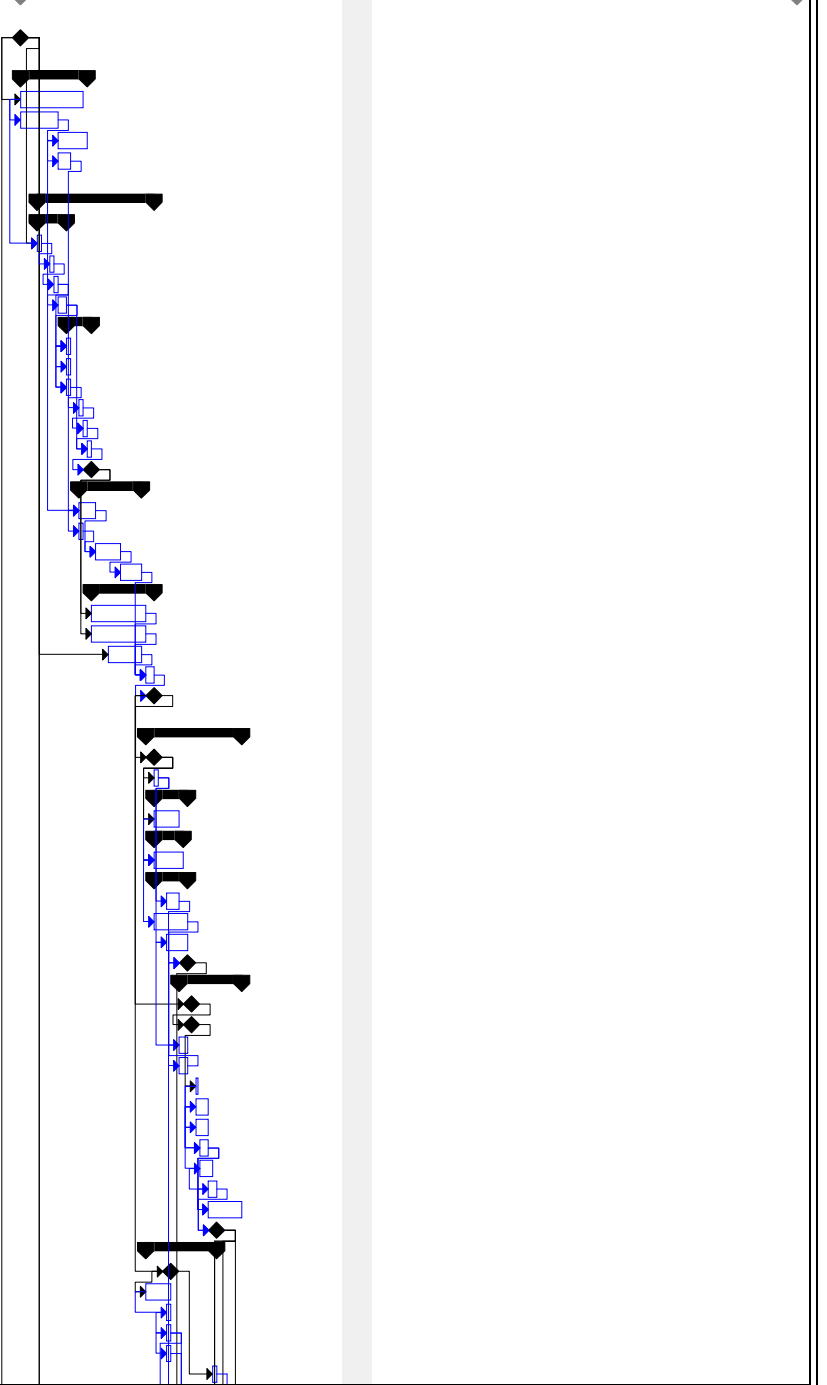
La descripción en detalle de las actividades se puede listar con la opción de visualización de informes tipo “Notas de Tareas”, creado particularmente para este proyecto.

ANEXOS

**CARTA GANTT
NOTAS DE TAREAS**



ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE HOSPITALES
 (Basado en Proyecto de Evaluación de la Vulnerabilidad Sismica del Hospital Dr Juan Noé Crevani de Arica: un Modelo)

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso | diciembre | enero | febrero | marzo | abril | mayo | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | | | | | | | 29/11 | 6/12 | 13/12 | 20/12 | 27/12 | 3/01 | 10/01 | 17/01 | 24/01 | 31/01 | 7/02 | 14/02 | 21/02 | 28/02 | 6/03 | 13/03 | 20/03 | 27/03 | 3/04 | 10/04 | 17/04 |
| 0 | ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL HOSPITAL DE ARICA | 123 días | lun 6/12/99 | jue 8/06/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 INICIO DEL PROYECTO | 0 días | lun 6/12/99 | lun 6/12/99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 2 RECOLECCION Y REVISION DE ANTECEDENTES BÁSICOS | 11 días | lun 6/12/99 | mar 21/12/99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2.1 Planos | 10 días | lun 6/12/99 | lun 20/12/99 | 2CC | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 2.2 Informes | 6 días | lun 6/12/99 | mar 14/12/99 | 5CC | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 2.3 Especificaciones | 5 días | mié 15/12/99 | mar 21/12/99 | 6 | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 2.4 Revisión de Normas Nacionales y Códigos Extranjeros | 3 días | mié 15/12/99 | vie 17/12/99 | 7CC | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 3 ANALISIS PRELIMINAR | 19 días | vie 10/12/99 | jue 6/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 3.1 Cubicación Preliminar de Obra Gruesa | 5 días | vie 10/12/99 | jue 16/12/99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 3.1.1 Cubicación de Pilares | 1 día | vie 10/12/99 | vie 10/12/99 | 2FC+3 días;5CC+3 días | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 3.1.2 Cubicación de Vigas | 1 día | lun 13/12/99 | lun 13/12/99 | 12 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 3.1.3 Cubicación de Losas | 1 día | mar 14/12/99 | mar 14/12/99 | 13 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 3.1.4 Cubicación de Muros | 2 días | mié 15/12/99 | jue 16/12/99 | 14 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 3.2 Cubicación Preliminar de Elem. Arquitectónicos | 4 días | vie 17/12/99 | mié 22/12/99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 3.2.1 Cubicación de Cielos Falsos | 1 día | vie 17/12/99 | vie 17/12/99 | 15;14 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 3.2.2 Cubicación de Sobrelosas | 1 día | vie 17/12/99 | vie 17/12/99 | 17CC | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 3.2.3 Cubicación de Sobrecargas de uso | 1 día | vie 17/12/99 | vie 17/12/99 | 17CC;18CC | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 3.2.4 Cubicación de Tabiques de Fachadas | 1 día | lun 20/12/99 | lun 20/12/99 | 19 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 3.2.5 Cubicación de Tabiques Interiores | 1 día | mar 21/12/99 | mar 21/12/99 | 20 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 3.2.6 Cubicación de Estucos | 1 día | mié 22/12/99 | mié 22/12/99 | 15;21 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 3.2.7 Otras Cubicaciones | 0 días | mié 22/12/99 | mié 22/12/99 | 22 | Ing3;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 3.3 Estudio Preliminar de Detallamiento Estructural | 10 días | lun 20/12/99 | lun 3/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 3.3.1 Detallamiento de Pilares | 4 días | lun 20/12/99 | jue 23/12/99 | 7CC+3 días;8 | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 3.3.2 Detallamiento de Fundaciones | 1 día | lun 20/12/99 | lun 20/12/99 | 25CC | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 3.3.3 Detallamiento de Vigas | 4 días | vie 24/12/99 | mié 29/12/99 | 25;26 | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 3.3.4 Detallamiento de Muros | 2 días | jue 30/12/99 | lun 3/01/00 | 27 | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 3.4 Actividades Complementarias | 10 días | jue 23/12/99 | jue 6/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 3.4.1 Revisión de antecedentes para la Prospección de Estado | 8 días | jue 23/12/99 | mar 4/01/00 | 23 | Ing3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 3.4.2 Revisión de antecedentes para la Mecánica de Suelos | 8 días | jue 23/12/99 | mar 4/01/00 | 23 | Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 3.4.3 Identificación de Equipo Médico e Industrial | 5 días | lun 27/12/99 | lun 3/01/00 | 2FC+14 días | Ing2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | 3.4.4 Preparación de antecedentes para el Levantamiento en Terreno | 2 días | mié 5/01/00 | jue 6/01/00 | 30;28;32;31 | Ing3;Ing4;Ing1;Ing2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | 3.4.5 Fin de Actividades Preliminares | 0 días | jue 6/01/00 | jue 6/01/00 | 33 | Ing3;Ing4;Ing1;Ing2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | 4 ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN TERRENO | 18 días | mié 5/01/00 | jue 27/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37 | 4.1 Inicio de Actividades Desarrolladas en Terreno | 0 días | jue 6/01/00 | jue 6/01/00 | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 38 | 4.2 Estudio de Microvibraciones (Mediciones en terreno) | 1 día | vie 7/01/00 | vie 7/01/00 | 37 | Ing2;IngDir | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 39 | 4.3 Levantamiento | 6 días | vie 7/01/00 | vie 14/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 4.3.1 Descripción de uso de recintos | 4 días | vie 7/01/00 | mié 12/01/00 | 37 | Ing5;Ing3;Ing4;Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | 4.3.2 Levantamiento de Elementos Estructurales | 5 días | vie 7/01/00 | jue 13/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 42 | 4.3.2.1 Levantamiento obra gruesa | 5 días | vie 7/01/00 | jue 13/01/00 | 40CC;37 | Ing5;Ing3;Ing4;Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 43 | 4.3.3 Levantamiento de Elementos no Estructurales | 6 días | vie 7/01/00 | vie 14/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 4.3.3.1 Estado de Ascensores | 3 días | lun 10/01/00 | mié 12/01/00 | 38 | Esp6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 45 | 4.3.3.2 Levantamiento de Elementos Arquitectónicos | 6 días | vie 7/01/00 | vie 14/01/00 | 42CC | Ing5;Ing3;Ing4;Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 46 | 4.3.3.3 Levantamiento de Equipamiento Médico e Industrial | 5 días | lun 10/01/00 | vie 14/01/00 | 38 | Ing2;IngDir | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 47 | 4.3.4 Fin de levantamiento | 0 días | vie 14/01/00 | vie 14/01/00 | 45;52 | Ing3;Ing4;Ing2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 4.4 Prospección de Estado Obra Gruesa | 12 días | jue 13/01/00 | jue 27/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 49 | 4.4.1 Inicio Prospección | 0 días | sáb 15/01/00 | sáb 15/01/00 | 34CC+7 días | Esp1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 4.4.2 Instalación de Faenas | 0 días | sáb 15/01/00 | sáb 15/01/00 | 49 | Esp1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | 4.4.3 Verificación de Estado de Juntas de Dilatación | 2 días | jue 13/01/00 | vie 14/01/00 | 46CC+3 días | Ing2;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | 4.4.4 Verificación de Estado de Escaleras | 2 días | jue 13/01/00 | vie 14/01/00 | 51CC | Ing2;Ing4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 53 | 4.4.5 Selección de Sitios a Auscultar | 0.5 días | lun 17/01/00 | lun 17/01/00 | 50 | Esp1;IngDir | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | 4.4.6 Destape de Barras | 3 días | lun 17/01/00 | mié 19/01/00 | 53CC | Esp1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 55 | 4.4.7 Verificación de dimensiones geométricas | 3 días | lun 17/01/00 | mié 19/01/00 | 54CC | Esp1;Ing1;Ing5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | 4.4.8 Inspección visual corrosión y carbonatación | 2 días | mar 18/01/00 | mié 19/01/00 | 54CC+1 día;55CC | Esp1;Ing1;Ing5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | 4.4.9 Extracción de testigos | 3 días | mar 18/01/00 | jue 20/01/00 | 53CC+1 día | Esp1;Ing1;Ing5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 58 | 4.4.10 Ensayo Pistola Windsor | 2 días | jue 20/01/00 | vie 21/01/00 | 57CC+2 días | Esp1;Ing1;Ing5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | 4.4.11 Retape de Armaduras y Terminaciones | 6 días | jue 20/01/00 | jue 27/01/00 | 58CC;56 | Esp1;Ing5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | 4.4.12 Fin de Prospección de Estado | 0 días | vie 21/01/00 | vie 21/01/00 | 58;56 | Ing1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | 4.5 Estudio Geotécnico y Geológico | 14 días | mié 5/01/00 | vie 21/01/00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | 4.5.1 Inicio Campaña Exploración Geotécnica | 0 días | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 34CC+2 días | Esp2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | 4.5.2 Excavación de calicatas | 4 días | mié 5/01/00 | lun 10/01/00 | 62CC-4 días | Ing5;Esp2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | 4.5.3 Descripción estratigráfica y densidad in situ | 1 día | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 63CC+3 días | Esp2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | 4.5.4 Extracción de Muestras Inalteradas | 1 día | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 64CC | Esp2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | 4.5.5 Estudio Geológico | 1 día | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 65CC | Esp2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | 4.5.6 Perfil Geosísmico | 1 día | vie 21/01/00 | vie 21/01/00 | 62FC+9 días | Esp2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DE HOSPITALES
(Basado en Proyecto de Evaluación de la Vulnerabilidad Sismica del Hospital Dr Juan Noé Crevani de Arica: un Modelo)

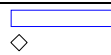
Proyecto:
ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL HOSPITAL DE ARICA
Fecha: vie 6/04/01

Tarea 
Progreso 

Hito
Resumen



Tarea resumida
Hito resumido



Progreso resumido
División







Tareas externas
Resumen del proyecto



Hito externo
Fecha límite



| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------------------------|
| 0 | ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL HOSPITAL DE ARICA | 123 días | lun 6/12/99 | jue 8/06/00 | | |
| 2 | INICIO DEL PROYECTO | 0 días | lun 6/12/99 | lun 6/12/99 | | |
| 4 | RECOLECCION Y REVISION DE ANTECEDENTES BÁSICOS | 11 días | lun 6/12/99 | mar 21/12/99 | | |
| 5 | Planos | 10 días | lun 6/12/99 | lun 20/12/99 | 2CC | Ing1 |
| | <i>Notas</i> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Recolección de Planos Estructurales (Originales y actualizados). Recolección de Planos de Arquitectura (Originales y actualizados). Revisión y estudio de Planos. Estudio de las Características principales de la Estructura. Identificación preliminar de deficiencias del sistema estructural. Determinación de Información no Disponible. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Recopilar los antecedentes requeridos para el estudio de la estructura. | | | | | |
| 6 | Informes | 6 días | lun 6/12/99 | mar 14/12/99 | 5CC | Ing1 |
| | <i>Notas</i> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Recolección y Revisión de Memorias de Cálculo. Recolección y Revisión de Informes de Mecánica de Suelos. Recolección y Revisión de Informes de Daños en Sismos anteriores. Recolección y Revisión de Informes de Reparaciones. | | | | | |
| | Objetivos de la tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Recopilar y procesar antecedentes requeridos para el estudio de la estructura. | | | | | |
| 7 | Especificaciones | 5 días | mié 15/12/99 | mar 21/12/99 | 6 | Ing1 |
| | <i>Notas</i> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Revisión de Especificaciones Técnicas Estructurales Revisión de Especificaciones Técnicas de Arquitectura | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Determinar los criterios de diseño de la estructura. | | | | | |
| 8 | Revisión de Normas Nacionales y Códigos Extranjeros | 3 días | mié 15/12/99 | vie 17/12/99 | 7CC | Ing1 |
| | <i>Notas</i> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Revisión de disposiciones de Códigos ATC, FEMA y ACI para la evaluación sísmica de elementos estructurales y no estructurales. Revisión de Normas nacionales e internacionales: NCh, ACI, ASTM, AISC, RILEM, etc. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Recopilar los antecedentes requeridos para el estudio de vulnerabilidad sísmica. | | | | | |
| 10 | ANALISIS PRELIMINAR | 19 días | vie 10/12/99 | jue 6/01/00 | | |
| 11 | Cubicación Preliminar de Obra Gruesa | 5 días | vie 10/12/99 | jue 16/12/99 | | |
| 12 | Cubicación de Pilares | 1 día | vie 10/12/99 | vie 10/12/99 | 2FC+3 días;5CC+3 días | Ing3;Ing4 |
| | <i>Notas</i> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Cubicación de peso propio de pilares, de acuerdo a especificaciones de planos de diseño | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. | | | | | |





| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|--|---|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| "Cubicación de Pilares" (continuación) | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Normas Utilizadas: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh353Of63: "Mensuras en Obras de Edificación: Prescripciones" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La cubicación se efectúa considerando las dimensiones nominales de los elementos. Sin embargo, durante el levantamiento en terreno, se valida la información disponible en planos. | | | | | | |
| 13 |  Cubicación de Vigas | 1 día | lun 13/12/99 | lun 13/12/99 | 12 | Ing3;Ing4 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cubicación del peso propio de vigas, de acuerdo a especificaciones de planos de diseño | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. | | | | | | |
| Normas Utilizadas: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh353Of63: "Mensuras en Obras de Edificación: Prescripciones" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La cubicación se efectúa considerando las dimensiones nominales de los elementos. Sin embargo, durante el levantamiento en terreno, se valida la información disponible en planos. | | | | | | |
| 14 |  Cubicación de Losas | 1 día | mar 14/12/99 | mar 14/12/99 | 13 | Ing3;Ing4 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cubicación del peso propio del elemento estructural, de acuerdo a especificaciones de planos de diseño | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. | | | | | | |
| Normas Utilizadas: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh353Of63: "Mensuras en Obras de Edificación: Prescripciones" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La cubicación se efectúa considerando las dimensiones nominales de los elementos. Sin embargo, durante el levantamiento en terreno, se valida la información disponible en planos. | | | | | | |
| 15 |  Cubicación de Muros | 2 días | mié 15/12/99 | jue 16/12/99 | 14 | Ing3;Ing4 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cubicación del peso propio de muros, de acuerdo a especificaciones de planos de diseño | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. | | | | | | |
| Normas Utilizadas: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh353Of63: "Mensuras en Obras de Edificación: Prescripciones" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La cubicación se efectúa considerando las dimensiones nominales de los elementos. Sin embargo, durante el levantamiento en terreno, se valida la información disponible en planos. | | | | | | |
| 16 | Cubicación Preliminar de Elem. Arquitectónicos | 4 días | vie 17/12/99 | mié 22/12/99 | | |
| 17 |  Cubicación de Cielos Falsos | 1 día | vie 17/12/99 | vie 17/12/99 | 15;14 | Ing3;Ing4 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |

| Id | 📌 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|----|---|--|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| 18 | 📌 | Cubicación de Cielos Falsos" (continuación) | | | | | |
| | | <p><u>Notas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Cubicación del peso propio de cielos falsos, de acuerdo a especificaciones de planos de arquitectura. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. <p>Normas Utilizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> NCh1537Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso" <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> La cubicación se efectúa en algunos casos considerando los pesos informados por los fabricantes y en otros, los pesos estimados a partir de los pesos unitarios descritos en la norma NCh1537Of86. La ubicación de los cielos falsos debe ser validada durante el levantamiento en terreno. Debe considerarse en forma adicional el peso de las luminarias, sistemas de aire acondicionado y otros elementos que no posean sistemas de fijación independientes del cielo falso. | | | | | |
| 18 | 📌 | Cubicación de Sobrelosas | 1 día | vie 17/12/99 | vie 17/12/99 | 17CC | Ing3;Ing4 |
| | | <p><u>Notas</u></p> <p>Tarea Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubicación del peso propio de sobrelosas, de acuerdo a especificaciones de planos de arquitectura. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. <p>Normas y Referencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> NCh1537Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso" Egaña, J., Zabaleta, H., "Manual del Mortero", Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, 1989. <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los espesores considerados en la cubicación deben ser contrastados con los espesores detectados durante la extracción de testigos en las losas del edificio. Durante la prospección en terreno se debe identificar claramente las zonas que se encuentran cubiertas por sobrelosas de mortero liviano y mortero de densidad normal. | | | | | |
| 19 | 📌 | Cubicación de Sobrecargas de uso | 1 día | vie 17/12/99 | vie 17/12/99 | 17CC;18CC | Ing3;Ing4 |
| | | <p><u>Notas</u></p> <p>Tarea Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubicación de sobrecargas de cada recinto, de acuerdo al uso indicado en los planos de diseño. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. <p>Normas de Referencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> NCh1537Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso". <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> El uso dado a cada recinto debe ser validado durante el levantamiento en terreno. | | | | | |
| 20 | 📌 | Cubicación de Tabiques de Fachadas | 1 día | lun 20/12/99 | lun 20/12/99 | 19 | Ing3;Ing4 |
| | | <p><u>Notas</u></p> <p>Tarea Incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubicación del peso de tabiques de fachadas, realizada a partir de información disponible en los planos de diseño. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. <p>Normas de Referencia:</p> | | | | | |






| Id | i | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso | | |
|--|--|-----------------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| "Cubicación de Tabiques de Fachadas" (continuación) | | | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh1537Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso" | | | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> El peso unitario de los tabiques de fachadas (peso por metro cuadrado) se determina considerando las densidades indicadas en la norma NCh1537Of86. | | | | | | | | | |
| 21 | i | Cubicación de Tabiques Interiores | 1 día | mar 21/12/99 | mar 21/12/99 | 20 | Ing3;Ing4 | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cubicación de peso de tabiques interiores, a partir de información obtenida de los planos de diseño. | | | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. | | | | | | | | | |
| Normas Utilizadas: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh1537Of86: "Diseño Estructural de Edificios: Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso". | | | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La estimación de los pesos unitarios de los distintos tipos de tabiques se realiza a partir de las densidades de materiales especificadas en la Norma NCh1537Of86. Debido a que la información disponible en los planos de arquitectura puede no encontrarse actualizada, toda la información de ubicación y tipos de tabiques debe ser validada durante el levantamiento en terreno. | | | | | | | | | |
| 22 | i | Cubicación de Estucos | 1 día | mié 22/12/99 | mié 22/12/99 | 15,21 | Ing3;Ing4 | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cubicación de peso de estucos de revestimiento de pilares, muros y tabiques de albañilería. | | | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. | | | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Debido a que la información disponible en los planos de arquitectura puede no encontrarse actualizada, la información de ubicación y tipos de tabiques debe ser validada durante el levantamiento en terreno. | | | | | | | | | |
| 23 | i | Otras Cubicaciones | 0 días | mié 22/12/99 | mié 22/12/99 | 22 | Ing3;Ing4 | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cubicación de otros elementos no considerados en los ítemes anteriores. | | | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar el peso sísmico del edificio. | | | | | | | | | |
| 24 | Estudio Preliminar de Detallamiento Estructural | | | | | | 10 días | lun 20/12/99 | lun 3/01/00 |
| 25 | i | Detallamiento de Pilares | 4 días | lun 20/12/99 | jue 23/12/99 | 7CC+3 días;8 | Ing1 | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de resúmenes de disposiciones del ACI318-99 y del ATC40, referidas al detallamiento de armaduras de pilares a nivel de secciones y de elementos. | | | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer los requisitos de detallamiento de las armaduras de refuerzo, que permitirían a la estructura alcanzar un importante nivel de deformaciones. | | | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" | | | | | | | | | |

| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|---|------------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| "Detallamiento de Pilares" (continuación) | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> FEMA 273: "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Entre los aspectos que se estudian y verifican se encuentran: dimensiones geométricas de elementos estructurales, cuantías mínimas y máximas de aceros de refuerzo, espaciamientos máximos y mínimos del refuerzo, densificación de refuerzo en zonas de posible formación de rótulas plásticas, entre otros. El estudio se realiza a nivel de las secciones y de los elementos. El estudio de detallamiento estructural se desarrolla con anterioridad al levantamiento en terreno con el fin de prever los resultados de la prospección. | | | | | | | |
| 26 | 📄 | Detallamiento de Fundaciones | 1 día | lun 20/12/99 | lun 20/12/99 | 25CC | Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de resúmenes de disposiciones del ACI318-99 y del ATC40, referidas al desarrollo de armaduras de pilares y muros hacia el interior de las fundaciones de la estructura. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer los requisitos de detallamiento de las armaduras de refuerzo de fundaciones. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se debe verificar la longitud de desarrollo al interior de las fundaciones de las armaduras de refuerzo de los elementos sismorresistentes del edificio. | | | | | | | |
| 27 | 📄 | Detallamiento de Vigas | 4 días | vie 24/12/99 | mié 29/12/99 | 25;26 | Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de resúmenes de disposiciones del ACI318-99 y del ATC40, referidas al detallamiento de armaduras vigas a nivel de secciones y de elementos. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer los requisitos del detallamiento de armaduras de refuerzo, que permitirían a la estructura alcanzar elevados niveles de ductilidad. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Entre los aspectos que se estudian y verifican se encuentran: dimensiones geométricas de elementos estructurales, cuantías mínimas y máximas de aceros de refuerzo, espaciamientos máximos y mínimos del acero de refuerzo, densificación de refuerzo en zonas de posible formación de rótulas plásticas, entre otros. El análisis se desarrolla a nivel de secciones y de elementos. | | | | | | | |
| 28 | 📄 | Detallamiento de Muros | 2 días | jue 30/12/99 | lun 3/01/00 | 27 | Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Elaboración de resúmenes de disposiciones de los códigos ACI318-99 y ATC-40, referidas a los requisitos de detallamiento de armaduras de muros. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer los requisitos para el adecuado detallamiento de las armaduras de refuerzo. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" | | | | | | | |






| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|---|--|----------------|---------------------|--------------------|--------------|-----------------------|
| "Detallamiento de Muros" (continuación) | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Entre los aspectos que se estudian y verifican se encuentran: dimensiones geométricas, cuantías mínimas y máximas de aceros de refuerzo, espaciamientos máximos y mínimos de aceros de refuerzo, entre otros. | | | | | | | |
| 29 | | Actividades Complementarias | 10 días | jue 23/12/99 | jue 6/01/00 | | |
| 30 | 📄 | Revisión de antecedentes para la Prospección de Estado | 8 días | jue 23/12/99 | mar 4/01/00 | 23 | Ing3 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Revisión de codigos nacionales e internacionales. Determinación preliminar de los sitios más adecuados para la extracción de testigos y auscultación de armaduras. Determinación del número de probetas suficientes y necesarias para la caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales presentes en la estructura. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer una metodología para la coordinación de actividades a desarrollar durante la prospección de estado y el levantamiento en terreno. | | | | | | | |
| Normas y códigos nacionales e internacionales consultados: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh 200 Of 72 : Productos metálicos - Ensayo de tracción NCh 204 Of 78 : Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado NCh 1565 - 1979 : Hormigón: Determinación del Índice esclerométrico NCh 1037 Of 77 : Hormigón. Ensayo de compresión de probetas cubicas y cilíndricas ASTM A370- 95 : Standart Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products ASTM C39 - 86 : Standart Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens ASTM C42-94 : Standart Test Methods for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete ASTM C823 - 83 : Standart Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constrcutions ASTM D512 - 89 : Standart Test Methods for Chloride Ion in Water ASTM E122 - 89 : Standart Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Mesure of Quality for a Lot or Process RILEM CPC - 18 : Measurement of hardened concrete carbonation depth | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La revisión bibliográfica permite identificar los procedimientos de ensayo necesarios para determinar: módulo de elasticidad y resistencia de compresión del hormigón, resistencia de fluencia del acero, resistencia y alargamiento de rotura del acero de refuerzo, grado de carbonatación y contenido de cloruros de los hormigones. | | | | | | | |
| 31 | 📄 | Revisión de antecedentes para la Mecánica de Suelos | 8 días | jue 23/12/99 | mar 4/01/00 | 23 | Ing4 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Revisión de codigos nacionales e internacionales. Revisión de antecedentes proporcionados por estudios anteriores. Determinación en forma preliminar de los sitios más adecuados para efectuar la excavación de calicatas y los perfiles geosísmicos. La inspección de planos permite determinar la profundidad que deben alcanzar las calicatas. Determinación del número de muestras suficientes y necesarias para caracterizar completamente las propiedades del suelo de fundación. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer un procedimiento para el desarrollo de la campaña de exploración geotécnica. | | | | | | | |
| Normas y códigos nacionales e internacionales consultados: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh 1515 - 1979 : Mecánica de suelos. Determinación de la humedad NCh 1516 - 1979 : Mecánica de suelos. Determinación de la densidad en el terreno. Método del cono de arena NCh 1517/I-1979 : Mecánica de suelos. Límites de consistencia Parte I: Determinación del límite Líquido NCh 1517/II-1979 : Mecánica de suelos. Límites de consistencia Parte II: Determinación del límite plástico ASTM D422 - 63 : Standart Test Methods for Practice. Size Analysis of Soils ASTM D2487 - 93: Standart Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) ASTM D2850 - 95: Standart Test Methods for Unconsolidated, Undrained Compressive Strenght of Cohesive Soils in Triaxial Compression | | | | | | | |


| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Precesoras | Iniciales del Recurso |
|--|---|-----------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------------------|
| "Revisión de antecedentes para la Mecánica de Suelos" (continuación) | | | | | | |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ASTM D4318 - 95: Standart Test Methods for Liquid limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> La revisión bibliográfica permite identificar los procedimientos y ensayos necesarios para efectuar la clasificación, análisis de granulometría, densidad in situ, contenido de sales, contenido de humedad y límites de Atterberg. También se puede conocer el procedimiento para realizar el ensayo consolidado isotrópico no drenado CIU que determina los parámetros para el cálculo capacidad de soporte del suelo de fundación. La revisión bibliográfica también permite adquirir los conocimientos necesarios para el desarrollo de la prospección geofísica. | | | | | |
| 32 |  Identificación de Equipo Médico e Industrial | 5 días | lun 27/12/99 | lun 3/01/00 | 2FC+14 días | Ing2 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Selección del equipamiento médico e industrial que se debe estudiar durante el levantamiento en terreno. Identificación de aspectos a estudiar en terreno para efectuar la evaluación de vulnerabilidad sísmica. <p>Objetivos de la tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar los equipos fundamentales para la continuidad de los servicios prestados por el hospital. Identificar las variables que se deben estudiar en terreno. <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se selecciona principalmente aquellos equipos cuyo funcionamiento es crítico para continuidad de los servicios ofrecidos por el hospital. | | | | | |
| 33 |  Preparación de antecedentes para el Levantamiento en Terreno | 2 días | mié 5/01/00 | jue 6/01/00 | 30;28;32;31 | Ing3;Ing4;Ing1;Ing2 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Edición e impresión de planos estructurales y de arquitectura para la toma de datos en terreno. Preparación de listado y programación de actividades a desarrollar durante el levantamiento en terreno. Coordinación de plazos y procedimientos con equipos de mecánica de suelos y de evaluación de estado estructural. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Efectuar la coordinación de las actividades que deben desarrollar en terreno las distintas disciplinas. | | | | | |
| 34 | Fin de Actividades Preliminares | 0 días | jue 6/01/00 | jue 6/01/00 | 33 | Ing3;Ing4;Ing1;Ing2 |
| 36 | ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN TERRENO | 18 días | mié 5/01/00 | jue 27/01/00 | | |
| 37 | Inicio de Actividades Desarrolladas en Terreno | 0 días | jue 6/01/00 | jue 6/01/00 | 34 | |
| 38 |  Estudio de Microvibraciones (Mediciones en terreno) | 1 día | vie 7/01/00 | vie 7/01/00 | 37 | Ing2;IngDir |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Instrumentación y toma de datos de registros de microvibraciones en el edificio. Validación instantánea de la información adquirida. <p>Objetivos de la tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar experimentalmente las propiedades dinámicas del edificio (periodos fundamentales). Caracterizar las formas modales de la estructura. Evaluar experimentalmente el grado de interacción entre los cuerpos que componen el edificio. | | | | | |
| 39 | Levantamiento | 6 días | vie 7/01/00 | vie 14/01/00 | | |
| 40 |  Descripción de uso de recintos | 4 días | vie 7/01/00 | mié 12/01/00 | 37 | Ing5;Ing3;Ing4;Ing1 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Observación y registro de uso de los recintos del hospital. <p>Objetivos de la Tarea:</p> | | | | | |


| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|---|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| "Descripción de uso de recintos" (continuación) | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Validar las sobrecargas nominales consideradas en la cubicación de la masa sísmica del edificio. | | | | | | |
| 41 | Levantamiento de Elementos Estructurales | 5 días | vie 7/01/00 | jue 13/01/00 | | |
| 42 |  Levantamiento obra gruesa | 5 días | vie 7/01/00 | jue 13/01/00 | 40CC;37 | Ing5;Ing3;Ing4;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Medición de dimensiones geométricas de pilares y vigas. Medición de Espesores de muros y losas. Inspección de existencia de grietas y deformaciones por asentamientos diferenciales en la estructura. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Validar la información disponible en los planos de diseño del edificio. Determinar la existencia de deformaciones y grietas por asentamientos diferenciales en la estructura. | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> En caso de discrepancias entre los valores medidos y los presentados en los planos de diseño, se debe evaluar el impacto de esta discrepancia en la capacidad resistente del elemento. Asimismo, se debe corregir la cubicación del peso sísmico del elemento. La medición de los espesores de losas y muros se realiza a partir de las dimensiones de los testigos de hormigón. Esta tarea permite determinar indirectamente los espesores de los estucos de terminación usados en los pilares y muros del edificio. Asimismo, permite determinar los espesores reales de las sobrelosas del edificio. | | | | | | |
| 43 | Levantamiento de Elementos no Estructurales | 6 días | vie 7/01/00 | vie 14/01/00 | | |
| 44 |  Estado de Ascensores | 3 días | lun 10/01/00 | mié 12/01/00 | 38 | Esp6 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| R.B. | | | | | | |
| 45 |  Levantamiento de Elementos Arquitectónicos | 6 días | vie 7/01/00 | vie 14/01/00 | 42CC | Ing5;Ing3;Ing4;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Identificación y definición de tipos de tabiques y cielos falsos existentes en la estructura. Determinación de las dimensiones y ubicación en el edificio de los distintos tipos de cielos falsos y tabiques. Determinación de los materiales que componen cada tipo de tabique y cielo falso. Revisión de la estructuración del elemento tipo. Inspección de estado de conservación, condiciones de apoyo y estabilidad, dilataciones, elementos de arriostramiento y deficiencias constructivas. Verificación de estado de tabiquerías de fachadas. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar los tipos de tabiques y cielos falsos presentes en la estructura. Se recopila toda la información necesaria para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Recopilar información relativa a los materiales y estructuración de cada tipo de tabique y cielo falso. | | | | | | |
| 46 |  Levantamiento de Equipamiento Médico e Industrial | 5 días | lun 10/01/00 | vie 14/01/00 | 38 | Ing2;IngDir |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Recolección de antecedentes generales del equipo: año de instalación, vida útil y costo de reposición. Determinación de propiedades geométricas del equipo: dimensiones geométricas, ubicación del centro de masas, distribución de pernos de anclaje, materiales, otros. Inspección visual de interacción con otros elementos. Evaluación preliminar de estabilidad. Inspección de estado de mantención. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Recopilar los antecedentes necesarios para efectuar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del equipo y determinar el impacto en la función del hospital. | | | | | | |
| 47 | Fin de levantamiento | 0 días | vie 14/01/00 | vie 14/01/00 | 45;52 | Ing3;Ing4;Ing2 |
| 48 | Prospección de Estado Obra Gruesa | 12 días | jue 13/01/00 | jue 27/01/00 | | |
| 49 | Inicio Prospección | 0 días | sáb 15/01/00 | sáb 15/01/00 | 34CC+7 días | Esp1 |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| 50 |  Nombre de tarea Instalación de Faenas <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de base de operaciones. • Transporte de equipos y herramientas para la prospección de estado. • Determinación de tipo y ubicación de las fuentes de poder requeridas por el equipamiento necesario para la prospección. | 0 días | sáb 15/01/00 | sáb 15/01/00 | 49 | Esp1 |
| 51 |  Nombre de tarea Verificación de Estado de Juntas de Dilatación <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de estado de juntas de dilatación entre cuerpos del edificio. Se verifica la existencia de escombros y elementos que cruzan la junta de dilatación. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el estado de las juntas de dilatación entre cuerpos del edificio. | 2 días | jue 13/01/00 | vie 14/01/00 | 46CC+3 días | Ing2;Ing4 |
| 52 |  Nombre de tarea Verificación de Estado de Escaleras <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Inspección de materialización de las juntas de dilatación indicadas en los planos de diseño. • Inspección de daños producidos en sismos anteriores y evaluación del estado actual. • Evaluación de interacción con estructura principal. Objetivos de la tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Recopilar la información necesaria para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las escaleras del edificio. | 2 días | jue 13/01/00 | vie 14/01/00 | 51CC | Ing2;Ing4 |
| 53 |  Nombre de tarea Selección de Sitios a Auscultar <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de zonas donde se efectuará el destape de barras y extracción de testigos de hormigón y acero. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Establecer los sitios más adecuados para la inspección visual de corrosión y extracción de testigos. Normas de Referencia: <ul style="list-style-type: none"> • ATC-40: "Seismic Evaluation an Retrofit of Concrete Buildings" • FEMA 273: " NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" • ACI364.1R-94: Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation. • ASTM C823-83: Standard Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Contructions • ASTM E122-89: Standard Practice for Choice a Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot of Process Comentarios: <p>En general, el número y ubicación de probetas que se deben extraer, depende principalmente de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de estudiar la variación de las propiedades de los materiales en la estructura. • Número de zonas críticas. • Probabilidad de error en los ensayos y nivel de precisión esperado en los resultados. | 0.5 días | lun 17/01/00 | lun 17/01/00 | 50 | Esp1;IngDir |
| 54 |  Nombre de tarea Destape de Barras <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Destape de barras ubicadas en la base de pilares, mediante el picado del hormigón de recubrimiento. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Dejar a la vista las barras del refuerzo longitudinal y transversal de pilares, con el objeto de evaluar su ubicación y estado de corrosión. | 3 días | lun 17/01/00 | mié 19/01/00 | 53CC | Esp1 |

| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso | |
|----|---|---|----------|--------------|--------------|-----------------|-----------------------|--|
| 55 | 📄 | Verificación de dimensiones geométricas | 3 días | lun 17/01/00 | mié 19/01/00 | 54CC | Esp1;Ing1;Ing5 | |
| | | <u>Notas</u> | | | | | | |
| | | Tarea incluye: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Comparación de armaduras dispuestas en obra versus armaduras especificadas en planos de diseño. Se verifica tanto el número como el diámetro y ubicación de las barras longitudinales y transversales dispuestas en obra. • Verificación de la pérdida de secciones del refuerzo longitudinal y transversal. • Medición de separación entre barras de refuerzo transversal y longitudinal. • Medición de longitud y ángulo de doblado de ganchos sísmicos. • En forma complementaria, y mediante el uso de pacómetro, se estudia la ubicación de las armaduras de pilares, vigas, nudos y muros, en sectores donde no se ha efectuado el destape de barras. | | | | | | |
| | | Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar el cumplimiento del detallamiento estructural especificado en los planos de diseño del edificio. | | | | | | |
| 56 | 📄 | Inspección visual corrosión y carbonatación | 2 días | mar 18/01/00 | mié 19/01/00 | 54CC+1 día;55CC | Esp1;Ing1;Ing5 | |
| | | <u>Notas</u> | | | | | | |
| | | Tarea incluye: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual del nivel de agrietamiento y capacidad protectora del hormigón de recubrimiento de pilares. • Medición de pérdida de secciones de armaduras de refuerzo. • Evaluación de la profundidad de carbonatación de los hormigones de pilares y muros. | | | | | | |
| | | Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el grado de corrosión de las armaduras de refuerzo. • Determinar la capacidad protectora de los hormigones de recubrimiento. | | | | | | |
| | | Referencias consultadas: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • RILEM Draft Recommendation CPC-18: Measurement of Hardened Concrete Carbonation Depth. | | | | | | |
| 57 | 📄 | Extracción de testigos | 3 días | mar 18/01/00 | jue 20/01/00 | 53CC+1 día | Esp1;Ing1;Ing5 | |
| | | <u>Notas</u> | | | | | | |
| | | Tarea Incluye: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Detección de armaduras mediante uso de pacómetro. • Extracción de testigos de hormigón de 2 y 4" desde muros y losas del edificio. • Extracción de barras de acero desde muros y losas. | | | | | | |
| | | Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Extraer las muestras necesarias para realizar los ensayos que permitan caracterizar las propiedades mecánicas de los materiales del edificio. | | | | | | |
| | | Normas y Códigos Consultados: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • ASTM C42-94: Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete. • ASTM C823-83: Standard Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Contructions | | | | | | |
| 58 | 📄 | Ensayo Pistola Windsor | 2 días | jue 20/01/00 | vie 21/01/00 | 57CC+2 días | Esp1;Ing1;Ing5 | |
| | | <u>Notas</u> | | | | | | |
| | | Tarea Incluye: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Realización de disparos con pistola Windsor. | | | | | | |
| | | Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia del hormigón mediante ensayos no destructivos realizados in situ. | | | | | | |
| | | Normas y códigos de referencia: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • ASTM C803: "Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete". | | | | | | |
| | | Comentarios: | | | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Este ensayo permite, principalmente, determinar variaciones de resistencia en diferentes sectores y elementos de la estructura. Por medio de una correlación adecuada puede ser un ensayo no destructivo útil para determinar la resistencia de los hormigones. | | | | | | |





| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|---|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 59 |  Retape de Armaduras y Terminaciones <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Retiro de escamas de óxido mediante cepillado de barras corroídas. Aplicación de puente de adherencia y aplicación de estuco de recubrimiento para las barras de acero. Reparación de impactos producidos por la pistola Windsor. Reposición de elementos de terminación (cerámicos, vinílicos, pinturas, etc.) Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Reparar las zonas de picado y de extracción de testigos. Recuperación de la condición previa a la intervención de la estructura. Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> La terminación dada a los pilares es idéntica a la existente con anterioridad a la intervención del edificio. El recubrimiento no constituye una reparación estructural, por lo que no elimina los riesgos de corrosión presentes en el edificio antes de la prospección. | 6 días | jue 20/01/00 | jue 27/01/00 | 58CC;56 | Esp1;Ing5 |
| 60 | Fin de Prospección de Estado | 0 días | vie 21/01/00 | vie 21/01/00 | 58;56 | Ing1 |
| 61 | Estudio Geotécnico y Geológico | 14 días | mié 5/01/00 | vie 21/01/00 | | |
| 62 | Inicio Campaña Exploración Geotécnica | 0 días | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 34CC+2 días | Esp2 |
| 63 |  Excavación de calicatas <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Selección de sitios adecuados para la excavación. Transporte de maquinaria pesada al sector de excavación. Excavación de calicatas. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Excavar los pozos requeridos para la inspección visual de la estratigrafía del terreno, para la extracción de muestras inalteradas y para el desarrollo de ensayos in situ. Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> La profundidad de excavación y la ubicación de las calicatas se debe establecer a priori mediante la revisión de los antecedentes de las fundaciones de la estructura. En terreno se debe constatar la factibilidad de realizar dichas calicatas. | 4 días | mié 5/01/00 | lun 10/01/00 | 62CC-4 días | Ing5;Esp2 |
| 64 |  Descripción estratigráfica y densidad in situ <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Inspección visual, por parte de un especialista, de la estratigrafía del sector de emplazamiento del hospital. Realización de ensayos de densidad in situ. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Caracterizar geotécnicamente el suelo de fundación. Normas Consultadas: <ul style="list-style-type: none"> NCh1516 Of 79: Mecánica de Suelos. Determinación de la densidad en terreno. Método del cono de arena. | 1 día | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 63CC+3 días | Esp2 |
| 65 |  Extracción de Muestras Inalteradas <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Extracción de muestras inalteradas del suelo de fundación. Objetivo de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Extracción de muestras inalteradas de suelo, para realizar los ensayos que permitan caracterizar geotécnicamente el suelo de fundación. | 1 día | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 64CC | Esp2 |
| 66 |  Estudio Geológico <u>Notas</u> Tarea incluye: | 1 día | lun 10/01/00 | lun 10/01/00 | 65CC | Esp2 |







| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Precesoras | Iniciales del Recurso |
|------------------------------------|---|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
| "Estudio Geológico" (continuación) | | | | | | |
| | <p><u>Notas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Inspección de las características geológicas del sector de emplazamiento del hospital. Identificación de fallas geológicas del sector. Evaluación del estado de la roca. Estudio de depósitos sedimentarios existentes en el lugar. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Caracterizar geológicamente el sector de emplazamiento del hospital. | | | | | |
| 67 | <p> Perfil Geosismico</p> <p><u>Notas</u></p> <p>Tarea incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Montaje de geófonos y de equipo requerido para el registro de datos. Desarrollo de prospección geofísica, con su correspondiente perfil de verificación. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las velocidades de propagación de ondas en los distintos estratos del suelo de fundación. Determinar la ubicación e inclinación de los estratos del suelo de fundación. Clasificar el suelo de acuerdo a los criterios de la tabla 4.2 de la Norma NCh433 Of96. | 1 día | vie 21/01/00 | vie 21/01/00 | 62FC+9 días | Esp2 |
| 68 | <p> Relleno de Calicatas</p> <p><u>Notas</u></p> <p>Tarea incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Retape de calicatas. Fin de la campaña de exploración. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Efectuar el retape de los pozos de exploración, para recuperar la condición inicial de la zona estudiada. | 2 días | mar 11/01/00 | mié 12/01/00 | 65 | Esp2 |
| 69 | Fin Campaña de Exploración Geotécnica | 0 días | mié 12/01/00 | mié 12/01/00 | 68 | Esp2 |
| 71 | CUBICACION DEFINITIVA Y DIBUJO PLANOS LEVANTAMIENTO | 16 días | sáb 15/01/00 | vie 4/02/00 | | |
| 72 | <p> Cubicación Definitiva de Elementos Arquitectónicos</p> <p><u>Notas</u></p> <p>Tarea incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubicación definitiva del peso de elementos arquitectónicos, a partir de antecedentes e informaciones recopiladas en terreno. Se debe corregir aspectos tales como: tipología, dimensiones y ubicación de los distintos tipos de tabiques y cielos falsos. Actualización de espesores de estucos de tabiques, muros y pilares a los registrados en terreno. Actualización de espesores de sobrelosas del edificio. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Actualizar la cubicación de la masa sísmica del edificio, en consideración de las observaciones y mediciones efectuadas en terreno. <p>Comentarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Debido a que generalmente no existen planos de arquitectura actualizados, con la información de dimensiones y propiedades de los materiales que componen los tabiques y cielos falsos, se debe desarrollar un exhaustivo y detallado levantamiento en terreno para caracterizar los elementos no estructurales del edificio. | 2 días | sáb 15/01/00 | lun 17/01/00 | 47 | Ing3;Ing4;Ing2 |
| 73 | <p> Cubicación Definitiva de Elementos Estructurales</p> <p><u>Notas</u></p> <p>Tarea incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cubicación definitiva del peso de elementos estructurales. Se debe actualizar los espesores de losas y muros y las dimensiones de vigas y columnas, de acuerdo a los valores registrados durante el levantamiento en terreno. <p>Objetivos de la Tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> Establecer la masa sísmica real del edificio, en consideración de las observaciones realizadas durante el levantamiento en terreno. Determinar los pesos necesarios para el análisis de esfuerzos gravitacionales en la estructura. | 2 días | mar 18/01/00 | mié 19/01/00 | 72 | Ing3;Ing4;Ing2 |





| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|---|-----------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|
| 74 |  Dibujo de Planos de Levantamiento de Elementos Arquitectónicos <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Dibujo de planos con la ubicación de los distintos tipos de tabiques y cielos falsos. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Mostrar en forma gráfica la ubicación de los distintos tipos de tabiques y cielos falsos. Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> Se debe establecer un código para cada tipo de tabique y cielo falso. | 4 días | jue 20/01/00 | mar 25/01/00 | 73 | Ing3;Ing2;Ing4 |
| 75 |  Redacción de Preinforme de Levantamiento <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Redacción de preinforme con los antecedentes recopilados durante el levantamiento en terreno. Objetivo de la tarea: <ul style="list-style-type: none"> Resumir las observaciones de terreno en un documento con formato descriptivo. Comentarios: <p>El preinforme se redacta inmediatamente terminado el levantamiento, e incluye observaciones de terreno tales como::</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipos de tabiques y cielos falsos encontrados en el edificio. Descripción en detalle de materiales, dimensiones típicas y estructuración de cada tipo de tabique y cielo falso. Ubicación en el edificio de cada tipo de elemento arquitectónico. Descripción de sistemas apoyo y de dilatación de tabiques. Descripción de sistemas de fijación y arriostramiento de cielos falsos. Descripción de tipos de luminarias e interacción con cielos falsos. Descripción de estado de elementos no estructurales e inspección visual de estabilidad. Descripción de estado de tabiques de fachadas. Descripción de estado de elementos estructurales: vigas, columnas, nudos y muros. Se indica observaciones de nidos de piedras, grietas y corrosión. Descripción de estado de juntas de dilatación: se indica la existencia de escombros y elementos que cruzan la junta de dilatación. | 5 días | mié 26/01/00 | mar 1/02/00 | 74;60 | Ing3;Ing1 |
| 76 |  Dibujo de Detalles Estructurales Reales <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Dibujo de detalles del acero de refuerzo de columnas, vigas y nudos, de acuerdo a prospección efectuada en terreno. Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> Describir gráficamente la disposición de armaduras observada en terreno. Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> Los diámetros de barras y espesores de recubrimiento se registran sólo en aquellas zonas donde se ha procedido la destape de armaduras. La separación entre barras del refuerzo longitudinal y transversal se ha determinado con huincha, pie de metro y pacómetro, según el caso. | 3 días | mié 2/02/00 | vie 4/02/00 | 75 | Ing3;Ing1 |
| 78 | ENSAYOS DE LABORATORIO MATERIALES | 16 días | lun 31/01/00 | jue 2/03/00 | | |
| 79 | Ensayos mecánicos de testigos | 5 días | lun 31/01/00 | vie 4/02/00 | | |
| 80 |  Resistencia de Hormigones de Losas <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Ensayo de probetas de hormigón de 4" extraídas desde las losas del edificio. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Establecer la resistencia de los hormigones de las losas del edificio. Normas de Referencia: | 1 día | lun 31/01/00 | lun 31/01/00 | 60FC+5 días | Esp1 |

| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|--|---|-------------------------------------|----------|-------------|-------------|--------------|-----------------------|
| "Resistencia de Hormigones de Losas" (continuación) | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ASTM C39: "Standart Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens". • ASTM C78: "Standart Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third - Point Loading)" • ASTM C293: "Standart Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center - Point Loading)" • ASTM C496: "Standart Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Las probetas extraídas desde losas se ensayan en forma previa al ensayo de módulo de elasticidad, con el objeto de establecer la carga máxima que se debe aplicar en este último ensayo, el que se realiza en los testigos extraídos desde los muros del edificio. | | | | | | | |
| 81 | 📄 | Módulo de Elasticidad de Hormigones | 1 día | mar 1/02/00 | mar 1/02/00 | 80 | Esp1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayo para determinar el módulo de elasticidad del hormigón. | | | | | | | |
| Objetivos de ensayo: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el módulo de elasticidad real del hormigon utilizado en la estructura, necesario para efectuar con posterioridad el análisis de deformaciones sísmicas del edificio. | | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • RILEM: "Modulus of elasticity of concrete in compression" | | | | | | | |
| 82 | 📄 | Resistencia de Hormigones de Muros | 1 día | mié 2/02/00 | mié 2/02/00 | 81 | Esp1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de probetas de hormigón de 4" extraídas desde los muros del edificio. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Establecer la resistencia de los hormigones de los muros del edificio. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ASTM C39: "Standart Test Methods for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens". • ASTM C78: "Standart Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third - Point Loading)" • ASTM C293: "Standart Test Methods for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center - Point Loading)" • ASTM C496: "Standart Test Methods for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens" | | | | | | | |
| 83 | 📄 | Resistencia de Aceros | 2 días | jue 3/02/00 | vie 4/02/00 | 82 | Esp1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Realización de ensayos para determinar tensiones de fluencia y tensiones y deformaciones de rotura del acero. | | | | | | | |
| Objetivo de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Establecer las características mecánicas del acero de refuerzo. • Determinar la calidad y denominación del acero de refuerzo. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ASTM A370: "Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products" | | | | | | | |
| 84 | 📄 | Ensayos Químicos | 2 días | vie 4/02/00 | lun 7/02/00 | 82FC+1 día | Esp1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Realización de ensayos químicos para determinar el contenido y gradiente de cloruros en el hormigón. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |

| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso | | |
|---|--|--|----------|--------------|--------------|----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| "Ensayos Químicos" (continuación) | | | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar la calidad de hormigón como protección para el acero de refuerzo. | | | | | | | | | |
| 85 | 📄 | Elaboración de Informe Prospección de Estado | 10 días | mar 8/02/00 | jue 2/03/00 | 80;81;82;83;84 | Esp1 | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Descripción de las muestras extraídas en terreno. Breve descripción de los procedimientos de ensayo realizados. Descripción de calidad de hormigones y aceros detectados en el edificio. Evaluación del estado de corrosión de la estructura sismorresistente. Descripción de ensayos químicos realizados para establecer la calidad del hormigón. Análisis de resultados de ensayos efectuados en terreno y laboratorio. Conclusiones. | | | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Exponer los antecedentes considerados para efectuar la evaluación del estado de la estructura. Exponer los resultados de la inspección realizada en terreno. Exponer los resultados de los ensayos mecánicos y químicos desarrollados en probetas extraídas del edificio. Evaluación del estado estructural, discusión y análisis de resultados. Evaluación del impacto de las deficiencias detectadas en la vulnerabilidad sísmica del edificio. | | | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tarea incluye discusión de las posibles variaciones de resistencia detectados en hormigones de diferentes elementos estructurales (losas y muros). Tarea incluye discusión de las posibles variaciones en los resultados obtenidos en los distintos ensayos efectuados en los aceros de refuerzo. Discusión del contenido máximo de cloruros en el hormigón. | | | | | | | | | |
| 86 | 📄 | Entrega de Informe Prospección de Estado | 0 días | jue 2/03/00 | jue 2/03/00 | 85 | Esp1 | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Emisión de informe: "Evaluación del estado de la estructura de Hormigón Armado del Hospital Dr. Juan Noé Crevani de Arica". | | | | | | | | | |
| 88 | ENSAYOS DE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS | | | | | | 23 días | lun 17/01/00 | lun 28/02/00 |
| 89 | 📄 | Ensayos de Laboratorio I Etapa | 5 días | lun 17/01/00 | vie 21/01/00 | 65FC+5 días;69 | Esp2 | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Realización de ensayos de laboratorio: Ensayo de consolidación, Contenido de finos, Contenidos de humedad, Límites de Atterberg, Densidad máxima y mínima y Granulometría. | | | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Clasificar el suelo de fundación. Determinar las características geomecánicas del suelo de fundación: densidad, granulometría, contenido de finos, contenido de humedad, capacidad de soporte, grado de compactación. | | | | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ASTM D420: "Guide for Investigating and Sampling Soil and Rock" ASTM D2488: "Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)" ASTM2166: "Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil" ASTM D2435: "One dimensional Consolidation Properties of Soils" ASTM D4767: "Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils" ASTM D2216: "Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock" ASTM D4318: "Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils" ASTM D422: "Standard Test Method for Practice - Size Analysis of Soils" ASTM D2487: "Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (USCS)" | | | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Los resultados de esta primera etapa de ensayos permiten identificar en forma preliminar las características del suelo de fundación, las que se complementan con los ensayos desarrollados en una segunda etapa. | | | | | | | | | |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| 90 |  Informe de Prospección Geofísica <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Descripción general del método de refracción sísmica. • Análisis de registros de velocidades de propagación de ondas. • Determinación del perfil de propagación de ondas y estratigrafía del terreno de fundación. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el perfil de velocidades de propagación de ondas en el suelo de fundación, para efectuar la clasificación del suelo de acuerdo a la tabla 4.2 del la Norma NCh433.Of96. • Establecer inclinación y profundidad de los estratos del suelo de fundación. | 3 días | lun 31/01/00 | mié 2/02/00 | 67FC+5 días | Esp2 |
| 91 |  Ensayos de Laboratorio II Etapa <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Realización de ensayo CIU. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los parámetros que determinan la capacidad de soporte del suelo de fundación. Normas de referencia: <ul style="list-style-type: none"> • ASTM D420: "Guide for Investigating and Sampling Soil and Rock" • ASTM D2488: "Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)" • ASTM2166: "Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil" • ASTM D2435: "One dimensional Consolidation Properties of Soils" • ASTM D4767: "Consolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils" • ASTM D2216: "Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock" • ASTM D4318: "Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils" • ASTM D422: "Standard Test Method for Practice - Size Analysis of Soils" • ASTM D2487: "Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (USCS)" | 5 días | mié 26/01/00 | mar 1/02/00 | 89FC+2 días | Esp2 |
| 92 |  Informe Geología <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • El informe incluye aspectos tales como: descripción general del marco geológico de la ciudad y descripción en detalle de las características geológicas del sector de emplazamiento del Hospital. • Identificación de posibles fallas activas en las cercanías de la estructura. • Estimación de tipos de materiales sedimentarios depositados en el sector. • Estimación de profundidad de la roca basal. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Establecer las características geológicas del sector de emplazamiento del hospital. • Establecer la posible existencia de fallas geológicas activas en el sector del hospital. | 3 días | lun 17/01/00 | mié 19/01/00 | 66FC+5 días | Esp2 |
| 93 |  Antecedentes para el Análisis Sísmico <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de velocidades de propagación de ondas en el suelo de fundación. • Clasificación sísmica del suelo de fundación. • Determinación de capacidad de soporte del suelo de fundación. • Evaluación de potencial de licuefacción del suelo de fundación. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Establecer las características del suelo de fundación, requeridas para el desarrollo del espectro local de aceleraciones y para la clasificación del suelo de fundación conforme a la norma NCh433 Of96. Normas de referencia: <ul style="list-style-type: none"> • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". | 2 días | lun 31/01/00 | mar 1/02/00 | 91FC-2 días | Esp2 |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 94 |  Elaboración de Informe Mecánica de Suelos <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de las características geológicas del sector de emplazamiento del hospital. • Descripción de actividades realizadas en el marco de la campaña de exploración geotécnica. • Descripción de los ensayos de terreno y laboratorio efectuados para caracterizar el suelo de fundación. • Análisis y discusión de resultados. • Clasificación del suelo de fundación. • Conclusiones y recomendaciones. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Exponer los antecedentes recopilados en terreno y los resultados de ensayos de laboratorio utilizados para la caracterización del suelo de fundación. | 10 días | jue 3/02/00 | lun 28/02/00 | 89;90;91CC;92;93CC | Esp2 |
| 95 |  Entrega de informe Mecánica de Suelos <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Emisión de informe: "Informe Geotécnico: Evaluación de la Vulnerabilidad del Hospital Dr. Juan Noé Crevani de Arica". | 0 días | lun 28/02/00 | lun 28/02/00 | 94 | Esp2 |
| 97 | SISMICIDAD Y PELIGRO SISMICO | 23 días | mar 14/12/99 | vie 14/01/00 | | |
| 98 |  Revisión de antecedentes <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de los antecedentes requeridos para estimar la peligrosidad sísmica de la región. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Estimar la peligrosidad sísmica de una región. | 5 días | mar 14/12/99 | lun 20/12/99 | 2FC+5 días | Esp3 |
| 99 |  Sismicidad Regional <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Estudio general de la sismicidad histórica de la región, mecanismos focales, características de la fuente, magnitudes de Richter máximas probables, frecuencia de ocurrencia de sismos en función de la magnitud, atenuación de los movimientos fuertes en función de la distancia y efectos de sitio. • Estudio en detalle del marco sismotectónico de la región: identificación de los procesos geotectónicos y geofísicos que caracterizan la sismicidad de la región. • Preparación del catálogo de sismos de la región, el cual contiene datos de sismos históricos y datos sísmicos instrumentales. El catálogo incluye: fecha de ocurrencia, coordenadas geográficas epicentrales, profundidad de foco, magnitud de Richter (Ms o mv) y/o magnitud de momento sísmico (Mw) de cada evento. • Estudio de las fuentes sismogénicas: estudio de actividad de las fallas, estudio de microsismicidad, magnitud máxima probable y relación frecuencia-magnitud. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Identificar las características de la sismotectónica regional, a fin de establecer la peligrosidad sísmica de la región. | 5 días | mar 21/12/99 | lun 27/12/99 | 98 | Esp3 |
| 100 |  Magnitud e intensidad máxima <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de magnitud máxima probable, a partir de datos históricos, longitud o superficie máxima de falla (deducida de antecedentes geológicos, geofísicos y tectónicos), desplazamientos máximos de las placas y velocidades relativas entre placas. • Establecimiento de relaciones frecuencia-magnitud y distribución temporal de los sismos locales. • Definición de una ley de atenuación en función de la distancia al foco, de la magnitud de Richter, de los efectos de la trayectoria fuente-sitio y de los efectos de sitio. • Estimación del momento sísmico máximo probable, que considere las presencias de asperezas en la placa, las dimensiones de la ruptura y el desplazamiento relativo de la falla. • Estimación de la duración del movimiento fuerte. • Estimación del periodo predominante del movimiento fuerte. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características del sismo máximo probable que puede afectar una zona. | 5 días | mar 28/12/99 | mar 4/01/00 | 99 | Esp3 |
| 101 |  Estimación del peligro sísmico <u>Notas</u> Tarea Incluye: | 3 días | mié 5/01/00 | vie 7/01/00 | 100 | Esp3 |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Precesoras | Iniciales del Recurso |
|---|--|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
| "Estimación del peligro sísmico" (continuación) | | | | | | |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Estimación del sismo máximo probable por medio de métodos probabilísticos y determinísticos. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Determinar el sismo máximo probable del lugar. Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> El método determinista define uno o más terremotos característicos controladores, indicando para cada uno de ellos su magnitud, distancia hipocentral, aceleración máxima, duración y período predominante. El método probabilista permite determinar la aceleración máxima que puede ser superada con una probabilidad dada en un determinado período de tiempo. Para ésto se consideran las magnitudes máximas y relaciones frecuencia-magnitud de todos los sismos generados en todas las fuentes sismogénicas cercanas al sitio en estudio. | | | | | |
| 102 |  Elaboración Informe Peligro Sísmico | 5 días | lun 10/01/00 | vie 14/01/00 | 101 | Esp3 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Presentación de todos los antecedentes considerados para evaluar el peligro sísmico del lugar. | | | | | |
| 103 | Entrega de Informe Peligro Sísmico | 0 días | vie 14/01/00 | vie 14/01/00 | 102 | Esp3 |
| 105 | RIESGO SISMICO Y EVALUACION DE ESPECTRO LOCAL | 14 días | mar 18/01/00 | vie 4/02/00 | | |
| 106 |  Revisión de antecedentes | 5 días | mar 18/01/00 | lun 24/01/00 | 2CC+30 días | Esp4 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Recolección de antecedentes relativos a la historia sísmica de la región: identificación de sismos máximos (fecha de ocurrencia, coordenadas geográficas epicentrales e intensidad). Selección de registros sísmicos a considerar para la elaboración del espectro local de aceleraciones. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Procesar los antecedentes requeridos para describir el marco sismológico del lugar. Recopilación de los antecedentes requeridos para evaluar el riesgo sísmico del lugar. | | | | | |
| 107 |  Evaluación del riesgo sísmico | 4 días | mar 25/01/00 | vie 28/01/00 | 106;103 | Esp4 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> Estimación del riesgo sísmico de la zona por medio de métodos probabilísticos y determinísticos. Definición de una ley de atenuación de aceleraciones y velocidades máximas del suelo, que incluya el efecto de la trayectoria fuente-sitio y distancia a la fuente. Estimación de la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos que excedan una determinada magnitud, en un período de tiempo definido. Estimación de las características del sismo máximo posible en la región: magnitud de Richter (Ms), profundidad focal y distancia hipocentral (R), aceleraciones y velocidades máximas, duración del movimiento fuerte, etc. Discusión y validación de riesgo sísmico determinado en el estudio de sismicidad y peligro sísmico. Discusión del sismo máximo posible definido en dicho estudio. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Evaluar el riesgo sísmico de la región. | | | | | |
| 108 |  Espectro Local para Evaluación de Vulnerabilidad Estructural | 2 días | mié 2/02/00 | jue 3/02/00 | 107;93 | Esp4 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Estimación de parámetros requeridos para el diseño del espectro. Los parámetros se determinan a partir de registros sísmicos de la zona. Desarrollo de espectros locales de operación y colapso. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Establecer el espectro de aceleraciones locales requerido para la verificación estructural. | | | | | |
| 109 | Elaboración de Informe | 3 días | mié 2/02/00 | vie 4/02/00 | 108CC | Esp4 |
| 110 | Entrega de Informe | 0 días | vie 4/02/00 | vie 4/02/00 | 109 | Esp4 |
| 112 | ANALISIS ESTRUCTURAL | 76 días | vie 7/01/00 | jue 4/05/00 | | |




| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| 113 |  Revisión de antecedentes para el Análisis Estructural <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Revisión de códigos nacionales e internacionales y otras referencias bibliográficas. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Establecer los procedimientos y criterios para el modelamiento, análisis y aceptación de la estructura. Normas de referencia: <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | 20 días | vie 7/01/00 | mié 2/02/00 | 2FC+22 días | Ing1 |
| 114 |  Desarrollo de Modelo para Análisis Dinámico <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Revisión de planos estructurales del edificio. Desarrollo de modelo matemático para el análisis dinámico de la estructura. Objetivo de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Desarrollar un modelo matemático de la estructura que permita efectuar el análisis dinámico. Normas de referencia: <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | 6 días | lun 24/01/00 | lun 31/01/00 | 73;60;113CC | Ing1;Esp5 |
| 115 |  Definición de secciones y nudos tipo <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Definición de secciones "tipo" de vigas y columnas del edificio. Las secciones "tipo" se definen en función de las dimensiones geométricas y armaduras longitudinal y transversal de la sección. Definición de nudos "tipo" del edificio. Los nudos "tipo" se definen en función de las dimensiones y armaduras longitudinales de los elementos que concurren a él. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Establecer las secciones y nudos "tipo" del edificio, para efectuar el posterior estudio de capacidades y factores de utilización. Normas de referencia: <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> La definición de secciones tipo se efectúa considerando las armaduras de flexión y de corte de la sección. | 4 días | mié 26/01/00 | lun 31/01/00 | 74;114CC | Ing4;Ing1 |
| 116 |  Análisis Dinámico <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Análisis sísmico de la estructura. Desarrollo de resúmenes ejecutivos con los resultados del análisis. Desarrollo de perfiles biosísmicos. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Determinar los esfuerzos sísmicos a considerar para la verificación estructural. | 1 día | lun 7/02/00 | lun 7/02/00 | 81;103;110;115 | Esp5 |

| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|---|--|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| "Análisis Dinámico" (continuación) | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" • FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" • ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" • Guendelman, T., Lindenberg, J., "Perfil Biosísmico de Edificios", Séptimas Jornadas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, La Serena, Chile, 1997. | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El análisis se efectúa con el espectro de diseño de la Norma NCh433 Of96 y con el espectro local de aceleraciones, adecuado al nivel de desempeño deseado para la estructura. Los factores de reducción deben ser consistentes con el detallamiento del refuerzo estructural y nivel de desempeño esperado. • El análisis se realiza considerando las propiedades nominales y reales de los materiales del edificio. • El análisis se realiza considerando las masas nominales y reales de la estructura. • El análisis se efectúa considerando una envolvente de módulos de elasticidad, obtenida a partir de estimaciones teóricas y resultados experimentales. Esto permite realizar un análisis de sensibilidad de las probables deformaciones de origen sísmico que solicitarán la estructura. • En los casos necesarios se debe efectuar un análisis no lineal de tipo Pushover y en situaciones especiales, se debe realizar un análisis de tiempo-historia. | | | | | | | |
| 117 | 📄 | Validación Modelo Utilizado en Análisis Dinámico | 3 días | lun 7/02/00 | mié 9/02/00 | 116CC | Ing4;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Revisión y validación de modelo desarrollado para el análisis dinámico: dimensiones, masas sísmicas, propiedades de secciones y materiales, longitud de "cachos rígidos" considerados, etc. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Validar el modelo utilizado para el análisis dinámicos de la estructura. | | | | | | | |
| 118 | 📄 | Desarrollo de Modelos para Análisis Estático | 5 días | mar 8/02/00 | lun 14/02/00 | 117CC+1 día | Ing4;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de modelo para el análisis estático de la estructura. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un modelo que permita determinar los esfuerzos estáticos en los elementos estructurales. | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El modelo desarrollado para el análisis estático es idéntico al utilizado para el análisis dinámico. • El desarrollo de este modelo permite efectuar una segunda verificación de la modelación. • Las pesos y sobrecargas consideradas en el modelo incluyen las observaciones de terreno. • Los pesos propios de los elementos estructurales y no estructurales, así como las sobrecargas de uso, se descargan, de acuerdo a áreas tributarias, sobre las vigas de la estructura. • La validación del modelo utilizado para el análisis estático se efectúa mediante la comparación de las propiedades dinámicas de este modelo y las del modelo utilizado para el análisis dinámico. • Adicionalmente se efectúa el chequeo de condiciones de apoyo, distribución de masas, propiedades de materiales, propiedades de secciones, conectividad de elementos, etc. | | | | | | | |
| 119 | 📄 | Análisis Estático | 2 días | vie 11/02/00 | lun 14/02/00 | 118CC+3 días | Ing4;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de esfuerzos estáticos en elementos estructurales. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los esfuerzos estáticos en los elementos estructurales. | | | | | | | |
| 120 | 📄 | Combinaciones de Cargas | 3 días | lun 14/02/00 | lun 28/02/00 | 119CC+1 día | Ing4;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de procedimiento para la combinación de esfuerzos estáticos y sísmicos. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los esfuerzos combinados requeridos para la verificación estructural. | | | | | | | |





| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|---|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|
| "Combinaciones de Cargas" (continuación) | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh433 Of 96: "Diseño Sísmico de Edificios" | | | | | | |
| 121 | Estudio de Capacidad de Flexión de Elementos Estructurales | 13 días | lun 7/02/00 | lun 6/03/00 | | |
| 122 | Capacidades de Flexión de Vigas | 5 días | lun 7/02/00 | vie 11/02/00 | 76 | Ing3;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de capacidad de flexión de vigas. Elaboración de matriz de capacidad de vigas. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar los momentos máximos probables de las secciones tipo de las vigas del edificio. | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tarea incluye el cálculo de momentos de plastificación positivos y negativos de las secciones "tipo" de las vigas del edificio. El cálculo se efectúa considerando las propiedades reales y nominales de los materiales, una tensión en el acero que considera su esfuerzo de fluencia y último y los factores de reducción de la resistencia indicados en los códigos. | | | | | | |
| 123 | Capacidades de Flexión de Columnas | 2 días | mar 15/02/00 | lun 28/02/00 | 122;120CC+1 día | Ing3;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de momentos de plastificación de columnas por medio de la construcción de diagramas de interacción. Elaboración de matriz de capacidad de columnas. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar los momentos máximos probables de las secciones tipo de las columnas del edificio. | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tarea incluye la construcción de diagramas de interacción de las columnas "tipo" del edificio. El cálculo se efectúa considerando las propiedades reales y nominales de los materiales y una tensión en el acero que considera su esfuerzo de fluencia y último. | | | | | | |
| 124 | Capacidades de Flexión de Muros | 5 días | mar 29/02/00 | lun 6/03/00 | 123 | Ing3;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de capacidades de flexión de muros. Se desarrolla un análisis por medio de curvas Momento Curvatura y diagramas de interacción. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar la capacidad resistente en flexión de los muros del edificio. | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | |






| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|---|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| "Capacidades de Flexión de Muros" (continuación) | | | | | | |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Desarrollando de un conjunto de diagramas de momento curvatura se construye una curva de momentos de plastificación versus esfuerzo axial en el muro. Los esfuerzos axiales se obtienen de la envolvente de esfuerzos combinados. El cálculo se efectúa considerando las propiedades reales y nominales de los materiales y una tensión en el acero que considera su esfuerzo de fluencia y último. | | | | | | |
| 125 | Estudio de Capacidad de Corte de Elementos Estructurales | 9 días | mar 7/03/00 | vie 17/03/00 | | |
| 126 | Capacidades de Corte de Vigas | 1 día | mar 7/03/00 | mar 7/03/00 | 124 | Ing3;Ing1 |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de capacidades de corte de las secciones "tipo" de vigas. Elaboración de matriz de capacidad de cortes de la estructura. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar las capacidades de corte de los elementos sismorresistentes. | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las secciones "tipo" de la estructura han sido determinadas en una etapa anterior. La capacidad se calcula en las secciones extremas y central del elemento. Para el cálculo de las capacidades de corte se consideran las expresiones del ACI318-99, ATC-40 y FEMA-273. | | | | | | |
| 127 | Capacidades de Corte de Columnas | 4 días | mié 8/03/00 | lun 13/03/00 | 126 | Ing3;Ing1 |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de capacidades de corte de las secciones "tipo" de pilares. Elaboración de matriz de capacidad de cortes de la estructura. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar las capacidades de corte de los elementos sismorresistentes. | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las secciones "tipo" de la estructura han sido determinadas en una etapa anterior. La capacidad se calcula en las secciones extremas y central del elemento. | | | | | | |
| 128 | Capacidades de Corte de Muros | 4 días | mar 14/03/00 | vie 17/03/00 | 127 | Ing3;Ing1 |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de capacidades de corte de las secciones "tipo" de muros. Elaboración de matriz de capacidad de cortes de la estructura. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Determinar las capacidades de corte de los elementos sismorresistentes. | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|--|---|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| "Capacidades de Corte de Muros" (continuación) | | | | | | |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las secciones "tipo" de la estructura han sido determinadas en una etapa anterior. | | | | | | |
| 129 | Determinación de Mecanismos de Falla | 5 días | lun 20/03/00 | vie 24/03/00 | | |
| 130 | Mecanismo de Falla de Columnas | 3 días | lun 20/03/00 | mié 22/03/00 | 128 | Ing3;Ing1 |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Verificación del mecanismo de falla de las columnas del edificio. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer el mecanismo de falla de las columnas del edificio. | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se verifica el tipo de falla de todas las columnas del edificio. Se analizan los siguientes tipos de falla probables: rotulación de los extremos de la columna, rotulación del extremo inferior de la columna y de las vigas que concurren a su extremo superior, y rotulación del extremo superior de la columna y de las vigas que concurren a su extremo inferior. Estos dos últimos mecanismos de falla se deben verificar para la sollicitación actuando en las dos direcciones y sentidos de análisis. Para el cálculo de la capacidad de corte de la sección se desprecia el efecto de la carga axial en la resistencia. | | | | | | |
| 131 | Mecanismo de Falla de Vigas | 2 días | jue 23/03/00 | vie 24/03/00 | 130 | Ing3;Ing1 |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Verificación del mecanismo de falla de las vigas del edificio. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer el mecanismo de falla de las vigas del edificio. | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "NHERP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Se verifica el mecanismo de falla de todas las vigas del edificio. Se determina la efectividad del acero de confinamiento para garantizar la falla dúctil del elemento. En el análisis se consideran los esfuerzos estáticos mayorados de acuerdo a las combinaciones de carga de la norma Chilena NCh433 Of96. La capacidad de corte del elemento se determina considerando las disposiciones del ACI318-99. | | | | | | |
| 132 | Verificación Criterio Columna Fuerte - Viga Débil | 2 días | lun 27/03/00 | mar 28/03/00 | 131 | Ing1;Ing3 |
| <i>Notas</i> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Verificación del cumplimiento del criterio Columna Fuerte - Viga Débil. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Estudiar la existencia de mecanismos de piso blando en la estructura. | | | | | | |
| Normas de referencia: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" | | | | | | |





| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|--|--|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| "Verificación Criterio Columna Fuerte - Viga Débil" (continuación) | | | | | | |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Comentarios: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> La verificación se efectúa considerando los momentos máximos probables (momentos nominales) de los elementos que concurren a los nudos superior e inferior de la columna. | | | | | |
| 133 |  Cálculo de Factores de Utilización en Flexión | 4 días | mié 29/03/00 | lun 3/04/00 | 120;123;132 | Ing3;Ing1 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de Factores de Utilización en Flexión. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Determinar los factores de utilización por flexión y la magnitud de eventuales sobredemandas en la estructura. Estudiar la distribución de sobredemandas en la estructura. Establecer las zonas críticas de la estructura. | | | | | |
| | Normas y bibliografía de referencia: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" Bresler, B., "Design Criteria for Reinforced Concrete Columns Under Axial Loads and Biaxial Bending", ACI Journal, Nov. 1960. | | | | | |
| | Comentarios: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Los factores de utilización se calculan en las secciones inicial, central y final de todos los elementos. Estos factores, se obtienen como el cociente entre demanda y capacidad de las secciones (DCR). Las capacidades de las secciones se calculan a partir de las expresiones del ACI-318, FEMA-273 y del ATC-40. Para las columnas, que se encuentran sometidas a esfuerzos biaxiales, los factores de utilización se determinan utilizando el método de Bresler. | | | | | |
| 134 |  Cálculo de Factores de Utilización de Corte | 4 días | mar 4/04/00 | vie 7/04/00 | 133 | Ing3;Ing1 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de Factores de Utilización de Corte. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Determinar los factores de utilización por corte y las eventuales sobredemandas que se pueden producir en la estructura. Establecer la distribución de sobredemandas en la estructura. Definir las zonas críticas de la estructura. | | | | | |
| | Normas de referencia: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | | | | | |
| | Comentarios: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Los factores de utilización se calculan en las secciones inicial, central y final de todos los elementos. Estos factores, se obtienen como el cociente entre demanda y capacidad de las secciones (DCR). Las capacidades de las secciones se calculan a partir de las expresiones del ACI-318, FEMA-273 y del ATC-40. | | | | | |
| 135 | Verificación de Resistencia de Nudos | 9 días | lun 10/04/00 | jue 20/04/00 | | |
| 136 |  Cálculo de Capacidad de Nudos | 2 días | lun 10/04/00 | mar 11/04/00 | 134 | Ing1;Ing3 |
| | <u>Notas</u> | | | | | |
| | Tarea incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Cálculo de capacidad de corte nudos. Cálculo de capacidad máxima probable del nudo (corte máximo que se puede desarrollar a partir de las capacidades de los elementos que concurren al nudo). | | | | | |
| | Objetivo de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Determinar la capacidad de corte de los nudos del edificio. | | | | | |






| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|---|--|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| "Cálculo de Capacidad de Nudos" (continuación) | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Normas y bibliografía de referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" • FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" • ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • La capacidad máxima probable del nudo se determina como el corte maximo que puede desarrollar, a partir de las capacidades de flexión de las vigas y las capacidades de corte de las columnas que concurren al nudo. | | | | | | | |
| 137 | 📄 | Cálculo de Esfuerzos en Nudos | 4 días | mié 12/04/00 | lun 17/04/00 | 136 | Ing3;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de procedimiento para el cálculo de esfuerzos de corte en los nudos del edificio. | | | | | | | |
| Objetivos de la tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los esfuerzos requeridos para el cálculo de Factores de Utilización. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • NCh 433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". • Calvi, M., Priestley, M. J., "Towards a Capacity-Design Assessment Procedure for Reinforced Concrete Frames", Earthquake Spectra, Vol 2 N° 8, 1991. | | | | | | | |
| 138 | 📄 | Cálculo de Factores de Utilización de Nudos | 3 días | mar 18/04/00 | jue 20/04/00 | 137 | Ing3;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de factores de utilización en nudos de la estructura: | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los factores de utilización por corte en los nudos de la estructura. • Establecer la magnitud y distribución de las eventuales sobredemandas en la estructura. • Establecer las zonas críticas de la estructura. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" • FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" • ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • El factor de utilización de corte del nudo se calcula como el cociente entre el mínimo corte dado por el corte de origen sísmico y el corte que el nudo puede desarrollar, y la capacidad de corte del nudo. | | | | | | | |
| 139 | 📄 | Elaboración Resúmenes de Factores de Utilización | 3 días | lun 24/04/00 | mié 26/04/00 | 138 | Ing3;Ing1 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de tablas resúmenes con mecanismos de falla y factores de utilización asociados de todos los elementos sismorresistentes del edificio. | | | | | | | |
| Objetivos de la tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Resumir mecanismos de falla y factores de utilización de la estructura. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" • FEMA 273: "Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" • ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" | | | | | | | |






| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| 140 |  Nombre de tarea Análisis de Resultados <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Análisis y discusión de resultados del análisis estructural. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Validar los resultados de la verificación estructural realizada. | 5 días | jue 27/04/00 | jue 4/05/00 | 139;146CC | Ing1;IngDir |
| 141 |  Nombre de tarea Dibujo de Planos Resultados de Análisis Estructural <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Dibujo de plantas estructurales indicando las secciones "tipo" del edificio. Dibujo de elevaciones de ejes sismorresistentes, que incluyen resultados de la verificación estructural: Mecanismos de falla y factores de utilización asociados, verificación de criterio Columna Fuerte - Viga Débil y verificación de nudos. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Expresar en forma gráfica los resultados de la verificación estructural. | 5 días | jue 27/04/00 | jue 4/05/00 | 139 | Ing3;Ing1 |
| 142 |  Nombre de tarea Estudio de Detallamiento Estructural <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de plantillas para la verificación de disposiciones de detallamiento estructural de vigas y columnas establecidas en los códigos ACI318-99 y ATC-40. Verificación de detallamiento en vigas "tipo" del edificio. Verificación de detallamiento de columnas "tipo" del edificio. Verificación de detallamientos en los nudos del edificio. Verificación de detallamiento de muros. Verificación de detallamiento de fundaciones. Desarrollo de resúmenes de verificación. Cuantificación y calificación de deficiencias. Evaluación de vulnerabilidad estructural a partir de deficiencias de detallamiento. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> Evaluar el cumplimiento de requisitos de detallamiento de armaduras establecidos en códigos nacionales e internacionales, considerando especificaciones de planos de diseño y observaciones de terreno. Cuantificar y calificar las deficiencias del detallamiento estructural. Evaluar la vulnerabilidad estructural producto de deficiencias en el detallamiento. Normas de Referencia: <ul style="list-style-type: none"> ATC-40: "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings" FEMA 273: "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings" ACI318-99: "Código de Diseño de Hormigón Armado" Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> Los aspectos a considerar en la verificación han sido establecidos durante al "Estudio Preliminar de Detallamiento Estructural". | 20 días | mar 29/02/00 | lun 27/03/00 | 120 | Ing4;Ing1 |
| 143 |  Nombre de tarea Estudio de elementos críticos <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> Verificación de elementos críticos. Estudio de singularidades del edificio. Desarrollo de memoria de cálculo con verificación de mecanismos de falla y criterio CF-VD de elementos críticos. Objetivos de la tarea: <ul style="list-style-type: none"> Analizar en detalle los elementos críticos del edificio. Desarrollar memorias de cálculo. | 15 días | mar 28/03/00 | lun 17/04/00 | 142;130 | Ing4;Ing1 |
| 144 | Nombre de tarea Estudio de Fundaciones | 10 días | mar 18/04/00 | mié 3/05/00 | | |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 145 |  Estudio de Esfuerzos en Suelo de Fundación <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de esfuerzos estáticos y sísmicos transmitidos al suelo de fundación. • Cálculo de áreas en compresión bajo zapatas. • Desarrollo de memorias de cálculo. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los esfuerzos transmitidos al suelo de fundación. | 10 días | mar 18/04/00 | mié 3/05/00 | 143 | Ing4;Ing1 |
| 146 |  Estudio de Estabilidad de Fundaciones <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Verificación de estabilidad de fundaciones. • Desarrollo de memorias de cálculo. Objetivos de la tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la posibilidad de volcamiento de las fundaciones. | 10 días | mar 18/04/00 | mié 3/05/00 | 145CC | Ing4;Ing1 |
| 148 | VERIFICACION DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES | 69 días | jue 13/01/00 | vie 28/04/00 | | |
| 149 | Tabiques | 24 días | mié 26/01/00 | jue 9/03/00 | | |
| 150 |  Revisión de antecedentes para el Análisis de Tabiques. <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de normas, memorias y otras referencias bibliográficas. • Revisión de antecedentes recopilados en terreno. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Recopilar la información necesaria para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los elementos arquitectónicos del edificio. Normas y Referencias Bibliográficas: <ul style="list-style-type: none"> • Willat, E., "Capacidad de Deformación de Tabiques", Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1996. • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". • NCh1928 Of93: "Albañilería Armada: Requisitos para el Diseño y Cálculo" • NCh2123 Of86: "Albañilería Confinada: Requisitos de Diseño y Cálculo" | 15 días | mié 26/01/00 | mar 15/02/00 | 74 | Ing2 |
| 151 |  Estudio Preliminar de Capacidad de deformación <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de antecedentes experimentales relativos a capacidad de deformación (en servicio y rotura) de tabiques. • Revisión de requisitos normativos relacionados con dilatación y capacidad de deformación de elementos secundarios. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en forma preliminar la capacidad de deformación de tabiques. Referencias bibliográficas: <ul style="list-style-type: none"> • Willat, E., "Capacidad de Deformación de Tabiques", Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, 1996. • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> • Tarea incluye el estudio de capacidades de deformación para los estados de servicio y último de tabiques de albañilería, volcanita y volcometal. | 3 días | lun 31/01/00 | mié 2/02/00 | 150CC+3 días | Ing2 |
| 152 |  Estudio Preliminar de Deformaciones Sísmicas <u>Notas</u> Tarea incluye: | 2 días | mar 8/02/00 | mié 9/02/00 | 151;116 | Ing2 |

| Id | 📄 | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|--|---|---|----------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|
| "Estudio Preliminar de Deformaciones Sísmicas" (continuación) | | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Estudio de demanda deformaciones sísmicas en la estructura. El estudio se efectúa considerando diferentes módulos de elasticidad del hormigón, con lo que se obtiene una envolvente para los desplazamientos de entrepiso y deformaciones máximas probables del edificio. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Establecer la demanda de deformaciones máximas de la estructura. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Tarea incluye la estimación de las distorsiones máximas probables en cada nivel del edificio, de acuerdo a los criterios de la sección 8 de la Norma Chilena NCh433 Of96. El análisis de deformaciones de tabiques se efectúa en cada nivel de la estructura y en cada dirección de análisis. | | | | | | | |
| 153 | 📄 | Informe de Capacidad de Deformación de Tabiques | 4 días | jun 10/02/00 | mar 15/02/00 | 152 | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Redacción de informe de capacidad de deformación de tabiques, el cual incluye: Evaluación de la capacidad de deformación (servicio y rotura) de cada tipo de tabique, estimación de demandas de deformaciones máximas en cada nivel del edificio, cuantificación de la tabiquería y evaluación de la vulnerabilidad de cada tipo de tabique. Se incluye además las conclusiones del estudio de factores de utilización de los tabiques de fachadas y tabiques interiores de albañilería. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la vulnerabilidad sísmica de los tabiques del edificio. | | | | | | | |
| 154 | 📄 | Cuantificación de la Tabiquería | 2 días | lun 28/02/00 | mar 29/02/00 | 153 | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cuantificación de metros lineales de cada tipo de tabique presente en el edificio. | | | | | | | |
| Objetivos de la tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la importancia de las deficiencias de cada tipo de tabique en la vulnerabilidad global del edificio. | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La cuantificación de la tabiquería permite ponderar adecuadamente la magnitud de una deficiencia dentro de un contexto global. | | | | | | | |
| 155 | 📄 | Análisis Normativo de Tabiques de Fachadas | 3 días | mié 1/03/00 | vie 3/03/00 | 154 | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Estimación de coeficientes sísmicos para la verificación. Estudio de factores de utilización de tabiques de albañilerías de fachadas. Estudio de factores de utilización de elementos de confinamiento. Evaluación de estabilidad y capacidad resistente de tabiquerías de fachadas. Conclusiones sobre vulnerabilidad del elemento. Desarrollo de memorias de cálculo. | | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las tabiquerías de fachadas. | | | | | | | |
| Normas de Referencia: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" NCh1928 Of93: "Albañilería Armada: Requisitos para el Diseño y Cálculo" NCh2123 Of86: "Albañilería Confinada: Requisitos de Diseño y Cálculo" | | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Las aceleraciones utilizadas para la verificación de tabiques, se determinan de acuerdo a las disposiciones del capítulo 8 de la norma NCh433 Of96. Las propiedades de las unidades de albañilería se estiman de acuerdo a las recomendaciones de la norma NCh2123. | | | | | | | |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|------------|--|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 156 |  Análisis Normativo de Tabiques Interiores <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Estimación de aceleraciones para la verificación. • Estudio de factores de utilización de elementos de confinamiento. • Evaluación de estabilidad y capacidad resistente. • Conclusiones sobre vulnerabilidad. • Desarrollo de memorias de cálculo. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las tabiquerías Interiores construidas con unidades de albañería. Normas de Referencia: <ul style="list-style-type: none"> • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios" • NCh1928 Of93: "Albañilería Armada: Requisitos para el Diseño y Cálculo" • NCh2123 Of86: "Albañilería Confinada: Requisitos de Diseño y Cálculo" Comentarios: <ul style="list-style-type: none"> • Se estudia este tabique en particular por ser el más utilizado en el edificio. • Las aceleraciones utilizadas para la verificación de tabiques, se determinan de acuerdo a las disposiciones del capítulo 8 de la norma NCh433 Of96. | 3 días | lun 6/03/00 | mié 8/03/00 | 155 | Ing2 |
| 157 |  Evaluación de vulnerabilidad sísmica de tabiques <i>Notas</i> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los tabiques del edificio, a partir de información recopilada en terreno y resultados del análisis normativo de deformaciones y capacidad resistente. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la vulnerabilidad sísmica de los tabiques del hospital. | 1 día | jue 9/03/00 | jue 9/03/00 | 156 | Ing2 |
| 158 | Cielos Falsos | 3 días | vie 10/03/00 | mar 14/03/00 | | |
| 159 |  Revisión de Antecedentes para el Análisis de Cielos Falsos <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de memorias, referencias bibliográficas y catálogos de cielos falsos. • Revisión de antecedentes recopilados en terreno. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Recopilar la información necesaria para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los elementos arquitectónicos del edificio. Normas y Referencias Bibliográficas: <ul style="list-style-type: none"> • NCh433 Of96: "Diseño Sísmico de Edificios". • Catálogos según fabricante. • | 3 días | vie 10/03/00 | mar 14/03/00 | 157 | Ing2 |
| 160 |  Caracterización de Cielos Falsos <i>Notas</i> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • La caracterización incluye observaciones de terreno tales como: descripción detallada de cada tipo de cielo falso encontrado en el edificio: materiales, dimensiones y estructuración típicas, sistemas de apoyo y arriostramiento, estado de conservación, etc. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Describir detalladamente cada tipo de cielo falso. • Exponer los antecedentes considerados para evaluar la vulnerabilidad sísmica de los cielos falsos. Comentarios: | 1 día | vie 10/03/00 | vie 10/03/00 | 159CC | Ing2 |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|---|--|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|
| "Caracterización de Cielos Falsos" (continuación) | | | | | | |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La información relacionada con cielos falsos se debe recopilar durante el levantamiento en terreno. | | | | | | |
| 161 |  Evaluación de vulnerabilidad sísmica de cielos falsos | 2 días | vie 10/03/00 | lun 13/03/00 | 160CC | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los cielos falsos del edificio, a partir de información recopilada en terreno (estado de conservación, condiciones de apoyo y arriostamiento, independencia con sistemas de aire acondicionado, líneas vitales y luminarias, etc.) y especificaciones de fabricantes. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la vulnerabilidad sísmica de los cielos falsos del hospital. | | | | | | |
| 162 |  Cuantificación de cielos falsos | 1 día | mar 14/03/00 | mar 14/03/00 | 161 | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Cuantificación de la superficie cubierta por cada tipo de cielo falso presente en el edificio. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la importancia de la vulnerabilidad sísmica de cada tipo de cielo falso en la vulnerabilidad global del edificio. | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> La cuantificación de los cielos falsos permite ponderar adecuadamente la magnitud de una deficiencia dentro de un contexto global. | | | | | | |
| 163 | Equipos | 32 días | mié 15/03/00 | vie 28/04/00 | | |
| 164 |  Revisión de antecedentes para el estudio de Equipos | 25 días | mié 15/03/00 | mar 18/04/00 | 162 | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea Incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Revisión de especificaciones de fabricantes de equipos. Revisión de normativas para la verificación de pernos de anclaje. | | | | | | |
| Objetivos de la Tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Recopilar los antecedentes necesarios para desarrollar el estudio de vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial. | | | | | | |
| 165 |  Identificación de Características Principales | 2 días | vie 17/03/00 | lun 20/03/00 | 164CC+2 días | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Identificación de las principales características de cada equipo en estudio. | | | | | | |
| Objetivos de la Actividad: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Recopilar los antecedentes necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial. | | | | | | |
| Comentarios: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Entre las características que se deben identificar para evaluar la vulnerabilidad sísmica del equipo se encuentran: Dimensiones en planta y elevación, peso del equipo, ubicación del centro de masa y regularidad de distribución del peso, materiales, seguridad interna, año de fabricación, periodicidad de la mantención, importancia en caso de emergencia, condiciones de estabilidad y anclaje, capacidad y rigidez, cercanía con otros elementos vulnerables, entre otros. | | | | | | |
| 166 |  Recopilación de antecedentes para el estudio de Apoyos y estabilidad | 5 días | mar 21/03/00 | lun 27/03/00 | 165 | Ing2 |
| <u>Notas</u> | | | | | | |
| Tarea incluye: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Recopilación de antecedentes y planos con información sobre los sistemas de anclaje de los equipos. Discusión de estabilidad y eficiencia de sistemas de apoyo. | | | | | | |
| Objetivos de la tarea: | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la estabilidad del equipo. | | | | | | |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| 167 |  Estudio de Pernos de Anclaje <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo de solicitaciones en pernos de anclaje • Verificación de capacidad resistente de pernos de anclaje. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la capacidad de los pernos de anclaje para resistir esfuerzos sísmicos. Normas y Referencias Bibliográficas consultadas: <ul style="list-style-type: none"> • ACI 349 Appendix B: "Nuclear Safety Structures". • NCh 2369 2000: "Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales". • NCh 433 Of 96: "Diseño Sísmico de Edificios". • International Building Code 2000. | 10 días | mar 28/03/00 | lun 10/04/00 | 166 | Ing2 |
| 168 |  Análisis de volcamiento <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la probabilidad de volcamiento del equipo. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la estabilidad del equipamiento no anclado. Referencias Bibliográficas: <ul style="list-style-type: none"> • Ishiyama, Y., "Criteria for Overturing of Rigid Bodies by Sinusoidal and Earthquake Excitations". • International Building Code 2000. | 5 días | mar 11/04/00 | lun 17/04/00 | 167 | Ing2 |
| 169 |  Evaluación de vulnerabilidad <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial del hospital. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Establecer la vulnerabilidad sísmica del equipamiento médico e industrial del hospital. | 1 día | mar 18/04/00 | mar 18/04/00 | 168 | Ing2 |
| 170 |  Estimación de Impacto en la Función <u>Notas</u> Tarea Incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación del impacto de la vulnerabilidad del equipamiento en la función hospitalaria. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el impacto de la vulnerabilidad del equipamiento en la actividad desarrollada en el hospital. | 2 días | mié 19/04/00 | jue 20/04/00 | 169 | Ing2 |
| 171 |  Informe de Equipos <u>Notas</u> Tarea incluye: <ul style="list-style-type: none"> • Descripción de criterios de selección del equipamiento. • Descripción de equipos seleccionados. • Evaluación de demanda. • Evaluación de capacidad de anclaje. • Evaluación de potencial de vuelco o desplazamiento. • Análisis y discusión de resultados de la evaluación de vulnerabilidad. Objetivos de la Tarea: <ul style="list-style-type: none"> • Exponer los antecedentes considerados para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del equipamiento. | 5 días | lun 24/04/00 | vie 28/04/00 | 170 | Ing2 |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|------------|---|-----------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------------|
| 172 | Entrega de Informe Equipos | 0 días | vie 28/04/00 | vie 28/04/00 | 171 | Ing2 |
| 173 | Estudio de Ascensores | 28 días | jue 13/01/00 | mié 1/03/00 | | |
| 174 | Revisión de antecedentes para el estudio de Ascensores | 20 días | jue 13/01/00 | mar 8/02/00 | 44 | Esp6 |
| | <u>Notas</u> Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Revisión de referencias bibliográficas y especificaciones de fabricantes. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Definir los aspectos a considerar para evaluar la vulnerabilidad sísmica de ascensores. | | | | | |
| | Normas y Referencias Bibliográficas: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> NCh440 Of53: "Elevadores - Construcción de cajas y salas de máquinas" NCh440/1 cR1999: "Construcción - Ascensores y montacargas, requisitos de seguridad e instalación, Parte 1: Ascensores eléctricos". ASME A17.1-1996. "Safety code for Elevators and Escalators". | | | | | |
| 175 | Identificación de Características Principales | 8 días | mié 19/01/00 | vie 28/01/00 | 174CC+5 días | Esp6 |
| | <u>Notas</u> Tarea incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Identificación de las principales características del ascensor: sistema de rieles guía, anclajes y empalmes de rieles, vigas de apoyo, pesos de cabina y contrapeso, sistema de poleas y maquinarias de conducción, etc. | | | | | |
| | Objetivos de la Actividad: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Recopilar los antecedentes necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica. | | | | | |
| 176 | Evaluación de vulnerabilidad | 8 días | lun 31/01/00 | mié 9/02/00 | 175 | Esp6 |
| | <u>Notas</u> Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del sistema de ascensores. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Establecer la vulnerabilidad sísmica del sistema de ascensores del hospital. | | | | | |
| 177 | Estimación de Impacto en la Función | 2 días | jue 10/02/00 | vie 11/02/00 | 176 | Esp6 |
| | <u>Notas</u> Tarea Incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Evaluación del impacto de la vulnerabilidad del sistema de ascensores en la función hospitalaria. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Evaluar el impacto de la vulnerabilidad del sistema de ascensores en la actividad desarrollada en el hospital. | | | | | |
| 178 | Informe de Ascensores | 5 días | lun 14/02/00 | mié 1/03/00 | 177 | Esp6 |
| | <u>Notas</u> Tarea incluye: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Descripción de criterios considerados para la evaluación de vulnerabilidad sísmica del sistema de ascensores. Descripción y justificación de variables consideradas. Análisis y discusión de resultados de la evaluación de vulnerabilidad. | | | | | |
| | Objetivos de la Tarea: | | | | | |
| | <ul style="list-style-type: none"> Exponer los antecedentes considerados para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica del sistema de ascensores del edificio. | | | | | |
| 179 | Entrega de Informe Ascensores | 0 días | mié 1/03/00 | mié 1/03/00 | 178 | Esp6 |
| 181 | REDACCION DE INFORME | 89 días | lun 24/01/00 | jue 8/06/00 | | |
| 182 | Informe de Estado de Escaleras | 4 días | mar 2/05/00 | vie 5/05/00 | 172 | Ing2 |
| 183 | Informe de Estado de Juntas de Dilatación entre Edificios | 1 día | lun 8/05/00 | lun 8/05/00 | 182 | Ing2 |
| 184 | Informe Descripción de Tabiquerías | 6 días | lun 24/01/00 | lun 31/01/00 | 60 | Ing1 |

| Id | Nombre de tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras | Iniciales del Recurso |
|-----------|--|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|------------------------------|
| 185 | Informe Descripción Cielos falsos | 5 días | mar 1/02/00 | lun 7/02/00 | 184 | Ing1 |
| 186 | Informe Descripción General del Hospital | 6 días | mar 8/02/00 | mar 15/02/00 | 185 | Ing1 |
| 187 | Informe Criterios para la Verificación Estructural | 15 días | lun 28/02/00 | vie 17/03/00 | 186 | Ing1 |
| 188 | Informe Geología y Geotécnia | 3 días | lun 20/03/00 | mié 22/03/00 | 95;187 | Ing1 |
| 189 | Informe Prospección de Estado | 4 días | jue 23/03/00 | mar 28/03/00 | 188;86 | Ing1 |
| 190 | Informe Sismicidad Regional | 2 días | mié 29/03/00 | jue 30/03/00 | 189;110 | Ing1 |
| 191 | Informe Espectro Local de Aceleraciones | 2 días | vie 31/03/00 | lun 3/04/00 | 190 | Ing1 |
| 192 | Informe de Cubicaciones | 2 días | mar 4/04/00 | mié 5/04/00 | 191 | Ing1 |
| 193 | Informe de Detallamiento Estructural | 15 días | jue 6/04/00 | jue 27/04/00 | 192;142 | Ing1 |
| 194 | Informe Resultados Análisis Estructural | 15 días | vie 5/05/00 | jue 25/05/00 | 193;140 | Ing1 |
| 195 | Conclusiones del Estudio | 5 días | vie 26/05/00 | jue 1/06/00 | 194;179;183 | Ing1 |
| 196 | Desarrollo de Anexos Análisis Estructural | 10 días | vie 5/05/00 | jue 18/05/00 | 141;146CC | Ing3;Ing1 |
| 197 | Edición y emisión de Planos | 5 días | vie 19/05/00 | jue 25/05/00 | 196;140 | Ing3;Ing1 |
| 198 | Emisión de Anexos | 3 días | vie 26/05/00 | mar 30/05/00 | 197 | Ing3;Ing1 |
| 199 | Edición y emisión de Informe | 5 días | vie 2/06/00 | jue 8/06/00 | 195;198 | Ing1 |
| 200 | Entrega de Informe | 0 días | jue 8/06/00 | jue 8/06/00 | 199 | Ing1 |
| 202 | FIN DEL PROYECTO | 0 días | jue 8/06/00 | jue 8/06/00 | 200 | |

