REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

BACHILLER:

JOSEPH JONATHAN MUÑOZ GUERRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AREQUIPA - PERU

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

EPIGRAFE

"Un libro es una cosa entre las cosas, un volumen perdido entre los volúmenes que pueblan el indiferente universo; hasta que da con su lector, con el hombre destinado a sus símbolos."

Jorge Luis Borges

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

Con mucho cariño para mi madre Yoni Luisa, por todo el amor y la paciencia que me brindo durante todo este tiempo.

A mis hermanos Cristhian y Robin, como a mis familiares y amigos, cuyo apoyo a lo largo de mis estudios profesionales fue y es muy valioso.

A la memoria de mi padre Gabriel a quien llevo siempre en mis pensamientos y corazón.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento de manera muy especial al Ing. Oscar Félix Chávez Vega, por la dirección y asesoramiento de la presente tesis, apoyo sin el cual este trabajo posiblemente no habría visto la luz.

Mi agradecimiento se hace extensivo a mis amigos ingenieros: Ing. Roberto Jesús Lino, Ing. Paul Augusto Chura y el Ing. Joel Esteban Chura, cuyas recomendaciones y pautas fueron muy importantes para el desarrollo de esta tesis, igualmente extiendo mi agradecimiento al Ing. Víctor Cueva de CDV Representaciones por facilitarme información técnica sobre el diseño de sistemas aislados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

En el presente trabajo se ha ejemplificado el diseño de una estructura hospitalaria utilizando aisladores sísmicos de base mediante el código UBC-97 realizándose los análisis estático y dinámico según las recomendaciones de esta normativa; donde para el análisis dinámico realizado se optó por el método modal espectral. Después de exponer paso a paso el método de análisis estructural para edificaciones aisladas sísmicamente se procedió al diseño de los elementos estructurales de la edificación obteniéndose una estructura aporticada, luego se calculan los costos y presupuestos junto a la programación de obra. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en la presente tesis.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The present work it's a design example of a hospital structure using base seismic isolators using the UBC-97 code, performing the static and dynamic analysis accordingly to the norm; where the modal spectral was chosen for the dynamic analysis. After expounding the method for the structural analysis of seismic isolated structures step by step we proceed to the design of the structural elements for the building obtaining a framed structure, after that the calculation of the cost and budget it's been made before the schedule of the project. Finally presenting the conclusions and recommendations obtained in the present thesis.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y ASPECTOS GENERALES 1

1.1. Introducción. 1

1.2. Planteamiento de la problemática. 2

1.3. Planteamiento de la posible solución. 3

1.4. Objetivos. 4

1.4.1. Objetivo general. 4

1.4.2. Objetivos específicos. 4

1.5. Alcances y limitaciones de la investigación. 5

1.6. Antecedentes de la estructura a analizar. 6

2. CAPÍTULO II: TEORÍA Y DISEÑO DEL AISLAMIENTO SÍSMICO 7

2.1. Generalidades de diseño antisísmico en concreto armado. 7

2.2. Introducción a aisladores sísmicos. 8

2.3. Dinámica de estructuras con aislamiento sísmico. 15

3. CAPÍTULO III: ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION 18

3.1. Concepción Estructural. 18

3.1.1. Concepción Estructural para Cargas Muertas y Vivas. 20

3.1.2. Concepción Estructural para Cargas Sísmicas. 20

3.2. Calculo Estructural. 22

3.2.1. Calculo Estructural para Cargas Vivas y Cargas Muertas. 22

3.2.2. Calculo Estructural para Cargas Sísmicas Inc. Aisladores Sísmicos. 28

3.3. Interpretación de Resultados con fines de Diseño en C° A° 81

4. CAPITULO IV: DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES 91

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1. Elementos para transmisión de cargas verticales 91

4.2. Elementos para transmisión de cargas laterales 105

4.3. Cimentación de la Estructura. 127

4.4. Elementos Estructurales Adicionales 133

4.5. Aisladores Sísmicos 133

5. CAPITULO V: ANALISIS COSTOS Y PRESUPUESTOS 137

5.1. Análisis de Costos Unitarios. 137

5.2. Costos y Presupuestos. 151

5.3. Programación de Obra. 153

CONCLUSIONES 154

RECOMENDACIONES 155

BIBLIOGRAFÍA 156

ANEXO N°1 PROGRAMACION DE OBRA

ANEXO N°2 UNIFORM BUILDING CODE, APPENDIX CHAPTER 16, DIVISION IV-EARTHQUAKE REGULATIONS FOR SEISMIC-ISOLATED STRUCTURES

ANEXO N°3 PLANOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción.

Desde los principios de la civilización y la vida en sociedad la construcción por la mano del hombre ha enfrentado el desafío de los embates de la naturaleza, siendo siempre el fenómeno sísmico uno de los eventos que mas estragos a causado a lo largo de la historia de la humanidad, estando este cubierto por un velo de imprevisibilidad e incertidumbre tanto en su fecha como en su lugar de ocurrencia. Hoy en día el fenómeno sísmico ha sido ampliamente estudiado y su comprensión ya no nos es esquiva, pero aun así conozcamos su origen y comportamiento, la mitigación de sus efectos sigue siendo el gran reto a vencer en nuestros días.

La ciudad de Arequipa no esta exenta a esta problemática ya que esta es escenario de frecuentes eventos sísmicos de magnitudes variables; nos queda claro entonces que los sismos no se pueden evitar solo podemos lidiar con sus efectos.

Las estructuras actuales, diseñadas de la forma tradicional, muestran buen desempeño frente a sismos frecuentes de bajas magnitudes pero no garantizan el mismo desempeño para sismos raros de una magnitud superior poniendo en evidencia la necesidad de incorporar nuevas técnicas de protección sísmica.

Por lo expuesto el objetivo del presente trabajo es el de ilustrar el uso de un nuevo sistema de protección sísmica que sirva para complementar la filosofía de la Norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones; en este caso se tratara el uso del aislamiento sísmico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de base para la protección de las construcciones, de forma más específica, una edificación de carácter esencial como es una estructura hospitalaria.

Este trabajo busca exponer los beneficios del uso de aislamiento sísmico en estructuras esenciales de gran importancia, además exponer de forma clara y concisa un procedimiento de diseño para estructuras aisladas sísmicamente; por último se presenta un capítulo de presupuestos para conocer el costo de una edificación aislada.

1.2. Planteamiento de la Problemática.

El crecimiento económico del país, las mejoras en la calidad de vida y la cultura centralista en las grandes urbes ha acentuado el fenómeno migratorio en el país por lo cual la ciudad de Arequipa ha experimentado un gran crecimiento demográfico en los últimos 20 años de su vida por efecto del desarrollo proyectado para su población y por la llegada de personas procedentes de distintas partes del país atraídos a la ciudad por su clima y oportunidades de trabajo.

Al mismo tiempo la ciudad se halla en permanente riesgo sísmico, para estar consciente del mismo solo se debe apreciar su geografía, que está rodeada por cadenas de volcanes, que más allá de estar clasificados como durmientes siempre son una señal de actividad sísmica en el área, y que se halla clasificada dentro de la Zona 3 de sismicidad, siendo esta la escala más alta según la norma.

El riesgo sísmico permanente que afronta la ciudad es parte de su historia y ha sido registrado desde tiempos de la colonia hasta nuestros días siendo el terremoto del 29 de junio del 2001 el más representativo. Este terremoto provoco gran cantidad de pérdidas y destrozos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

materiales tanto en estructuras de reciente construcción como en estructuras históricas, como ejemplo está el desplome de una de las torres de la Catedral y dejando la otra al borde del colapso. Esta clase de fenómenos sísmicos de gran magnitud nos lleva a preguntarnos si es que no hay otra forma de hacer frente a tales embates de la naturaleza, si solo podemos hacer frente a las fuerzas sísmicas con los criterios de redundancia, ductilidad estructural y plastificación que nos ofrece la norma; dando prioridad a la protección de los elementos estructurales sin tomar en cuenta los efectos a los que son sometidos los elementos no estructurales igualmente que los contenidos de la edificación durante la duración del evento sísmico.

Las interrogantes anteriores cobran mayor significado cuando son aplicadas a estructuras esenciales, cuya operatividad no debería detenerse después de un evento sísmico severo, esta continuidad en su funcionamiento debe de estar completamente garantizada y no se podrá lograr si la edificación ha sido afectada a un nivel que requiera de un proceso de inspección previo a su uso.

1.3. Planteamiento de la Posible Solución.

Ante la problemática expuesta en el punto anterior se propone el uso de una nueva técnica de protección sísmica denominada Aislamiento Sísmico de Base, cuya aplicación tiene más de 30 años de uso práctico a nivel mundial en sus distintas formas y un respaldo analítico-experimental muy sólido, siendo esta objeto de numerosos estudios en distintas universidades de todo el mundo, resaltando entre ellos los trabajos realizados en Estados Unidos por la Universidad de Berkeley en California, dirigidos por el PhD en Ingeniería Civil James Kelly, , uno de los pioneros de la investigación de este campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El concepto detrás del aislamiento sísmico es muy simple, se busca el desacoplamiento de la superestructura de su cimentación a través de elementos de filtro de baja frecuencia denominados aisladores sísmicos. Las aplicaciones de esta técnica son muy amplias, ya que no solo se restringen a la construcción de estructuras nuevas sino que se les puede utilizar para la rehabilitación de edificaciones ya existentes con resultados muy destacables en su comportamiento sísmico; probando así que son un gran método de protección para edificaciones nuevas y de rehabilitación en estructuras existentes.

1.4. Objetivos.

A continuación se expondrán los objetivos que persigue el presente trabajo tanto el objetivo general como los objetivos específicos ya que estos se desprenden del primero.

1.4.1. Objetivo General.

Ejemplificar el diseño y comportamiento de una estructura aislada sísmicamente, demostrando como el uso de esta técnica puede reducir las aceleraciones transmitidas del suelo a la estructura por medio de la introducción de aisladores sísmicos y de esta forma reducir los esfuerzos internos de la misma, mejorando notablemente su desempeño tanto como las deformaciones que experimenta, preservando así la integridad de los elementos estructurales, no estructurales, de los ocupantes y la de los objetos contenidos.

1.4.2. Objetivos Específicos.

Tomando como base guía nuestro objetivo general, los objetivos específicos que se buscan alcanzar con el análisis y diseño de una estructura hospitalaria utilizando aisladores sísmicos son los siguientes:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A. Realizar el análisis y diseño de una estructura hospitalaria aislada sísmicamente.

B. Determinar el tipo de aislador adecuado para nuestro caso de estudio.

C. Analizar los desplazamientos que experimenta la estructura aislada.

D. Analizar el comportamiento sísmico de la estructura aislada.

1.5. Alcances y Limitaciones de la Investigación.

Como se explicó en los objetivos específicos de este trabajo, los alcances del mismo serán el análisis y diseño de una estructura hospitalaria con el uso de aisladores sísmicos de base.

Teniendo en cuenta la situación actual del desarrollo de la Ingeniería Civil en nuestro país y sobre todo en nuestra ciudad se consideran las siguientes limitaciones al desarrollo de la tesis:

A. La actual Norma Sismo resistente E.030 no considera el uso de aisladores sísmicos, lo que nos deja con limitaciones en el marco normativo nacional para su aplicación, será necesario referirnos a reglamentos extranjeros e internacionales.

B. Carencia de obras precedentes en la región para referencia, no se tienen datos de obras anteriores que hayan empleado este sistema en la región o en el país, las cuales podrían ser de gran ayuda para tomar como referencia.

C. Poca bibliografía especializada en el tema, ya que se le menciona en anexos de libros más no como tema principal, se deberá acudir a libros directamente relacionados con el tema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.6. Antecedentes de la Estructura a Analizar.

La estructura a analizar tiene su distribución arquitectónica basada en uno de los bloques del hospital Honorio Delgado Espinoza por lo que las características del terreno serán asumidas como las que hoy corresponden al terreno en que se ubica el bloque del hospital, esta idealización tiene fines puramente académicos. Los detalles de la misma se hallan en los planos de arquitectura adjuntos.

Las características principales de la edificación son:

Descripción	Valores
Área de Terreno	1050.44 m^2
Área Techada	6963.20 m^2
Niveles	6 Pisos y un 1 sótano
Altura de Entrepiso	3.95 m
Categoría	Tipo A, esencial
Sistema Estructural Planteado	Pórticos con Aisladores Sísmicos

Cuadro 1 Características de la Estructura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II: TEORÍA Y DISEÑO DEL AISLAMIENTO SÍSMICO

1.1. Generalidades de Diseño Antisísmico en Concreto Armado.

Para dar inicio a este sub título, citaremos el Articulo N° 3 perteneciente a la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismo Resistente, perteneciente al Reglamento Nacional de Edificaciones, que indica lo siguiente:

Artículo 3 Filosofía y Principios del diseño sismorresistente

La filosofía del diseño sismorresistente consiste en:

a. Evitar pérdidas de vidas

b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos

c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en esta Norma los siguientes principios para el diseño:

a. La estructura no debería colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el sitio.

b. La estructura debería soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir en el sitio durante su vida de servicio, experimentando posibles daños dentro de límites aceptables.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

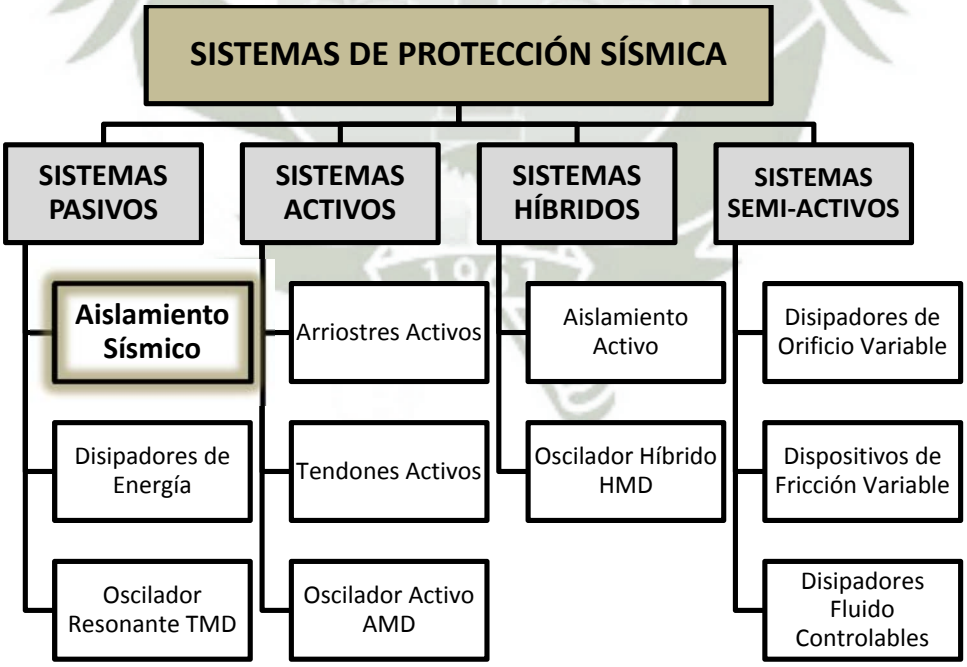
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Habiendo expuesto la filosofía del Reglamento se desprende que el método tradicional de diseño estructural sismo resistente busca siempre un factor de seguridad para cumplir con las demandas de la norma, este pensamiento es totalmente compatible con el uso de aislamiento sísmico en las estructuras ya que su aplicación reduce la incertidumbre en el comportamiento estructural durante un evento sísmico puesto que la mayoría de las deformaciones y no linealidades del sistema se concentran en el sistema de aislamiento, permitiendo que el resto de la superestructura se comporte dentro del rango elástico; además de reducir las aceleraciones a que se ve expuesta la súper-estructura protegiendo así a los ocupantes y contenidos de las misma.

1.2. Introducción al Aislamiento Sísmico.

El Aislamiento Sísmico de es una técnica que pertenece a los Sistemas de Protección Sísmicos estando dentro de la sub rama de los Sistemas de Protección Pasiva.



Cuadro 2 Cuadro de Sistemas de Protección Sísmica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A pesar de que este sistema es de un desarrollo e investigación científica relativamente reciente se tiene conocimiento sobre procedimientos empleados por los sumerios, griegos, romanos y bizantinos donde el sistema consistía en colocar una capa de arena fina debajo de la cimentación dando un aislamiento de tipo friccional. La primera patente de aislamiento de base se presentó en Estados Unidos por el ciudadano alemán Jacob Bechtold en 1906, era del tipo friccional, se lograba al desacoplar estructura y suelo mediante esferas metálicas. Ya en 1929 Robert Wladislas de Montalk de Wellington, Nueva Zelanda, presenta un edificio apoyado en resortes que absorbían impactos. En el año 1974 se construyó una escuela en México de cuatro pisos en la cual cada columna se apoya en dos placas metálicas sobre más de cien esferas metálicas en su interior y un dispositivo para limitar el desplazamiento lateral en 12 centímetros, lamentablemente no existe evidencia de que el aislador se activara durante el sismo de 1985 ya que la aceleración media en la zona de la escuela fue sumamente baja. La idea de aislamiento por deslizamiento es atractiva no solo por su facilidad para construirse, sino también por su bajo costo, este sistema es empleado en China para la construcción de viviendas económicas (Li 1984).

En el año de 1978 se fabricaron los primeros sistemas de neopreno reforzado de uso práctico y se experimentaron en un modelo de edificio de cinco pisos. En el año 1987 empezó a ser operativa la central de Koeberg, en Sudáfrica, construida por la compañía francesa Framatome. La central nuclear fabricada está diseñada para una aceleración pico de 0.2 g, por lo que se emplearon aisladores dinámicos para reducir la aceleración máxima hasta ese nivel.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Durante todo este periodo el aislamiento sísmico fue planteado como una solución para edificaciones nuevas, pero recientemente se ha tenido mucho éxito en la rehabilitación de edificios históricos, entre los cuales podemos mencionar a los siguientes:

A. Salt Lake City and County y el Masonic Hall en la ciudad de Salt Lake, Utah, Estados Unidos; con el sistema de neopreno reforzado.

B. Los Ángeles City Hall, Los Ángeles, Estados Unidos, con 450 aisladores elastoméricos, 70 apoyos deslizantes y 70 amortiguadores viscosos, lo cual constituye un sistema mixto.

Algunos ejemplos de aplicación en construcciones recientes y realizadas en Sudamérica, eminentemente en Chile, que cuentan con la implementación de aisladores sísmicos se pueden observar en las siguientes estructuras:

A. Clínica San Carlos de Apoquindo, en el edificio de San Agustín en el 2002, campus de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

B. Edificio de la Asociación Chilena de Seguridad ubicado en la calle Vicuña Mackenna, ciudad de Santiago, Chile.

C. Hospital Militar en La Reina, realizado entre los años 2001 y 2002, ciudad de Santiago, Chile.

Existen diversos tipos de sistemas de aislación basal, cada uno con características propias en cuanto a sus mecanismos de acción, materiales que lo componen, costos de implementación y estudios teóricos que los respaldan pero todos buscan el mismo fin, desacoplar la estructura

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

del movimiento del suelo, describiremos las características de los tres sistemas más utilizados que son los siguientes:

-Aislador elastomérico convencional.

-Aislador elastomérico con núcleo de plomo.

-Aislador de péndulo friccional.

Aislador Elastomérico Convencional.

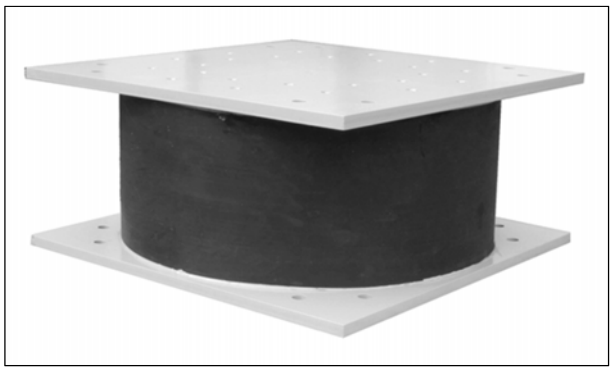
Estos aisladores son apoyos elastoméricos laminados, intercalando un conjunto de láminas de goma con delgadas placas de acero unidas por un proceso de vulcanización a manera de un sándwich. La característica general de este sistema es el de entregar una alta rigidez vertical para soportar las cargas de la edificación y una rigidez lateral baja, para permitir el desplazamiento de la superestructura ante eventos sísmicos. Los aisladores elastoméricos laminados cuentan en sus extremos superior e inferior con dos placas de acero con las cuales se conecta a la superestructura en su parte superior y a la fundación en su parte inferior.

En su mayoría son de forma cilíndrica, ya que así las propiedades del aislador no se ven afectadas por la dirección de la carga horizontal aplicada, repartiéndose los esfuerzos uniformemente. Dentro de los aisladores elastoméricos podemos distinguir dos sub tipos de aisladores: aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDR) y los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR).

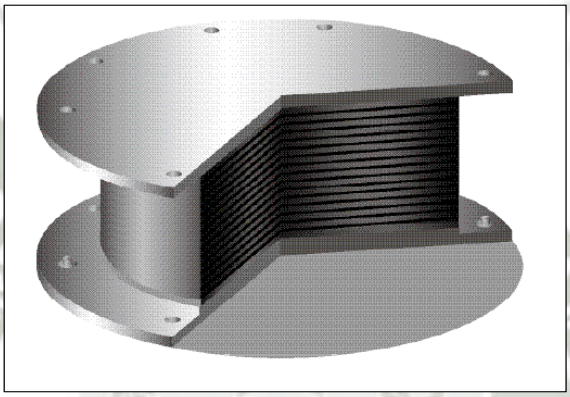
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 1 Vista externa Aislador Elastomérico Convencional



Gráfica 2 Corte Aislador Elastomérico Convencional

Aislador Elastomérico De Bajo Amortiguamiento (LDR).

Denominados LDR por sus siglas en ingles “Low Damping Rubber” son aisladores que se utilizan goma natural con un punto bajo de amortiguación, poseen las mismas características ya mencionadas para los aisladores elastoméricos donde las láminas de acero impiden las expansiones laterales de la goma y proveen de alta rigidez vertical, pero no tienen efecto sobre la rigidez horizontal que es controlada por el bajo modulo al esfuerzo de corte que posee el elastómero. Su forma es idéntica a la mostrada en la Gráfica 1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

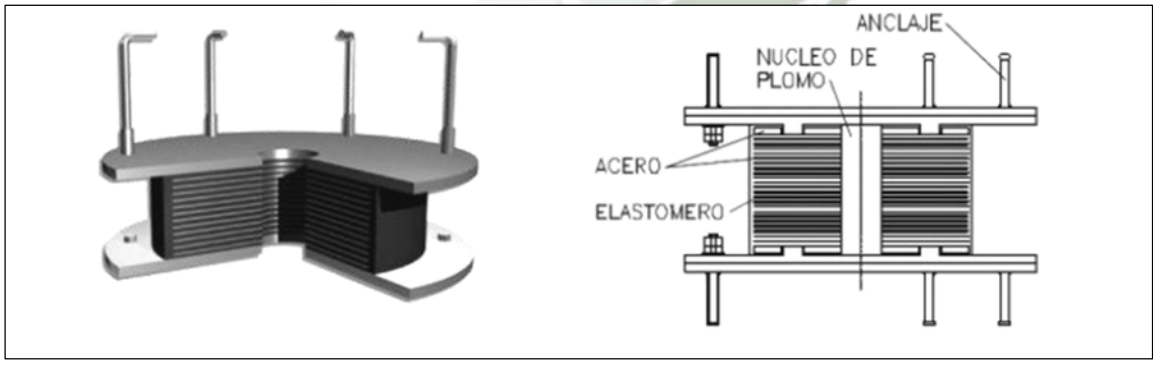
Aislador Elastomérico De Alto Amortiguamiento (HDR).

Denominado HDR por sus siglas en ingles “High Damping Rubber” tiene la misma disposición ya mencionada con láminas de goma y acero, pero en este caso a manera de un sándwich. Se utiliza una goma que además de entregar la flexibilidad y rigidez requerida, se diferencia de los elastómeros comunes por que posee un alto amortiguamiento, logrado a través de agregar sustancias químicas al compuesto.

Estos dispositivos han sido usados e instalados en una gran variedad de edificios en Japón, los Estados Unidos, e Italia. Su forma es igual a la representada en la Gráfica 1.

Aislador Elastomérico Con Núcleo De Plomo (LRB).

Denominado LRB por sus siglas en ingles “Lead Rubber Bearing” los aisladores con núcleo de plomo son de naturaleza similar al LDR, pero estos tienen uno o más orificios circulares en donde se introducen barras de plomo con la finalidad de entregar mayor amortiguación al sistema de aislación. Por lo general el sistema cuenta con un solo núcleo de plomo inserto en el centro del aislador.



Gráfica 3 Corte Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo

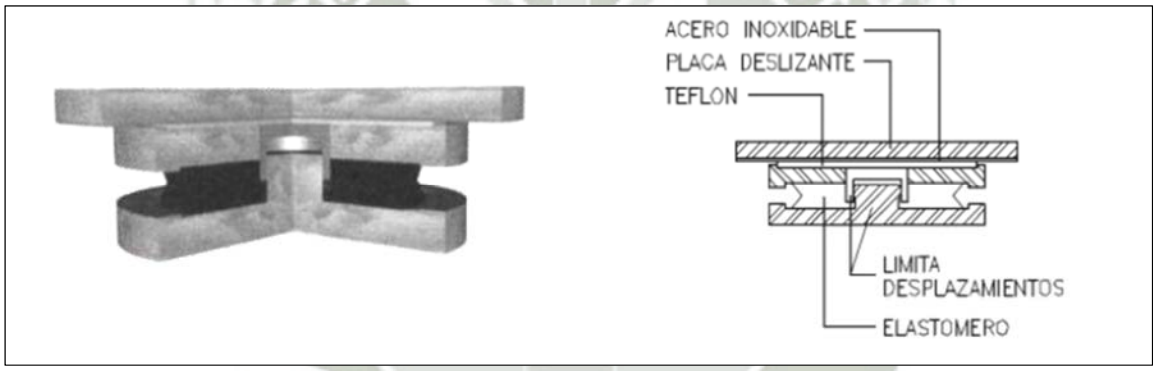
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

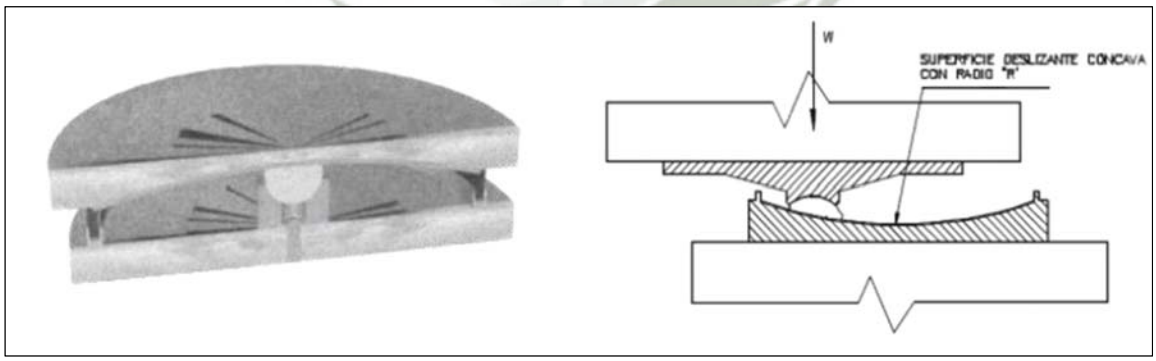
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Aislador De Péndulo Friccional (FPS).

Denominado FPS por sus siglas en inglés “Friction Pendulum System” es un dispositivo que consigue el efecto de aislación a través de un mecanismo deslizante unido a un efecto pendular. El FPS consiste en un deslizador articulado (Slider) que se mueve sobre una superficie de acero inoxidable, que tiene la característica de ser esférica cóncava, ante un movimiento sísmico se producirá un desplazamiento del “slider” a lo largo de esta superficie disipando energía por fricción y a la vez como el desplazamiento se produce sobre una superficie curva hace que la misma carga vertical genere una componente tangencial que es la responsable de centrar el sistema.



Gráfica 4 Corte Aislador Tipo Friccional



Gráfica 5 Corte Aislador Tipo Péndulo Friccional

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3. Dinámica de Estructuras con Aislamiento Sísmico.

El aislamiento sísmico está intrínsecamente vinculado al desarrollo de edificios y construcciones más seguras que tengan un desempeño controlado y predecible durante un sismo severo.

El objetivo del aislamiento sísmico será mantener a la estructura dentro del rango elástico, ahora introduciremos la formulación general de la ecuación de movimiento de una estructura aislada.

Para un edificio de cortante la ecuación del movimiento del sistema, sometido a una aceleración sísmica *a(t),* es:

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = -MJ[\ddot{x}_b + a]$$

(Ec. 1)

Donde $\boldsymbol{X}$ es un vector que representa los desplazamientos de piso relativos a su base, x_b es el desplazamiento de la base relativo al terreno, $\boldsymbol{M}$ es la matriz de masa, $\boldsymbol{K}$ es la matriz de rigidez, $\boldsymbol{C}$ es la matriz de amortiguamiento y $\boldsymbol{J}$ es el vector que relaciona los movimientos de cuerpo rígido con los grados de libertad del modelo. Para edificios de cortante, $\boldsymbol{J}$ es igual al vector unidad. Las condiciones iníciales son:

$$t = 0 \rightarrow X = 0, \dot{X} = 0$$

(Ec. 2)

Las fuerzas de rigidez y de amortiguamiento ejercidas por el edificio sobre la base se obtienen de la ecuación (1) como:

$$J^T C\dot{X} + J^T KX = -J^T M\ddot{X} - J^T MJ[\ddot{x}_b + a]$$

(Ec. 3)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

De esta forma, la ecuación del movimiento para la base es:

$$m_b(\ddot{x}_b + a) + J^T M\left[\ddot{X} + J(\ddot{x}_b + a)\right] + f = 0$$

(Ec. 4)

Donde m_b es la masa de la base encima del aislador y f es la fuerza ejercida por el aislador sobre la masa m_b. La ecuación que gobierna a f depende del tipo de aislador.

La solución general de la ecuación de la ecuación 1, empleando la superposición modal, es:

$$X(t) = \sum_{i=1}^{q} \varphi_i \chi_i(t)$$

(Ec. 5)

Donde φ_i son los modos de vibración y q es el número de modos incluidos en el análisis. Las respuestas modales χ_i se obtienen a partir de la ecuación:

$$\ddot{\chi}_i(t) + 2\nu_i\omega_i\dot{\chi}_i(t) + \omega_i^2\chi_i(t) = -\frac{\varphi_i^T MJ}{\varphi_i^T M\varphi_i}[\ddot{x}_b + a] = Q_i[\ddot{x}_b + a]$$

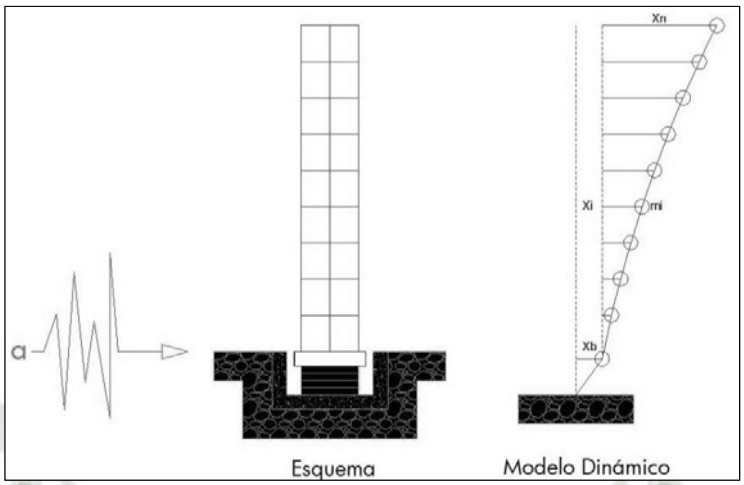
(Ec. 6)

Donde ω_i y ν_i son las frecuencias naturales y coeficientes de amortiguamiento del edificio y Q_i son los factores de participación modal. Aplicando la ecuación 5 en la ecuación 4, se obtiene la ecuación del movimiento de masa en la base m_b.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 6 Modelo Dinámico Edificación Aislada

$$m_b(\ddot{x}_b + a) + J^T M\left[\sum_{i=1}^{q} \varphi_i \ddot{\chi}_i(t) + J(\ddot{x}_b + a)\right] + f = 0$$

(Ec. 7)

Adicionalmente, los aisladores dinámicos requieren, en general, dispositivos que mantengan los desplazamientos máximos horizontales dentro de límites aceptables de diseño. Dichos dispositivos añaden condiciones de no linealidad a las ecuaciones de movimiento. El tratamiento riguroso de estas ecuaciones requiere modelar el problema de impacto entre la base y los bordes para poder determinar las consecuentes amplificaciones dinámicas. Es evidente que en este caso disminuyen las ventajas del aislamiento dinámico y, por ello, en un sistema correctamente diseñado estos límites no se deberían alcanzar, excepto quizá, en movimientos sísmicos extremos. No existen límites claramente definidos a estos desplazamientos, aunque se consideran aceptables valores entre 5cm y 40cm para sismos severos y hasta el doble de dicho valores para sismos extremos (Buckle y Mayes 1990; Skinner *et al*. 1993).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III: ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACION

1.1. Concepción Estructural.

Durante esta etapa se distribuirán los elementos estructurales, lo cual debe realizarse sobre la base del proyecto arquitectónico, el cual deberá modificarse si las condiciones estructurales así lo exigen. Por recomendación del RNE, deben buscarse en la estructura las siguientes propiedades:

- Simetría, de distribución de masas como en las rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada.
- Continuidad de la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductibilidad.
- Deformación limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los requisitos básicos para la estructuración son los siguientes:

a) El edificio debe poseer una configuración de elementos estructurales que le confiera resistencia y rigidez a las cargas laterales en cualquier dirección. Por esto se debe trabajar con sistemas en dos direcciones ortogonales.

b) La configuración de los elementos estructurales debe permitir un flujo continuo, regular y eficiente de las fuerzas sísmicas desde el punto en que esta se generan (o sa, desde todo punto donde haya una masa que produzca fuerzas de inercia) hasta el terreno.

c) Hay que evitar las amplificaciones de las vibraciones, las concentraciones de solicitaciones y las vibraciones torsionales que pueden producirse por la distribución irregular de masas o rigideces en planta o en elevación.

Para tales fines es conveniente que la estructura cumpla con las siguientes cuatro características:

i. Sencilla

ii. Regular

iii. Simétrica

iv. Continua

d) Los sistemas estructurales deben disponer de redundancia y de capacidad de deformación que les permita disipar la energía introducida por sismos de excepcional intensidad, mediante elevado amortiguamiento inelástico y sin la presencia de fallas frágiles locales y globales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.1.1. Concepción Estructural para Cargas Muertas y Vivas.

Considerando las recomendaciones ya mencionadas, diremos que el sistema de soporte estructural para cargas muertas y vivas será a través de losas aligeradas y macizas, las que descansaran en vigas trasversales y a su vez estas reposaran sobre columnas. Todos estos elementos serán de concreto armado.

1.1.2. Concepción Estructural para Cargas Sísmicas.

Se utilizara como elementos resistentes a las fuerzas sísmicas en la estructura columnas apoyadas sobre aisladores sísmicos elastoméricos con núcleo de plomo; esto a nivel de súper-estructura, a nivel de sub-estructura, es decir de sótano, se utilizara muros de concreto armado, tanto para resistir las cargas sísmicas como las presiones de tierra.

Habiéndose expuesto la concepción estructural tanto para cargas muertas, vivas y como sísmicas; podemos notar que se ha generado un cambio a la propuesta arquitectónica original; ya que la misma tenía en cuenta un diseño tradicional. El mayor cambio radica en la inclusión de las escaleras a la estructura principal, al mismo tiempo que se eliminan las placas que las sostenían; esto para lograr un mejor desempeño de la estructura aislada.

Pasaremos ahora al predimensionamiento de cada uno de los elementos estructurales que conforman la estructura, siendo este el primer paso en el diseño de la estructura propiamente dicho.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Predimensionamiento

Losas Aligeradas

Para los aligerados armados en una dirección y con sobrecargas de hasta 350 Kg. por metro cuadrado se pueden emplear los siguientes peraltes:

H = 25 cm. para luces comprendidas entre 5 y 6 m.

H = 30 cm. para luces comprendidas entre 6 y 7.5 m.

Dónde: .H. es el peralte total de la losa aligerada incluyendo los 5 cm. de losa superior. Tomando este criterio como base, se decidió predimensionar con peralte de 25 cm. a las losas aligeradas entre los ejes A y Q.

Losas Macizas

Para la zona de las escaleras se usó el criterio que indica para luces menores o iguales a 5.5 m, un peralte de 15 cm es apropiado.

Vigas

Las vigas se dimensionan generalmente considerando un peralte del orden de 1/10 a 1/12 de la luz libre y un ancho entre 0.3 y 0.5 e valor del peralte. En nuestro caso podemos observar que la luz predomínate en el sentido perpendicular a la fachada es de 6.65 m, así que tomamos un peralte de viga único de 70 cm con un ancho de 35 cm. Para ambos sentidos de la edificación.

Columnas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para edificios íntegramente aporticados, donde tradicionalmente se recomienda no exceder los 3 o 4 pisos, las columnas deberán dimensionarse mediante alguna estimación de sismo; demostrando la experiencia que se requerirán columnas con un área fluctuante entre 1000 y 2000 cm2; salvo que se tengan vigas con luces mayores a 7 m. Tomando estas recomendaciones para nuestro caso se utilizará secciones de 80 cm por 80 cm en todas las columnas.

Placas de Sótano

La evaluación final de la longitud y espesor de las placas sólo se obtiene luego de realizar un análisis sísmico. Cuando se predimensiona, se debe tener en cuenta que el espesor mínimo de las placas es de 10 cm.

Para nuestro caso tomaremos un espesor de 15 cm en las placas del sótano como dimensión inicial.

1.2. Calculo Estructural.

1.2.1. Calculo Estructural para Cargas Vivas y Cargas Muertas.

Este acápite servirá para determinar con precisión las cargas vivas y muertas que actuaran en cada uno de los niveles de la edificación para así diseñar las losas aligeradas que conformaran los diafragmas rígidos de la estructura.

Losas Aligeradas

Las losas en general (aligeradas y macizas) son elementos que permiten que una edificación tenga techos y pisos. Sus funciones estructurales son básicamente dos, la primera es la de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

transmitir hacia las vigas las cargas propias de la losa, el piso terminado, sobrecargas y tabiques u otros elementos apoyados, y la segunda es la de unir la estructura de tal manera que se tenga un comportamiento uniforme en cada piso ante la acción de un sismo, logrando que las columnas y muros se deformen una misma cantidad en cada nivel cumpliendo así con el principio de diafragma rígido.

Donde las cargas actuantes son:

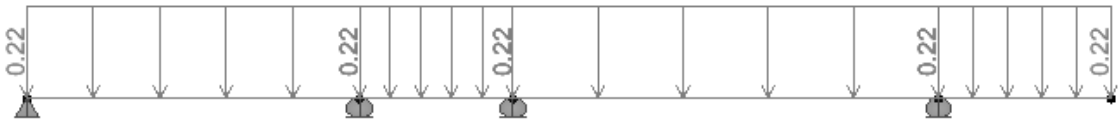
- Peso Propio: W (Ton/m^2) x B (m) x factor de amplificación de carga muerta=0.35x0.40x1.40=0.196 Ton/m.
- Peso Terminado: W (Ton/m^2) x B (m) x factor de amplificación de carga muerta=0.10x0.40x1.40=0.056 Ton/m
- Tabique de Drywall: W (Ton/m^2) x B (m) x factor de amplificación de carga muerta=0.10x0.40x1.40=0.056 Ton/m
- Carga Viva: W (Ton/m^2) x B (m) x factor de amplificación de carga viva en salas de operación de hospitales=0.30x0.40x1.70=0.204 Ton/m
- Carga Viva: W (Ton/m^2) x B (m) x factor de amplificación de carga viva en cuartos de hospitales=0.20x0.40x1.70=0.136 Ton/m
- Carga Viva: W (Ton/m^2) x B (m) x factor de amplificación de carga viva en pasadizos de hospitales=0.40x0.40x1.70=0.272 Ton/m

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

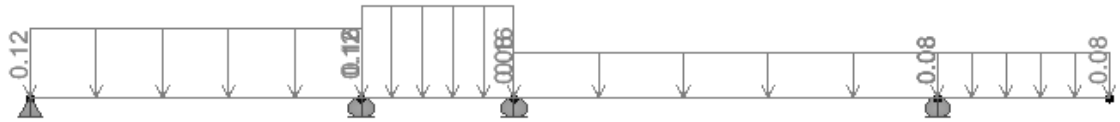
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

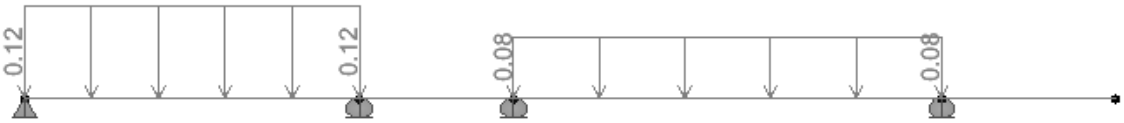
Para lograr un correcto modelamiento del comportamiento de la losa aligerada debemos considerar la alternancia de la carga viva aplicada a la misma como se aprecia en los siguientes gráficos:



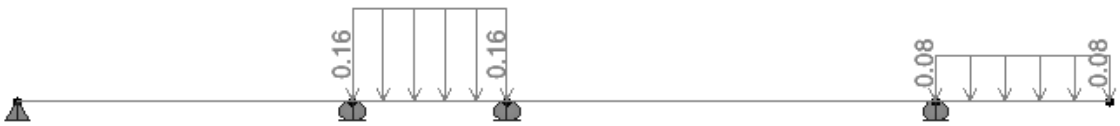
Gráfica 7 Distribución CM



Gráfica 8 Distribución CV-1



Gráfica 9 Distribución CV-2

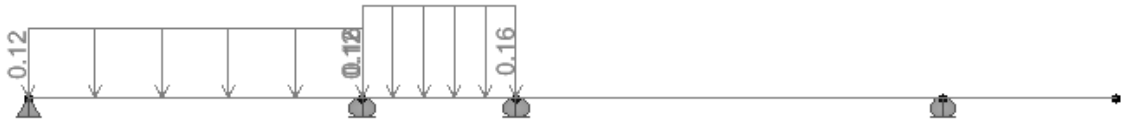


Gráfica 10 Distribución CV-3

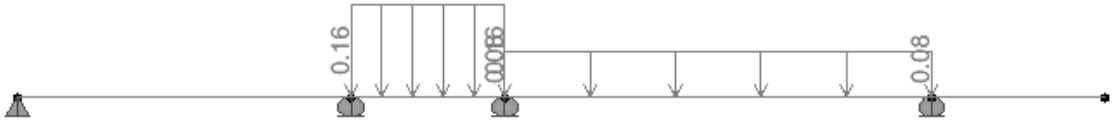
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

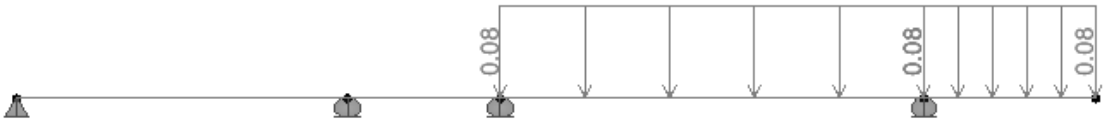
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 11 Distribución CV-4

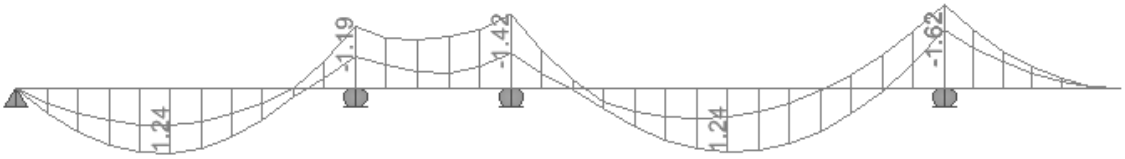


Gráfica 12 Distribución CV-5



Gráfica 13 Distribución CV-6

Combinaciones de carga que serán amplificadas por los coeficientes de 1.4 para cargas muertas y 1.7 para cargas vivas, obteniéndose la siguiente envolvente de momentos últimos:



Gráfica 14 Envolvente de Momentos Últimos Mu

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Usando los valores máximos y mínimos del diagrama se procede a calcular el acero correspondiente a cada tramo de losa, para una losa de $f'c$=280 kg/cm^2 siguiendo los siguientes pasos:

1. Determinando el momento ultimo de la losa.
2. Utilizando el valor del momento ultimo para determinar K_u.
3. Teniendo K_u determinado, definimos ρ.
4. Teniendo el valor de ρ podemos hallar la sección de acero necesaria.

$$M_u{}^{(+)} = 1.240\ Tnf \times m$$

$$K_u = \frac{1.240 \times 10^5}{10 \times (21)^2} = 28.12 \ \therefore \ \rho = 0.80\%$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.008 \times 10 \times 21 = 1.68\ cm^2$$

$$M_u{}^{(-)} = 1.190\ Tnf \times m$$

$$K_u = \frac{1.190 \times 10^5}{10 \times (21)^2} = 26.98 \ \therefore \ \rho = 0.76\%$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0076 \times 10 \times 21 = 1.60\ cm^2$$

$$M_u{}^{(-)} = -1.420\ Tnf \times m$$

$$K_u = \frac{1.420 \times 10^5}{10 \times (21)^2} = 32.20 \ \therefore \ \rho = 0.94\%$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0094 \times 10 \times 21 = 1.97\ cm^2$$

$$M_u{}^{(+)} = 1.240\ Tnf \times m$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$K_u = \frac{1.240 \times 10^5}{10 \times (21)^2} = 28.12 \ \therefore \ \rho = 0.80\%$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.008 \times 10 \times 21 = 1.68 \, cm^2$$

$$M_u{}^{(-)} = 1.620 \, Tnf \times m$$

$$K_u = \frac{1.620 \times 10^5}{10 \times (21)^2} = 36.73 \ \therefore \ \rho = 1.07\%$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0107 \times 10 \times 21 = 2.25 \, cm^2$$

En los apoyos extremos se colocaron bastones tomando como base la formula $1/24\left(W_u {L_n}^2\right)$:

$$W_u = (1.4 \times 0.22 \, Tnf/m) + (1.7 \times 0.12 \, Tnf/m) = 0.512 \, Tnf/m$$

$$L_n = 5.2 \, m$$

$$M_u{}^{(-)} = \frac{1}{24} W_u {L_n}^2 = \frac{0.512 \frac{Tnf}{m} \times (5.2 \, m)^2}{24}$$

$$M_u{}^{(-)} = 0.577 \, Tnf \times m$$

$$K_u = \frac{0.577 \times 10^5}{10 \times (21)^2} = 13.08 \ \therefore \ \rho = 0.35\%$$

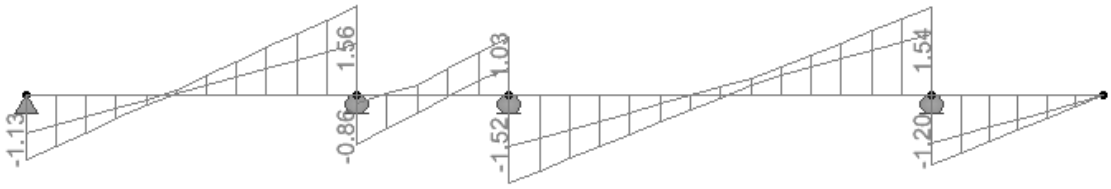
$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0035 \times 10 \times 21 = 0.735 \, cm^2$$

Por ultimo se procedió al chequeo del diagrama de fuerza cortante para verificar si existe la necesidad de ampliar la sección de concreto de las viguetas:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 15 Diagrama de Esfuerzos Cortantes Últimos

Se hallo el valor de *Vu*, siendo este el valor mayor escogido entre las fuerzas cortantes medida a una distancia *d* de la cara:

$$V_u = 1.450\ Tnf$$

$$V_c = 1.1 \times \frac{0.53 \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d}{1000}$$

$$V_c = 1.1 \times \frac{0.53 \times \sqrt{280} \times 10 \times 21}{1000} = 2.05\ Tnf$$

$$V_u \leq 0.85 \times V_c$$

$$1.45\ Tnf \leq 1.74\ Tnf$$

Al cumplirse la inecuación quiere decir que la vigueta no requiere de refuerzo por corte ya que el concreto solo puede tomar este esfuerzo.

1.2.2. Calculo Estructural para Cargas Sísmicas incluyendo Aisladores Sísmicos.

En este capitulo se busca exponer el método del análisis sísmico para estructuras con aislamiento de base, este método esta basado en la norma UBC-97. Empezaremos por exponer el análisis estático para estructuras aisladas y luego pasaremos al desarrollo del análisis dinámico.

Análisis Estático de Aisladores Sísmicos de Base

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El análisis estático para estructuras con aisladores sísmicos es un proceso simplificado de análisis que busca dar resultados aproximados del comportamiento de una estructura aislada, tanto para desplazamientos como para fuerzas cortantes que experimentaría la misma; este método es usualmente realizado siempre solo como una primera aproximación del comportamiento de la estructura aislada y su uso como único análisis para la determinación de los esfuerzos de diseño esta limitado a estructuras que cumplan con requisitos muy específicos. Este tipo de análisis es viable gracias a que el uso de aisladores reduce la incertidumbre del comportamiento de la estructura ya que induce la mayor cantidad de deformaciones en el plano de aislamiento, pudiendo así simplificarse el sistema como una masa concentrada colocada sobre un resorte.

A. Requisitos para su Empleo

El sistema de aislamiento sísmico puede ser diseñado utilizando solamente el método estático de análisis sísmico, siempre y cuando cumpla con las siguientes restricciones:

1) La estructura se localiza al menos a 10 Km. de cualquier falla activa.

2) La estructura se desplanta en terreno firme (tipo S I).

3) La altura total de la estructura por encima del sistema de aislamiento es menor de 20 m ó tiene cuatro pisos ó menos.

4) El periodo natural de vibración de la estructura aislada, Ta, es mayor o igual a 1.5 segundos y menor ó igual a tres segundos, es decir, $1.5s < Ta < 3s$.

5) El periodo natural de vibración de la estructura aislada, Ta, es mayor a dos veces el periodo fundamental de vibración de la estructura en base rígida, TE, es decir, $Ta > 2TE$.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

6) La estructura aislada sísmicamente cumple con todas las condiciones de regularidad establecidas anteriormente.

7) El sistema de aislamiento debe tener las siguientes características:

(a) La rigidez efectiva del sistema de aislamiento para el desplazamiento total de diseño es mayor que una tercera parte de la rigidez efectiva al 20% del desplazamiento total de diseño.

(b) El sistema de aislamiento debe ser capaz de proporcionar una fuerza restitutiva.

(c) La curva carga-deformación del sistema de aislamiento es independiente de la velocidad de aplicación de carga.

(d) La curva carga-deformación del sistema de aislamiento es independiente de las cargas verticales y de cargas laterales en ambas direcciones.

(e) El sistema de aislamiento no limita el desplazamiento máximo total a menos de 1.5 veces el desplazamiento total de diseño.

B. Desplazamientos Laterales Mínimos.

El sistema de aislamiento se diseñará y se construirá para resistir desplazamientos laterales mínimos, D_D, que actúan en la dirección de cada uno de los ejes de abscisas principales de la estructura de acuerdo con la fórmula:

$$D_D = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VD} T_D}{B_D}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El período efectivo de la estructura aislada al desplazamiento de diseño, T_D, se determinará usando las características de la deformación del sistema de aislamiento de acuerdo con la fórmula:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} g}}$$

El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento, D_M, en la dirección más crítica de respuesta horizontal se calculará de acuerdo con la fórmula:

$$D_M = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VM} T_M}{B_M}$$

El período efectivo de la estructura aislada al desplazamiento máximo, T_M, se determinará usando las características de la deformación del sistema de aislamiento de acuerdo con la fórmula:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Mmin} g}}$$

Donde:

g = gravedad

C_{VD} y C_{VM} = Coeficientes sísmicos

T_D y T_M = Periodos efectivos de la estructura aislada

B_D y B_M = Coeficientes de amortiguamiento

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

C. Factor De Zona Sísmica (Z)

De acuerdo al UBC-97 los factores de zona se dividen en 4, siendo la de mayor intensidad la zona 4 y donde se ubican la mayoría de las edificaciones de base aislada (Tabla 16-I).

Zona	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.2	0.3	0.4

Cuadro 3 Tabla 16-I.

D. Perfiles De Suelo

Los perfiles de suelo de acuerdo al UBC-97, se clasifican desde S_A, hasta S_E y se basan en un promedio de la velocidad de propagación de onda de corte, en la cima de 30.5 m del suelo.

Esta velocidad varía desde valores de 180 m/s para suelo tipo S_E, hasta valores encima de los 1500 m/s para un perfil de roca sólida S_A. (Tabla 16-J)

Tipo de Perfil de Suelo	Nombre del Perfil de Suelo	Velocidad de la Onda de Corte (m/s)	Prueba de Penetración Standard	Esfuerzo de Corte (Kpa)
S_A	Roca Dura	> 1500	-	-
S_B	Roca	760 a 1500	-	-
S_C	Roca Blanda	360 a 760	> 50	> 100
S_D	Suelo Rígido	180 a 360	15 a 50	50 a 100
S_E	Suelo Blando	< 600	< 15	< 50
S_F	Suelo que requiere evaluación especifica			

Cuadro 4 Tabla 16-J.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E. Tipos De Fuente Sísmica: A, B y C.

Las fallas sísmicas están agrupadas en tres categorías basadas en la gravedad del riesgo sísmico, que estas implican.

Las fallas capaces de producir terremotos de grandes magnitudes (M > 7.0) tienen una alta tasa de actividad sísmica, cuya tasa promedio anual de desplazamiento *SR* es de 5 mm o más, las clasificamos como fuentes de Tipo A.

Fallas capaces de producir terremotos de moderadas magnitudes (*M*<6.5) con una baja tasa de actividad sísmica (*SR*< 2 mm) son clasificadas como fuentes del Tipo C, todas las demás fallas son clasificadas como fuentes del tipo B. (Tabla 16-U)

Tipo de Fuente Sísmica	Descripción de Fuente Sísmica	Definición de la Fuente Sísmica	
		Máximo Momento Magnitud	Velocidad de Deslizamiento
A	Fallas capaces de producir eventos de magnitud amplia con alto rango de actividad sísmica	M >= 7.0	SR >= 5.0
B	Todas las fallas distintas al tipo A y C	M >= 7.0 M < 7.0 M >= 6.5	SR < 5.0 SR > 2.0 SR < 2.0
C	Fallas que no son capaces de producir sismos de magnitud amplia con relativo bajo rango de actividad sísmica	M <7.0	SR <=2.0

Cuadro 5 Tabla 16-U.

F. Factores de Cercanía a la Fuente Sísmica N_a y N_v

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dos factores son utilizados para modelar la amplificación del movimiento del suelo debido a los efectos de cercanía de la fuente sísmica. El primero es N_a, el cual está pensado para un rango de periodos cortos correspondientes a un segmento de aceleraciones constantes del espectro de respuesta.

El segundo factor, N_v, el cual corresponde a un rango de periodos medios o de segmentos de velocidad constante del espectro de respuesta.

Estos factores de cercanía son funciones que dependen de la distancia más cercana a la fuente sísmica y del tipo de fuente sísmica.

El UBC-97 define que la distancia más cercana es la que existe entre la proyección vertical de la falla en la superficie y el sitio de emplazamiento.

La superficie de proyección vertical no incluye parte de la fuente a profundidades a 10 Km. o mayores, por lo tanto, un sitio de emplazamiento encima de una falla que tiene una profundidad mayor a 10 Km. no se considera una fuente sísmica. (Tabla 16-S y Tabla 16-T)

Para N_a

Tipo de Fuente Sísmica	**Distancia mas Cercana a la Fuente Sísmica Conocida**		
	<= 2 Km	**5 Km**	**>= 10 Km**
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Cuadro 6 Tabla 16-S.

Para N_v

Tipo de Fuente Sísmica	**Distancia mas Cercana a la Fuente Sísmica Conocida**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	<= 2 Km	**5 Km**	**10 Km**	**>= 15 Km**
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Cuadro 7 Tabla 16-T.

G. Coeficiente De Respuesta M_M

EL coeficiente de respuesta M_M está pensado para estimar la respuesta ante un desplazamiento máximo del sistema de aislamiento (MCE), pero basado en las características de los desplazamientos laterales mínimos (DBE).

Como tal M_M está en función de ZN_v y varía desde 2.67 para ZN_v=0.075 hasta 1.20 para ZNv > 0.50. (Tabla A-16-D)

DBE Intensidad de Sacudida, ZN_v	**MCE Coeficiente de Respuesta, M_M**
0.075	2.67
0.15	2.00
0.20	1.75
0.30	1.50
0.40	1.25
>= 0.5	1.20

Cuadro 8 Tabla A-16-D.

H. Coeficientes Sísmicos Espectrales C_{VD}, C_{AD}, C_{VM} y C_{AM}

Estos coeficientes están pensados para definir las mínimas ordenadas espectrales a ser usadas en el diseño de la estructura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los términos C_{VD} y C_{AD} corresponden a regiones de velocidad constante del espectro *DBE*. C_{VM} y C_{AM} cumplen la misma función solo que para el espectro *MCE*.

Parta estructuras aisladas los coeficientes C_{VD} y C_{AD} son los mismos que los valores de C_V y C_A, en cambio los valores C_{VM} y C_{AM} se encuentran dados en el apéndice para Aislamiento Sísmico de la norma UBC-97. (Tabla 16-R y Tabla 16-Q)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para C_{VD}:

Tipo de Perfil de Suelo	Factor de Zona Sísmica, *Z*				
	***Z*=0.075**	***Z*=0.15**	***Z*=0.2**	***Z*=0.3**	***Z*=0.4**
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32*N_v
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40*N_v
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	0.40*N_v
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	0.44*N_v
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	0.36*N_v
S_F	Suelo que requiere evaluación especifica				

Cuadro 9 Tabla 16-R.

Para C_{AD}:

Tipo de Perfil de Suelo	Factor de Zona Sísmica, *Z*				
	***Z*=0.075**	***Z*=0.15**	***Z*=0.2**	***Z*=0.3**	***Z*=0.4**
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32*N_a
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40*N_a
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	0.40*N_a
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	0.44*N_a
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	0.36*N_a
S_F	Suelo que requiere evaluación especifica				

Cuadro 10 Tabla 16-Q

Para C_{VM}:

Tipo de Perfil de Suelo	MCE Intensidad de Sacudida *MMZNv*				
	M_MZN_v**=0.075**	M_MZN_v**=0.15**	M_MZN_v**=0.2**	M_MZN_v**=0.3**	M_MZN_v**>= 0.4**
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	0.8*M_MZN_a
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	1.0*M_MZN_a
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	1.4*M_MZN_a
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	1.6*M_MZN_a
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	2.4*M_MZN_a
S_F	Suelo que requiere evaluación especifica				

Cuadro 11 Tabla A-16-G.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para C_{AM}:

Tipo de Perfil de Suelo	MCE Intensidad de Sacudida *MMZNa*				
	M_MZN_a=0.075	M_MZN_a=0.15	M_MZN_a=0.2	M_MZN_a=0.3	M_MZN_a>= 0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	0.8*M_MZN_a
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	1.0*M_MZN_a
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	1.0*M_MZN_a
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	1.1*M_MZN_a
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	0.9*M_MZN_a
S_F	Suelo que requiere evaluación especifica				

Cuadro 12 Tabla A-16-F.

I. Coeficientes De Amortiguamiento (β)

El amortiguamiento efectivo del sistema para niveles de repuesta *DBE* y *MCE* referidos como (β_D y β_M) son calculados de la siguiente manera:

$$\beta_D = \frac{1}{2\pi} \times \frac{(Area\ Total\ del\ Lazo\ de\ Histeresis)}{K_{Dmax} {D_D}^2}$$

$$\beta_M = \frac{1}{2\pi} \times \frac{(Area\ Total\ del\ Lazo\ de\ Histeresis)}{K_{Dmax} {D_M}^2}$$

Donde K_{Dmax} y K_{Mmax} es la rigidez efectiva. El factor de amortiguamiento B, (B_D y B_M) está dado en términos de β en forma tabular (UBC-97 Tabla A-16-C), interpolación lineal para valores intermedios. Una aproximación cercana a los valores de esta tabla está dada por:

$$\frac{1}{B} = 0.25(1 - \ln \beta)$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

J. Desplazamientos Totales De Diseño: D_{TD} y D_{TM}

Los desplazamientos totales de diseño D_{TD} y D_{TM}, que incluyen torsión está dado por:

$$D_{TD} = D_D \left(1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2}\right)$$

$$D_{TM} = D_M \left(1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2}\right)$$

Donde *e* es la excentricidad total incluido el 5% de excentricidad accidental, y es la distancia a la esquina en dirección perpendicular a la carga de sismo.

K. Fuerzas De Diseño

La resistencia de la superestructura y los elementos por encima de la interface de aislamiento deben estar diseñados para desplazamientos *D*.

Los elementos encima del sistema de aislamiento son calculados usando la fórmula:

$$V_b = K_{Dmax} D_D$$

El nivel de fuerza resistente de diseño de los elementos encima del sistema de aislamiento en términos de la fuerza cortante sísmica está dado por la fórmula:

$$V_s = \frac{K_{Dmax} D_D}{R_i}$$

Donde R_i es el factor de reducción por ductilidad que varía desde 1.4 a 2.0, la siguiente tabla muestra algunos ejemplos de sistemas estructurales de base rígida con su correspondiente factor de reducción *R*. (Tabla A-16-E) Mostramos la versión reducida de la misma.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tipo de Estructura	R_i	R
Pórtico Especial Resistente al momento	2.0	8.5
Muros de Corte	2.0	5.5
Pórtico Arriostrado Común	1.6	5.5
Pórtico Arriostrado Excéntrico	2.0	7.0

Cuadro 13 Tabla A-16-E.

Los factores de reducción para estructuras de base rígida son mucho más altos que para estructuras de base aislada por varias razones; la principal es el cambio del periodo.

Como la estructura fluye (en la zona de la interface de aislamiento), el periodo se alarga y la demanda de los elementos estructurales disminuye.

Simultáneamente el amortiguamiento de la estructura se incrementa a causa de la acción histerética debido a la ductibilidad del sistema estructural.

Adicionalmente la sobre resistencia y la redundancia estructural tienden a extender la fluencia a otros elementos.

El factor R_i es menor en comparación con el factor R para el mismo sistema estructural. Nótese que las grandes demandas de ductibilidad pueden significar daño en componentes estructurales y no estructurales, así, el requerimiento de un bajo valor de R_i es equivalente al control de daños para una estructura aislada.

L. Distribución Vertical De La Fuerza Sísmica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La fuerza lateral en el nivel i se denota por *Fi*, y es calculada a partir de la fuerza cortante V_s definida por:

$$F_i = V_s \frac{h_i w_i}{\sum h_j w_j}$$

Esta fórmula lleva a una distribución triangular de fuerzas, mientras la teoría básica para aislamiento indica que la distribución de fuerza debería tener una forma rectangular, pero se especifica una distribución triangular para tomar en cuenta los aportes no lineales del sistema de aislamiento.

Habiendo realizado el análisis estático de nuestra edificación y ya determinado cada uno de los valores correspondientes para cada caso de evaluación según las disposiciones de UBC 97 podemos presentar un resumen de los resultados obtenidos de la siguiente manera:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis Estático del Bloque 2 de la Estructura Hospitalaria

a) Factor de Zona: $\boldsymbol{Z = 0.40}$

b) Perfil de Suelo: $\boldsymbol{S_D}$

c) Peso total de la Súper Estructura: $\boldsymbol{Ws = 7186.42\ Tn}$

d) Tipo de fuente Sísmica: $\boldsymbol{A}$

e) Factores de Cercanía a la fuente Sísmica: $\boldsymbol{N_a = 1.0, N_v = 1.0}$

f) Coef. Respuesta Sismo Máximo Posible: $\boldsymbol{M_M = 1.25}$

g) Coeficientes Sísmicos C_{VD} y C_{AD}: $\boldsymbol{C_{VD} = 0.44, C_{AD} = 0.44}$

* Coeficientes M_MZN_v y M_MZN_a: $\boldsymbol{M_MZN_v = 0.5, M_MZN_a = 0.5}$

h) Coeficientes Sísmicos C_{VM} y C_{AM}: $\boldsymbol{C_{VM} = 0.80, C_{AM} = 0.55}$

i) Factor de Reducción: $\boldsymbol{R_i = 2.00}$

j) Amortiguamiento: $\boldsymbol{\beta_D}$ o $\boldsymbol{\beta_M = 15\%, B_D}$ o $\boldsymbol{B_M = 1.35}$

k) Periodo de Vibración:

$$T_D = 2\pi\sqrt{\frac{W_S}{K_{Dmin}g}}\ ;\ T_M = 2\pi\sqrt{\frac{W_S}{K_{Mmin}g}}$$

Para:

Ws= 7186.42 Tn

g= 9.81 m/s^2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el caso de los periodos de vibración la bibliografía especializada indica que para estructuras con periodo natural bajo se debe llevar a los 2.50 s, pero siendo el caso que el periodo natural de nuestra estructura sin aisladores es de 0.85 s la bibliografía nos indica que es posible llevarlo hasta un periodo de 3.10 s.

Donde definimos:

T_D= **2.80 s**

T_M= **3.10 s**

Tenemos: K_{Dmin}= **3688.82 Ton/m**

K_{Mmin}= **3009.40 Ton/m**

Tomando una variación de +/- 10%:

Tenemos: K_{Dmax}= **4508.56 Ton/m**

K_{Mmax}= **3678.16 Ton/m**

l) Cálculo del Desplazamiento Lateral Mínimo de Diseño: D_D y D_M

$$D_D = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VM} T_M}{B_D} \; ; \; D_M = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VM} T_M}{B_M}$$

Para:

g = 9.81 m/s^2

C_{VD} = 0.44, C_{VM} = 0.80

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

T_D= 2.80 s, T_M= 3.10 s

B_D = 1.35, B_M = 1.35

Tenemos: $\boldsymbol{D_D}$ **= 0.23 m**

$\boldsymbol{D_M}$ **= 0.46 m**

m) Cálculo del Desplazamientos Totales (5% excentricidad accidental): D_{TD} y D_{TM}

$$D_{TD} = D_D\left(1 + y\frac{12e}{b^2 + d^2}\right);\ D_{TM} = D_M\left(1 + y\frac{12e}{b^2 + d^2}\right)$$

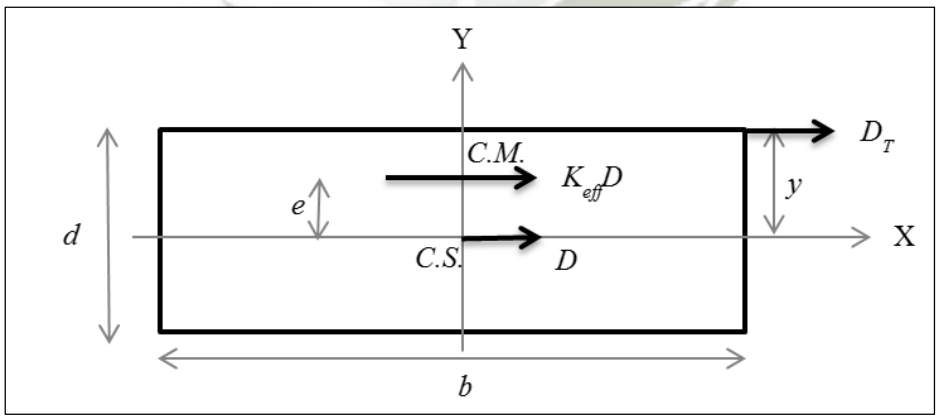
Para:

d= 15.25 m (dimensión de profundidad)

b= 56.00 m (dimensión de la fachada)

y= 7.69 m.

e= 4.67 m



Gráfica 16 Diagrama de planta de la estructura para la determinación de los Desplazamientos Totales

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tenemos: $\boldsymbol{D_{TD}}$**= 0.26 m**

$\boldsymbol{D_{TM}}$**= 0.51 m**

n) Cálculo de los desplazamientos Mínimos de Diseño Permitidos: D'_D y D'_M

$$D'_D = \frac{D_D}{\sqrt{1 + (T/T_D)^2}} \; ; \; D'_M = \frac{D_D}{\sqrt{1 + (T/T_M)^2}}$$

Para:

T= 0.677 s

D_D = 0.23 m, D_M = 0.46 m

T_D= 2.80 s, T_M= 3.10 s

Tenemos: $\boldsymbol{D'_D}$**= 0.22 m**

$\boldsymbol{D'_M}$**= 0.45 m**

o) Cálculo de la fuerza cortante en la base

$$V_b = K_{Dmax} D_D$$

Para:

K_{Dmax}= 4508.56 Ton/m

D_{TD}= 0.26 m

Tenemos: $\boldsymbol{V_b}$ **= 1022.41 Tnf**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

p) Cálculo de la fuerza cortante en la estructura

$$V_s = \frac{K_{Dmax} D_D}{R_i}$$

Para:

R_i = 2.00

Tenemos: V_s **= 511.20 Tnf**

Análisis Dinámico de Aisladores Sísmicos de Base

El análisis dinámico de estructuras con aislamiento sísmico puede realizarse ya sea por el método de análisis Modal-Espectral o ya sea por el método de análisis Tiempo-Historia.

Sin importar cual de los dos tipos de análisis sea el elegido para su utilización se debe tomar en cuenta dos niveles sísmicos con los cuales trabajar, estos son:

Design Basis Earthquake (DBE) o Sismo De Diseño (SDI): Nivel que coincide con el que es usado comúnmente en el diseño de estructuras convencionales y corresponde al nivel del movimiento sísmico del suelo que tiene como mínimo el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años.

Maximum Capable Earthquake (DBE) o Sismo Máximo Posible (SMP): Nivel que corresponde al máximo movimiento de suelo que puede ocurrir dentro del esquema geológico conocido, y se considera como el nivel del movimiento sísmico del suelo que tiene un 10% de probabilidad de excedencia en 100 años.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este último nivel llama la atención de manera especial ya que nos muestra un objetivo de desempeño ampliamente superior al que la norma actual nos sugiere.

A. Procedimientos de Análisis

Primeramente es necesario realizar el procedimiento del análisis estático ya descrito anteriormente, así la estructura no cumpla con los requisitos de diseño para este tipo de análisis, ya que los resultados de este análisis serán de utilidad en adelante.

El análisis de respuesta lateral dinámica para estructuras aisladas se puede realizar a través de dos tipos de análisis: El análisis modal-espectral o el análisis tiempo-historia.

Análisis Modal Espectral

El análisis modal-espectral permite analizar mayor cantidad de casos que el análisis estático pudiendo analizarse superestructuras más flexibles y que presenten ciertas irregularidades en planta, pero todavía mantiene las restricciones para lo referente al sistema de aislación.

Para poder realizar el análisis modal espectral de una estructura aislada es necesaria la generación de un espectro de pseudo aceleraciones, para el caso de aislamiento sísmico la norma chilena propone un espectro del tipo Newmark & Hall, definido específicamente para las aceleraciones máximas esperadas en sus tres tipos de suelo.

Esta característica impide el uso directo de este espectro en nuestro modelo.

Lo que se realizara para nuestro caso de estudio es una adaptación del espectro definido en la Norma E.030 para un caso de aislamiento sísmico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis Tiempo Historia

El análisis tiempo historia puede usarse en consideración la altura, el tamaño, la geometría, la localización y debe usarse cuando se cumplan las limitaciones del método estático y del espectro de respuesta.

El análisis dinámico no lineal se debe realizar con al menos tres pares apropiados de componentes horizontales de registros, estos deben ser consistentes con el sismo de diseño, en el caso que no se disponga de pares de componentes de registros en la norma chilena de aislamiento sísmico (NCh 2745-2003) se establece tres registros artificiales para cada tipo de suelo; es muy importante tener en cuenta que los sismos artificiales han sido creados de manera especifica para la tipología de suelos en Chile.

Para el sistema de aislación este procedimiento permite utilizar un modelo lineal equivalente o un modelo no lineal, siendo preferible este último ya que representa en forma más precisa la constitutiva de los diferentes aisladores que se pueden utilizar.

Un análisis no lineal de respuesta en el tiempo es más completo y versátil que los anteriores permitiendo estructuras que presenten irregularidades, sistemas con una razón de amortiguamiento modal mayor a 30%, sistemas de aislación que sean dependientes de la velocidad de deformación y levantamiento.

Por todo esto y porque representa de mejor manera el comportamiento real que una estructura presentaría ante un sismo es que se puede utilizar para el diseño de cualquier estructura con aislación sísmica, y se debería utilizar en todos los casos en que la estructura no cumpla con los criterios y requisitos establecidos para el análisis estático y espectral.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para este método los aisladores sísmicos son modelados explícitamente como componentes no-lineales, usando el modelo bilineal.

Las solicitaciones del terremoto deben ser bidireccionales y debe usarse conjuntamente con modelos de plasticidad para obtener la respuesta de cada aislador.

Los aisladores que trabajan bien con este modelamiento son los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR), los aisladores de núcleo reforzado (LRB) y los aisladores FPS.

El método de análisis a desarrollarse esta basado fundamentalmente en la teoría expuesta por el PhD James Kelly que se ajusta a las demandas de código UBC-97, también se ha visto por conveniente incluir las recomendaciones dadas por la empresa fabricante de aisladores sísmicos Dynamic Isolation Systems junto a la guía de diseño para sistemas aislados del Holmes Consulting Group Limited; toda esta información en conjunto ha hecho posible la creación de una hoja de calculo que permite el predimensionamiento y diseño de sistemas aislados sísmicamente con aisladores tipo LRB; es el funcionamiento de esta hoja de calculo el tema que se pasara a desarrollar.

B. Análisis Preliminares

Para poder iniciar el predimensionamiento de los aisladores sísmicos es indispensable que se haya realizado el análisis estático del sistema aislado como se expuso anteriormente ya que los datos obtenidos del mismo son el punto de partida para el diseño de los aisladores.

En esta etapa ya se debe haber decidido el tipo de aislamiento sísmico que se utilizara en la estructura. Para nuestro caso se ha escogido el tipo LRB de la empresa Dynamic Isolation Systems por las siguientes razones:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- La gran cantidad de respaldo experimental.
- El alto grado de amortiguamiento que aporta al sistema.
- La amplia información técnica que suministra el fabricante.
- Su rigidez lateral inicial es superior a la de un aislador LDR, lo que le da mayor estabilidad frente a cargas de servicio, dinámicas y de viento, evitando el uso de algún otro tipo de aislador como el FPS para darle estabilidad lateral.

Las etapas del diseño del sistema de aislamiento sísmico han sido divididas en 10 pasos, los cuales se trataran de manera detallada a continuación:

Paso 1: Predimensionamiento del Diámetro del Aislador

Este paso busca encontrar la primera aproximación del diámetro que deberán tener nuestros aisladores, para este objetivo se tienen dos criterios, el primero indica que se debe tomar el valor de 1.5*D_{TM} el cual es:

$$1.5 \times D_{TM} = 1.5 \times 0.51\ m = 0.67\ m$$

El segundo criterio es el de la resistencia máxima a la compresión axial de los aisladores. La empresa DIS indica que sus aisladores pueden resistir una carga axial máxima de 8 MPa.

Se debe calcular la carga última que soportaran los aisladores usando la combinación de cargas:

$$P_u = 1.25CM + 1.25CV + SISMO$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Puesto que durante la etapa de predimensionamiento aun no tenemos los valores de la carga de sismo que se aplican sobre nuestros aisladores, lo que se puede hacer en este caso es considerar la carga de sismo como un 0.3 de la carga muerta, quedando nuestra combinación de cargas de la siguiente manera:

$$P_u = 1.5CM + 1.25CV$$

Para nuestro caso se presentaran los datos obtenidos en la ultima iteración de diseño; donde se halla la carga axial en cada punto donde se ubicaran los aisladores sísmicos, al tener nuestra estructura nueve ejes en la dirección X y cuatro ejes en la dirección Y se muestran los valores obtenidos el siguiente cuadro:

P_u (Tn)

4	242.26	307.03	313.98	345.63	364.06	366.6	371.67	359.65	278.14
3	198.34	236.69	239.38	265.64	283.02	284.58	288.76	278.29	220.97
2	271.54	233.66	219.43	241.91	259.04	257.15	257.22	248.66	208.73
1	260.52	254.57	229.72	251.15	266.58	263.55	262.93	256.48	196.38
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**

Nota: Estos valores fueron obtenidos con el programa ETABS donde la configuración del modelo y las cargas asignadas al mismo serán expuestas en su totalidad en el acápite "Consideraciones generales tomadas para el modelamiento de la estructura"

Teniendo estos valores se definió que se utilizarían 3 modelos distintos de aisladores LRB, un tipo para las cuatro columnas esquineras (verde), otro tipo para las columnas laterales (celeste) y un tercer tipo para las columnas interiores (fucsia). Se opta por esta distribución ya que el peso que soportan las columnas tanto de los esquinas, bordes laterales y las centrales

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

suelen ser muy distintos entre si por el área tributaria que soportan. De esta forma se realizaran tres predimensionamientos en paralelo.

Tomando en cuenta el dato dado por el fabricante de la resistencia máxima a la carga axial determinaremos cual es el diámetro necesario para cada tipo de aislador. Se tomaran los máximos valores de cada grupo, así:

Fuerza Axial 1	288.76	Tn
Fuerza Axial 2	371.67	Tn
Fuerza Axial 3	278.14	Tn

$$8\ MPa = \frac{Fuerza\ Axial}{Area\ del\ Aislador}$$

$$Area\ del\ Aislador = \frac{Fuerza\ Axial}{8\ MPa}$$

Área 1	0.354	m^2
Área 2	0.455	m^2
Área 3	0.341	m^2

$$Diametro = \sqrt{\frac{Area \times 4}{\pi}}$$

Diámetro 1	0.671	m
Diámetro 2	0.762	m
Diámetro 3	0.659	m

Habiendo obtenido los diámetros de acuerdo a los dos criterios se debe optar por el valor más crítico, es decir por el de mayor valor, inmediatamente se deben comparar las dimensiones

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

obtenidas con las que nos ofrece el fabricante quedando nuestro predimensionamiento expresado en milímetros así:

	LRB-1	LRB-2	LRB-3	
D_I	800	800	800	mm
Cantidad	14	18	4	Und

Paso 2: Predimensionamiento del Núcleo de Plomo

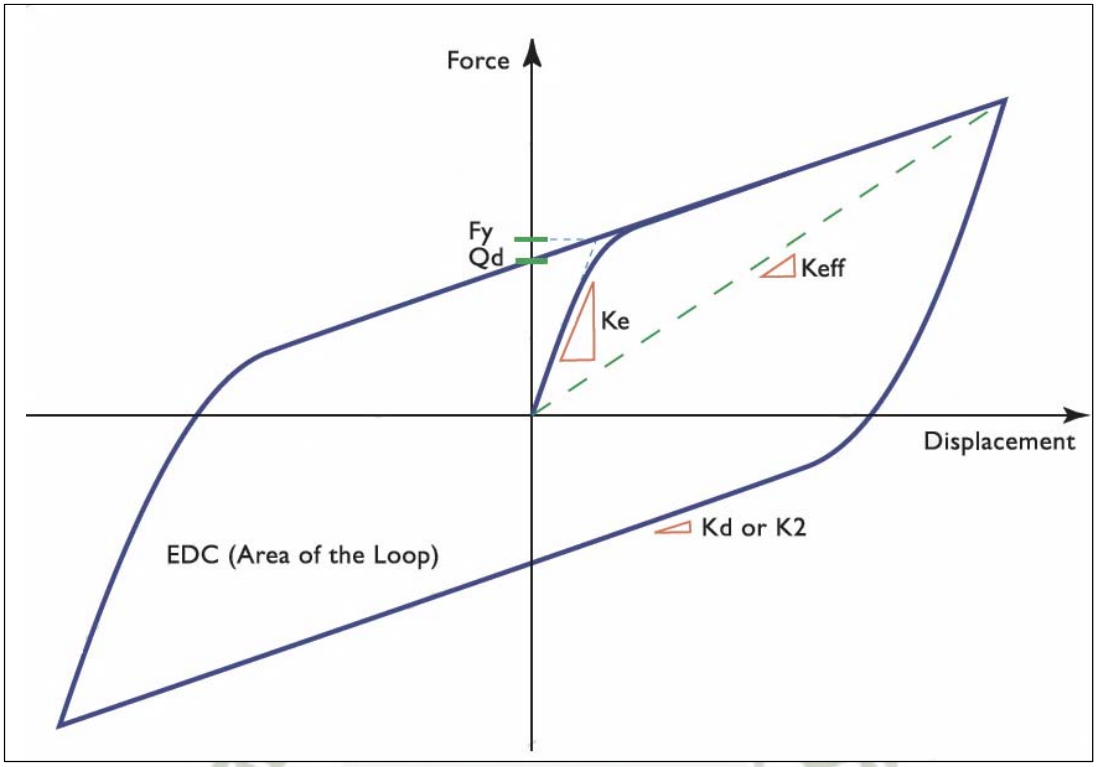
En esta etapa del diseño es indispensable exponer el concepto de lazo de histéresis, el cual interrelaciona las distintas propiedades que definen al aislador.

El lazo de histéresis representa el comportamiento del aislador sísmico siendo sometido a un ciclo de carga y descarga de fuerzas, representando su consiguiente desplazamiento, todo esto de forma cíclica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 17 Lazo de Histéresis para Aisladores Sísmicos

Para el modelamiento matemático de aisladores sísmicos se han desarrollado varios modelos de lazos histeréticos, para nuestro caso de estudio se optara por el modelo bilineal, el cual se halla representado en la figura, donde se pueden apreciar los parámetros que lo conforman siendo estos:

- **Rigidez Elástica o Rigidez Inicial (K_e o K_1).-** Esta es la rigidez inicial que experimentara el aislador, su valor esta dominado por las dimensiones del núcleo de plomo. Este valor es de importancia para controlar las cargas de servicio como las de viento.

- **Rigidez Post Fluencia o Rigidez Secundaria (K_d o K_2).-** La rigidez secundaria esta en función al modulo de corte de la goma, al área neta de la misma y a la altura del aislador.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Rigidez Efectiva (K_{eff}).-** La rigidez efectiva esta determinada por la fuerza del aislador dividida por el desplazamiento; esta es una cantidad dependiente del desplazamiento.

- **Fuerza Característica (Q_d).-** Es el valor de la fuerza que intersecta al lazo histeretico; Este parámetro esta relacionado al amortiguamiento y a la respuesta del aislador a las cargas de servicio.

- **Fuerza de Fluencia (F_y).-** Este valor es el punto en el lazo de histéresis en el cual la rigidez inicial cambia a ser la rigidez secundaria. En realidad el cambio de rigideces se da a través de una suave curva en lugar de un punto bien determinado. Este valor es utilizado para el modelo bilineal.

- **Rigidez Vertical (K_v).-** Este parámetro hace referencia a la rigidez vertical del aislador.

- **Área del Lazo de Histéresis (EDC).-** El área del lazo de histéresis representa la cantidad de energía liberada por cada ciclo completado por el aislador.

Para poder realizar el predimensionamiento del núcleo de plomo de nuestro aislador debemos recordar que este elemento esta ligado directamente a la cantidad de amortiguamiento que aportara el aislador al igual que esta relacionado con las cargas de servicio ya que este núcleo de plomo otorga rigidez al sistema y evita vibraciones indeseadas por las cargas de servicio. Considerando las relaciones expuestas se puede determinar la Fuerza Característica del aislador como un porcentaje de la combinación de cargas de servicio, este porcentaje puede

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

estar entre el 3% y 10%, para nuestro caso se utilizara el 10% de la combinación de las cargas de servicio pudiéndose determinar la fuerza característica así:

$$WEIGHT = 1CM + 0.3CV$$

4	128.12	180.65	186.58	207.79	220.37	221.92	223.80	215.81	153.29
3	110.44	157.08	161.71	180.29	191.80	192.89	194.41	187.41	131.01
2	120.50	140.26	146.22	162.07	173.21	172.21	172.77	166.80	120.12
1	76.19	106.97	108.32	122.78	132.14	131.26	130.92	126.46	84.86
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**

(Valores de carga axial obtenidos del modelo ETABS)

Ahora se toman los valores promedio de cada grupo así:

171.41	155.44	110.62	Tn
1’681,567.14	1’524,822.80	1’085,133.15	N

Asumiendo el 10% de las cargas de servicio obtendremos la Fuerza Característica de cada aislador Q_d así:

Q_d	17.14	15.54	11.06	Tn
Q_d	168,156.71	152,482.28	108,513.32	N

Del gráfico se desprende que Fuerza de Fluencia (F_y) del aislador es levemente superior a la Fuerza Característica (Q_d) del mismo, la relación entre ambas se expresa en la siguiente ecuación:

$$F_y = 1.1Q_d$$

De donde obtenemos la Fuerza de Fluencia para los tres aisladores así:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

F_y	182,972.38	167,730.51	119,364.65	N

Ya conocida la Fuerza de Fluencia existe una relación entre la fuerza de fluencia, el Area del Núcleo de Plomo (A_p) y el Esfuerzo de Fluencia en Corte del Plomo (σ_{YL}), cuyo valor es una constante de aproximadamente 10MPa, teniendo la siguiente relación:

$$F_y = A_p \sigma_{YL}$$

Obteniéndose de esta formula las áreas del Núcleo de Plomo necesarias para cada uno de los aisladores y subsecuentemente los diámetros necesarios para los Núcleos de Plomo cilíndricos, teniendo así:

A_p	18,497.24	16,773.05	11,936.46	mm^2
D_L	153.46	146.14	123.28	mm

Habiendo hallado los valores teóricos de los Núcleos de Plomo procedemos a compararlos con los rangos que nos ofrece el fabricante para los diámetros ya definidos de los aisladores sísmicos, luego recalculamos la Fuerza Característica y el porcentaje real con el que trabajarán los aisladores con estos diámetros finales, así obtenemos:

D_L	155.00	145.00	125.00	mm
Q_d	188,691.91	165,129.96	122,718.46	N
% de Carga Real	11.22	10.83	11.31	%

Paso 3: Predimensionamiento de la Altura del Aislador

El primer criterio de predimensionamiento de la altura del aislador sísmico esta basado en el valor del Desplazamiento Total Máximo (D_{TM}) y en el valor de la Deformación de Corte

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Directa (γ_s) que para aisladores DIS es de un orden del 150% de la altura del aislador, teniendo esto en cuenta la siguiente formula tenemos:

$$h = \frac{D_{TM}}{\gamma_s}$$

Deformación. Corte Directo Máxima	γ_s	150	%
Deformación Corte Máxima Admisible	γ_{max}	250	%
	h	343	mm

Paso 4: Calculo de la Rigidez Horizontal Total y de la Rigidez Horizontal de cada Aislador

El criterio que gobierna el predimensionamiento de la Rigidez Horizontal Total se halla en la simplificación del comportamiento de la estructura aislada, considerando que la edificación se comporta como un péndulo invertido de un solo grado de libertad, por ende la ecuación que determina el periodo de un péndulo es aplicable al sistema así tenemos:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$T_D{}^2 = 2\pi\sqrt{\frac{W/g}{K_{HTotal}}}$$

$$K_{HTotal} = \frac{4\pi^2 W}{T_D{}^2 g}$$

Rigidez Horizontal Total	K_{HTotal}	3689	Tn/m
Rigidez Horizontal Total	K_{HTotal}	36187	N/mm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Una vez determinada la Rigidez Horizontal Total se debe distribuir entre la cantidad de aisladores que se tiene en la estructura, de esta manera se determinara la rigidez Horizontal que cada aislador sísmico deberá de proveer al sistema, quedando así:

Numero de Aisladores	N	36	Und.
Rigidez Horizontal por Aisladores	K_H	1005	N/mm

Paso 5: Calculo del Espesor Total de la Goma

La primera aproximación de el Espesor Total de la Goma esta directamente relacionada con el valor del Desplazamiento Básico de Diseño (D_D) y con el valor de la Deformación de Corte Directa (γ_s) del aislador en uso, teniendo la siguiente expresión:

$$H_r = \frac{D_D}{\gamma_s}$$

Obteniendo en nuestro caso:

Espesor Total de Goma	Hr	151	mm

Paso 6: Calculo del Modulo de Corte de la Goma

La primera aproximación al Módulo de Corte de la Goma necesario para los aisladores esta basada en la relación directa que tiene este modulo con la Rigidez Horizontal de cada aislador, el Espesor Total de la Goma y es inversamente proporcional al área total de la goma en el aislador; eso se resume en la siguiente ecuación:

$$G = \frac{K_H H_r}{A}$$

De la cual se obtiene para nuestro caso:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Área Neta de Goma	*A*	483,785.63	486,141.83	490,382.98	mm^2
Módulo de Corte Calculado	*G*	0.314	0.313	0.310	N/mm^2
Módulo de Corte Fabricante	*G*	0.380	0.380	0.380	N/mm^2

Paso 7: Calculo del Espesor de la Capa de Goma y del Espesor de la Plancha de Acero

En esta etapa se determinaran el espesor tanto de la Capa de Goma como el de las Planchas de Acero que se usaran en los aisladores, para este caso más que realizar un predimensionamiento se utilizaran las recomendaciones dadas en la guía de diseño del grupo Holmes. Donde para el espesor de las capas de gomas indica se traduce lo siguiente:

"El espesor de la capa de goma es generalmente una constante de 10 mm. Este espesor provee buen confinamiento para el núcleo de plomo y es lo suficientemente delgado para proveer una alta capacidad de carga. Si las cargas verticales son críticas el espesor de carga puede reducirse a 8 mm o hasta 6 mm siempre y cuando se revise con los productores de estas capas delgadas. Capas mas delgadas añaden altura y también costo, ya que se requerirán mayor cantidad e planchas de acero. Por esto la capa de goma usualmente no debe exceder los 10 mm para aisladores tipo LRB pero capas de goma mas gruesas pueden ser usadas para aisladores elastoméricos o de tipo HDR. La capacidad de carga cae rápidamente mientras el espesor de la capa de goma se incrementa."

En lo referente a la cantidad las capas de goma el manual de Holmes nos dice:

"El numero de capas define la flexibilidad del sistema. Este valor necesita ser configurado para que el periodo aislado se halle en el rango requerido y que el esfuerzo de corte máximo no sea excesivo. Este valor se configura por ensayo y error."

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Respecto al valor que se debe asociar al espesor de las planchas de acero no se tiene recomendaciones de predimensionamiento pero se puede comprobar el desempeño del espesor elegido con una serie de ecuaciones. Teniendo así el siguiente cuadro:

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Diámetro Aislador	D_I	800	800	800	mm
Diámetro Núcleo de Plomo	D_L	155	145	125	mm
Espesor c/u Capa de Goma	t_r	10	10	10	mm

Habiéndose usado un Espesor para la Capa de Goma de 10 mm para este caso, luego se procede al cálculo del Número de Capas de Goma y su correspondiente Nueva Altura de Goma, así:

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Numero Capas de Goma	n	23	23	23	Unidad
Nueva Altura de Goma	H_r	230	230	230	mm

Ahora se procede a indicar el Espesor de la Plancha de Acero, tomándose un valor base de 5 mm, así:

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Espesor de Plancha Acero	t_s	5	5	5	mm

Ahora se procede a la comprobación del Espesor de la Plancha de Acero elegida determinando primero la Tensión Máxima de Compresión (σ_{ac}) que para el caso de los aisladores DIS es de 8 MPa (8 N/mm^2).

Luego determinamos la Tensión Máxima en Tracción en base a los valores de espesor en la goma y en el acero respecto de la Tensión Máxima de Compresión. Finalmente calculamos el valor de la Tensión Admisible (σ_{adm}) en base al valor de la Tensión de Fluencia del Acero

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

(σ_y) y realizamos una comparación entre la Tensión Máxima de Compresión y la Tensión Admisible, obteniendo para nuestro caso:

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Tensión Máx. Compresión	σ_{ac}	8	8	8	N/mm^2

Calculamos la Tensión Máxima de Compresión y colocamos la Tensión de Fluencia:

$$\sigma_s = 1.5\frac{t_r}{t_s}\sigma_{ac}$$

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Tensión Máx. Tracción	σ_s	24	24	24	N/mm^2
Tensión de Fluencia	σ_y	2400	2400	2400	Kg/cm^2

Determinamos la Tensión Admisible y realizamos la comparación entre la Tensión Máxima de Tracción y la Tensión Admisible, obteniendo:

$$\sigma_{adm} = 0.75\sigma_y$$

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Tensión Admisible	σ_{adm}	177	177	177	N/mm^2
Comparación	$\sigma_s \leq \sigma_{adm}$	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	

Por ultimo determinamos el Espesor de las Placas Superior e Inferior usando la guía del fabricante, con este valor nos es posible determinar la Altura Neta del Aislador y la Altura Total del mismo, teniendo lo siguiente:

$$h = H_r + (n-1)t_s$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Esp. Placas Sup. Inf.	*t*	32	32	32	mm
Altura Neta Aislador	*H-2t*	340	340	340	mm
Altura Total Aislador	*H*	404	404	404	mm

Paso 8: Revisión de la Rigidez Horizontal de cada Aislador

Ya que los valores del Módulo de Corte de la Goma y de la Altura Total de la Goma han sido completamente definidos recalcularemos el valor de la Rigidez Horizontal de cada Aislador así:

$$K_H = \frac{GA}{H_r}$$

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Rigidez Horizontal	K_H	799.298	803.191	810.198	N/mm
Numero de Aisladores	*N*	14.0	18.0	4.0	Und.
Rigidez Horizontal Total	K_{HTotal}	28888.40			N/mm

Paso 9: Determinación y Resumen de las Propiedades de los Aisladores

En este paso hallaremos y resumiremos el total de propiedades de los aisladores que nos servirán para su correcto modelamiento.

-*Primero:* Utilizando los valores conocidos de el Módulo de Corte de la Goma (*G*), el Área Neta de Goma (*A*) y de la Altura Total de Goma (H_r) podremos determinar el valor de la Rigidez Post Fluencia (K_2) utilizando la siguiente expresión:

$$K_2 = \frac{f_L GA}{H_r}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde f_L=1.15

-*Segundo:* Hallamos el valor de la Rigidez Elástica o Rigidez Inicial (K_1) así:

$$K_1 = 10K_2$$

-*Tercero:* Teniendo la Rigidez Inicial como la Rigidez Post Fluencia e igualmente habiendo determinado el valor de la Fuerza Característica (Q_d) podemos calcular el Desplazamiento de Fluencia (D_y) con la siguiente expresión:

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2}$$

-*Cuarto:* Definimos el valor de la Fuerza de Fluencia (F_y):

$$F_y = Q + K_2 D_y$$

-*Quinto:* Determinamos la Rigidez Efectiva para cada aislador con la fórmula:

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D_{TM}}$$

-*Sexto:* Determinamos el Módulo de Corte Efectivo en cada tipo de aislador así:

$$G_{eff} = \frac{K_{eff} H_r}{A}$$

-*Séptimo:* Utilizando el Diámetro (ϕ) de cada aislador tanto como su Espesor de Capa de Goma (t_r) hallamos el factor de Forma de cada Aislador:

$$S = \frac{\phi}{4t}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

-*Octavo:* Utilizando la recomendación del ASHTO de 1999 se utiliza un Módulo de Compresión (K) de 1500 MPa (donde para la Norma Chilena NCh 2745-2003 este valor es de 2000 MPa) para poder definir el Módulo de Compresión (E_c) usando esta relación:

$$E_c = \left(\frac{1}{6G_{eff}S^2} + \frac{4}{3K}\right)^{-1}$$

-*Noveno:* Habiendo determinado el valor del Módulo de Compresión podremos determinar la Rigidez Vertical (K_v) y la Frecuencia Vertical (f_v) de los aisladores usando las expresiones:

$$K_v = \frac{E_c A}{H_r}$$

y

$$f_v = f_h\sqrt{\frac{E_c}{G}}$$

-*Decimo:* Determinamos el Amortiguamiento Efectivo (β_{eff}) de cada aislador y el Amortiguamiento Efectivo del Sistema ($\Sigma\beta_{eff}$) con la siguiente expresión:

$$\beta_{eff} = \frac{2Q\left(D_{TM} - D_y\right)}{\pi K_{eff} {D_{TM}}^2}$$

-*Un Decimo:* Teniendo los valores de la Rigidez Horizontal por Aislador (K_H), la Rigidez Horizontal del Sistema (K_{HTotal}) y el Peso Total de la Estructura (W) podemos determinar el Periodo Efectivo del Sistema (T_{eff}), así:

$$K_{HTotal} = \frac{4\pi^2 W}{{T_D}^2 g}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$T_{eff} = \sqrt{\frac{4\pi^2 W}{K_{HTotal} \times g}}$$

Los resultados para todos estos cálculos se pueden resumir en la siguiente tabla:

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
Fuerza Característica	Q_d	188,691.91	165,129.96	122,718.46	N
Desplazamiento Máx. Total	D_{TM}	514.95	514.95	514.95	mm
Rigidez Post-Fluencia	K_2	919.19	923.67	931.73	N/mm
Rigidez Elástica	K_1	9,191.93	9,236.69	9,317.28	N/mm
Desplazamiento de Fluencia	D_y	22.81	19.86	14.63	mm
Fuerza de Fluencia	F_y	209,657.68	183,477.74	136,353.85	N
Rigidez Efectiva	K_{eff}	1,285.62	1,244.34	1,170.04	N/mm
Modulo de Corte Efectivo	G_{eff}	0.61	0.59	0.55	N/mm^2
Diámetro del Aislador	φ	800.00	800.00	800.00	mm
Factor de Forma	S	20.00	20.00	20.00	-
Modulo de Compresibilidad	K	1,500.00	1,500.00	1,500.00	N/mm^2
Modulo de Compresión	E_c	636.70	626.31	606.74	N/mm^2
Rigidez Vertical	K_v	1’339,243.00	1’323,813.58	1’293,626.56	N/mm
Frecuencia Vertical	f_v	13.20	13.10	12.89	Hz
Amortiguamiento Efectivo	β_{eff}	0.17	0.16	0.13	%
Amortig. Efectivo Sistema	$\Sigma\beta_{eff}$	0.160			%
Rig. Horizontal/Aislador	K_H	799.298	803.191	810.198	N/mm
Rig. Horizontal del Sistema	K_{HTotal}	28,888.399			N/mm
Periodo Calculado	T_{eff}	3.134			S

Cuadro 15 Tabla Resumen de Propiedades.

Paso 10: Preparación de Datos para ingreso al Software

Una vez definida esta tabla resumen podemos extraer las propiedades necesarias para el modelamiento de los aisladores en el programa ETABS teniendo en cuenta siempre que clase

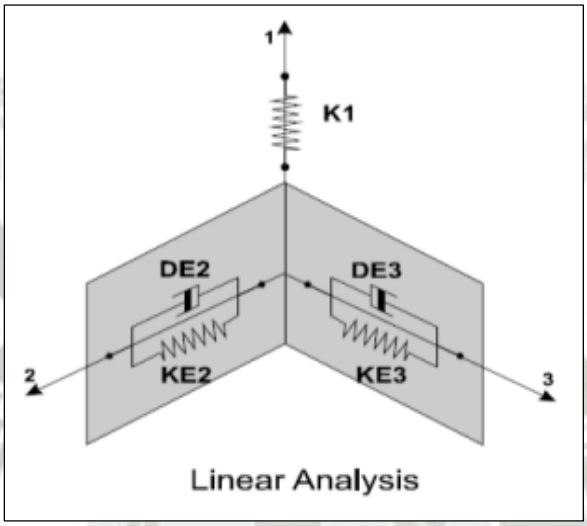
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de análisis vamos a realizar en nuestro modelo, es decir, si este será un análisis Modal Espectral o un análisis Tiempo Historia.

Las propiedades que el programa requiere para el análisis Modal Espectral se grafican en la siguiente imagen



Gráfica 18 Propiedades Lineales para el modelamiento de Aisladores

Y estas son:

- *Spring Effective Stiffness along Axis 2 (3).*- Esta propiedad se refiere directamente a la Rigidez Efectiva (K_{eff}) del tipo de aislador, valor ya calculado.

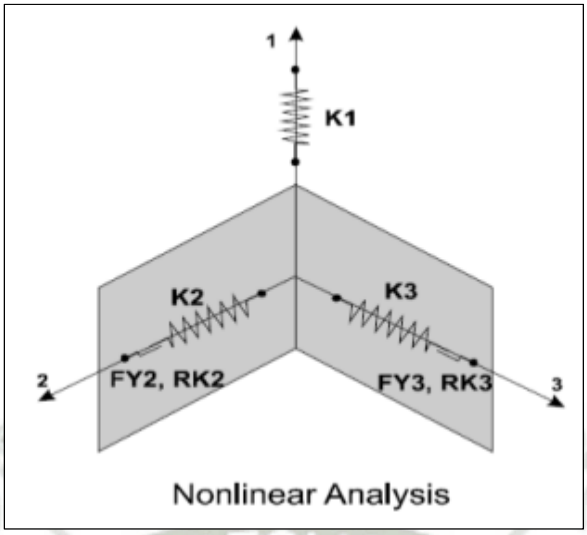
- *Spring Effective Damping Ratio Along Axis 2 (3).*- Esta propiedad hace referencia al Amortiguamiento Efectivo (β_{eff}) de cada aislador, valor ya conocido.

Las propiedades que el programa requiere para el análisis Tiempo Historia se grafican en la siguiente imagen:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Gráfica 19 Propiedades No Lineales para el modelamiento de Aisladores

Y estas son:

- *Spring Stiffness along Axis 1.*-Donde se refiere a la Rigidez Vertical (K_v) ya calculada de cada aislador.

- *Initial Spring Stiffness along Axis 2 (3).*-Este valor se refiere a la Rigidez Elastica o Rigidez Inicial del Aislador (K_1) siendo un valor ya conocido.

- *Yield Force Along Axis 2 (3).*-Referente a la Fuerza de Fluencia (F_y) del aislador, dato ya hallado.

- *Post-Yield Stiffness Ratio Along Axis 2(3).*-Este valor indica la relación entre la Rigidez Post Fluencia y la Rigidez Elástica (K_2/K_1) ya que se utilizo la relación $K_1=10K_2$, este valor es de 0.1 para nuestro caso.

Estos valores pueden resumirse en la siguiente tabla, donde han sido convertidos a las unidades de N/mm para mayor conveniencia, así:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		LRB-1	LRB-2	LRB-3	
		LRB	LRB	LRB	
LINEAR	First Data Line:				
	ID	ISO1	ISO2	ISO3	Identification Number
	TYPE	isolator1	isolator1	isolator1	Biaxial Hysteretic/Linear/Friction
	KE2	1,285.62	1,244.34	1,170.04	Spring Effective Stiffness along Axis 2
	KE3	1,285.62	1,244.34	1,170.04	Spring Effective Stiffness along Axis 3
	DE2	0.17	0.16	0.13	Spring Effective Damping Ratio along Axis 2
	DE3	0.17	0.16	0.13	Spring Effective Damping Ratio along Axis 3
NON LINEAR	Second Data Line:				
	K1	1’339,243.70	1’323,813.58	1’293,626.56	Spring Stiffness along Axis 1 (Axial)
	K2	9,191.93	9,236.69	9,317.28	Initial Spring Stiffness along Axis 2
	K3	9,191.93	9,236.69	9,317.28	Initial Spring Stiffness along Axis 3
	FY2	209,657.68	183,477.74	136,353.85	Yield Force Along Axis 2
	FY3	209,657.68	183,477.74	136,353.85	Yield Force Along Axis 3
	RK2	0.10	0.10	0.10	Post-Yield stiffness ratio along Axis 2
	RK3	0.10	0.10	0.10	Post-Yield stiffness ratio along Axis 3

Cuadro 16 Tabla de Propiedades para ingreso a Software.

Estos serán los valores a ser ingresados al programa ETABS que servirán para modelar el comportamiento histerético bilineal de los aisladores sísmicos. Habiendo expuesto de manera concisa la teoría de análisis sísmico en estructuras aisladas sísmicamente se procederá a describir de manera sucinta la forma en que se realizo el modelamiento de la estructura incluyendo el uso de los aisladores sísmicos.

La estructura se modelo como un sistema aporticado para luego proceder con el análisis sísmico del mismo con el programa ETABS (versión 9.7).

Las consideraciones generales tomadas para el modelamiento de la estructura previo al análisis se indicaran a continuación, valga resaltar que el proceso de modelamiento de los aisladores sísmicos será expuesto por separado ya que requiere de un tratamiento especial.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Consideraciones generales tomadas para el modelamiento de la estructura

- Se definió la ubicación de los ejes principales que gobiernan al edificio.

- Se definieron las propiedades del concreto empleado con una resistencia a la compresión ($f'c$) de 280 Kg/cm^2 por ser una estructura hospitalaria. El módulo de elasticidad (Ec) correspondiente a este concreto se obtuvo de la fórmula siguiente:

$E_c = 1500\sqrt{f'c}$, con lo que se obtuvo: Ec = 25,099.8 Kg/cm^2.

El módulo de Poisson (u) tomado fue de: u = 0.25.

- Se definieron en el programa las secciones de columnas, vigas, placas, losas aligeradas y macizas predimensionadas.

- Se definió un entrepiso adicional para la ubicación de los aisladores elastoméricos, el cual actuara como el plano de aislamiento de la estructura.

- Definido lo anterior, se procedió al armado de cada pórtico.

- Se definieron los aisladores sísmicos como elementos **Frame** y de propiedad **NONE**, luego a estos se les asignaran propiedades no lineales mediante la opción **Link Properties**, estas características se programaran luego.

- Se modeló la cimentación como empotrada en la base, ya que el sistema de aislamiento se ubicara entre el nivel de sótano y el 1er nivel de la estructura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Se restringieron algunos movimientos laterales de algunos elementos al nivel +0.00 m. y al nivel + 3.95 m., para el modelamiento de las placas que trabajaran como muros de contención.

- Se asignaron brazos rígidos a los elementos viga.

- Se asignaron las siguientes cargas de diseño de acuerdo con lo establecido en el RNE en el capitulo dedicado a cargas E.020:

- Carga Muerta a colocar en ETABS en Tn/m^2

CM Azotea:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	NA	NA	NA	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
B	NA	NA	NA	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
C	NA	NA	NA	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
D	NA	NA	NA	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

CM 6to Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
B	0.45	0.45	0.45	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
C	0.45	0.45	0.45	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
D	0.45	0.45	0.45	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55

CM 5to Piso al 1er Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
B	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
C	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
D	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55

- Carga Viva a colocar en ETABS en Tn/m^2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CV Azotea:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	NA	NA	NA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
B	NA	NA	NA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
C	NA	NA	NA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
D	NA	NA	NA	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

CV 6to Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
B	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
C	0.10	0.10	0.10	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
D	0.10	0.10	0.10	0.30	0.30	0.20	0.30	0.20

CV 5to Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
B	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
C	0.20	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
D	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.20

CV 4to Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
B	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
C	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
D	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.20

CV 3ro Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
B	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
C	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
D	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.20

CV 2do Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
B	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
C	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
D	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.20	0.30	0.20

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CV 1er Piso:

Ejes	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
B	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30	0.20
C	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
D	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30

- Siendo las los tipos de cargas considerados los siguientes:

Carga Muerta		**Carga Viva**	
Tipo	**Kgf/m²**	**Tipo**	**Kgf/m²**
Cobertura ladrillo pastelero	100	Sala operación, laboratorio	300
Cobertura piso terminado	100	Cuartos de hospitalización	200
Peso propio de la tabiquería	100	Corredores y escaleras	400
Peso aligerado (h=0.25)	350		

Cuadro 16 Cuadro Sobrecarga considerada.

- Se realizó un metrado de cargas muertas y cargas vivas en cada nivel del edificio y se consideró, para efectos sísmicos, un 50 % de la carga viva actuante (Artículo 16.3).

- Se asignaron diafragmas rígidos a los diferentes niveles del edificio.

- Se restringieron los movimientos de cada centroide. Sólo se les permitió desplazarse en la dirección X e Y, y rotar alrededor de la dirección Z (dirección vertical).

- Se asignaron la cantidad de los modos de vibración, los cuales fueron de 3 por cada nivel, teniendo la estructura 7 niveles se obtuvieron 21 modos de vibración en total.

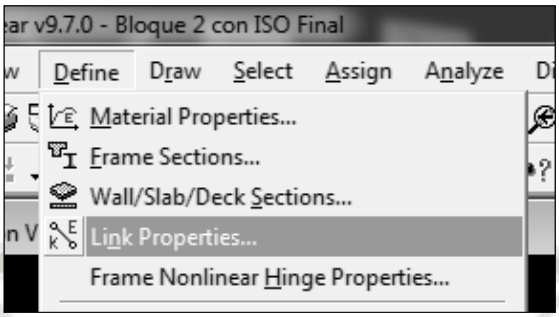
Habiendo definido las características de la estructura procederemos a modelar los aisladores sísmicos para la estructura en el programa ETABS.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

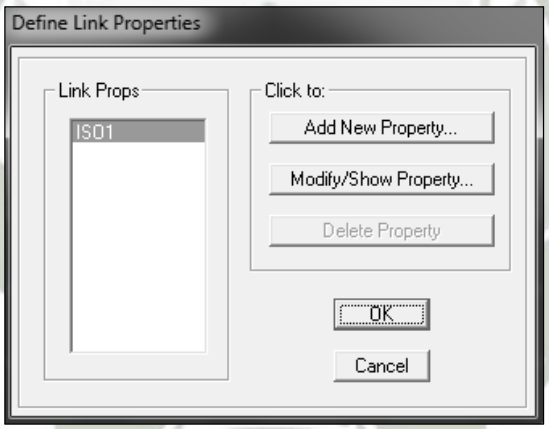
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.-Seleccionamos los elementos **Frame** con propiedad nula o **NONE** e ingresamos a la opción **Define** y dentro de la misma accedemos a la opción **Link Properties**.



Gráfica 20 Botón de acceso Link Properties

2.- Se abrirá la ventana **Define Link Properties**, dentro de la cual accederemos al botón **Add New Property**.



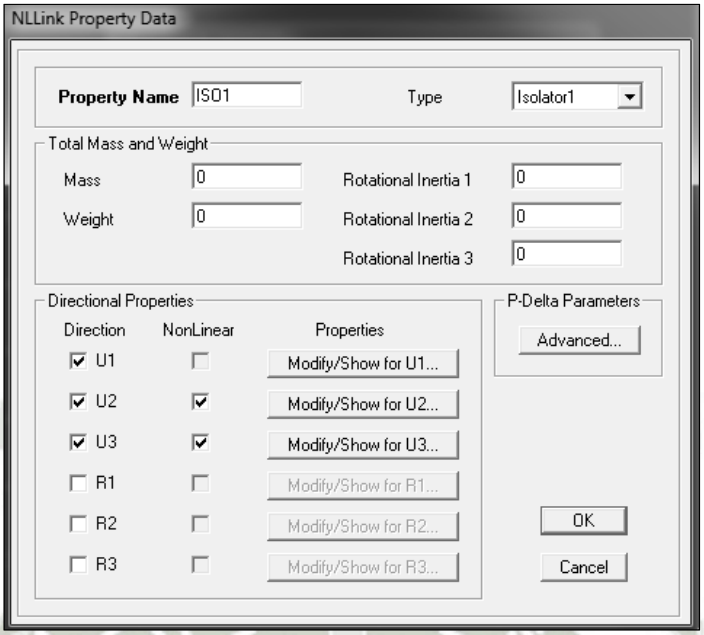
Gráfica 21 Ventana para definir nuevos Link Properties

3.- Veremos la ventana **NLLink Property Data** en la cual definiremos el tipo de elemento no lineal de conexión a colocar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Gráfica 22 Ventana para modificar las propiedades del aislador en cada eje

4.- Como **Property Name** colocaremos ISO1 para el primer tipo de aislador sísmico, dentro de la caja **Type** seleccionaremos la opción Isolator1, ya que esta hace referencia al tipo de aislador LRB, dejaremos sin llenar la sección **Total Mass and Weight** ya que no tiene mayor incidencia en nuestro análisis.

5.- Dentro de la sección **Directional Properties** debemos activar las 3 primeras cajas de selección bajo la columna **Direction**, denominadas **U1**, **U2** y **U3**; las que hacen referencia las propiedades en las direcciones cartesianas Z, Y y X respectivamente. Es en este punto donde ya debemos tener definido si se realizara un análisis elástico o inelástico; si se llega a optar por el análisis inelástico se deben marcar las cajas bajo la columna **NonLinear**.

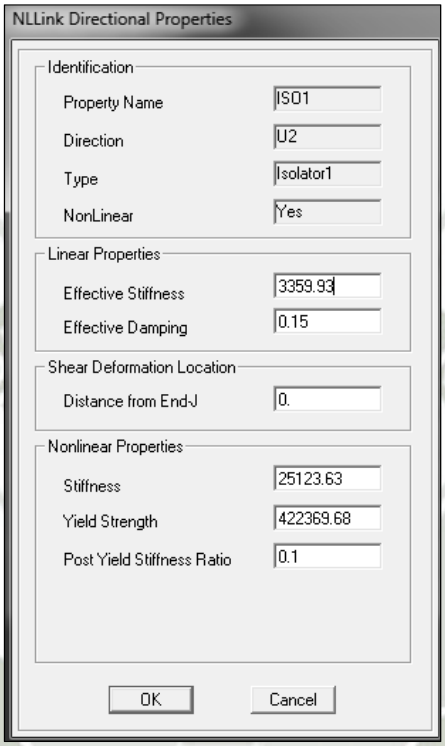
6.- Luego se hará click a los botones bajo la columna **Properties** correspondientes a cada dirección, ya sea para **U1** el botón **Modify/Show for U1** y así sucesivamente para los otros dos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

7.- Aquí se accederá a la ventana **NLLink Directional Properties** donde la sección denominada **Identification** no se altera y se introducen los datos ya calculados en el predimensionamiento de los aisladores sísmicos, siendo congruentes con las unidades ya definidas.



Gráfica 23 Ventana para indicar las propiedades de análisis lineal o no lineal

8.- Se repiten los pasos del 2 al 8 para definir las propiedades de los aisladores ISO2 e ISO3.

Teniendo ya definido el modelo matemático por completo se expondrá el cálculo de la aceleración espectral y del espectro de pseudo aceleraciones a usarse para la estructura aislada sísmicamente.

Aceleración Espectral

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cálculo de la Aceleración Espectral está definido en la norma E.030 del RNE.

Para nuestro caso de estudio se realizaran variaciones en algunos valores del espectro propuesto por la norma para generar un espectro coherente con la filosofía del aislamiento sísmico, así tenemos:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R \times B} \times g$$

Donde:

Factor de Zona: **Z**= 0.40

Coeficiente de Uso e Importancia: **U**= 1.00

Se utiliza 1 por la incorporación de los aisladores de base.

Factor de Amplificación del Suelo: **S**= 1.20

Factor de Amplificación Sísmica: ***C***= 0.48

$$C = 2.5\left(\frac{T_p}{T}\right); C \leq 2.5$$

Donde ***C*** se ha calculado para T_p= 0.6 y un periodo T=3.1 s determinado previamente en el análisis estático.

Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica: **R**= 2.00

Se opta por el valor de 2 ya que la incertidumbre en el comportamiento de la estructura se ve drásticamente reducida por la inclusión de los aisladores sísmicos al sistema los cuales

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

absorben casi la totalidad de no linealidades que se presenten, evitando así que la superestructura ingrese en la zona inelástica.

Coeficiente de Amortiguamiento: **B**= 1.35

Por defecto el espectro de la norma esta amortiguado al 5% de su trazo, ya que nuestro sistema introduce un amortiguamiento del 15% se usa el coeficiente equivalente a este valor ya calculado para amortiguar el espectro.

Gravedad: **g**= 9.81

De donde obtenemos:

$$Base\ Shear\ Coefficient = \frac{ZUCS}{R \times B} = 0.086$$

El cual se usara para definir los casos estáticos en el programa. Ahora graficamos la curva de pseudo aceleraciones asignando varios valores al periodo T para determinar los puntos de la grafica tanto en el sentido X como en el sentido en Y, así obtenemos la siguiente tabulación de puntos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

T	C	ZUCS/R
0.10	2.500	0.444
0.20	2.500	0.444
0.30	2.500	0.444
0.40	2.500	0.444
0.50	2.500	0.444
0.60	2.500	0.444
0.70	2.143	0.381
0.80	1.875	0.333
0.90	1.667	0.296
1.00	1.500	0.267
1.10	1.364	0.242
1.20	1.250	0.222
1.30	1.154	0.205
1.40	1.071	0.190
1.50	1.000	0.178
1.60	0.938	0.167
1.70	0.882	0.157
1.80	0.833	0.148
1.90	0.789	0.140
2.00	0.750	0.133
2.10	0.714	0.127
2.20	0.682	0.121
2.30	0.652	0.116
2.40	0.625	0.111
2.50	0.600	0.107
2.60	0.577	0.103
2.70	0.556	0.099
2.80	0.536	0.095
2.90	0.517	0.092
3.00	0.500	0.089
3.10	0.484	0.086
3.20	0.469	0.083
3.30	0.455	0.081
3.40	0.441	0.078
3.50	0.43	0.076
3.60	0.42	0.074
3.70	0.41	0.072
3.80	0.39	0.070
3.90	0.38	0.068
4.00	0.38	0.067
3.80	0.39	0.070
3.90	0.38	0.068
4.00	0.38	0.067
5.00	0.3	0.053
6.00	0.25	0.044
7.00	0.21	0.038
8.00	0.19	0.033
9.00	0.17	0.030
10.00	0.15	0.027

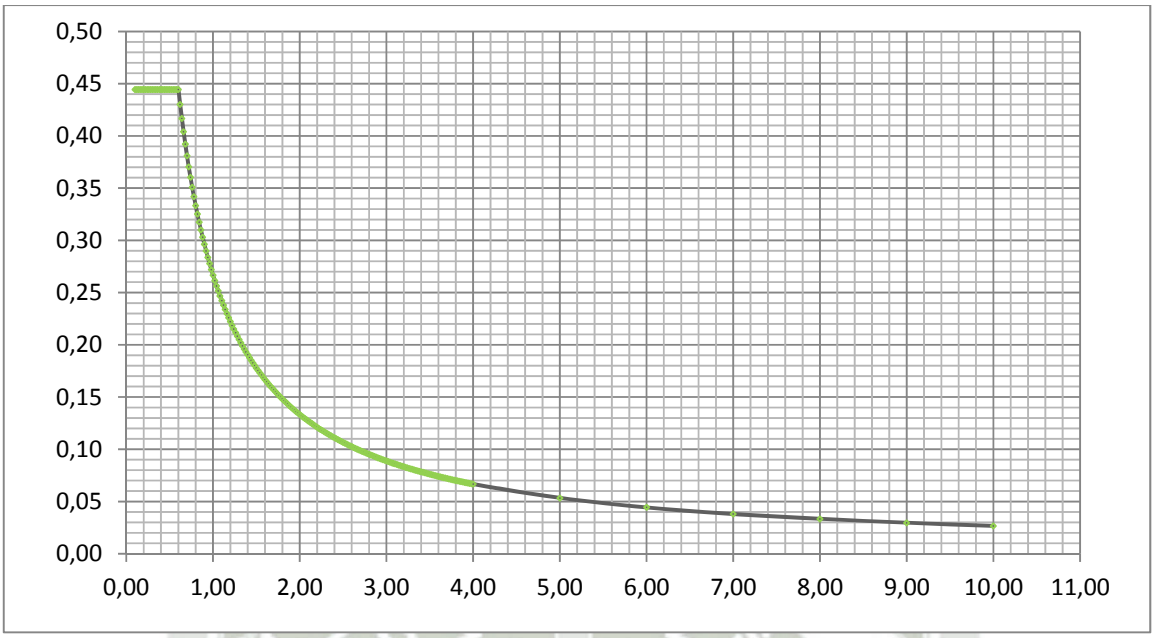
Cuadro 16 Tabla de valores para elaboración Espectro de Pseudo aceleraciones.

Y cuya gráfica correspondiente es:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

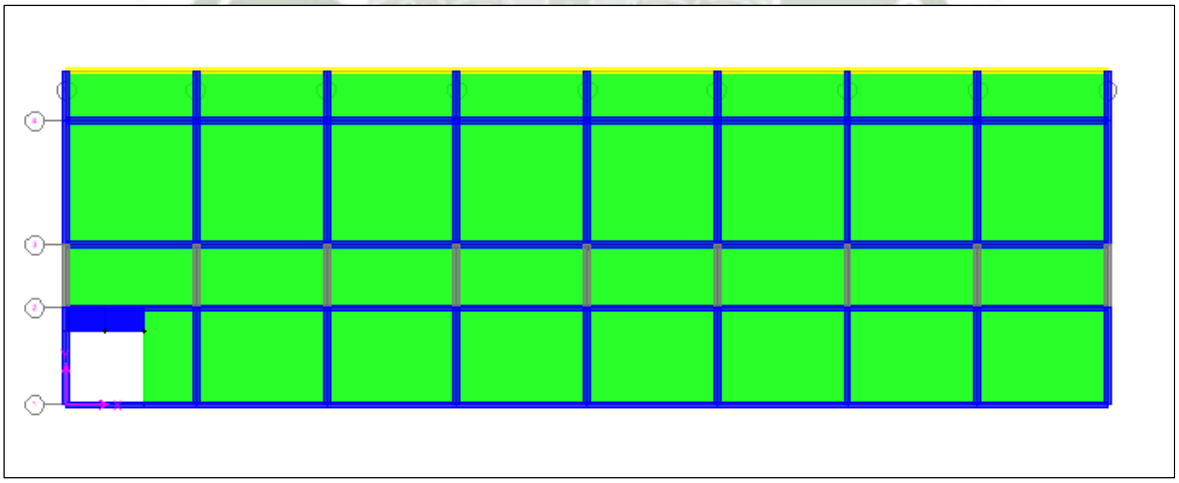
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 24 Espectro de Pseudo Aceleración al 15% de Amortiguamiento

Teniendo definidas todas las características de la estructura se procede a mostrar el modelo matemático tridimensional en el programa ETABS así:

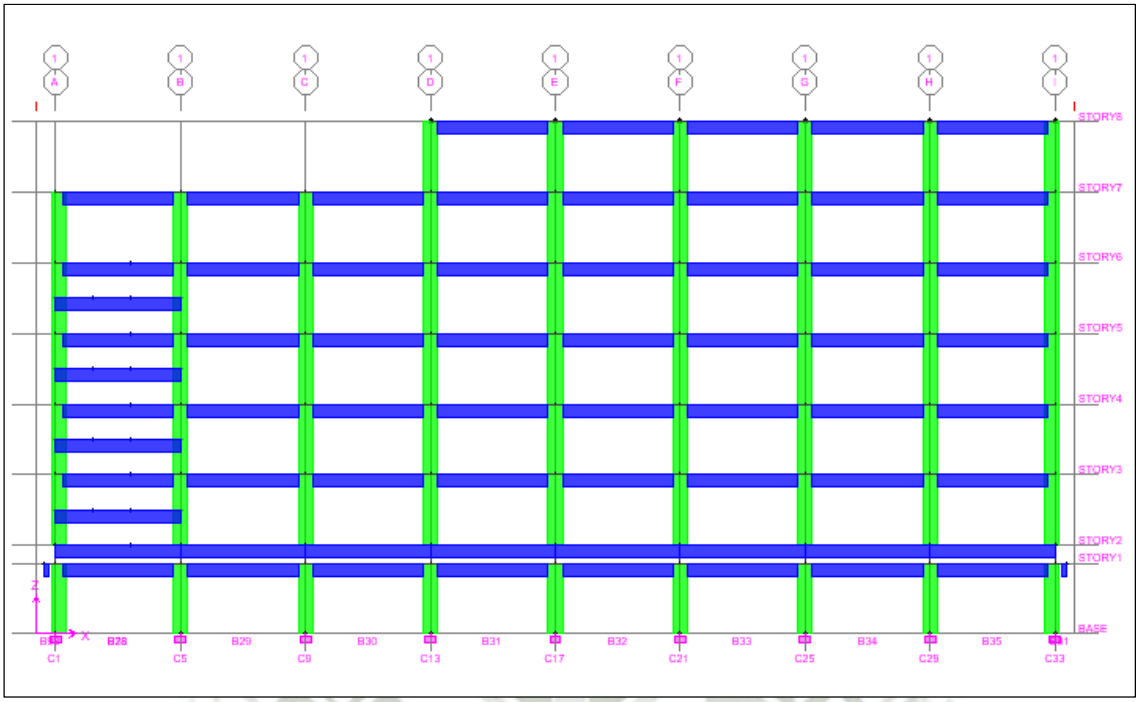


Gráfica 25 Vista Planta

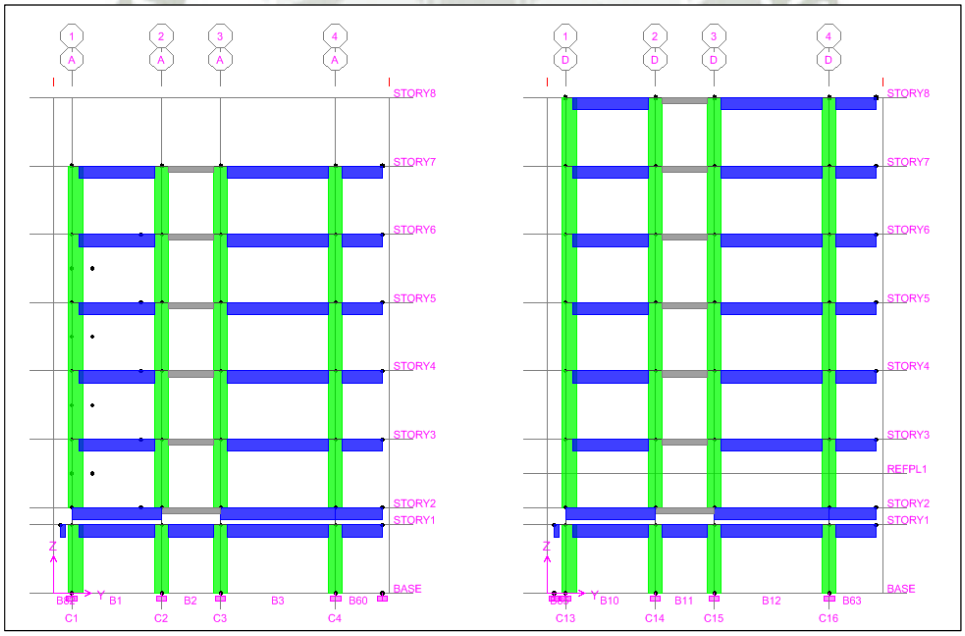
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 26 Vista Elevación Frontal

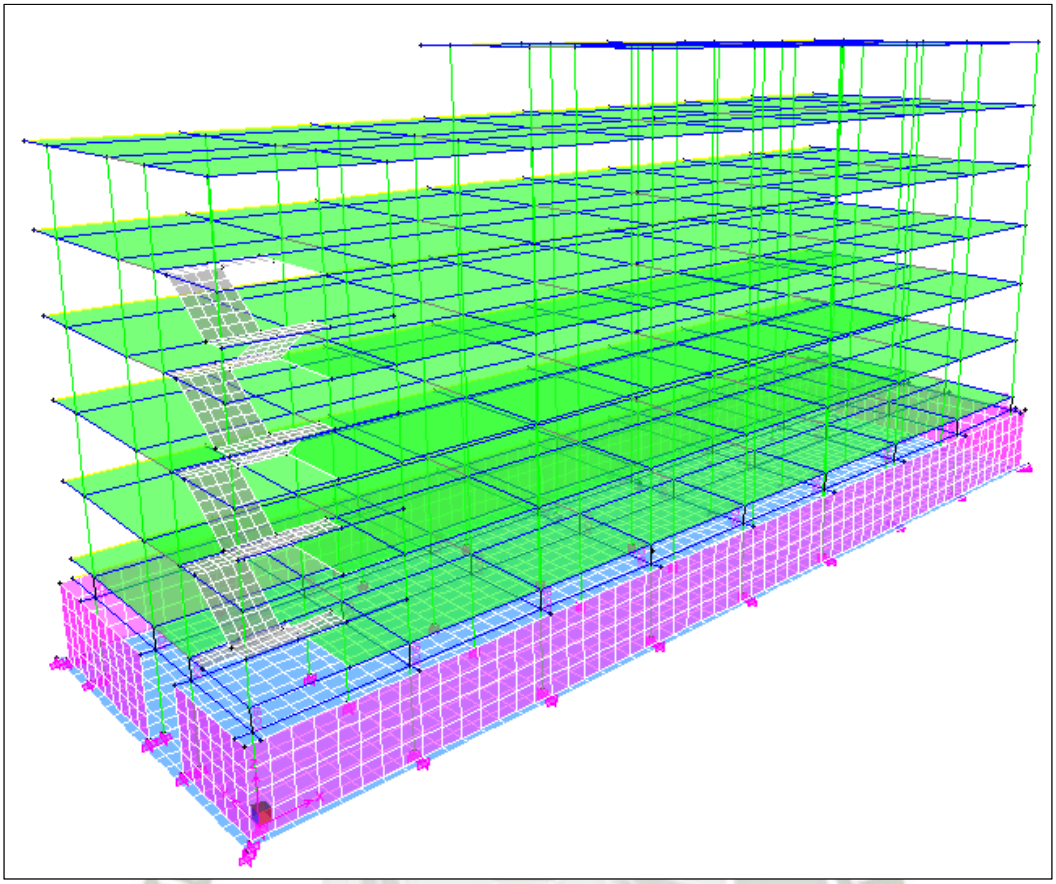


Gráfica 27 Vista Elevación Lateral y Sección D-D

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 28 Vista Tridimensional

Con el modelo matemático ya definido y junto al espectro de pseudo aceleración podemos realizar el análisis dinámico modal espectral de nuestra estructura aislada.

1.2.3. Interpretación de Resultados con fines de Diseño en Concreto Armado

Se realizo el análisis de la estructura mediante varias corridas en el programa, con cada corrida se agrega mayor precisión al diseño final de los aisladores sísmicos y correcciones al modelo matemático.

Después de muchas iteraciones en el programa ETABS obtenemos los siguientes resultados que se expondrán en forma de tablas con el fin de interpretar el comportamiento de la estructura aislada bajo los efectos de la carga sísmica. Así tenemos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Periodos y Frecuencias de la Estructura

Modo	Periodo	Frecuencia	FreqCirc	Eigen-Valores
	Seg	Cyc/seg	rad/seg	rad2/seg2
1	3.2601	0.3067	1.9273	3.7146
2	3.2364	0.3090	1.9414	3.7691
3	0.5241	1.9079	11.9878	143.7072
4	0.4728	2.1149	13.2886	176.5871
5	0.2353	4.2498	26.7023	713.0130
6	0.2255	4.4353	27.8678	776.6142
7	0.1422	7.0303	44.1725	1,951.2101
8	0.1378	7.2571	45.5974	2,079.1231
9	0.0948	10.5518	66.2986	4,395.5053
10	0.0931	10.7363	67.4581	4,550.5995
11	0.0669	14.9452	93.9036	8,817.8904
12	0.0662	15.0996	94.8735	9,000.9753
13	0.0510	19.6044	123.1780	15,172.8134
14	0.0508	19.6967	123.7578	15,316.0018
15	0.0463	21.6202	135.8438	18,453.5499
16	0.0345	28.9536	181.9209	33,095.2272
17	0.0331	30.2297	189.9391	36,076.8603
18	0.0324	30.8490	193.8298	37,569.9736
19	0.0314	31.8370	200.0377	40,015.0961
20	0.0303	32.9783	207.2086	42,935.3893
21	0.0303	32.9902	207.2838	42,966.5568

Cuadro 16

De esta tabla se desprende que los dos periodos predominantes son el 1er y 2do periodo con 3.2601 s y 3.2364 s respectivamente, siendo estos valores completamente compatibles con los criterios ya expuesto del diseño de sistemas con aislamiento sísmico, además de ser valores muy cercanos al periodo objetivo asignado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Participación de Masas en el Análisis Modal

Modo	Periodo	Modo Individual			Suma Acumulada		
	Segundos	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	3.2601	0.0005	76.7749	0.0000	0.0005	76.7749	0.0000
2	3.2364	76.7936	0.0005	0.0000	76.7940	76.7754	0.0000
3	0.5241	0.0000	0.1214	0.0000	76.7940	76.8968	0.0000
4	0.4728	0.0784	0.0000	0.0000	76.8725	76.8968	0.0000
5	0.2353	0.0000	0.0048	0.0000	76.8725	76.9016	0.0000
6	0.2255	0.0037	0.0000	0.0000	76.8762	76.9016	0.0000
7	0.1422	0.0000	0.0006	0.0000	76.8762	76.9021	0.0000
8	0.1378	0.0004	0.0000	0.0000	76.8766	76.9021	0.0000
9	0.0948	0.0000	0.0001	0.0000	76.8766	76.9022	0.0000
10	0.0931	0.0001	0.0000	0.0000	76.8766	76.9022	0.0000
11	0.0669	0.0000	0.0000	0.0000	76.8766	76.9022	0.0000
12	0.0662	0.0000	0.0000	0.0000	76.8766	76.9022	0.0000
13	0.0510	0.0000	0.0000	0.0000	76.8766	76.9023	0.0000
14	0.0508	0.0000	0.0000	0.0000	76.8766	76.9023	0.0000
15	0.0463	0.0000	8.0475	0.0000	76.8766	84.9498	0.0000
16	0.0345	0.0000	0.0008	0.0000	76.8766	84.9505	0.0000
17	0.0331	0.0000	0.0000	0.0000	76.8766	84.9505	0.0000
18	0.0324	0.0000	0.0002	0.0000	76.8766	84.9507	0.0000
19	0.0314	0.0000	0.0219	0.0000	76.8767	84.9726	0.0000
20	0.0303	0.0007	0.0005	0.0000	76.8773	84.9731	0.0000
21	0.0303	0.0001	0.0000	0.0000	76.8775	84.9731	0.0000

Cuadro 17

De esta tabla podemos ver que:

- El primer modo de vibración es de 3.2601 s y que corresponde a la dirección Y con una participación de masa del 76.8%

- El segundo modo de vibración es de 3.2364 s y que corresponde a la dirección X con una participación de masa del 76.8%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De estos resultados se desprende el hecho de que la mayor participación de masa en la estructura se halla concentrada en sus dos primeros modos de vibración.

Desplazamiento DINAX en X (cm.)

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	X	Y	Z
STORY7	D1	DINAX MAX	22.34	0.03	3850.00	854.91	2865.00
STORY7	D1	DINAX MIN	-22.34	-0.03	3850.00	854.91	2865.00
STORY6	D1	DINAX MAX	22.21	0.03	2959.65	839.30	2470.00
STORY6	D1	DINAX MIN	-22.21	-0.03	2959.65	839.30	2470.00
STORY5	D1	DINAX MAX	21.99	0.03	2820.08	837.12	2075.00
STORY5	D1	DINAX MIN	-21.99	-0.03	2820.08	837.12	2075.00
STORY4	D1	DINAX MAX	21.67	0.03	2814.05	835.11	1680.00
STORY4	D1	DINAX MIN	-21.67	-0.03	2814.05	835.11	1680.00
STORY3	D1	DINAX MAX	21.26	0.03	2814.05	835.11	1285.00
STORY3	D1	DINAX MIN	-21.26	-0.03	2814.05	835.11	1285.00
STORY2	D1	DINAX MAX	20.76	0.03	2814.05	835.11	890.00
STORY2	D1	DINAX MIN	-20.76	-0.03	2814.05	835.11	890.00
ISOS'1	D1	DINAX MAX	20.25	0.03	2822.25	850.83	495.00
ISOS'1	D1	DINAX MIN	-20.25	-0.03	2822.25	850.83	495.00
ISO'S	D1	DINAX MAX	0.02	0.00	2803.45	798.76	395.00
ISO'S	D1	DINAX MIN	-0.02	0.00	2803.45	798.76	395.00
BASE	D1	DINAX MAX	0.00	0.00	2825.21	710.22	0.00
BASE	D1	DINAX MIN	0.00	0.00	2825.21	710.22	0.00

Cuadro 18

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Desplazamiento DINAY en Y (cm.)

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	X	Y	Z
STORY7	D1	DINAY MAX	0.03	22.77	3850.00	854.91	2865.00
STORY7	D1	DINAY MIN	-0.03	-22.77	3850.00	854.91	2865.00
STORY6	D1	DINAY MAX	0.03	22.56	2959.65	839.30	2470.00
STORY6	D1	DINAY MIN	-0.03	-22.56	2959.65	839.30	2470.00
STORY5	D1	DINAY MAX	0.03	22.26	2820.08	837.12	2075.00
STORY5	D1	DINAY MIN	-0.03	-22.26	2820.08	837.12	2075.00
STORY4	D1	DINAY MAX	0.03	21.85	2814.05	835.11	1680.00
STORY4	D1	DINAY MIN	-0.03	-21.85	2814.05	835.11	1680.00
STORY3	D1	DINAY MAX	0.03	21.35	2814.05	835.11	1285.00
STORY3	D1	DINAY MIN	-0.03	-21.35	2814.05	835.11	1285.00
STORY2	D1	DINAY MAX	0.03	20.76	2814.05	835.11	890.00
STORY2	D1	DINAY MIN	-0.03	-20.76	2814.05	835.11	890.00
ISOS'1	D1	DINAY MAX	0.03	20.15	2822.25	850.83	495.00
ISOS'1	D1	DINAY MIN	-0.03	-20.15	2822.25	850.83	495.00
ISO'S	D1	DINAY MAX	0.00	0.07	2803.45	798.76	395.00
ISO'S	D1	DINAY MIN	0.00	-0.07	2803.45	798.76	395.00
BASE	D1	DINAY MAX	0.00	0.00	2825.21	710.22	0.00
BASE	D1	DINAY MIN	0.00	0.00	2825.21	710.22	0.00

Cuadro 19

Basados en los desplazamientos calculados podemos determinar las derivas de entrepiso de la estructura. Este valor de deriva hallado debe ser comparado con el valor máximo que permite la norma para el caso de pórticos de concreto armado que es de 0.007 de distorsión angular.

Así tenemos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Deriva de entrepisos para el eje X:

Piso	Desplaz. (cm)	Des. Relativo (cm)	Delta Δ	Hn (cm)	Deriva Real Δ/Hn	Deriva Final Δ/Hn*R*0.75	
Sótano	0.0234	0.00000	0.02340	395	0.00006	0.00009	ok
1	20.2497	0.00000	0.02340	395	0.00006	0.00009	ok
2	20.7618	0.51210	0.48870	395	0.00124	0.00186	ok
3	21.2584	1.00870	0.52000	395	0.00132	0.00197	ok
4	21.6658	1.41610	0.89610	395	0.00227	0.00340	ok
5	21.9879	1.73820	0.84210	395	0.00213	0.00320	ok
6	22.2062	1.95650	1.11440	395	0.00282	0.00423	ok
7	22.3417	2.09200	0.97760	395	0.00247	0.00371	ok

Cuadro 20

Deriva de entrepisos para el eje Y:

Piso	Desplaz (cm)	Des. Relativo (cm)	Delta Δ	Hn (cm)	Deriva Real Δ/Hn	Deriva Final Δ/Hn*R*0.75	
Sótano	0.0688	0.00000	0.06880	395	0.0002	0.0003	ok
1	20.1527	0.00000	0.06880	395	0.0002	0.0003	ok
2	20.7599	0.60720	0.53840	395	0.0014	0.0020	ok
3	21.3498	1.19710	0.65870	395	0.0017	0.0025	ok
4	21.8466	1.69390	1.03520	395	0.0026	0.0039	ok
5	22.2613	2.10860	1.07340	395	0.0027	0.0041	ok
6	22.5621	2.40940	1.33600	395	0.0034	0.0051	ok
7	22.7721	2.61940	1.28340	395	0.0032	0.0049	ok

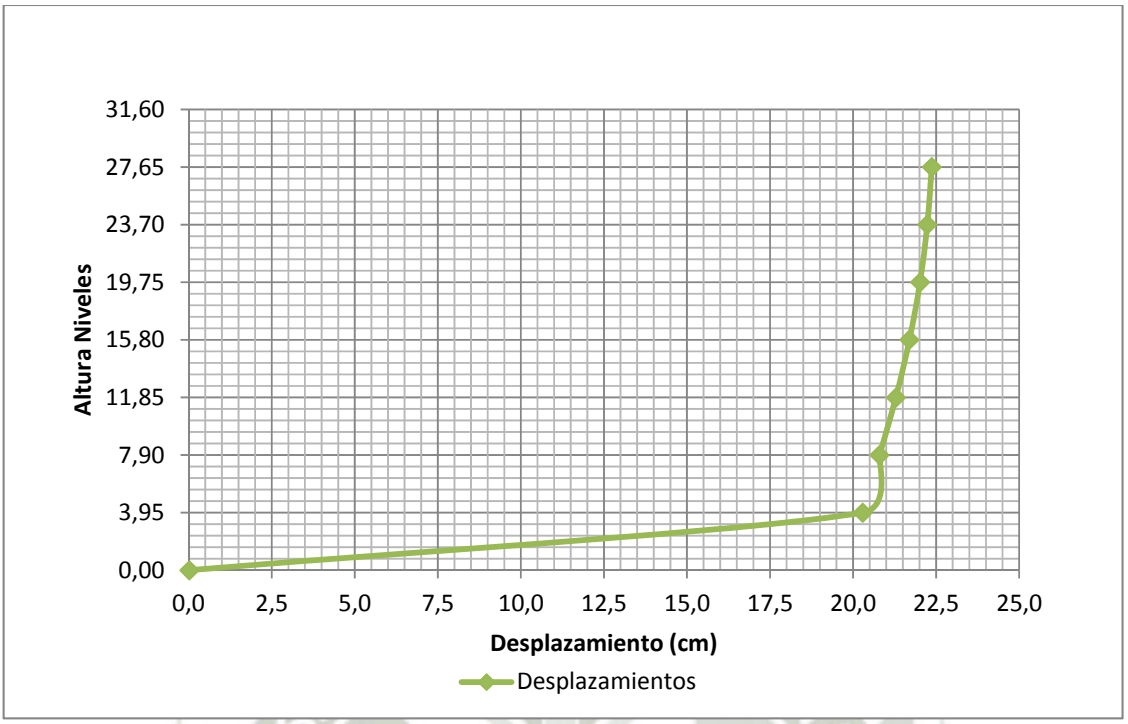
Cuadro 21

De estas tablas obtenidas en el análisis estructural podemos ver que la estructura cumple con la norma y sus derivas son inferiores a la distorsión angular máxima impuesta por la norma como 0.007; teniendo esto en cuenta podemos graficar la deriva de la estructura, obteniendo:

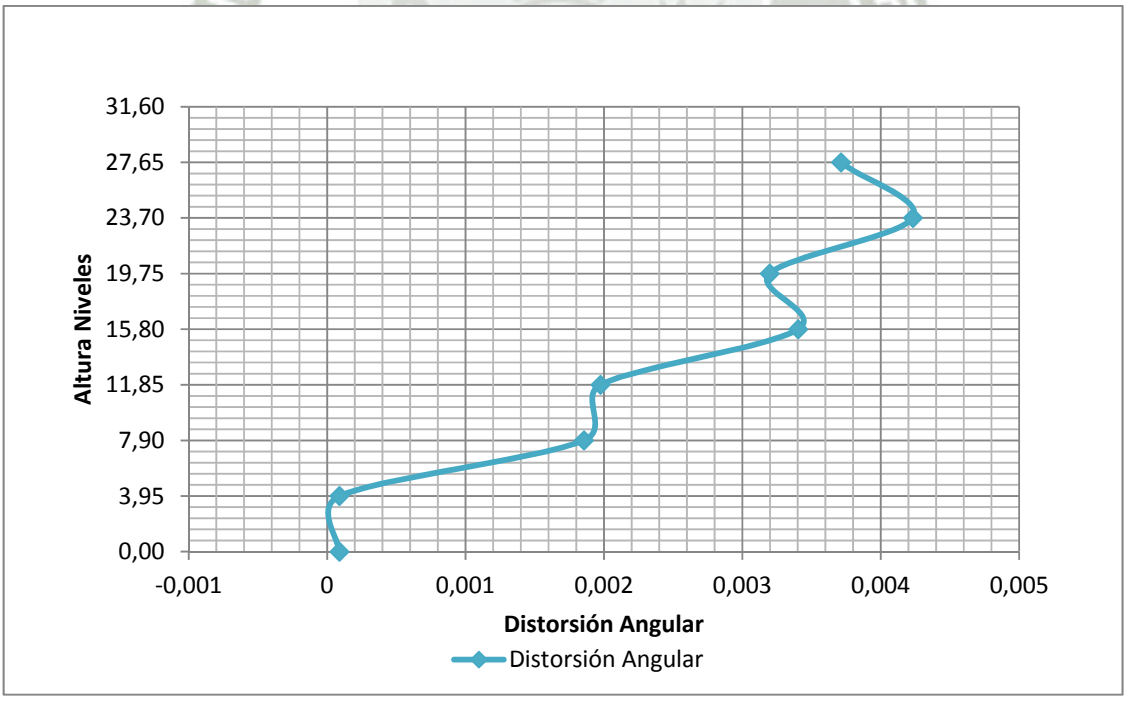
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 29 Desplazamientos de la Estructura en el Eje X

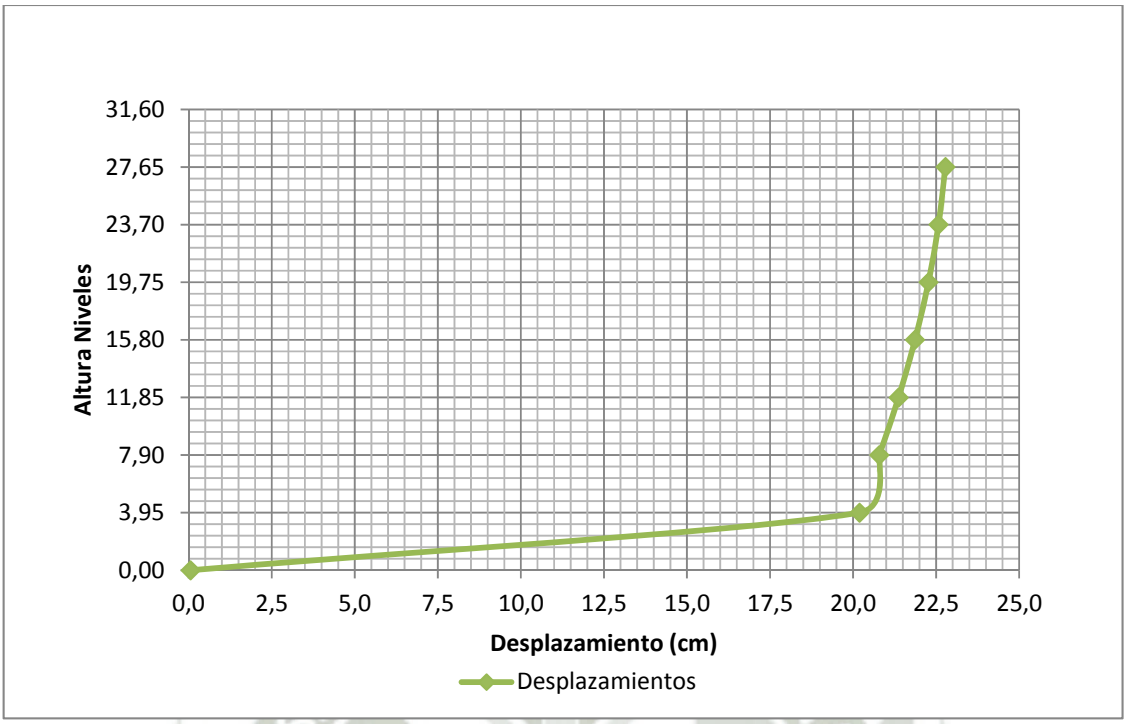


Gráfica 30 Deriva Real de la Estructura en el Eje X

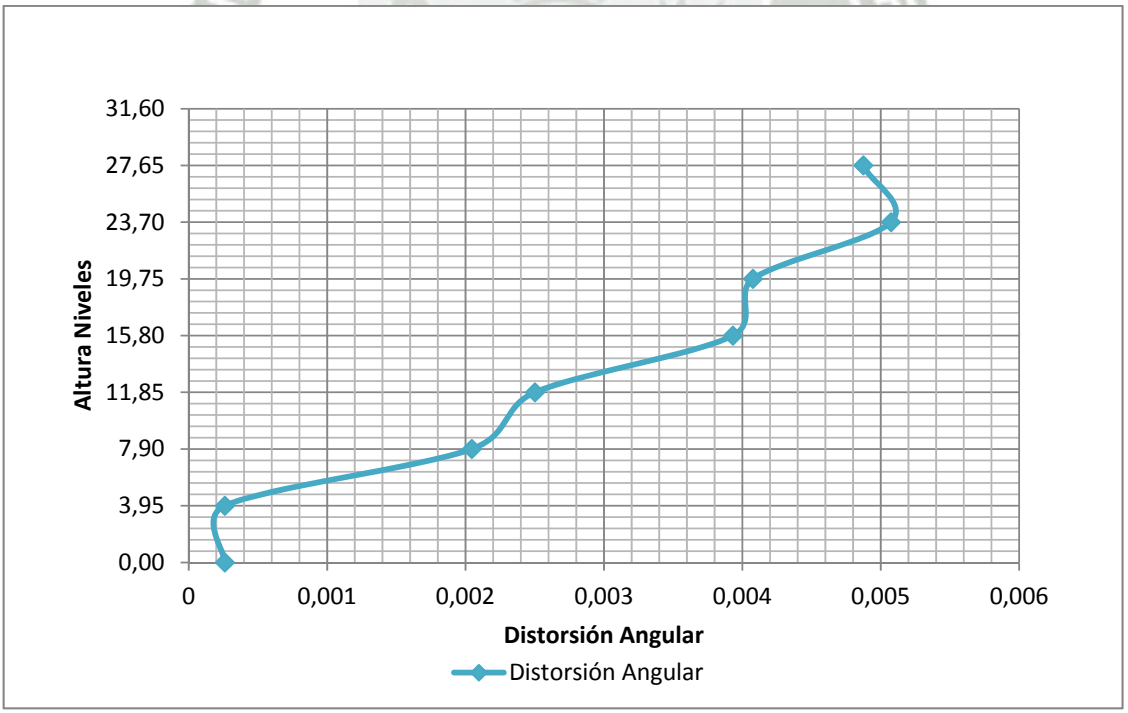
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 31 Desplazamientos de la Estructura en el Eje Y

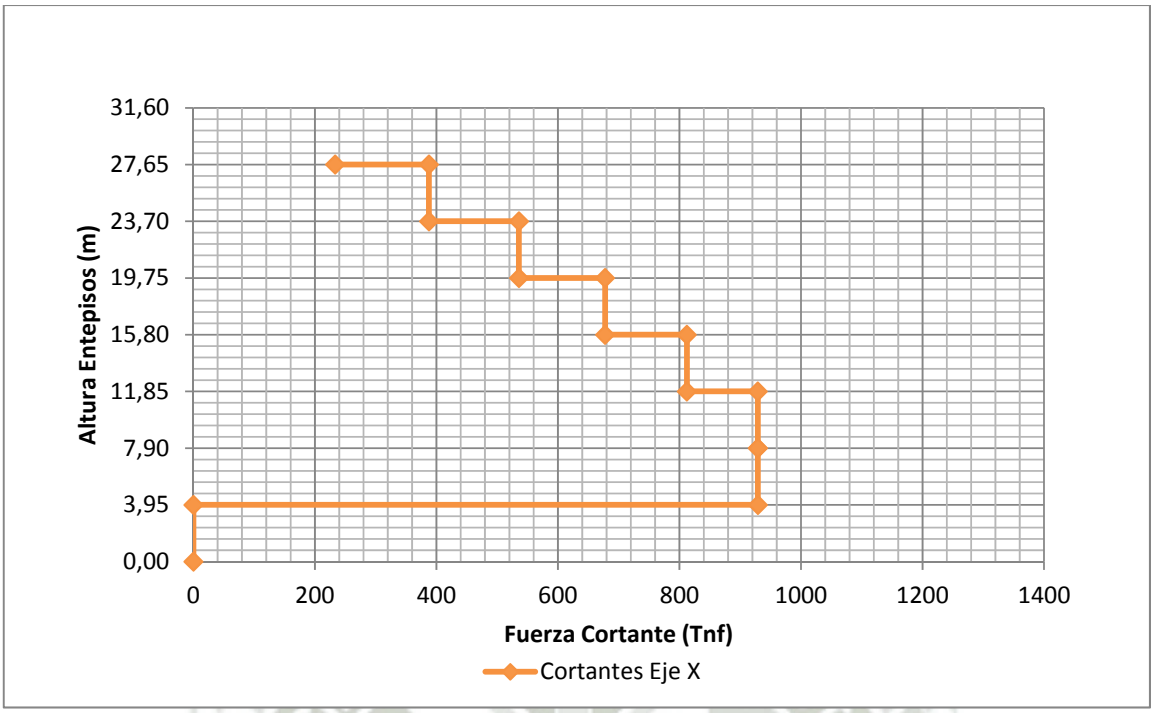


Gráfica 32 Deriva Real de la Estructura en el Eje Y

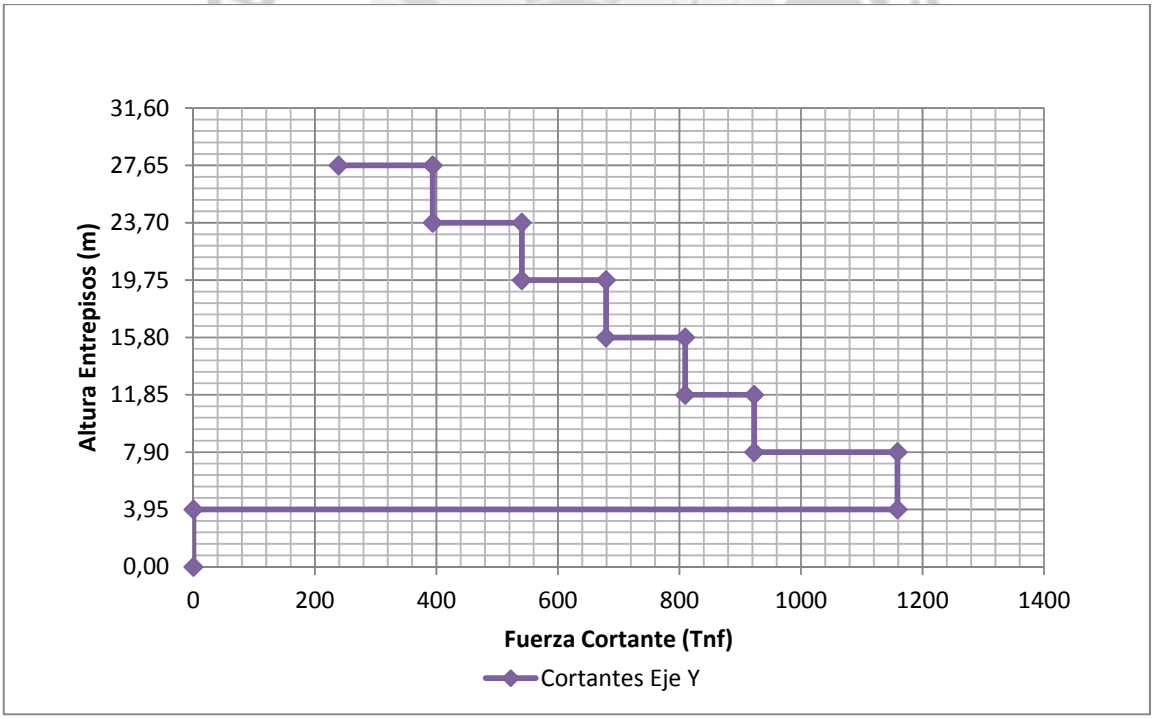
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 33 Fuerzas Cortantes en el Eje X

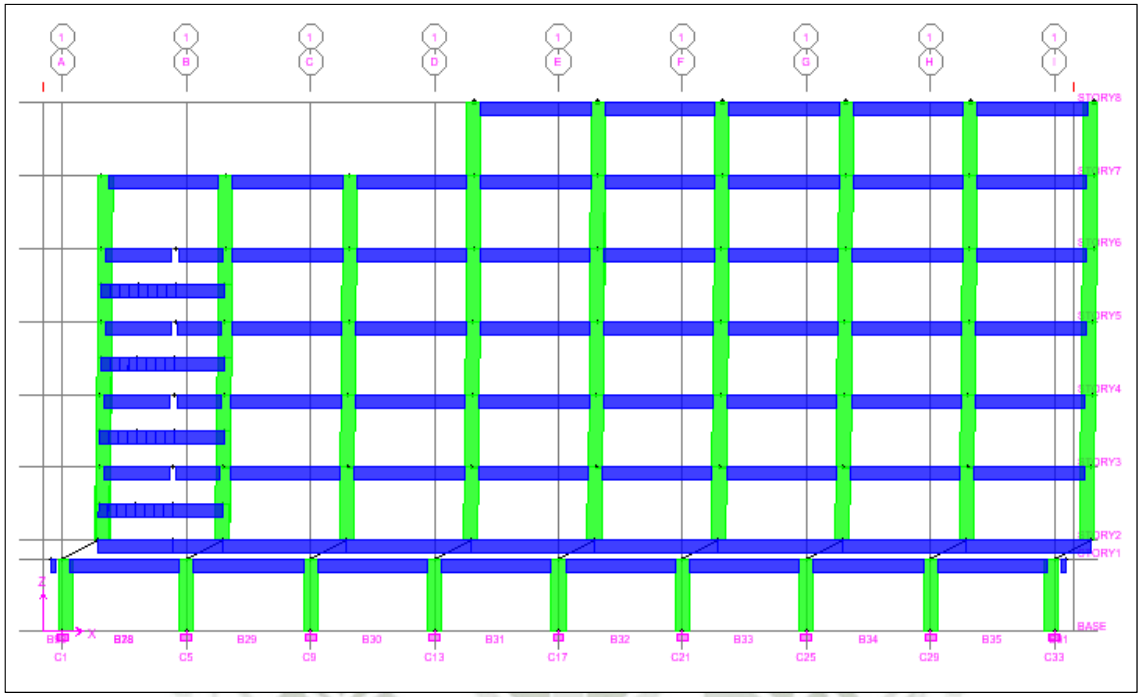


Gráfica 34 Fuerzas Cortantes en el Eje Y

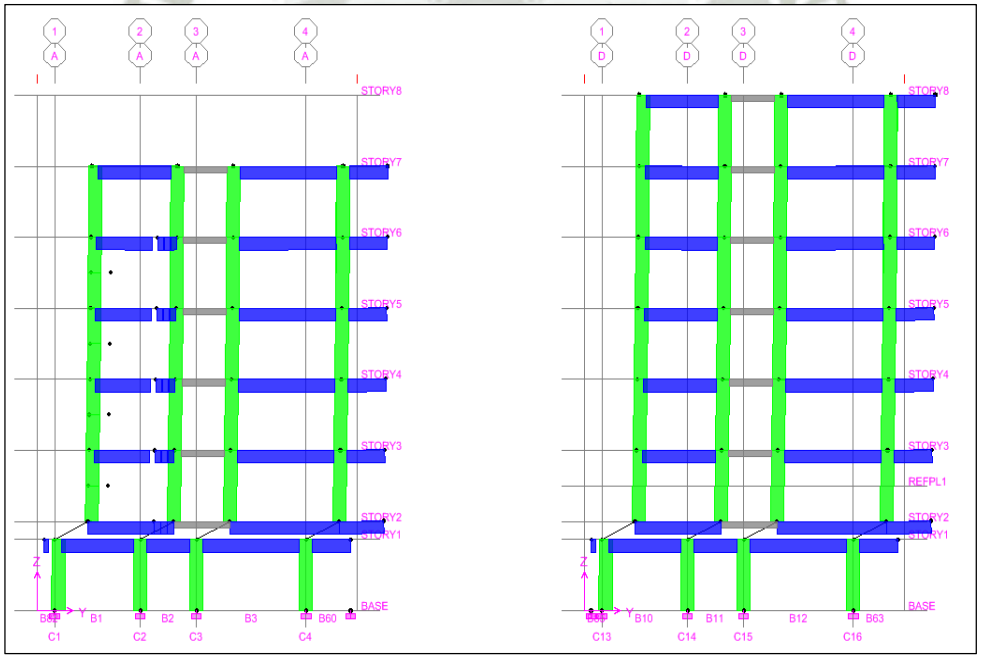
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 35 Desplazamiento de la Estructura en el Eje X



Gráfica 36 Desplazamiento de la Estructura en el Eje Y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

1.3. Elementos para transmisión de cargas verticales.

Los elementos para transmisión de cargas verticales de una estructura son las losas, las vigas y las columnas; siendo el caso de diseño de las columnas tratado después. Habiendo ya desarrollado el diseño de losas aligeradas procederemos a ilustrar el diseño de vigas en la estructura.

1.3.1. Diseño de Vigas.

Las vigas son los elementos que sirven para recibir y transmitir cargas hacia otras vigas o directamente a las columnas. Generalmente las vigas forman los denominados ejes de las estructuras, teniendo las columnas ubicadas en sus intersecciones.

Entre las cargas que soportan están su peso propio, el peso de las losas macizas y aligeradas que se apoyan en ella además que cumplen la función de constituir los elementos resistentes a los diferentes esfuerzos generados por las fuerzas sísmicas mediante la conformación de pórticos junto a las columnas.

Diseño por Flexión

La teoría del diseño por flexión nos dice lo siguiente:

Conocido el valor de M_u (momento amplificado obtenido del DMF), se aplica la siguiente fórmula:

$$K_u = \frac{M_u}{b \times d^2}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Donde *b* es el ancho de la viga y *d* es el peralte efectivo. Una vez que se conoce el valor de K_u, se iguala a la siguiente expresión:

$$\emptyset \times f'c \times \omega \times (1 - 0.59 \times \omega)$$

Ya que K_u es la abreviación de dicha expresión. Del resultado de la igualdad se obtendría una ecuación cuadrática cuya incógnita sería ω Una vez conocido ω, se iguala a la siguiente fórmula:

$$\omega = \frac{\rho \times fy}{f'c}$$

Donde ρ es la cuantía de acero. Finalmente, una vez que se conoce el valor de ρ se iguala a la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{A_s}{f'c}$$

Donde se obtiene el área de acero (A_s). Con el objetivo de evitar resolver ecuaciones cuadráticas, se han desarrollado unas tablas de diseño, presentadas en diversos libros de Concreto Armado, para diferentes resistencias de concreto, lo que permite que los diseños se hagan más rápidamente. En estas tablas, para diferentes valores de K_u, se tiene un valor de cuantía (ρ). En caso se tuviera un valor de K_u diferente a los presentados en las tablas de diseño, se puede obtener su cuantía haciendo una regla de tres compuesta, tomando como datos los valores de la tabla próximos a dicho valor de K_u. Con esto el diseño se simplificaría a lo siguiente:

$$M_u \rightarrow K_u = \frac{M_u}{b \times d^2} \rightarrow \rho \rightarrow A_s = b \times d \times \rho$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Diseño por Cortante

En el diseño por cortante lo que se busca es que la suma de la resistencia al cortante del concreto con la del refuerzo transversal colocado, sea suficiente para controlar a las fuerzas cortantes actuantes en cualquier sección de la viga. La fórmula a emplearse para diseñar por cortante es la siguiente:

$$V_u \leq \emptyset(V_C + V_S)$$

Donde:

$\emptyset$= 0.85 = Factor de seguridad al cortante.

V_c = Resistencia del concreto.

V_s = Resistencia de los estribos de acero.

El V_u se obtiene del diagrama de fuerza cortante y normalmente el V_u de diseño está ubicado a d de la cara. El aporte a la resistencia al cortante del concreto (V_c), a menos que se haga un cálculo más minucioso, es:

$$V_C = 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

De darse el caso que $V_u \leq \emptyset V_c$, es posible usar estribos mínimos con un espaciamiento máximo de:

$$S_{max} = \frac{A_V fy}{3.5bw}$$

Si $V_u > \emptyset V_c$, será necesario colocar refuerzo por corte. Para ello, se seleccionará el diámetro del estribo a utilizarse (A_v), y conociéndose el valor de V_s, se calculará el espaciamiento de los estribos con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{A_V \times fy \times d}{V_S}$$

Donde:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

S = espaciamiento de los estribos.

A_v = Área de ambas ramas del estribo.

fy = Esfuerzo de fluencia del acero.

d = Peralte efectivo.

La Norma Peruana establece un límite para la resistencia proporcionada por los estribos, la cual no debe exceder de:

$$V_S \leq 2.1\sqrt{f'c} \times b \times d$$

Además:

Si $V_s < V_{s\,lim}$, entonces: $S_{max} = d/2$ ó 0.60 m.

Y, si $V_s > V_{s\,lim}$, entonces: $S_{max} = d/4$ ó 0.30 m.

Donde:

$$V_{S\,lim} = 1.1 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

S_{max} es el espaciamiento máximo.

Con respecto a los elementos que resisten sismo, la Norma establece unos requerimientos:

- La fuerza cortante de los elementos en flexión deberá determinarse a partir de la suma de las fuerzas cortantes asociadas con el desarrollo de las resistencias nominales en flexión en los extremos de la luz libre del elemento y la fuerza cortante isostática calculada para las cargas. Es decir:

$$V_U = V_{Isostatico} + \frac{M_a + M_b}{L_n}$$

Donde M_a y M_b son los momentos nominales reales que tiene la viga en los extremos de la luz libre.

- Los estribos serán cerrados y el diámetro mínimo será de 3/8”.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- La zona de confinamiento de los estribos será de 2 veces el peralte de la viga, medida desde la cara del nudo hacia el centro de la luz, y el espaciamiento de éstos (S_o) no deberá exceder al menor de los siguientes valores: $d/4$, $8db$ ó 30 cm., siendo d el peralte efectivo de la viga y db el diámetro de la barra longitudinal de menor diámetro.
- El primer estribo deberá ubicarse a la mitad del espaciamiento S_o ó 5 cm.
- El espaciamiento de los estribos fuera de la zona de confinamiento no excederá de d/2.

Anclaje con Ganchos Estándar en Tracción

Para las barras de refuerzo que terminan en ganchos estándar, la longitud de desarrollo en tracción (L_{dg}), medida desde la sección crítica hasta el borde exterior del doblez, será la mayor de las siguientes expresiones:

$$L_{dg} = \frac{318 d_b}{\sqrt{f'c}}$$

$$L_{dg} = 8 d_b$$

$$L_{dg} = 15 \text{ cm}$$

Corte o Doblado del Refuerzo

Los diagramas de momento flector utilizados para el diseño tratan de reflejar los esfuerzos a los que estará sometido el elemento; sin embargo, siempre cabe la posibilidad de que puedan actuar cargas inusuales. Por esta razón, la Norma Peruana establece una serie de requisitos que otorgan al elemento unos márgenes de seguridad, en caso de producirse alguna carga inusual. A continuación, se presentan los requisitos con los que se procuró cumplir:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El refuerzo deberá extenderse, más allá de la sección en que ya no es necesario, una distancia igual al peralte efectivo del elemento (d) ó 12 veces el diámetro de la barra, la que sea mayor, siempre que desarrolle l_d desde el punto de máximo esfuerzo.
- Por lo menos 1/3 del refuerzo por momento positivo deberá prolongarse dentro del apoyo, cumpliendo con el anclaje necesario.

Para los elementos sometidos a sismo la Norma exige:

- Todas las barras que anclen en columnas deberán terminar en gancho estándar.
- Deberá prolongarse a lo largo de toda la viga por lo menos 2 barras, tanto en la cara inferior como en la superior, con un área de acero no menor que 1/4 de la máxima requerida en los nudos, ni menor que la mínima requerida por flexión.
- La resistencia a momento positivo, en la cara del nudo, no debe ser menor que 1/3 de la resistencia a momento negativo en la misma cara del nudo.

1.3.2. Ejemplo de Diseño de una Viga

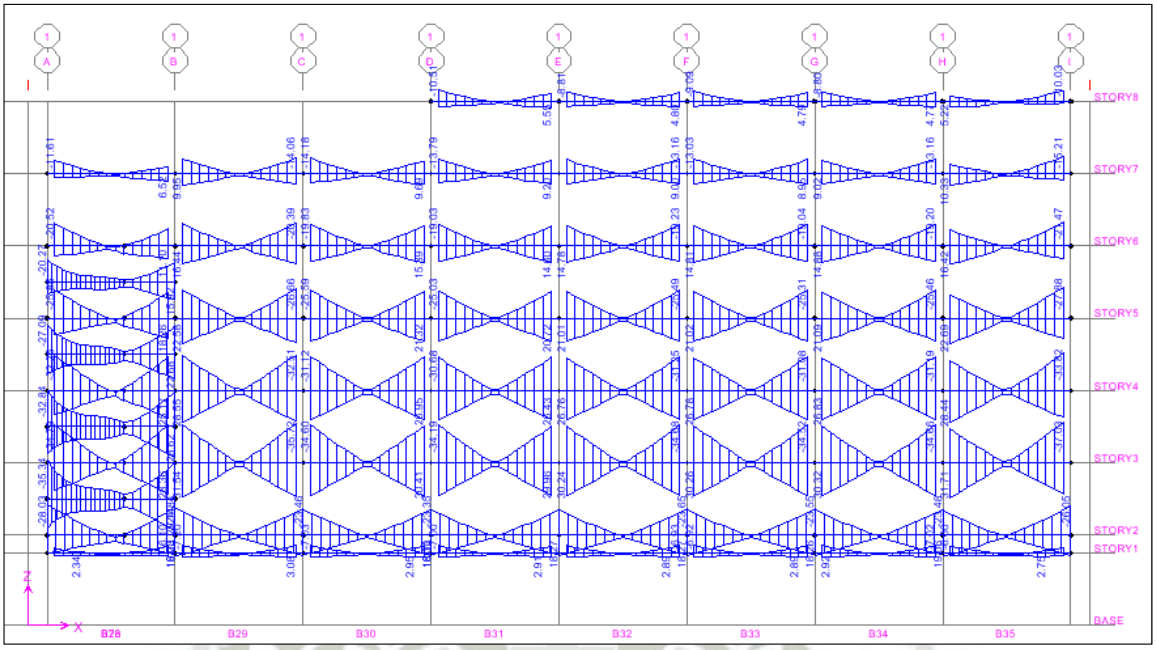
Diseño por Flexión

Se obtuvieron los DMF en las vigas para la estructura aislada así:

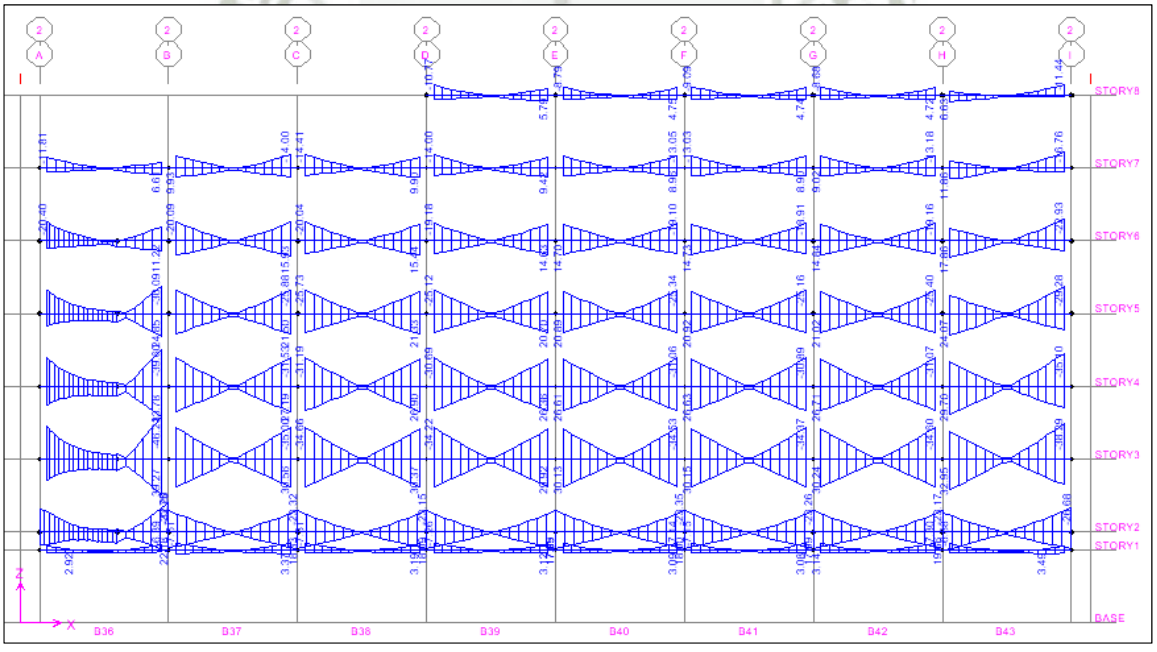
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 37 DMF de la Estructura en el Eje D

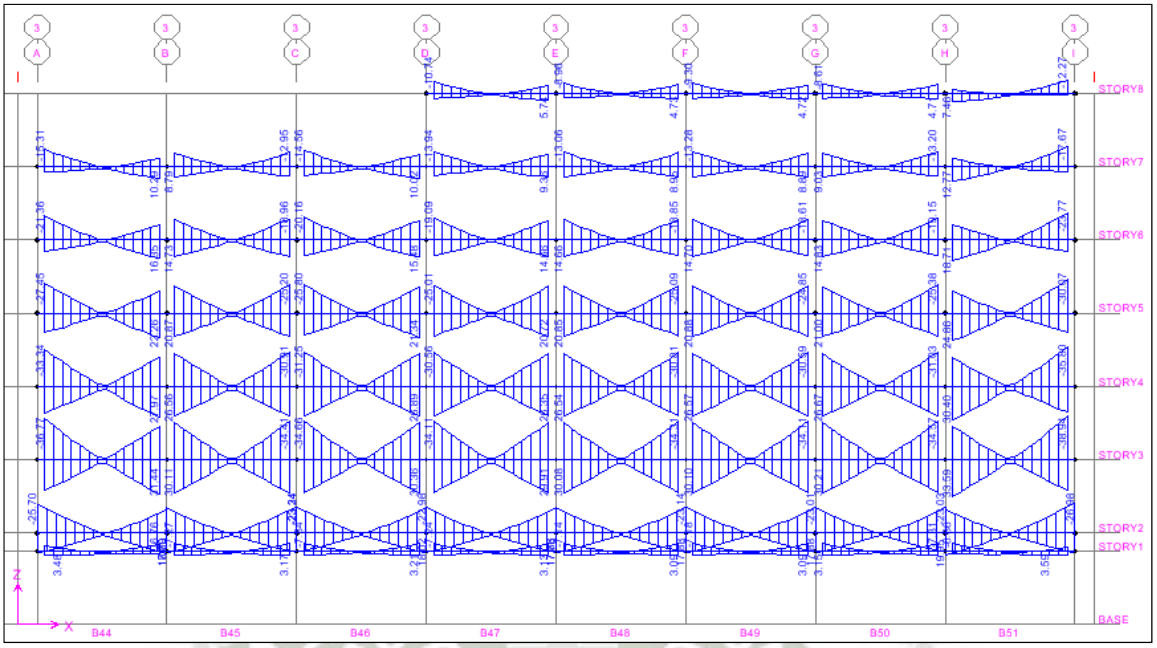


Gráfica 38 DMF de la Estructura en el Eje C

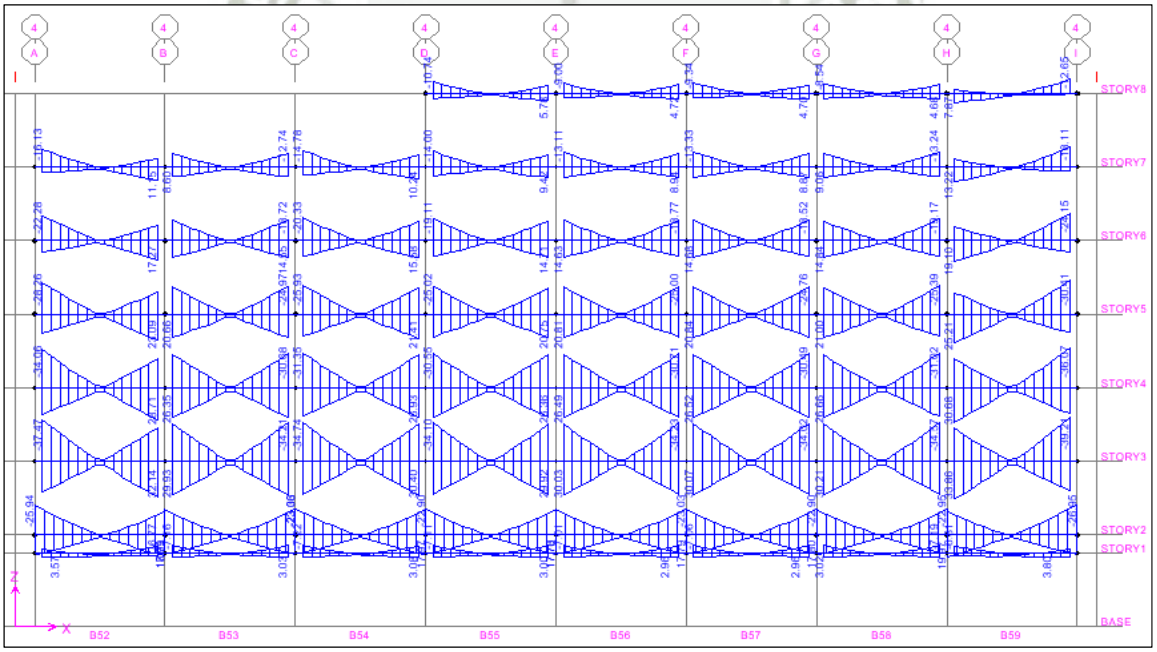
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 39 DMF de la Estructura en el Eje B

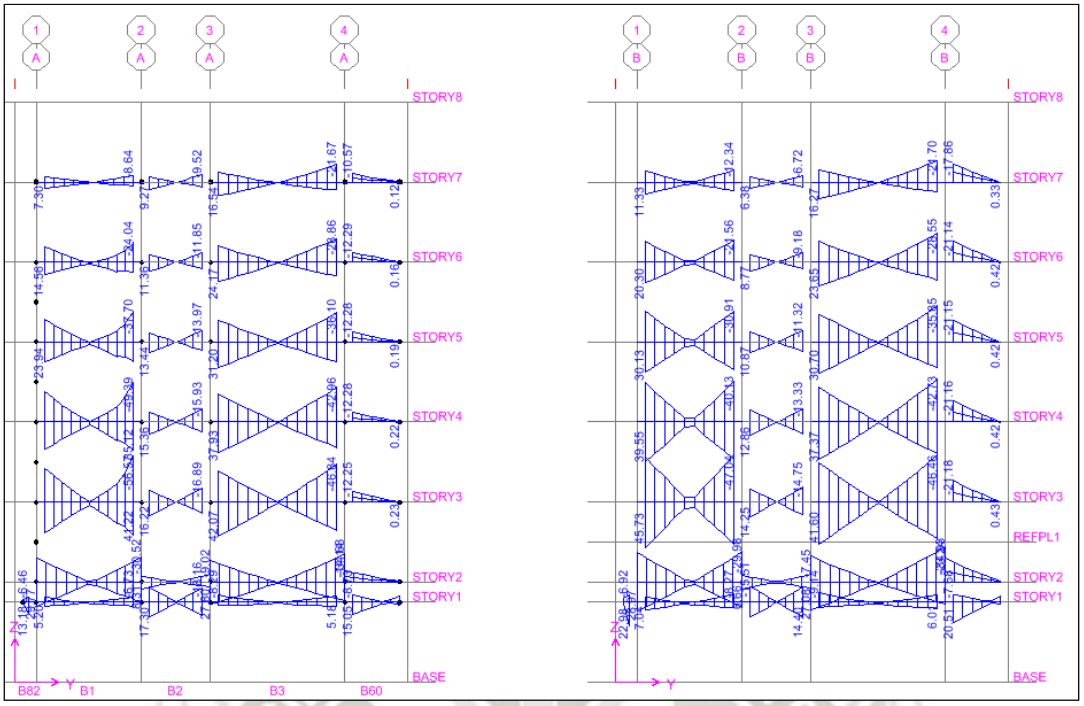


Gráfica 40 DMF de la Estructura en el Eje A

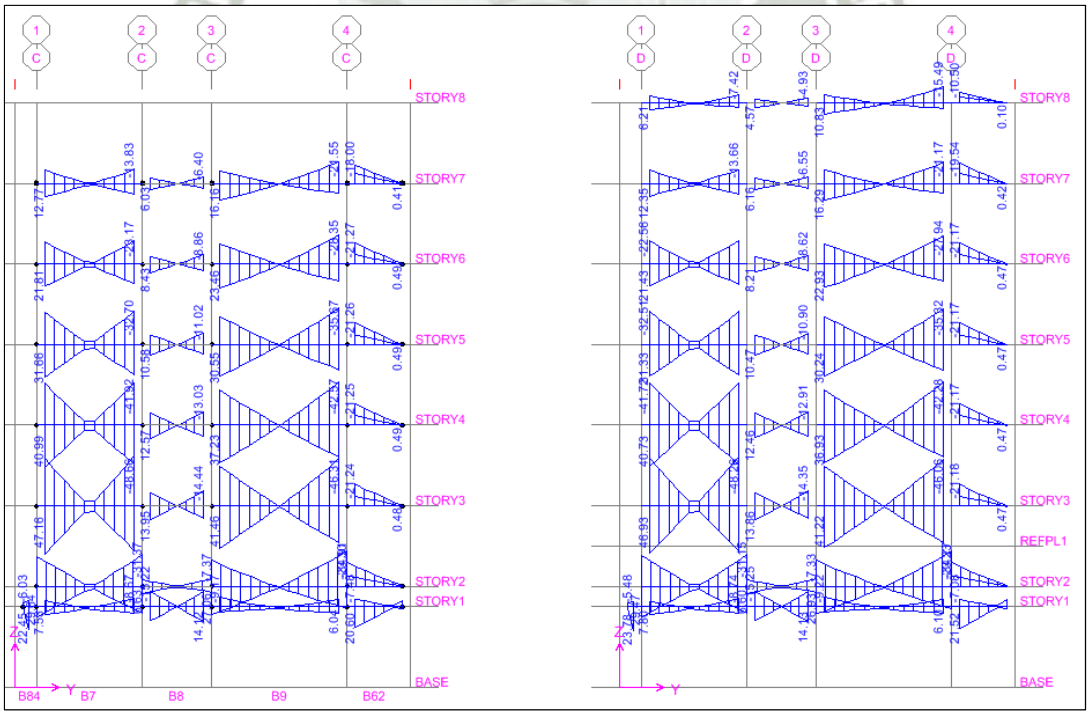
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 41 DMF de la Estructura en el Ejes 1, 2

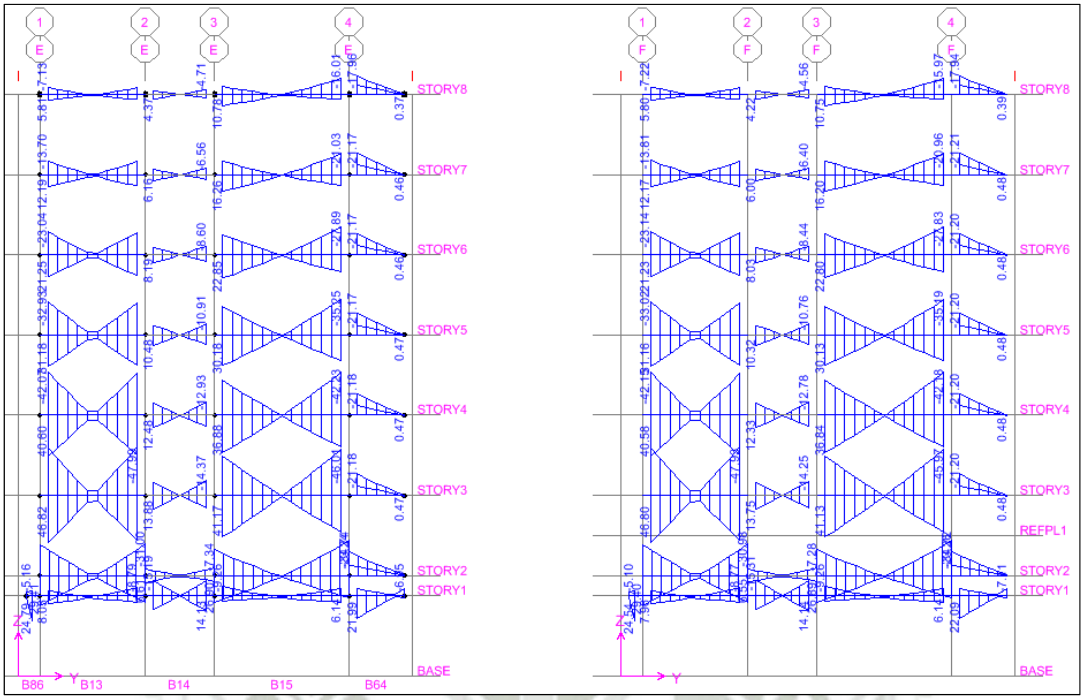


Gráfica 42 DMF de la Estructura en el Ejes 3, 4

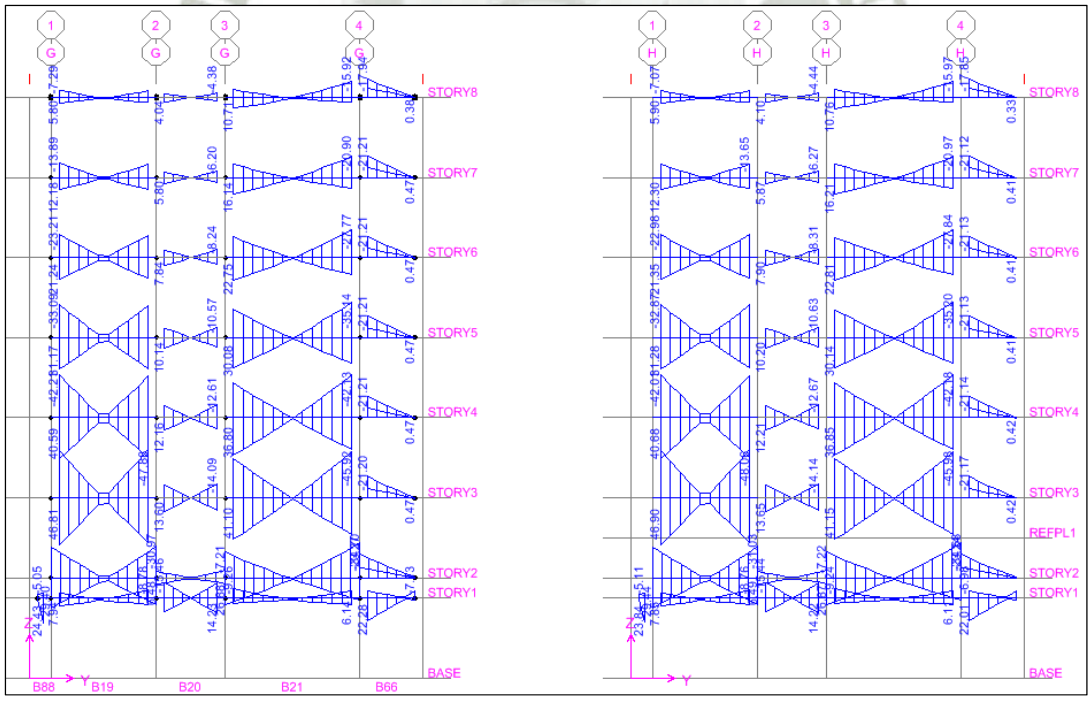
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 43 DMF de la Estructura en el Ejes 5, 6

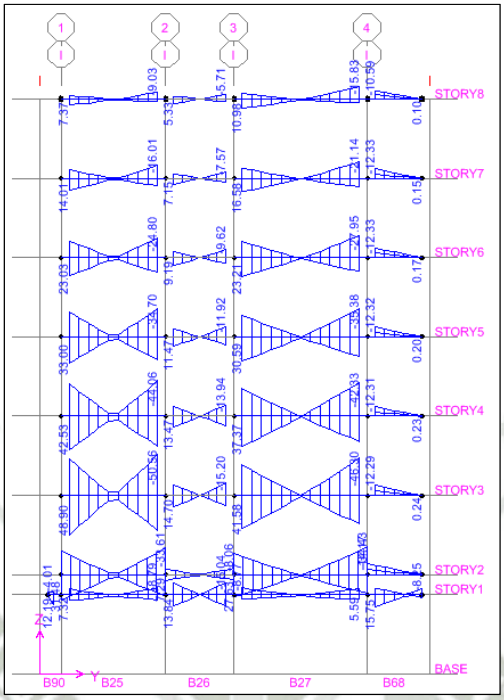


Gráfica 44 DMF de la Estructura en el Ejes 7, 8

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 45 DMF de la Estructura en el Eje 9

De los DMF presentados escogemos una sección de viga en particular para realizar el desarrollo del ejemplo.

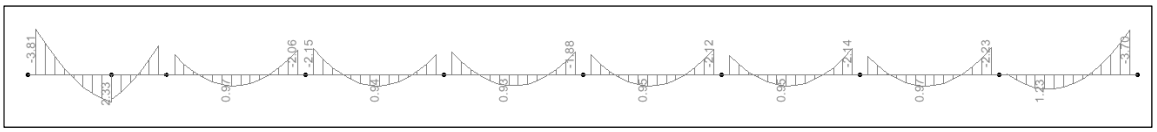
Procedemos a mostrar el diseño de la viga de la planta típica V-201 perteneciente al segundo nivel de la estructura específicamente al eje D y de sección constante 0.35 m por 0.70 m.

A continuación se presentaran los Diagramas de Momento Flector que experimenta la viga para los casos de Carga Viva, Carga Muerta y la Envolvente Sísmica; para proceder a su posterior diseño, todo en Ton × m.

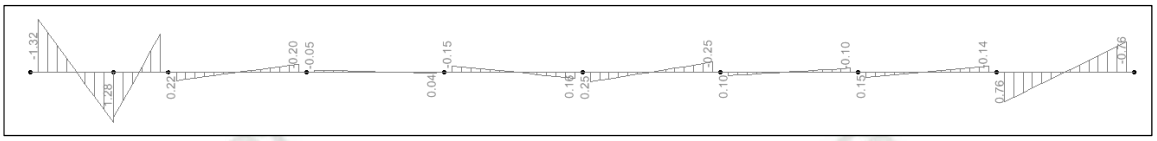
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

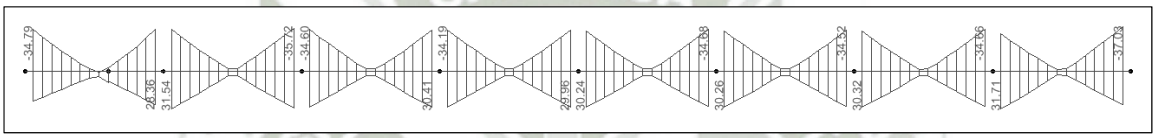
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Gráfica 46 DMF para caso CM en V-201



Gráfica 47 DMF para caso CV en V-201



Gráfica 48 DMF para caso DINAMICO en V-201

Realizaremos el diseño del tramo de viga basándonos en la teoría ya expuesta determinando la cantidad de acero necesaria en cada tramo de viga, así:

	Tramo 1			Tramo 2		
Mu(-)	-34.31	-10.91	-34.30	-34.85	-12.25	-35.91
Mu(+)	25.34	12.09	27.37	31.73	13.77	31.08

	Tramo 3			Tramo 4		
Mu(-)	-34.31	-11.78	-33.83	-33.92	-11.66	-33.77
Mu(+)	29.82	12.95	30.20	29.86	12.81	29.76

	Tramo 5			Tramo 6		
Mu(-)	-33.23	-11.76	-34.61	-33.38	-11.77	-34.46
Mu(+)	30.13	13.07	29.63	30.15	13.00	29.60

	Tramo 7			Tramo 8		
Mu(-)	-33.14	-11.80	-34.59	-30.74	-12.73	-36.67
Mu(+)	30.20	13.07	29.52	31.35	13.43	27.97

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para estos momentos cierta cantidad de acero es necesaria, pero antes se debe cumplir con la verificación de la cantidad de acero mínima necesaria para la sección.

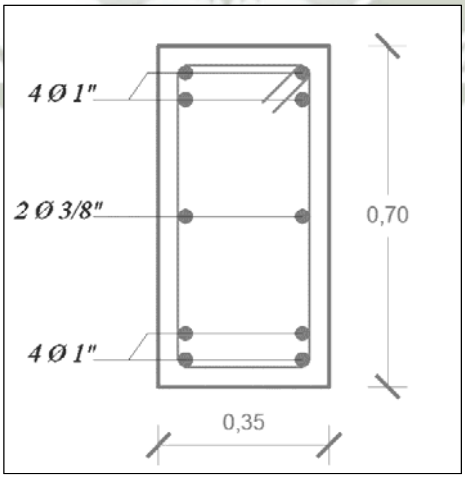
$$As_{min} = \frac{0.22 \times \sqrt{f'c}}{fy} \times bd$$

$$As_{min} = \frac{0.22 \times \sqrt{280}}{4200} \times 35 \times 64$$

Para nuestro caso igual a 6.21 cm^2

Habiendo tenido en cuenta estos criterios para nuestro caso de estudio se opto por la siguiente distribución de acero para la viga V-201:

- 2 ø 1" para el momento negativo como para el momento positivo.
- 2 ø 1" como balancines para el momento negativo como para el momento positivo de 1.60 m en ambos extremos de los tramos medidos a la cara de la columna.
- 2 ø 3/8" al eje neutro de la viga, para mayor facilidad constructiva quedando la sección como se muestra a continuación:



Gráfica 49 Sección en Viga V-201

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3.3. Diseño por Cortante

Se procedió con el cálculo el refuerzo requerido por cortante en la viga, el primer caso analizado fue el V_u (cortante último) de la envolvente del DFC a *d* de la cara:

$$V_U = 29.66\ Ton$$

Esta fuerza cortante es la mayor de la viga, de las fuerzas a d de la cara, y está próxima al extremo izquierdo del primer tramo de la viga. El aporte del concreto será:

$$V_C = 0.53\sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$V_C = 19.87\ Ton$$

Comparando V_u contra 0.85 × Vc, se concluye:

$$V_u > 0.85 \times V_c$$

$$29.66 > 19.87\ \text{Ton}$$

En consecuencia, se hizo uso de la siguiente inecuación:

$$V_S \geq \frac{V_U - \emptyset V_C}{\emptyset} = \frac{29.66 - 0.85 \times 19.87}{0.85} = 15.02\ Ton$$

Si tomamos estribos de Ø 3/8 tenemos que el espaciamiento esta dado por:

$$S = \frac{A_V \times f_y \times d}{V_S} = \frac{1.42 \times 4200 \times 64}{15.02 \times 1000} = 25.41\ cm$$

Hallando $V_{S\,lim}$ se obtiene:

$$V_{S\,lim} = 1.1 \times \sqrt{280} \times 35 \times \frac{64}{1000} = 35.71\ Ton$$

Donde:

$$V_S < V_{S\,lim}$$

Por lo tanto:

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{64}{2} = 32\ cm$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde se tendría la siguiente distribución:

1 Ø 3/8 @ 0.05, 5 Ø 3/8 @ 0.25 y Rto. @ 0.30

Esta viga se también se analizo en base a los criterios de ductilidad exigidos por la Norma, los cuales indican que el primer estribo debe estar a 5 cm. de la cara del apoyo, los de la zona de confinamiento no deben exceder de d/4, 8db ó 30 cm. (el menor) en su espaciamiento, en una distancia desde la cara del apoyo de 2 veces el peralte de la viga, y los estribos fuera de la zona de confinamiento, que deberán estar a un espaciamiento de d/2 como máximo.

Donde se tendría la siguiente distribución:

1 Ø 3/8 @ 0.05, 8 Ø 3/8 @ 0.15, 2 Ø 3/8 @ 0.20 y Rto. @ 0.30

Esta última disposición de estribos fue la que gobernó sobre el caso de la viga analizada.

1.4. Elementos para transmisión de cargas laterales.

Para el caso de la estructura en estudio los elementos de transmisión de carga vertical son las columnas, cuyo diseño será expuesto en profundidad a continuación.

1.4.1. Diseño de Columnas

Las columnas son elementos que reciben las cargas de losas y de vigas con el fin de transmitirlos a la cimentación y permiten que una edificación tenga varios niveles. Desde el punto de vista sísmico, las columnas son elementos muy importantes, pues forman con las vigas los denominados pórticos, que constituyen el esqueleto sismo-resistente. Las columnas son elementos principalmente sometidos a esfuerzos de compresión y simultáneamente a los de flexión (flexo compresión), debido a que tienen momentos flectores transmitidos por las vigas y reciben las cargas axiales de los diferentes niveles de la edificación. La sección

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

transversal de la columna dependerá de la magnitud de la carga vertical que recibe y de la magnitud de los momentos flectores actuantes.

Esbeltez de Columnas

La esbeltez de una columna se evalúa con un factor de corrección denominado δ, el cual se subdivide en $\delta 1$ (δ local o δ individual), que corrige al momento flector debido a cargas de gravedad, y en δg (δ global), que corrige al momento flector debido a los desplazamientos laterales relativos generados en la mayoría de casos por el sismo. El factor $\delta 1$ afecta a las columnas como elementos individuales, mientras que el δg afecta a todas las columnas de un entrepiso por igual, considerando que los desplazamientos laterales son iguales para todas las columnas de un entrepiso. En un edificio, normalmente las columnas propensas a ser corregidas por esbeltez local son las de menor sección, la de mayor longitud (como por ejemplo en el caso de una columna sin arriostramiento intermedio que tenga doble altura), o la de mayor carga axial.

Efecto Local de Esbeltez

El efecto local de esbeltez en una columna se puede despreciar si se cumple lo siguiente:

$$\frac{L_n}{r} < 34 - \frac{M_1}{M_2}$$

Donde:

L_n = Luz libre de la columna en la dirección analizada, considerándose la distancia entre las vigas o losas capaces de proporcionar apoyo lateral.

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

r = Radio de giro de la sección transversal

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

M_1 = Momento flector menor de diseño en el extremo de la columna; es positivo si el elemento está flexionado en curvatura simple y es negativo si hay doble curvatura.

M_2 = Momento flector mayor de diseño en el extremo de la columna, siempre positivo. Si se diera el caso que no fuera despreciable el efecto de esbeltez, éste se debería calcular con la siguiente fórmula:

$$\delta 1 = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\emptyset P_c}} \geq 1$$

Donde:

P_u = Carga amplificada actuante sobre la columna.

$\emptyset$ = Factor de reducción de la resistencia, igual a 0.7 para el caso de columnas estribadas.

P_c = Carga crítica de pandeo (Fórmula de Euler)

C_m = Coeficiente que considera la relación de los momentos de los nudos y el tipo de curvatura.

Flexocompresión de Columnas

El diseño por flexo-compresión de las columnas, se hace mediante el uso de los diagramas de interacción, los cuales pueden ser elaborados con el uso de la teoría explicada en diversos libros; sin embargo, para evitar la elaboración de estos diagramas, al menos de aquellos de columnas de formas convencionales.

Se puede hacer uso de los ábacos de diseño, los cuales son diagramas de interacción genéricos elaborados para diferentes formas de columnas, diferentes resistencias del concreto, diferentes resistencias del acero y diferentes disposiciones del refuerzo vertical.

Otra alternativa, la cual es muy usada hoy en día, es hacer uso de programas de cómputo, los cuales permiten obtener de manera rápida diagramas de interacción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cortante en Columnas

El diseño por fuerza cortante de las columnas se debe hacer con el mayor valor de los siguientes dos casos: El mayor V_u de las 5 combinaciones de diseño, o el cortante obtenido de la siguiente fórmula:

$$\frac{M_a + M_b}{L_n}$$

Donde M_a y M_b son los momentos nominales a los extremos de la luz libre de la columna, uno en la parte superior y otro en la parte inferior, y L_n es la luz libre de la columna. En el segundo caso mencionado, los momentos de M_a y M_b se obtienen del diagrama de interacción y son los momentos que realmente puede ser capaz de resistir la columna con el acero colocado. El objetivo de hallar un cortante a partir de los momentos nominales, es el de evitar que el elemento falle por cortante, ya que generalmente al diseñar por flexo-compresión, queda una holgura en el diseño. Esa holgura se traduce como una sobrerresistencia que se le da a la columna por flexo-compresión; por lo tanto, se debe compensar este incremento de resistencia haciendo que la columna también tenga una sobrerresistencia por cortante. Con esto se asegura que si el elemento debe fallar, falle por flexión y no por corte.

De los dos casos mencionados líneas arriba, generalmente gobierna el caso del cortante obtenido a partir de los momentos nominales; sin embargo, algunas veces se da que este cortante resulta ser varias veces más grande que el mayor valor de las 5 combinaciones de diseño, lo cual no tiene concordancia con el factor R aplicado, ya que no se tiene porqué diseñar con una fuerza cortante mayor que la que resultaría de multiplicar la fuerza cortante del análisis elástico por el factor de reducción (R).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Teóricamente, para poder conocer cuales son los valores de los momentos nominales mencionados anteriormente (M_a y M_b), se deben analizar los puntos de diseño que sirvieron para la verificación en el diagrama de interacción, al momento de diseñar por flexo-compresión. Estos puntos son el resultado de aplicar las combinaciones de diseño a las cargas axiales y los momentos flectores. El objetivo, es hallar del mismo diagrama de interacción, qué momento nominal está asociado a cada uno de los 4 puntos, de las 5 combinaciones de diseño, que incluyen el efecto del sismo. Conocidos estos 4 valores de momento nominal, se toma el mayor de ellos, y con ese valor se trabajará. Como se mostrará en la fórmula del aporte al cortante del concreto (V_c), la carga axial amplificada interviene en ella. Esta carga axial amplificada (N_u) es la correspondiente al momento nominal seleccionado anteriormente, con el que se trabajará. Entonces, conocido el valor del cortante de diseño (V_u diseño), se aplica la fórmula del aporte al cortante del refuerzo transversal:

$$V_S = \frac{V_u Diseño}{\emptyset} - V_C$$

$$Donde\ \emptyset = 0.85$$

Para el cálculo del V_c se aplica la siguiente fórmula:

$$V_C = 0.53 \times \sqrt{f'c} \times \left(1 + \frac{N_u}{140 \times A_g}\right) \times b_w \times d$$

N_u = Carga Axial Amplificada asociada al momento nominal mayor (explicado líneas atrás).

A_g = Es el área bruta de la sección. Conocido el valor del V_s, se calcula el espaciamiento de los estribos:

$$S = \frac{A_v \times fy \times d}{Vs}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el diseño por cortante de columnas, en la mayoría de los casos no gobierna lo planteado anteriormente, sino que gobierna el espaciamiento indicado por la Norma Peruana que sostiene lo siguiente:

- Fuera de la zona de confinamiento, el espaciamiento máximo será el menor de los siguientes tres valores: $16 \times d_b$ (d_b = diámetro de la barra), la menor dimensión de la columna ó 30 cm.
- Dentro de la zona de confinamiento, el espaciamiento máximo de los estribos será el menor de los siguientes dos valores: 10 cm. ó la menor dimensión de la mitad de cada una de las dimensiones de la columna. El primer estribo se colocará a 5 cm. medido desde la cara.
- La dimensión de la zona de confinamiento será la mayor de las siguientes medidas: 1/6 de la luz libre de la columna, la máxima dimensión de la sección transversal de la columna ó 45 cm.

Flexión Biaxial

En el caso de las columnas de este proyecto, no hubo ninguna que presentara problemas de flexión biaxial, ya que ésta es crítica cuando hay un gran momento actuante por cargas de gravedad en la dirección transversal al sismo predominante, lo que no se dio en las columnas de este edificio.

Anclaje de Columnas

Los fierros longitudinales de las columnas, al llegar al último piso (octavo), deberían de anclar con el L_{dg} y doblar una distancia de 12 d_b; sin embargo, por criterios prácticos se ha uniformizado todos los dobleces en 30 cm., que es lo que se necesita para el Ø1".

1.4.2. Ejemplo de Diseño de una Columna

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

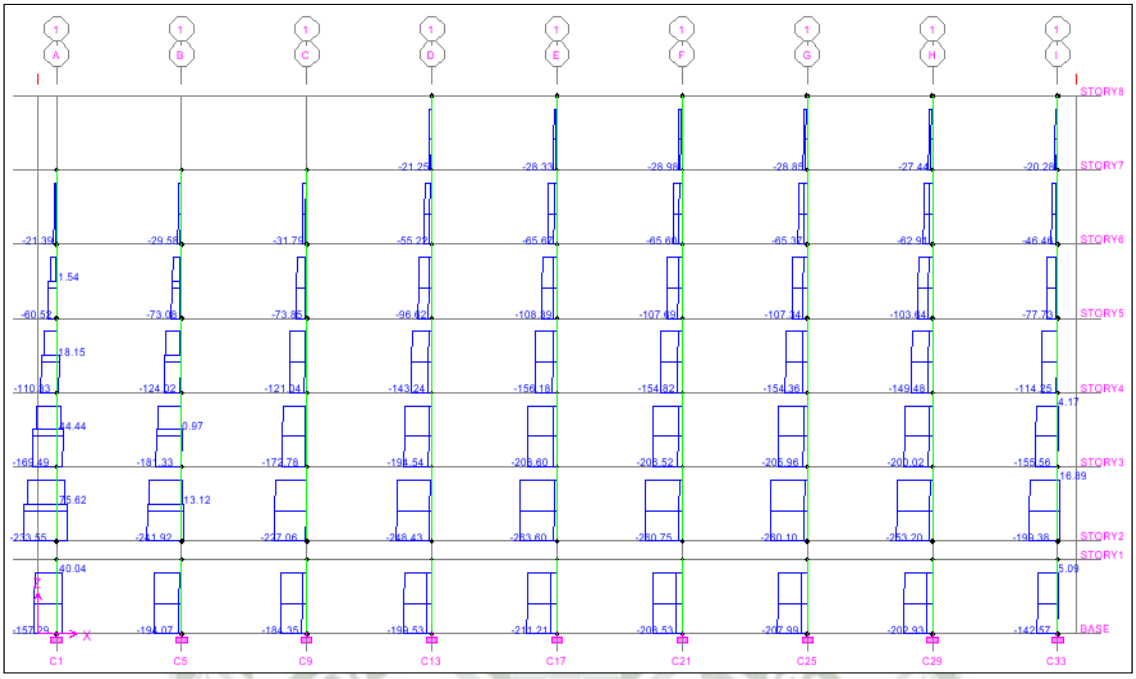
Presentaremos a continuación los diagramas de carga axial determinados en el análisis de la estructura para la combinación de diseño DINAMICO.

Después de exponer los diagramas determinaremos que columna se utilizara para ejemplificar el diseño de la misma; este diseño se cumplirá para todas las demás columnas por ser una sección típica.

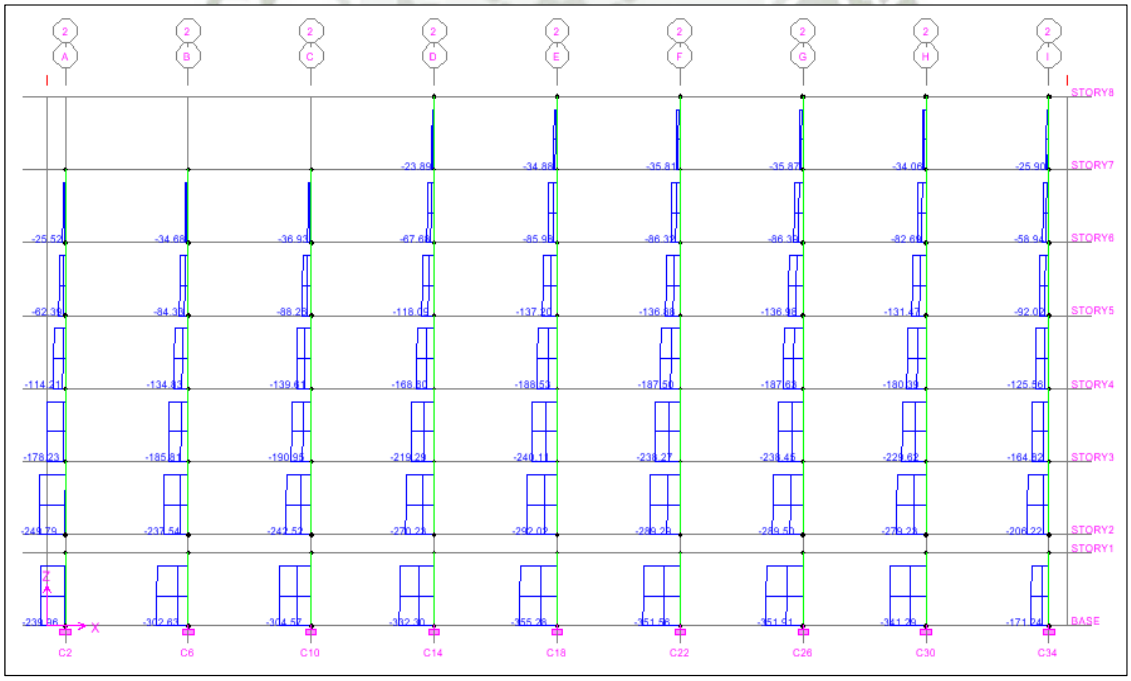
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 50 DMF de la Estructura en el Eje D

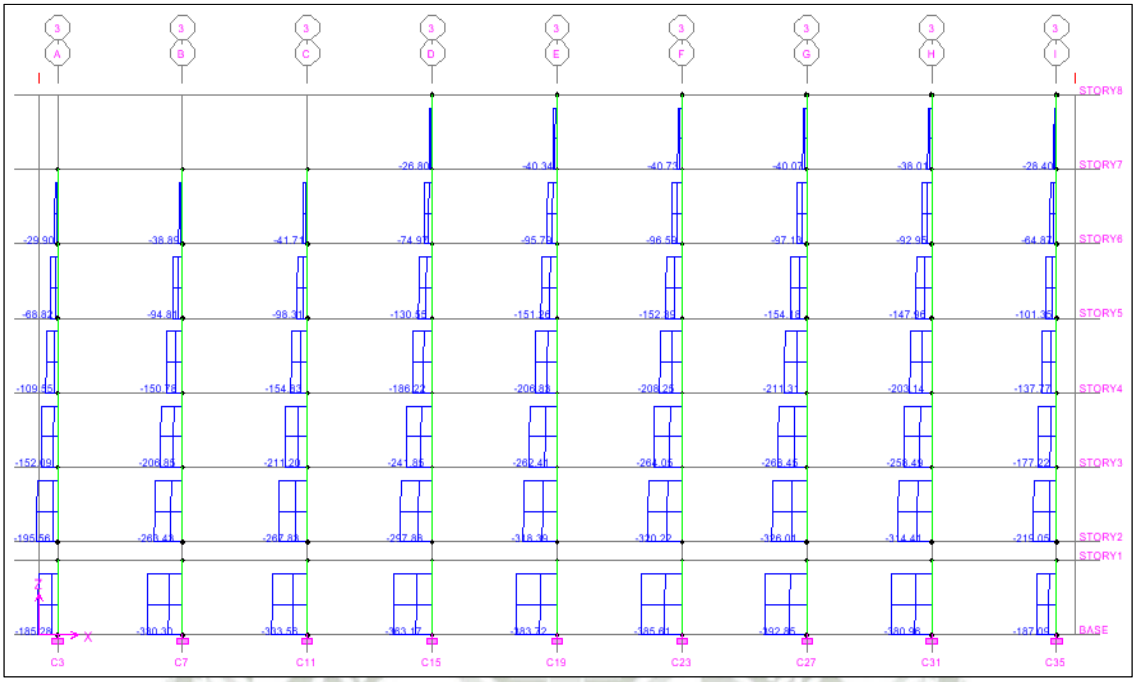


Gráfica 51 DMF de la Estructura en el Eje C

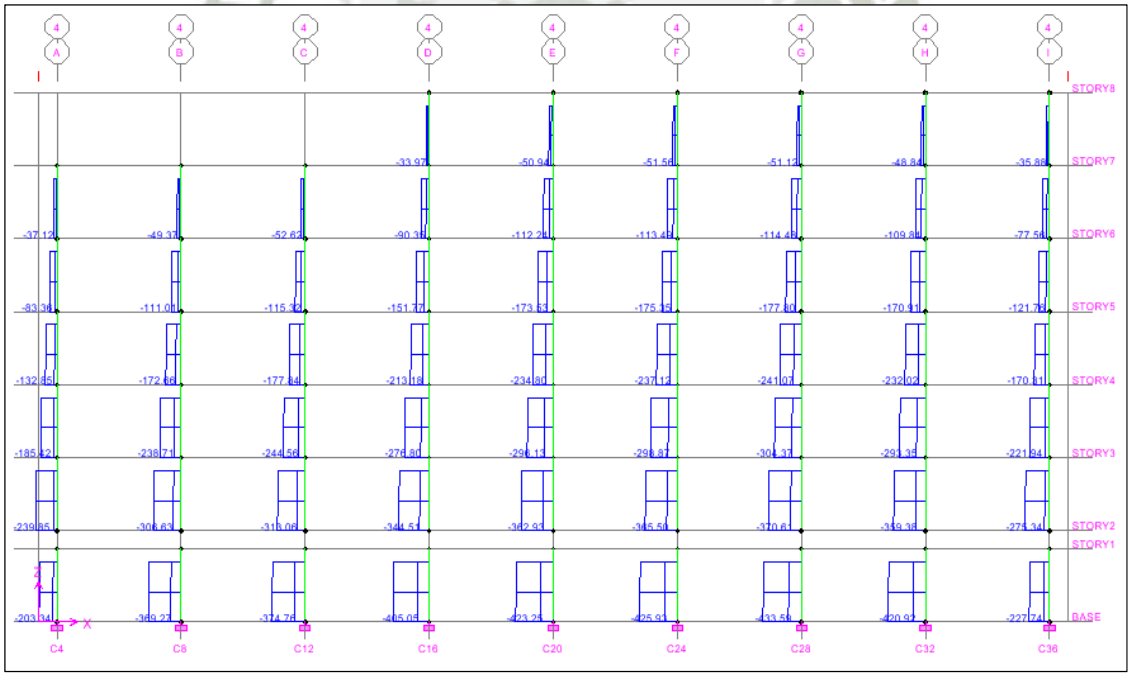
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 52 DMF de la Estructura en el Eje B



Gráfica 53 DMF de la Estructura en el Eje A

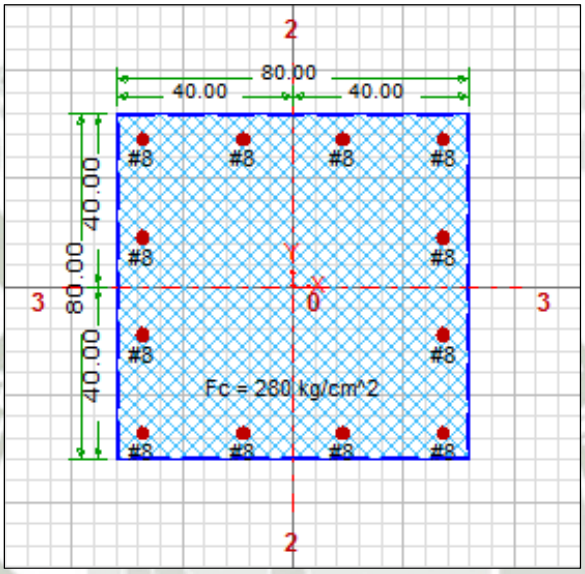
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Se procederá con la ejemplificación del diseño de una de las columnas típicas de la estructura, en este caso se escogió a la columna C-28 por ser la mas cargada axialmente.

Presentamos la sección de la columna ingresada en el programa CSiCol con una distribución de acero mínimo de 12 ø de 1" quedando definida así:



Gráfica 54 Sección de la Columna C-28

Resultados del análisis estructural en la envolvente DINAX:

	P(Ton)	M 2-2(Ton*m)	M 3-3 (Ton*m)	V 2-2 (Ton)	V 3-3 (Ton)
Top	367.62	0.266	33.581	24.62	0.13
Bottom		-0.149	-46.435	-24.62	0.13

Datos de la columna:

Sección	80 cm × 80 cm
Área	6400 cm^2
ln	3.70 m

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Efecto Local de Esbeltez:

La norma E.060 señala que en las estructuras sin desplazamiento lateral se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión si se verifica que:

$$\frac{k \times lu}{r} \leq 32 - 12\left(\frac{M_1}{M_2}\right)$$

Donde:

k Factor de longitud efectiva (k=1, para estructuras arriostradas)

lu Longitud no arriostrada de un elemento en compresión.

r Radio de giro de la sección transversal (para secciones rectangulares r=0.30 h)

M_1 Momento flector menor de diseño en el extremo de la columna, es positivo si la columna es flexionada en curvatura simple y es negativo si hay doble curvatura.

M_2 Momento flector menor de diseño en el extremo de la columna, siempre es positivo.

Si:

M_1 = -0.149 Ton × m, M_2 = 0.266 Ton × m

$$\frac{l_u}{r} = \frac{(3.70 - 0.80)}{0.30 \times 0.80} = \frac{2.90}{0.24} = 12.08$$

Si tenemos:

$$34 - 12\frac{M_1}{M_2} = 34 - 12\left(\frac{-0.149}{0.266}\right) = 40.72$$

Donde:

$$40.72 > 12.08$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cumplida la inecuación el efecto local de esbeltez no se considera en este tipo de columna

Resultados del análisis estructural en la envolvente DINAY:

	P(Ton)	M 2-2(Ton*m)	M 3-3 (Ton*m)	V 2-2 (Ton)	V 3-3 (Ton)
Top	367.62	21.493	0.114	0.08	16.49
Botom		-32.103	-0.147	-0.08	16.49

Datos de la columna:

Sección	80 cm × 80 cm
Área	6400 cm^2
ln	3.70 m

Efecto Local de Esbeltez:

Debemos verificar que:

$$\frac{k \times lu}{r} \leq 32 - 12\left(\frac{M_1}{M_2}\right)$$

Donde:

k Factor de longitud efectiva (k=1, para estructuras arriostradas)

lu Longitud no arriostrada de un elemento en compresión.

r Radio de giro de la sección transversal (para secciones rectangulares r=0.30 h)

M_1 Momento flector menor de diseño en el extremo de la columna, es positivo si la columna es flexionada en curvatura simple y es negativo si hay doble curvatura.

M_2 Momento flector menor de diseño en el extremo de la columna, siempre es positivo.

Si:

M_1 = -32.103 Ton × m, M_2 = 21.493 Ton × m

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\frac{l_u}{r} = \frac{(3.70 - 0.80)}{0.30 \times 0.80} = \frac{2.90}{0.24} = 12.08$$

Si tenemos:

$$34 - 12\frac{M_1}{M_2} = 34 - 12\left(\frac{-32.103}{21.493}\right) = 51.92$$

Donde:

$$51.92 > 12.08$$

Cumplida la inecuación el efecto local de esbeltez no se considera en este tipo de columna

Cálculo de la cuantía necesaria para soportar la carga axial actuante (Pu)

Considerando que las cuantías de acero para columnas varían de 1% a 6%, se considerará 12 Ø 1”, que corresponde a una cuantía del 0.96%

Diagrama de interacción (CSICOL) en X-X

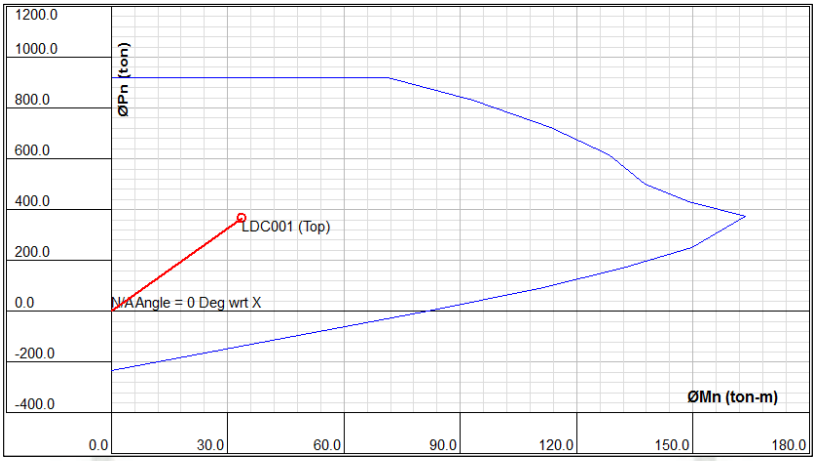
f’c	280 Kgf/cm2
fy	4200 Kgf/cm2
P_{uact}	367.62 Tn
M_{ux} *Bot*	-46.435 Ton × m
M_{uy} *Bot*	-0.149 Ton × m
M_{ux} *Top*	33.581 Ton × m
M_{uy} *Bot*	0.266 Ton × m

Con estos datos podemos obtener los diagramas de interacción mostrados a continuación:

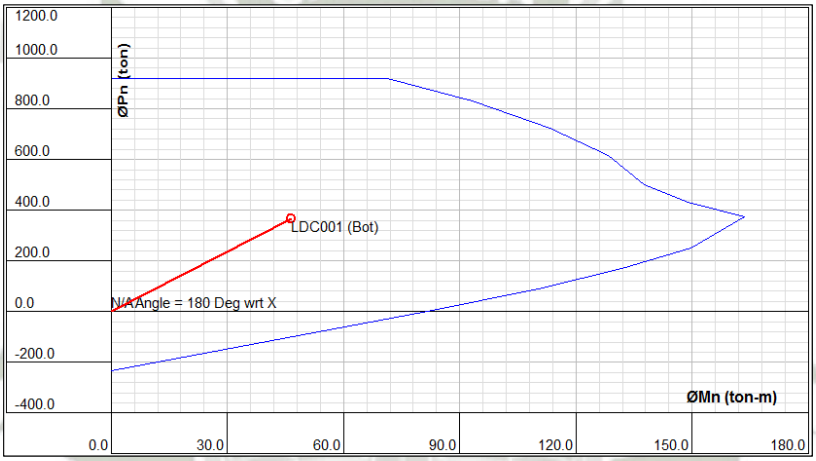
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Gráfica 55 Diagrama de Interacción parte superior en Columna C-28



Gráfica 56 Diagrama de Interacción parte inferior en Columna C-28

Diagrama de interacción (CSICOL) en Y-Y

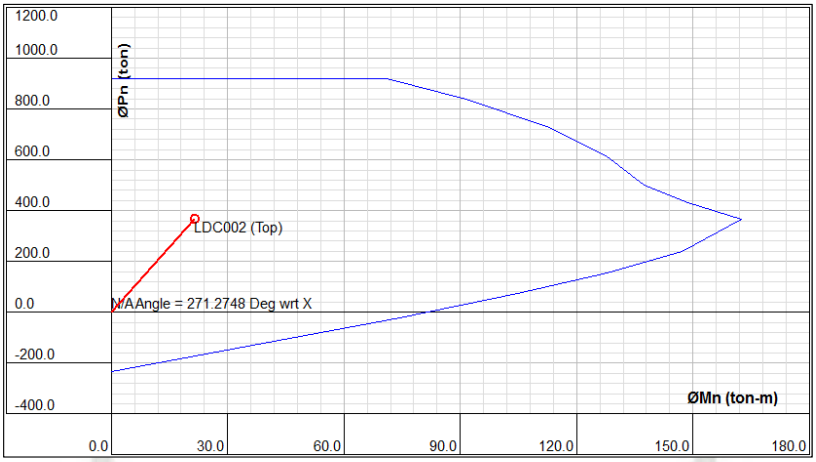
f'c	280 Kgf/cm2
fy	4200 Kgf/cm2
P_{uact}	367.62 Tn
M_{ux} *Bot*	-0.147 Ton × m
M_{uy} *Bot*	-32.103 Ton × m
M_{ux} *Top*	0.114 Ton × m
M_{uy} *Bot*	21.493 Ton × m

Con estos datos podemos obtener los diagramas de interacción siguientes:

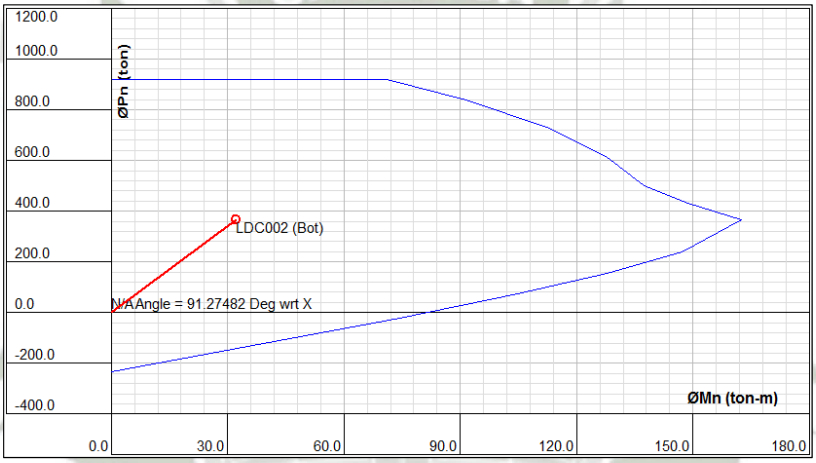
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Gráfica 57 Diagrama de Interacción parte superior en Columna C-28



Gráfica 58 Diagrama de Interacción parte inferior en Columna C-28

De los diagramas mostrados podemos observar que el diseño propuesto para la columna cumple con los esfuerzos requeridos.

Verificación por Flexión Biaxial

Se procederá con la verificación del diseño sometido a flexión biaxial empezando por la exposición de los datos necesarios, así:

P_{Uact}	367.62 Tn
Ø	0.70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

f'c	280 Kgf/ cm^2
f'y	4200 Kgf/ cm^2
Ag	6400 cm^2
As	61.20 cm^2

Tenemos que:

$$P_{no} = [0.85 \times f'c \times (A_g - A_s) + A_s \times f'y] \times 10^{-3}$$

$$P_{no} = [0.85 \times 280 \times (6400 - 61.20) + 61.20 \times 4200] \times 10^{-3}$$

$$P_{no} = 1765.67\ Ton$$

Donde:

$$\emptyset P_{no} = 0.70 \times 1765.67\ Ton$$

$$\emptyset P_{no} = 1235.97\ Ton$$

De los diagramas de interacción tenemos que:

$$\emptyset P_{nx} = 920\ Ton$$

$$\emptyset P_{ny} = 920\ Ton$$

$$\frac{1}{Pu} = \frac{1}{\emptyset Pnx} + \frac{1}{\emptyset Pny} - \frac{1}{\emptyset P_{no}}$$

$$\frac{1}{Pu} = \frac{1}{920} + \frac{1}{920} - \frac{1}{1235.97}$$

$$Pu = 732.69\ Ton$$

Realizamos la verificación:

$$R1 = \frac{Pu}{\emptyset P_{no}} \geq 0.1$$

$$R1 = \frac{732.69}{1235.97} \geq 0.1$$

$$R1 = 0.59 \geq 0.1$$

$Pu > P_{Uact}$ por lo que la columna de 80 cm × 80 cm cumple con la verificación biaxial.

Diseño por Cortante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Procedemos con el diseño por cortante de la columna, expondremos los datos a ser utilizados:

P_{Uact}	367.62 Ton
V_{Uact}	24.89 Ton
Ø	0.85
f'c	280 Kgf/ cm^2
f'y	4200 Kgf/ cm^2
Ag	6400 cm^2
Av	0.71×6 cm^2
db	5.10 cm
d	66 cm
a	70 cm
b	70 cm
ln	370 cm

La contribución del concreto *Vc* está dada por:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c} \times b_w \times d\left(1 + 0.0071 \times \frac{Pu}{Ag}\right)$$

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{280} \times 70 \times 66\left(1 + 0.0071 \times \frac{367.62}{6400} \times 10^3\right) \times 10^{-4}$$

$$V_c = 5.77\ Ton$$

La contribución del acero *Vs* está dada por:

$$V_S = \frac{24.89}{0.85} - 5.77$$

$$V_S = 23.51\ Ton$$

Por lo tanto tendremos un espaciamiento máximo "S" de:

$$S = \frac{A_v \times fy \times d}{V_S} = \frac{(0.71 \times 6) \times 4200 \times 66}{23510} = 50\ cm$$

Longitud de la Zona de Confinamiento:

Deberá considerarse el mayor de los siguientes valores:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$lo^1 = \frac{l_n}{6} = 62\ cm$$

$$lo^2 = (a, b) = 70\ cm$$

$$lo^3 = 45\ cm$$

Tomamos como valor para la zona de confinamiento 70 cm.

Separación Dentro de la Zona de Confinamiento:

Los estribos se colocarán en esta zona con un espaciamiento "S" que no exceda del menor de los siguientes valores:

$$S^1 = min\left(\frac{a}{2}, \frac{b}{2}\right) = 35\ cm$$

$$S^2 = 10\ cm$$

Tomamos como valor de separación en de la zona de confinamiento 10 cm.

Separación Fuera de la Zona de Confinamiento:

Los estribos se colocarán en esta zona con un espaciamiento "S" que no exceda del menor de los siguientes valores:

$$S^1 = 16\ db = 40.64\ cm$$

$$S^2 = min(a, b) = 70\ cm$$

$$S^3 = 30\ cm$$

La separación fuera de la zona de confinamiento será de 30 cm.

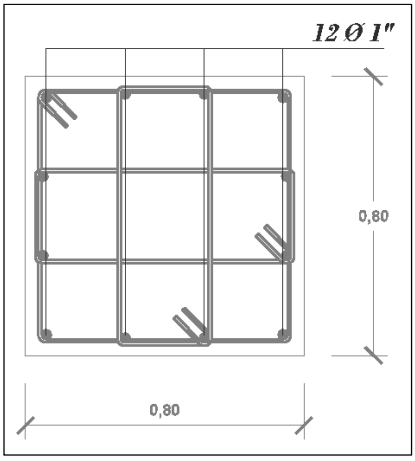
De esta manera podemos concluir que la distribución del estribaje para nuestras columnas se puede resumir de la siguiente forma:

1 ∅ 3/8 @ 0.05, 6 ∅ 3/8 @ 0.10, 2 ∅ 3/8 @ 0.20 y Rto. @ 0.30

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Gráfica 59 Sección Columna típica C-1

Separación Dentro del Nudo (S''):

La separación dentro del encuentro viga-columna será de 15 cm.

1.4.3. Diseño de Muros de Contención

Los muros de sótano se diseñarán para resistir el empuje del suelo, el diseño de muro de sótano está gobernado básicamente por las cargas perpendiculares al plano del muro, llamado empuje de los suelos en reposo. Para nuestro caso de estudio el muro de contención también realizara la función de ser una pequeña fosa sísmica que será necesaria para la separación que debe tener la estructura del terreno adyacente para poder desplazarse durante un sismo.

Estos son los datos que se usaran para el diseño:

Peso Especifico Terreno (γ)	1.50 Tnf/m^3
Angulo de Fricción Interna (Ø)	30°
Altura de Muro	4.00 m
Espesor de Muro	0.25 m

Diseño por Flexión

Coeficiente de Presión Activa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

$$K_a = \frac{1 - Sen\emptyset}{1 + Sen\emptyset}$$

$$Ka = 0.333$$

Considerando un factor de seguridad de 1.30 para el diseño por el método a la rotura de muros de concreto armado:

$$Ka = 0.333 \times 1.30$$

$$Ka = 0.433$$

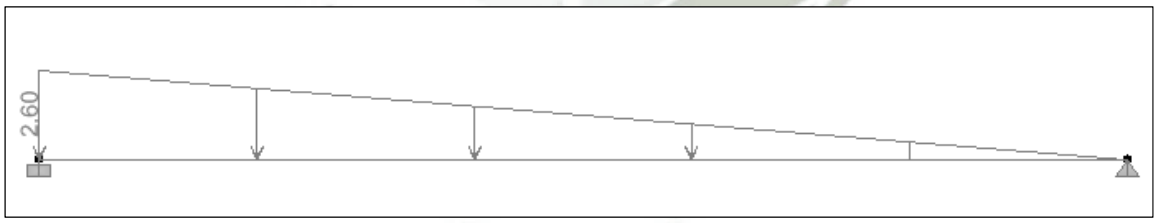
La presión ejercida por el empuje de tierras se ha tomado por simplificación como un prisma de presiones, por lo tanto la presión a una profundidad de cimentación será:

$$q = \gamma \times h \times K_a$$

$$q = 1.50 \times 4.00 \times 0.433$$

$$q = 2.598\ Ton/m^2$$

Resultados del Análisis

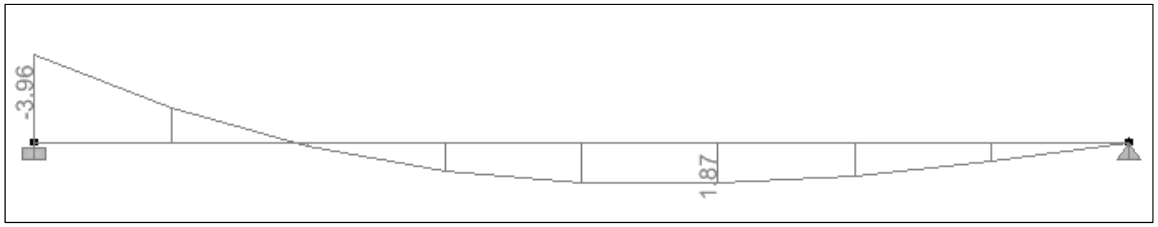


Gráfica 60 Carga Distribuida en Muro de Contención

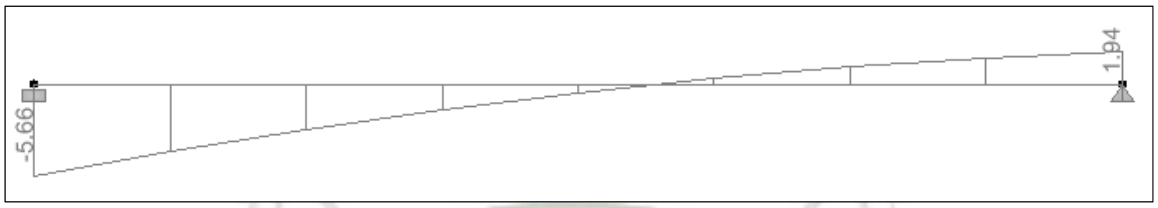
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Gráfica 61 DMF en Muro de Contención



Gráfica 62 DFC en Muro de Contención

Con el máximo valor del momento flector, calculamos el área de acero vertical necesario mediante el uso de las fórmulas para secciones rectangulares, para ello consideramos un ancho tributario de 1.0 m.

Para:

$$M_U = 3.96\ Tnf \times m$$

$$V_U = 5.66\ Tnf$$

Tenemos que:

$$As_{min} = 0.0023 \times 100 \times 25$$

$$As_{min} = 5.75\ cm^2$$

El acero calculado será:

$$K_u = \frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{3.96\ Tnf * m \times 10^5}{100\ cm\ \times (25\ cm)^2} \emptyset$$

$$K_u = 6.336$$

Donde la cuantía correspondiente es:

$$\rho = 0.0018$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde tenemos que:

$$As = 0.0018 \times 100 \times 25$$

$$As = 4.50\ cm^2$$

Donde el acero mínimo se impone, por lo que la distribución del acero será:

Ø 3/8" @ 0.25 m en Horizontal.

Diseño por Cortante

Donde tenemos:

$$\emptyset V_C = \emptyset \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$\emptyset V_C = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{280} \times 100 \times 21$$

$$\emptyset V_C = 15.83\ Ton$$

Se cumple que:

$$\emptyset V_C > V_U$$

Por lo que se demuestra que el concreto por si solo es capaz de resistir todo el cortante ultimo, con lo que el muro queda defino así:

Doble malla Ø 3/8" @ 0.25 m en horizontal y vertical.

1.5. Cimentación de la Estructura

La cimentación propuesta para esta estructura será una platea de cimentación puesto que la baja capacidad portante del terreno genera abundantes zapatas combinadas en más del 60% de la superficie del terreno.

Predimensionamiento de la Losa de Cimentación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Predimensionaremos el área necesaria para la losa de cimentación tomando un espesor de losa de 0.55 m.

$$\mathrm{A_{Losa}} = \frac{(P_D + P_L) \times (1 + \%)}{q_{adm}}$$

$$\mathrm{A_{Losa}} = \frac{(8054.84\ Tnf) \times (1 + 0.07)}{1.00\ \times 10\ \mathrm{Tnf}/m^2 - (2.4 \times 0.55)}$$

$$\mathrm{A_{Losa}} = 992.94\ m^2$$

Siendo esta el área mínima necesaria para la losa de cimentación se opta por colocar la losa en la totalidad del área de la estructura, por lo que tendremos:

$$\mathrm{A_{Losa}} = 58.10\ \mathrm{m}\ \times 19.05\ \mathrm{m}$$

$$\mathrm{A_{Losa}} = 1106.805\ m^2$$

Comprobamos el espesor de la losa:

$$\mathrm{L_{dg}} = \frac{318\ \times d_b}{\sqrt{f'c}}$$

$$\mathrm{L_{dg}} = \frac{318\ \times 2.54}{\sqrt{280}}$$

$$\mathrm{L_{dg}} = 48.3\ \mathrm{cm}$$

Si a este valor agregamos el recubrimiento de 7 cm, obtenemos 55.3 cm lo cual se puede redondear a 55 cm de altura ya que se usara solado para la losa de cimentación.

Chequeo de la Carga Última

Realizamos el chequeo de carga última en el terreno por la losa de cimentación así:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$q_u = \frac{1.4 \times P_D + 1.7 \times P_L}{A_{Losa}}$$

$$q_u = \frac{10284.45\ Tnf}{1106.805\ m^2}$$

$$q_u = 9.29\ Tnf/m^2$$

Donde:

$$FS = \frac{q_{adm}}{q_u} = \frac{10.00}{9.29} = 1.08$$

Verificación por Cortante

Donde determinamos en cortante que absorbe el concreto así:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c} \times b \times d_{prom}$$

$$V_c = 0.53\sqrt{280} \times 100\ cm \times 45\ cm/1000$$

$$V_c = 39.9\ Tnf$$

Donde el cortante admisible es:

$$V_{uc} = \emptyset V_C = 0.85 \times 39.9\ Tnf = 33.92\ Tnf$$

Determinamos el cortante último generado a una distancia *d* de la columna así:

$$V_U = q_u \times d \times 1$$

$$V_U = 9.29\ Tnf/m^2 \times 0.45\ m\ \times 1\ m = \ 4.18\ Tnf$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Comparando con el cortante último admisible tenemos:

$$V_U < V_{UC}$$

Por lo que se determina que la sección no fallara por cortante.

Verificación por Punzonamiento

Primero determinaremos el esfuerzo de corte en el perímetro crítico con la siguiente fórmula:

$$V_C = \left(0.53 + \frac{1.1}{\beta_0}\right)\sqrt{f'c} \times b_0 \times d_{prom}$$

Donde:

$$b_o = 2(b + d_{prom}) + 2(t + d_{prom})$$

$$b_o = 2(0.70 + 0.45) + 2(0.70 + 0.45)$$

$$b_o = 4.60\ m$$

Y donde:

$$\beta_0 = \frac{Dimension\ menor\ C-28}{Dimension\ mayor\ C-28} = \frac{b}{t} = 1$$

Remplazando en la primera ecuación tenemos:

$$V_C = \left(0.53 + \frac{1.1}{1}\right)\sqrt{280} \times 460\ cm\ \times 45\ cm/1000$$

$$V_C = 575\ Tnf$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

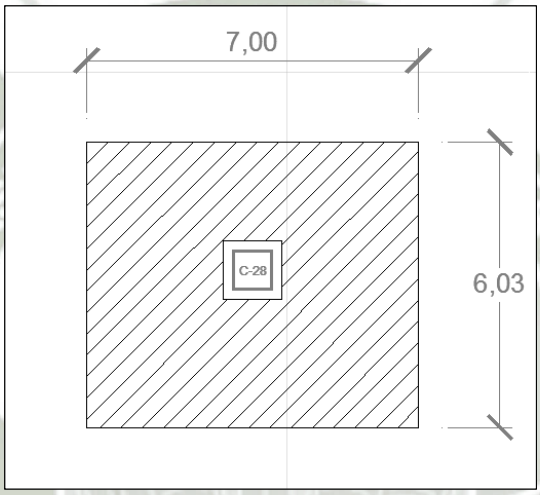
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ahora determinamos el cortante último del perímetro:

$$V_{UC} = \emptyset V_C = 0.85 \times 575\ Tnf = 488.75\ Tnf$$

Determinaremos el esfuerzo cortante generado por el terreno sobre la losa de cimentación en el área circundante a la columna C-28 para compararlo con el cortante último admisible ya determinado. Este esfuerzo será determinado utilizando el área de influencia correspondiente a la columna típica C-28 por ser la más crítica para este caso, teniendo así:



Gráfica 63 Área de influencia de la Columna sobre Losa de Cimentación

$$A_{somb} = A_{influencia} - A_0$$

$$A_{somb} = (7.00\ m \times 6.03\ m) - [(0.90\ m + 0.45\ m) \times (0.90\ m + 0.45\ m)]$$

$$A_{somb} = 40.39\ m^2$$

Donde ya podemos calcular el cortante último:

$$V_U = q_u \times A_{somb} = 9.29\ Tnf/m^2 \times 40.39\ m^2 = 375.22\ Tnf$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

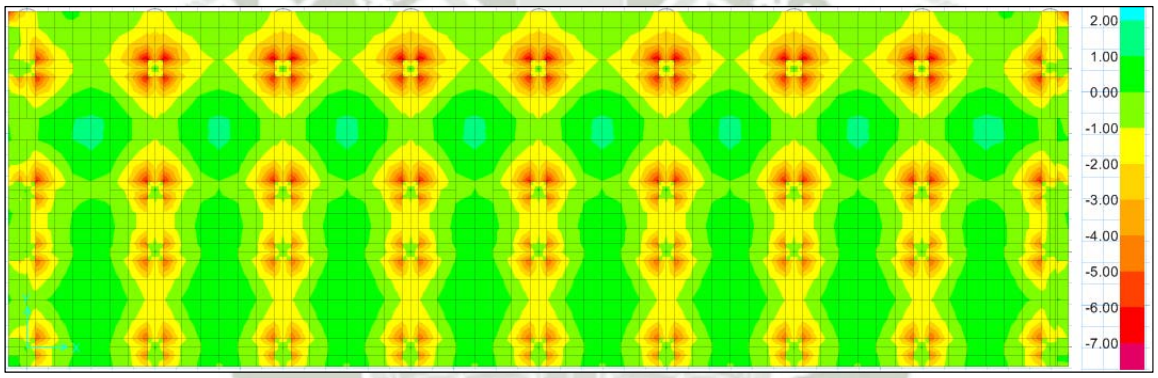
Entonces verificamos que se cumple:

$$V_U < V_{UC}$$

Por lo que la losa de cimentación no falla por punzonamiento.

Diseño por Flexión

Para el diseño por flexión de la losa maciza se introdujo esta en el programa SAFE para el cálculo de los momentos positivos y negativos a los que es sometida obteniendo la siguiente gráfica:



Gráfica 64 DMF en el área de la Losa de Cimentación ($Tnf \times m/m$)

De los valores máximos obtenidos se tiene:

$$K_U = \frac{M_U}{bd^2} = \frac{7.83 \times 10^5}{100 \times 48^2} = 3.40$$

Al ser un *Ku* tan pequeño se asume la cuantía mínima para este caso:

$$\rho_{min} = 0.0018$$

Ahora determinamos el área de acero para la losa:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$A_s = \rho_{min} \times 100 \times peralte$$

$$A_s = 0.0018 \times 100 \times 48 = 8.64\ cm^2$$

Hallamos el acero necesario por temperatura:

$$A_{st} = \rho_{min} \times 100 \times peralte\ total$$

$$A_{st} = 0.0018 \times 100 \times 55 = 9.90\ cm^2$$

Ya que el valor del acero por temperatura es mayor al del acero por flexión se corrige el primero por el 33% así:

$$A_{sc} = A_{sc} \times 1.33$$

$$A_{sc} = 8.64\ cm^2 \times 1.33 = 11.49\ cm^2$$

Distribuimos el acero en la sección de la losa dada y obtenemos el acero a colocarse:

Malla inferior: Ø 1/2" @ 0.20 en H y V

Malla superior: Ø 1/2" @ 0.20 en H y V

Con lo que finaliza el diseño de la losa de cimentación.

1.6. Elementos estructurales adicionales

El elemento adicional a la estructura más importante para nuestro caso será la escalera, donde se procederá a explicar sucintamente los criterios asumidos para su diseño y las características especiales de la misma.

1.6.1. Escalera

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En la modelación de la escalera de este edificio se considera una separación, donde la escalera descansa en el primer nivel y se genera una separación de 2.5 cm para que continúe un segundo tramo de esta hacia el sótano de la estructura. Un espesor mínimo recomendado por algunos diseñadores para la garganta de la escalera es de 15 cm donde para otros es 12 cm, para este caso se consideró un espesor de 15 cm.

El refuerzo colocado transversalmente en la garganta de la escalera fue de 3/8. Ø @ 0.25 m. en la parte inferior y 3/8. Ø @ 0.25 m. en la parte superior. Aunque teóricamente puede no necesitar refuerzo en la parte superior, por armado del fierro longitudinal, es recomendable su colocación. El refuerzo colocado longitudinalmente en la escalera fue de 3/8. Ø @ 0.20 m., tanto en la parte inferior como en la superior.

1.7. Aisladores Sísmicos

Si bien el diseño propiamente dicho de la geometría y características mecánicas de los aisladores fue previamente expuesto, dejamos para esta parte los detalles estructurales del correcto anclaje de los aisladores a la estructura para que de esta forma puedan desempeñar su función dentro de la misma.

Estos detalles dependen del tipo de aislador a usarse, ya que varían entre fabricantes, para nuestro caso en particular optaremos por utilizar aisladores elastoméricos con núcleo de plomo de la empresa DIS (Dynamic Isolation Systems) por ser una empresa de amplia experiencia en la fabricación de los mismos, además que se hizo uso de sus recomendaciones para el predimensionamiento y diseño de nuestros aisladores.

La empresa distribuye información libre sobre algunas de las características geométricas principales de los sistemas de aislamiento que produce; dentro de la información que entrega

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

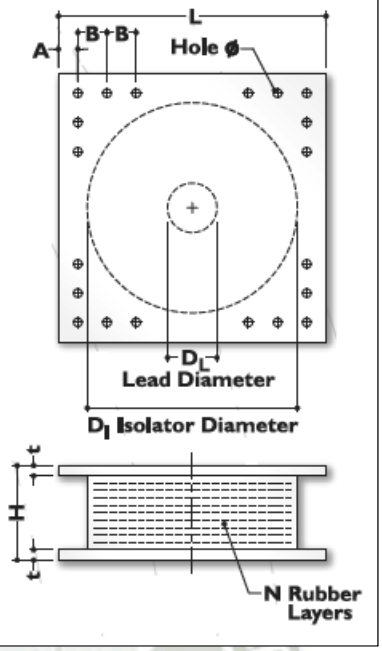
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

se hallan tablas para determinar el tipo de placa y orificios necesarios para el anclaje que se utilizara en cada aislador sísmico. Así tenemos que:

MOUNTING PLATE DIMENSIONS

L (mm)	t (mm)	Hole Qty.	Hole Ø (mm)	A (mm)	B (mm)
355	25	4	27	50	-
405	25	4	27	50	-
455	25	4	27	50	-
510	25	4	27	50	-
570	25	8	27	50	50
620	25	8	27	50	50
700	32	8	27	50	50
750	32	8	33	65	75
800	32	8	33	65	75
850	32	8	33	65	75
900	38	12	33	65	95
955	38	12	33	65	95
1005	38	12	33	65	95
1055	38	12	40	75	115
1105	44	12	40	75	115
1205	44	12	40	75	115
1335	44	16	40	75	115
1435	51	16	40	75	115
1525	51	20	40	75	115
1625	51	20	40	75	115



Gráfica 65 Cuadro de Detalles de Montaje para Aisladores DIS

Revisando la tabla encontramos el diámetro ya definido para nuestros aisladores de 800 mm, vemos que:

- Para este caso le corresponde una plancha de acero de 32 mm de espesor tanto en la base como en la parte superior.
- Se utilizaran 8 agujeros para empotrar el aislador a la estructura, 2 agujeros en cada esquina.
- El diámetro de los agujeros será de 33 mm.

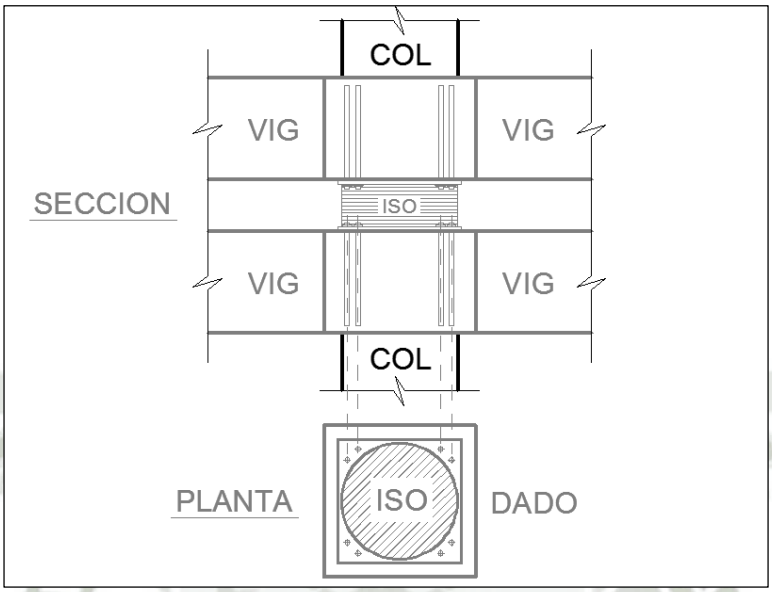
El diámetro de los agujeros también define el diámetro de las barras de acero o conexiones mecánicas que se embeberán en la estructura; la longitud de estas es usualmente 1.5 veces la altura del aislador sísmico, vale decir que para nuestro caso será de 0.65 m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estas conexiones mecánicas se encontraran empotradas en un dado de la unión de vigas y columnas en el plano de aislamiento, además se busca reforzar estos nudos con dados de concreto de un peralte idéntico al de las vigas típicas (0.70 m) y lados iguales (1.05 m)



Gráfica 66 Diagrama de instalación para Aisladores Sísmicos

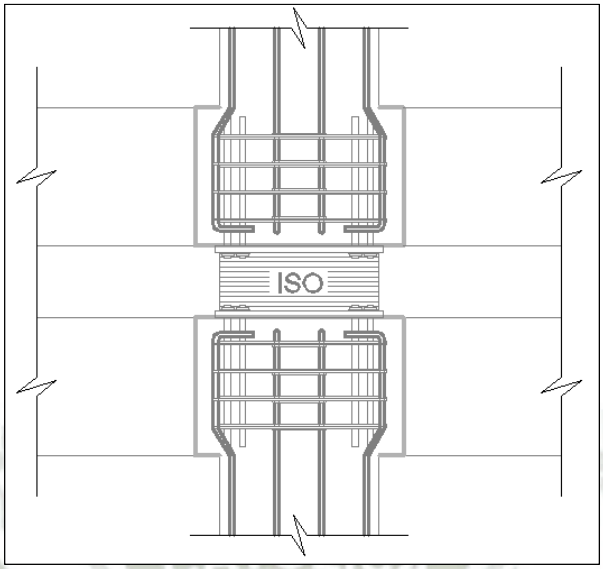
Estos dados servirán para dar confinamiento a los anclajes mecánicos de los aisladores, es por eso que llevaran estribos a un espaciamiento similar al de la zona de confinamiento de las columnas, es decir Ø 3/8" @ 0.10 m.

Los detalles del armado del acero en el interior de este dado se pueden ver en la gráfica a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Gráfica 67 Distribución de acero en dados para Aisladores Sísmicos

Donde en la gráfica se aprecia el corte del nudo superior e inferior y al medio de estos nuestro aislador sísmico, siendo esta la forma correcta de su anclaje y unión a la estructura.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2. CAPÍTULO V: ANALISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTOS

Habiéndose concluido con el diseño de la estructura, incluidos los aisladores sísmicos, se procede al metrado correspondiente para poder determinar vía el análisis de costos unitarios el monto total que implicaría la construcción de esta edificación.

2.1. Análisis de Costos Unitarios

Del metrado realizado ejecutado sobre los planos de estructurales de la edificación en cuestión, se generan los siguientes análisis de costos unitarios:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 01.01 OFICINA, ALMACENES Y COMEDORES DE OBRA

Rendimiento glb/DIA MO. 2.0000 EQ. 2.0000 Costo afectado por el metrado (1.00) **3,981.79**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.4000	14.43	5.77
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	13.12	52.48
0101010005	PEON	hh	0.5000	2.0000	10.58	21.16
						79.41
	Materiales					
0231020004	OFICINA DE OBRA PREFABRICADA DE MADERA	glb		1.0000	950.00	950.00
0231020005	ALMACEN DE OBRA PREFABRICADA DE MADERA	glb		1.0000	950.00	950.00
0231020006	COMEDOR DE OBRA PREFABRICADA DE MADERA	glb		1.0000	2,000.00	2,000.00
						3,900.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	79.41	2.38
						2.38

Partida 01.02 SERVICIOS HIGIENCIOS PROVICIONALES

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo afectado por el metrado (1.00) **1,530.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	14.43	11.54
0101010003	OPERARIO	hh	0.1250	1.0000	13.12	13.12
0101010005	PEON	hh	0.0625	0.5000	10.58	5.29
						29.95
	Materiales					
0259010002	HABILITACION DE SERVICIOS HIGIENICOS PROVISIONALES	glb		1.0000	1,500.00	1,500.00
						1,500.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.95	0.90
						0.90

Partida 02.01 TRAZO Y REPLANTEO DE INICIO DE OBRA

Rendimiento m2/DIA MO. 500.0000 EQ. 500.0000 Costo afectado por el metrado (1,106.81) **1,823.66**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	17.7090	14.43	255.54
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	17.7090	13.12	232.34
0101010005	PEON	hh	3.0000	53.1269	10.58	562.08
						1,049.96
	Materiales					
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		5.5341	58.82	325.52
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		22.1362	3.30	73.05
0276010010	WINCHA METALICA	und		3.3204	13.09	43.46
						442.03
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	17.7090	16.95	300.17
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,049.96	31.50
						331.67

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 02.02 TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA

Rendimiento m2/DIA MO. 500.0000 EQ. 500.0000 Costo afectado por el metrado (6,640.86) **10,941.94**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	106.2538	14.43	1,533.24
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	106.2538	13.12	1,394.05
0101010005	PEON	hh	3.0000	318.7613	10.58	3,372.49
						6,299.78
	Materiales					
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		33.2043	58.82	1,953.08
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		132.8172	3.30	438.30
0276010010	WINCHA METALICA	und		19.9226	13.09	260.79
						2,652.17
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	106.2538	16.95	1,801.00
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	6,299.78	188.99
						1,989.99

Partida 03.01 EXCAVACION MASIVA P/LOSA DE CIMENTACION

Rendimiento m3/DIA MO. 400.0000 EQ. 400.0000 Costo afectado por el metrado (3,597.12) **13,273.94**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	14.3885	14.43	207.63
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	143.8848	13.12	1,887.77
						2,095.40
	Materiales					
0201040001	PETROLEO D-2	gal		240.2876	8.20	1,970.36
						1,970.36
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2,095.40	62.86
03011800020003	TRACTOR DE ORUGAS CAT D6D 140-160HP	hm	1.0000	71.9424	127.12	9,145.32
						9,208.18

Partida 03.02 RELLENO COMP. C/COMPACTADORA 5.8 HP-MAT. PROPIO, C/AGUA

Rendimiento m3/DIA MO. 30.0000 EQ. 30.0000 Costo afectado por el metrado (198.85) **3,747.34**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.3000	15.9080	14.43	229.55
0101010005	PEON	hh	3.0000	159.0800	10.58	1,683.07
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	53.0333	13.12	695.80
						2,608.42
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2,608.42	78.25
0301100009	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	1.0000	53.0333	20.00	1,060.67
						1,138.92

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 03.03 ELIMINACION DE MAT.CARGUIO.MANUAL/VOLQ. 6 m3 V=30 D = 10Km

Rendimiento m3/DIA MO. 24.0000 EQ. 24.0000 Costo afectado por el metrado (3,398.27) **190,618.16**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	0.1000	113.1624	11.70	1,324.00
0101010005	PEON	hh	6.0000	6,796.5400	10.58	71,907.39
						73,231.39
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	73,231.39	2,196.94
03012200040006	CAMION VOLQUETE DE 6 m3	hm	1.0000	1,132.6434	101.70	115,189.83
						117,386.77

Partida 04.01 SOLADO DE 3" PARA LOSA DE CIMENTACION MEZCLA 1:12 C:H

Rendimiento m2/DIA MO. 80.0000 EQ. 80.0000 Costo afectado por el metrado (1,106.81) **23,668.93**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	22.1362	14.43	319.43
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	221.3620	13.12	2,904.27
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	110.6810	11.70	1,294.97
0101010005	PEON	hh	6.0000	664.0860	10.58	7,026.03
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	110.6810	13.12	1,452.13
						12,996.83
	Materiales					
0201010022	ACEITE PARA MOTOR SAE-30	gal		0.6641	15.26	10.13
02010300010001	GASOLINA 84	gal		20.8080	14.85	309.00
0207030001	HORMIGON	m3		99.6129	38.14	3,799.24
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		298.8387	16.70	4,990.61
						9,108.98
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	12,996.83	389.90
03010600020005	REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS	und		27.6703	5.00	138.35
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO (9-11 P3)	hm	1.0000	110.6810	9.35	1,034.87
						1,563.12

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.01.01 CONCRETO f'c = 280 Kg/cm2 P/LOSAS DE CIMENTACION

Rendimiento m3/DIA MO. 19.5600 EQ. 19.5600 Costo afectado por el metrado (608.74) **173,813.80**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	49.7949	14.43	718.54
0101010003	OPERARIO	hh	1.7800	443.1627	13.12	5,814.29
0101010004	OFICIAL	hh	1.7800	443.1627	11.70	5,185.00
0101010005	PEON	hh	7.3300	1,825.0025	10.58	19,308.53
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.7800	443.1627	13.12	5,814.29
						36,840.65
	Materiales					
0201010022	ACEITE PARA MOTOR SAE-30	gal		2.8002	15.26	42.73
02010300010001	GASOLINA 84	gal		83.0930	14.85	1,233.93
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		322.6322	59.35	19,148.22
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		316.5448	38.14	12,073.02
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		5,923.0402	16.70	98,914.77
						131,412.67
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	36,840.65	1,105.22
03010600020005	REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS	und		62.3350	5.00	311.68
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	0.8900	221.5814	9.35	2,071.79
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO (9-11 P3)	hm	0.8900	221.5814	9.35	2,071.79
						5,560.48

Partida 05.01.02 ACERO P/LOSA DE CIMENTACION GRADO 60

Rendimiento kg/DIA MO. 125.0000 EQ. 125.0000 Costo afectado por el metrado (23,879.96) **148,195.61**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	152.8317	14.43	2,205.36
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1,528.3174	13.12	20,051.52
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	1,528.3174	11.70	17,881.31
						40,138.19
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		1,432.7976	3.31	4,742.56
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		25,551.5572	2.80	71,544.36
						76,286.92
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	40,138.19	1,204.15
0301330008	CIZALLA	hm	1.0000	1,528.3174	20.00	30,566.35
						31,770.50

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.02.01 CONCRETO f'c = 280 Kg/cm2 P/MUROS DE CONTENCION A >= 0.20 m

Rendimiento m3/DIA MO. 8.5700 EQ. 8.5700 Costo afectado por el metrado (148.69) **61,796.29**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	27.7604	14.43	400.58
0101010003	OPERARIO	hh	1.7100	237.3538	13.12	3,114.08
0101010004	OFICIAL	hh	1.7100	237.3538	11.70	2,777.04
0101010005	PEON	hh	8.8600	1,229.7704	10.58	13,010.97
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.5700	356.7222	13.12	4,680.20
						23,982.87
	Materiales					
0201010022	ACEITE PARA MOTOR SAE-30	gal		1.4869	15.26	22.69
02010300010001	GASOLINA 84	gal		44.7706	14.85	664.84
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		78.8057	59.35	4,677.12
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		77.3188	38.14	2,948.94
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		1,446.7537	16.70	24,160.79
						32,474.38
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	23,982.87	719.49
0301210003	WINCHE DE DOS BALDES (350KG)M.E. 3.6HP	hm	0.8600	119.3683	20.00	2,387.37
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	0.8600	119.3683	9.35	1,116.09
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO (9-11 P3)	hm	0.8600	119.3683	9.35	1,116.09
						5,339.04

Partida 05.02.02 ENCOFRADO Y DESENCONFRADO DE MUROS DE CONTENCION (2 CARAS)

Rendimiento m2/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo afectado por el metrado (806.77) **39,028.67**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	80.6770	14.43	1,164.17
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	806.7700	13.12	10,584.82
0101010004	OFICIAL	hh	1.2000	968.1240	11.70	11,327.05
0101010005	PEON	hh	0.4000	322.7080	10.58	3,414.25
						26,490.29
	Materiales					
02040100010003	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		96.8124	3.31	320.45
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		177.4894	3.31	587.49
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		3,283.5539	3.30	10,835.73
						11,743.67
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	26,490.29	794.71
						794.71

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.02.03 ACERO EN MUROS DE CONTENCION GRADO 60

Rendimiento kg/DIA MO. 125.0000 EQ. 125.0000 Costo afectado por el metrado (7,795.16) **48,375.65**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	49.8890	14.43	719.90
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	498.8902	13.12	6,545.44
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	498.8902	11.70	5,837.02
						13,102.36
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		467.7096	3.31	1,548.12
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		8,340.8212	2.80	23,354.30
						24,902.42
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13,102.36	393.07
0301330008	CIZALLA	hm	1.0000	498.8902	20.00	9,977.80
						10,370.87

Partida 05.03.01 CONCRETO f'c = 280 Kg/cm2 P/COLUMNAS

Rendimiento m3/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo afectado por el metrado (621.76) **259,394.30**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	124.3520	14.43	1,794.40
0101010003	OPERARIO	hh	1.6000	994.8160	13.12	13,051.99
0101010004	OFICIAL	hh	1.6000	994.8160	11.70	11,639.35
0101010005	PEON	hh	8.4000	5,222.7840	10.58	55,257.05
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.4000	1,492.2240	13.12	19,577.98
						101,320.77
	Materiales					
0201010022	ACEITE PARA MOTOR SAE-30	gal		6.2176	15.26	94.88
02010300010001	GASOLINA 84	gal		186.5280	14.85	2,769.94
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		329.5328	59.35	19,557.77
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		323.3152	38.14	12,331.24
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		6,049.7248	16.70	101,030.40
						135,784.23
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	101,320.77	3,039.62
0301210003	WINCHE DE DOS BALDES (350KG)M.E. 3.6HP	hm	0.8000	497.4080	20.00	9,948.16
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	0.8000	497.4080	9.35	4,650.76
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO (9-11 P3)	hm	0.8000	497.4080	9.35	4,650.76
						22,289.30

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS

Rendimiento m2/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo afectado por el metrado (3,042.53) **159,439.97**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	304.2530	14.43	4,390.37
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	3,042.5300	13.12	39,917.99
0101010004	OFICIAL	hh	1.2000	3,651.0360	11.70	42,717.12
0101010005	PEON	hh	0.4000	1,217.0120	10.58	12,875.99
						99,901.47
	Materiales					
02040100010003	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		912.7590	3.31	3,021.23
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		517.2301	3.31	1,712.03
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		15,699.4548	3.30	51,808.20
						56,541.46
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	99,901.47	2,997.04
						2,997.04

Partida 05.03.03 ACERO EN COLUMNAS GRADO 60

Rendimiento kg/DIA MO. 125.0000 EQ. 125.0000 Costo afectado por el metrado (82,242.36) **510,384.32**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	526.3511	14.43	7,595.25
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	5,263.5110	13.12	69,057.26
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	5,263.5110	11.70	61,583.08
						138,235.59
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		4,934.5416	3.31	16,333.33
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		87,999.3252	2.80	246,398.11
						262,731.44
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	138,235.59	4,147.07
0301330008	CIZALLA	hm	1.0000	5,263.5110	20.00	105,270.22
						109,417.29

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.04.01 CONCRETO f'c = 280 Kg/cm2 P/VIGAS

Rendimiento m3/DIA MO. 16.0000 EQ. 16.0000 Costo afectado por el metrado (698.27) **220,294.74**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	69.8270	14.43	1,007.60
0101010003	OPERARIO	hh	1.6000	558.6160	13.12	7,329.04
0101010004	OFICIAL	hh	1.6000	558.6160	11.70	6,535.81
0101010005	PEON	hh	8.4000	2,932.7340	10.58	31,028.33
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.4000	837.9240	13.12	10,993.56
						56,894.34
	Materiales					
0201010022	ACEITE PARA MOTOR SAE-30	gal		3.4914	15.26	53.28
02010300010001	GASOLINA 84	gal		104.7405	14.85	1,555.40
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		370.0831	59.35	21,964.43
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		363.1004	38.14	13,848.65
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		6,794.1671	16.70	113,462.59
						150,884.35
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	56,894.34	1,706.83
0301210003	WINCHE DE DOS BALDES (350KG)M.E. 3.6HP	hm	0.8000	279.3080	20.00	5,586.16
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	0.8000	279.3080	9.35	2,611.53
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO (9-11 P3)	hm	0.8000	279.3080	9.35	2,611.53
						12,516.05

Partida 05.04.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS

Rendimiento m2/DIA MO. 7.3500 EQ. 7.3500 Costo afectado por el metrado (4,115.72) **249,252.56**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	447.7903	14.43	6,461.61
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4,479.5496	13.12	58,771.69
0101010004	OFICIAL	hh	1.2000	5,375.5419	11.70	62,893.84
0101010005	PEON	hh	0.4100	1,836.8458	10.58	19,433.83
						147,560.97
	Materiales					
02040100010003	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		864.3012	3.31	2,860.84
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		987.7728	3.31	3,269.53
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		27,616.4812	3.30	91,134.39
						97,264.76
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	147,560.97	4,426.83
						4,426.83

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.04.03 ACERO EN VIGAS GRADO 60

Rendimiento kg/DIA MO. 125.0000 EQ. 125.0000 Costo afectado por el metrado (98,109.39) **608,852.83**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	627.9001	14.43	9,060.60
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	6,279.0010	13.12	82,380.49
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	6,279.0010	11.70	73,464.31
						164,905.40
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		5,886.5634	3.31	19,484.52
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		104,977.0473	2.80	293,935.73
						313,420.25
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	164,905.40	4,947.16
0301330008	CIZALLA	hm	1.0000	6,279.0010	20.00	125,580.02
						130,527.18

Partida 05.05.01 CONCRETO f'c = 280 Kg/cm2 P/LOSAS ALIGERADAS

Rendimiento m3/DIA MO. 7.1400 EQ. 7.1400 Costo afectado por el metrado (552.83) **167,949.95**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	61.9170	14.43	893.46
0101010003	OPERARIO	hh	0.8600	532.7070	13.12	6,989.12
0101010004	OFICIAL	hh	0.5700	353.0925	11.70	4,131.18
0101010005	PEON	hh	3.2900	2,037.8972	10.58	21,560.95
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	0.8600	532.7070	13.12	6,989.12
						40,563.83
	Materiales					
0201010022	ACEITE PARA MOTOR SAE-30	gal		2.2666	15.26	34.59
02010300010001	GASOLINA 84	gal		67.3347	14.85	999.92
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		292.9999	59.35	17,389.54
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		287.4716	38.14	10,964.17
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		5,379.0359	16.70	89,829.90
						119,218.12
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	40,563.83	1,216.91
0301210003	WINCHE DE DOS BALDES (350KG)M.E. 3.6HP	hm	0.2900	179.6145	20.00	3,592.29
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	0.2900	179.6145	9.35	1,679.40
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO (9-11 P3)	hm	0.2900	179.6145	9.35	1,679.40
						8,168.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.05.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS

Rendimiento m2/DIA MO. 10.3400 EQ. 10.3400 Costo afectado por el metrado (6,309.49) **291,055.62**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	488.3545	14.43	7,046.96
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4,881.6524	13.12	64,047.28
0101010004	OFICIAL	hh	1.2900	6,297.5020	11.70	73,680.77
0101010005	PEON	hh	0.5700	2,782.4851	10.58	29,438.69
						174,213.70
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		630.9490	3.31	2,088.44
02041200010004	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg		694.0439	3.31	2,297.29
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		32,493.8735	3.30	107,229.78
						111,615.51
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	174,213.70	5,226.41
						5,226.41

Partida 05.05.03 ACERO EN LOSAS ALIGERADAS GRADO 60

Rendimiento kg/DIA MO. 125.0000 EQ. 125.0000 Costo afectado por el metrado (45,092.19) **279,835.67**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	288.5900	14.43	4,164.35
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2,885.9002	13.12	37,863.01
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	2,885.9002	11.70	33,765.03
						75,792.39
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		2,705.5314	3.31	8,955.31
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		48,248.6433	2.80	135,096.20
						144,051.51
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	75,792.39	2,273.77
0301330008	CIZALLA	hm	1.0000	2,885.9002	20.00	57,718.00
						59,991.77

Partida 05.05.04 LADRILLO HUECO, SUBIDA Y COLOCACION DE 20X30X30

Rendimiento und/DIA MO. 1,300.0000 EQ. 1,300.0000 Costo afectado por el metrado (54,090.34) **183,698.04**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	32.4542	14.43	468.31
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	335.3601	13.12	4,399.92
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	335.3601	11.70	3,923.71
0101010005	PEON	hh	9.0000	2,996.6048	10.58	31,704.08
						40,496.02
	Materiales					
02160100040007	LADRILLO PARA TECHO 8H DE 20X30X30 cm	und		56,794.8570	2.50	141,987.14
						141,987.14
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	40,496.02	1,214.88
						1,214.88

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.06.01 CONCRETO f'c = 280 Kg/cm2 P/ESCALERAS

Rendimiento m3/DIA MO. 5.0000 EQ. 5.0000 Costo afectado por el metrado (28.13) **10,759.97**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	4.5008	14.43	64.95
0101010003	OPERARIO	hh	0.8300	37.3566	13.12	490.12
0101010004	OFICIAL	hh	0.8300	37.3566	11.70	437.07
0101010005	PEON	hh	4.3300	194.8846	10.58	2,061.88
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.2500	56.2600	13.12	738.13
						3,792.15
	Materiales					
0201010022	ACEITE PARA MOTOR SAE-30	gal		0.2363	15.26	3.61
02010300010001	GASOLINA 84	gal		7.0888	14.85	105.27
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		14.9089	59.35	884.84
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		14.6276	38.14	557.90
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		273.7049	16.70	4,570.87
						6,122.49
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3,792.15	113.76
0301210003	WINCHE DE DOS BALDES (350KG)M.E. 3.6HP	hm	0.4200	18.9034	20.00	378.07
0301290001	VIBRADOR PARA CONCRETO	hm	0.4200	18.9034	9.35	176.75
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO (9-11 P3)	hm	0.4200	18.9034	9.35	176.75
						845.33

Partida 05.06.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS

Rendimiento m2/DIA MO. 4.9400 EQ. 4.9400 Costo afectado por el metrado (190.28) **14,902.65**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	30.8063	14.43	444.53
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	308.1394	13.12	4,042.79
0101010004	OFICIAL	hh	1.2700	391.3489	11.70	4,578.78
0101010005	PEON	hh	0.5500	169.4824	10.58	1,793.12
						10,859.22
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		15.2224	3.31	50.39
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		19.0280	3.31	62.98
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		1,092.2072	3.30	3,604.28
						3,717.65
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	10,859.22	325.78
						325.78

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Subpresupuesto 001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA Fecha presupuesto 03/12/2012

Partida 05.06.03 ACERO EN ESCALERAS GRADO 60

Rendimiento kg/DIA MO. 125.0000 EQ. 125.0000 Costo afectado por el metrado (645.58) **4,006.37**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	4.1317	14.43	59.62
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	41.3171	13.12	542.08
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	41.3171	11.70	483.41
						1,085.11
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		38.7348	3.31	128.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		690.7706	2.80	1,934.16
						2,062.37
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,085.11	32.55
0301330008	CIZALLA	hm	1.0000	41.3171	20.00	826.34
						858.89

Partida 06.01 AISLADORES SISMICOS ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE PLOMO LBR-1

Rendimiento und/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo afectado por el metrado (14.00) **111,804.96**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	14.0000	14.43	202.02
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	14.0000	13.12	183.68
0101010005	PEON	hh	3.0000	42.0000	10.58	444.36
						830.06
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	830.06	24.90
0301210001	GRUA	hm	1.0000	14.0000	125.00	1,750.00
0301500002	AISLADOR SISMICO ELASTOMERICO TIPO LRB-1	und		14.0000	7,800.00	109,200.00
						110,974.90

Partida 06.02 AISLADORES SISMICOS ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE PLOMO LBR-2

Rendimiento und/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo afectado por el metrado (18.00) **140,149.24**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	18.0000	14.43	259.74
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	18.0000	13.12	236.16
0101010005	PEON	hh	3.0000	54.0000	10.58	571.32
						1,067.22
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,067.22	32.02
0301210001	GRUA	hm	1.0000	18.0000	125.00	2,250.00
0301500003	AISLADOR SISMICO ELASTOMERICO TIPO LRB-2	und		18.0000	7,600.00	136,800.00
						139,082.02

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Análisis de Precios Unitarios Afectado por el Metrado

Presupuesto	1301001	ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA	
Subpresupuesto	001	ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA	Fecha presupuesto 03/12/2012
Partida	06.03	AISLADORES SISMICOS ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE PLOMO LBR-3	

Rendimiento und/DIA MO. 8.0000 EQ. 8.0000 Costo afectado por el metrado (4.00) **29,144.27**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	4.0000	14.43	57.72
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	4.0000	13.12	52.48
0101010005	PEON	hh	3.0000	12.0000	10.58	126.96
						237.16
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	237.16	7.11
0301210001	GRUA	hm	1.0000	4.0000	125.00	500.00
0301500004	AISLADOR SISMICO ELASTOMERICO TIPO LRB-3	und		4.0000	7,100.00	28,400.00
						28,907.11

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.2. Costos y Presupuestos

Se presenta la hoja resumen con los costos y presupuestos para la estructura hospitalaria aislada sísmicamente, así:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Presupuesto

Presupuesto 1301001 ANALISIS Y DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA HOSPITALARIA CON AISLADORES SISMICOS EN LA CIUDAD DE AREQUIPA
Cliente Universidad Catolica de Santa Maria Costo al 03/12/2012
Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				5,512.64
01.01	OFICINA, ALMACENES Y COMEDORES DE OBRA	gb	1.00	3,981.79	3,981.79
01.02	SERVICIOS HIGIENICOS PROVICIONALES	gb	1.00	1,530.85	1,530.85
02	OBRAS PRELIMINARES				12,783.66
02.01	TRAZO Y REPLANTEO DE INICIO DE OBRA	m2	1,106.81	1.65	1,826.24
02.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m2	5,640.86	1.65	10,957.42
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				207,660.67
03.01	EXCAVACION MASIVA P/LOSA DE CIMENTACION	m3	3,597.12	3.69	13,273.37
03.02	RELLENO COMP. C/COMPACTADORA 5.8 HP-MAT. PROPIO, C/AGUA	m3	199.85	18.83	3,744.35
03.03	ELIMINACION DE MAT CARGUIO MANUAL/VOLQ. 6 m3 V=30 D = 10Km	m3	3,398.27	56.10	190,642.95
04	CONCRETO SIMPLE				23,674.67
04.01	SOLADO DE 3" PARA LOSA DE CIMENTACION MEZCLA 1:12 C:H	m2	1,106.81	21.39	23,674.67
05	CONCRETO ARMADO				3,432,331.41
05.01	LOSA DE CIMENTACION				322,108.08
05.01.01	CONCRETO f'c = 28C Kg/cm2 P/LOSAS DE CIMENTACION	m3	608.74	285.53	173,813.53
05.01.02	ACERO P/LOSA DE CIMENTACION GRADO 60	kg	23,879.96	6.21	148,294.55
05.02	MUROS DE CONTENCION				149,228.45
05.02.01	CONCRETO f'c = 28C Kg/cm2 P/MUROS DE CONTENCION A >= 0.20 m	m3	144.69	425.61	61,597.05
05.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS DE CONTENCION (2 CARAS)	m2	806.77	48.37	39,023.46
05.02.03	ACERO EN MUROS DE CONTENCION GRADO 60	kg	7,795.16	6.21	48,407.94
05.03	COLUMNAS				929,521.48
05.03.01	CONCRETO f'c = 28C Kg/cm2 P/COLUMNAS	m3	621.76	417.20	259,398.27
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m2	3,042.53	52.39	159,398.15
05.03.03	ACERO EN COLUMNAS GRADO 60	kg	82,242.36	6.21	510,725.06
05.04	VIGAS				1,078,804.51
05.04.01	CONCRETO f'c = 28C Kg/cm2 P/VIGAS	m3	698.27	315.49	220,297.20
05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m2	4,115.72	60.56	249,248.00
05.04.03	ACERO EN VIGAS GRADO 60	kg	98,109.39	6.21	609,259.31
05.05	LOSAS ALIGERADAS				922,999.28
05.05.01	CONCRETO f'c = 28C Kg/cm2 P/LOSAS ALIGERADAS	m3	552.83	303.60	167,949.75
05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS	m2	6,309.49	46.14	291,119.87
05.05.03	ACERO EN LOSAS ALIGERADAS GRADO 60	kg	45,092.19	6.21	280,022.50
05.05.04	LADRILLO HUECO, SLB DA Y COLOCACION DE 20x30x30	und	54,090.34	3.40	183,907.16
05.06	ESCALERAS				29,669.61
05.06.01	CONCRETO f'c = 28C Kg/cm2 P/ESCALERAS	m3	28.13	382.50	10,759.73
05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS	m2	190.28	78.31	14,900.83
05.06.03	ACERO EN ESCALERAS GRADO 60	kg	645.58	6.21	4,009.05
06	AISLADORES SISMICOS				281,098.52
06.01	AISLADORES SISMICOS ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE PLOMO LRB-1	und	14.00	7,986.07	111,804.98
06.02	AISLADORES SISMICOS ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE PLOMO LRB-2	und	18.00	7,786.07	140,149.26
06.03	AISLADORES SISMICOS ELASTOMERICOS CON NUCLEO DE PLOMO LRB-3	und	4.00	7,286.07	29,144.28
	COSTO DIRECTO				3,963,061.57
	GASTOS GENERALES				396,306.16
	UTILIDADES				396,306.16
	SUBTOTAL				4,755,673.89
	IMPUESTO (IGV 18%)				856,021.30
	TOTAL DEL PRESUPUESTO				5,611,695.19

2.3. Programación de Obra

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Se presenta la programación de obra generada para la edificación aislada sísmicamente en el Anexo N°1.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

De los datos obtenidos durante la ejecución de este trabajo de Tesis acerca del diseño de una estructura hospitalaria aislada, se desprenden las siguientes conclusiones:

I. El método de análisis estático de una estructura aislada asemeja y simplifica el comportamiento del sistema al de una gran masa concentrada sobre un resorte, similar a un péndulo invertido.

II. Para nuestro caso de estudio el método de análisis dinámico modal espectral es el más apropiado frente al método del tiempo historia, por no contar con la data sísmica apropiada para el terreno.

III. A pesar de no contar con normativa nacional específica para el caso de edificaciones aisladas sísmicamente es posible adaptar las nociones de la norma E.030 para este caso.

IV. El uso de aisladores sísmicos de base brinda resultados muy satisfactorios para el diseño y protección de estructuras de carácter esencial ya que también protege sus contenidos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se pueden apuntar las siguientes recomendaciones:

I. El uso de aisladores sísmicos elastoméricos debe limitarse a estructuras de periodo natural bajo, es decir no se recomienda su uso para edificios altos.

II. No se debe utilizar aisladores sísmicos en zonas donde el periodo natural del terreno sea elevado.

III. Nuestro caso de estudio fue analizado y resuelto con el uso de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo, se recomienda realizar un análisis de la estructura resolviéndola con el uso de disipadores de energía y otro análisis para el caso de construcción por el método tradicional; todo esto con el fin de poder comparar resultados y determinar cual de los tres métodos expuestos seria la solución mas eficiente para nuestra estructura.

IV. El aislamiento sísmico pertenece al campo de las técnicas de protección sísmica pasivas, se recomienda la inclusión de su dictado en la currícula de la carrera, al menos en un nivel introductorio, para poder fomentar nuevos trabajos de investigación de este tema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BIBLIOGRAFIA

1) Bozzo, Luis M. y Barbat, Alex H. "Diseño Sismorresistente de Edificios Técnicas Convencionales y Avanzadas", Editorial Reverté, S.A. Barcelona 2000.
2) Naeim, Farzam; Kelly M.; James "Design of Seismic Isolated Structures from Theory to Practice", John Wiley & Sons, 1999.
3) Notas sobre el Curso de Concreto Armado I y II Ing Oscar Félix Chávez Vega, Universidad Católica de Santa María.
4) Holmes Consulting Group.Ltd. "Base Isolation of Structures Design Guidelines" Nueva Zelanda.
5) Mendoza Ticona, Marco Antonio. Tesis "Comparación en el Análisis Estructural de la Vivienda Multifamiliar "San Lazaro" de 10 Niveles y un Sótano con y sin Aislación Sísmica de Base", Universidad Nacional de San Agustín. 2008.
6) Chávez D'onofrio, Arnaldo Javier. Tesis "Edificio Multifamiliar de Ocho Pisos con Sótano", Pontificia Universidad Católica del Perú. 2005.
7) 1997 Uniform Building Code.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

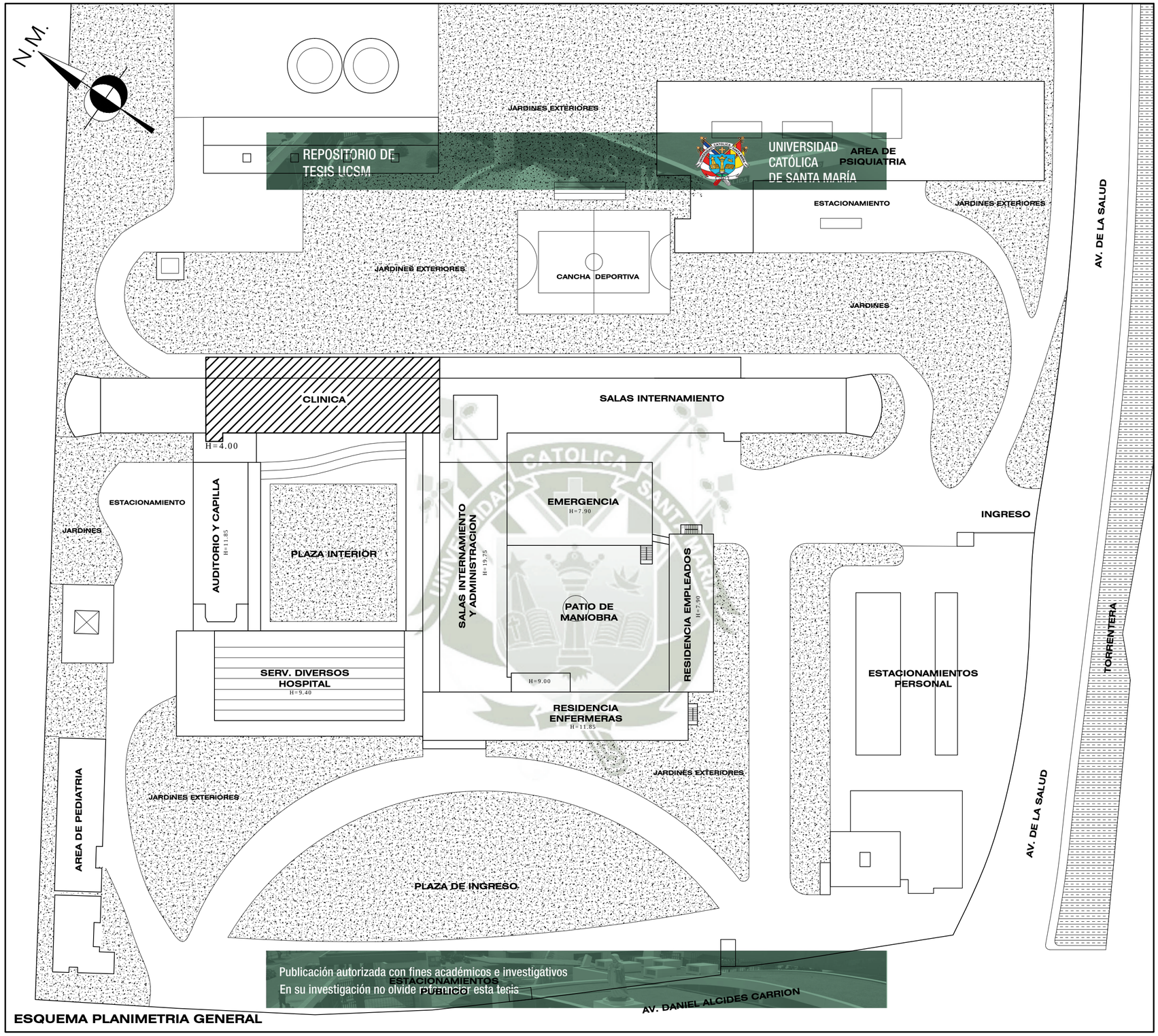
ANEXO N°1

PROGRAMACIÓN DE OBRA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide citar esta tesis

ESQUEMA PLANIMETRIA GENERAL

Esc 1/700

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:	BACHILLER:	
Tesis para optar el Titulo Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan	
PLANO: PLANIMETRIA Ubicacion Bloque 2	ESC: Indicada	LAMINA: A-01
	FECHA: Diciembre-2012	

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO N°2

Uniform Building Code, Appendix Chapter 16, Division IV-Earthquake Regulations for Seismic-Isolated Structures

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Division IV—EARTHQUAKE REGULATIONS FOR SEISMIC-ISOLATED STRUCTURES

SECTION 1654 — GENERAL

Every seismic-isolated structure and every portion thereof shall be designed and constructed in accordance with the requirements of this division and the applicable requirements of Chapter 16, Part IV.

The lateral-force-resisting system and the isolation system shall be designed to resist the deformations and stresses produced by the effects of seismic ground motions as provided in this division.

Where wind forces prescribed by Chapter 16, Part III, produce greater deformations or stresses, such loads shall be used for design in lieu of the deformations and stresses resulting from earthquake forces.

SECTION 1655 — DEFINITIONS

The definitions of Section 1627 and the following apply to the provisions of this division:

DESIGN DISPLACEMENT is the design-basis earthquake lateral displacement, excluding additional displacement due to actual and accidental torsion, required for design of the isolation system.

DESIGN-BASIS EARTHQUAKE is defined in Section 1631.2.

EFFECTIVE DAMPING is the value of equivalent viscous damping corresponding to energy dissipated during cyclic response of the isolation system.

EFFECTIVE STIFFNESS is the value of the lateral force in the isolation system, or an element thereof, divided by the corresponding lateral displacement.

ISOLATION INTERFACE is the boundary between the upper portion of the structure, which is isolated, and the lower portion of the structure, which moves rigidly with the ground.

ISOLATION SYSTEM is the collection of structural elements that includes all individual isolator units, all structural elements that transfer force between elements of the isolation system, and all connections to other structural elements. The isolation system also includes the wind-restraint system if such a system is used to meet the design requirements of this section.

ISOLATOR UNIT is a horizontally flexible and vertically stiff structural element of the isolation system that permits large lateral deformations under design seismic load. An isolator unit may be used either as part of or in addition to the weight-supporting system of the building.

MAXIMUM CAPABLE EARTHQUAKE is the maximum level of earthquake ground shaking that may ever be expected at the building site within the known geological framework. In Seismic Zones 3 and 4, this intensity may be taken as the level of earthquake ground motion that has a 10 percent probability of being exceeded in a 100-year time period.

MAXIMUM DISPLACEMENT is the maximum capable earthquake lateral displacement, excluding additional displacement due to actual and accidental torsion, required for design of the isolation system.

TOTAL DESIGN DISPLACEMENT is the design-basis earthquake lateral displacement, including additional displacement due to actual and accidental torsion, required for design of the isolation system, or an element thereof.

TOTAL MAXIMUM DISPLACEMENT is the maximum capable earthquake lateral displacement, including additional displacement due to actual and accidental torsion, required for verification of the stability of the isolation system, or elements thereof, design of building separations, and vertical load testing of isolator unit prototypes.

WIND-RESTRAINT SYSTEM is the collection of structural elements that provide restraint of the seismic isolated structure for wind loads. The wind-restraint system may be either an integral part of isolator units or may be a separate device.

SECTION 1656 — SYMBOLS AND NOTATIONS

The symbols and notations of Section 1628 and the following provisions apply to the provisions of this division:

B_D = numerical coefficient related to the effective damping of the isolation system at the design displacement, β_D, as set forth in Table A-16-C.

B_M = numerical coefficient related to the effective damping of the isolation system at the maximum displacement, β_M, as set forth in Table A-16-C.

b = the shortest plan dimension of the structure, in feet (mm), measured perpendicular to d.

C_{AD} = the seismic coefficient, C_a, as set forth in Table 16-Q.

C_{AM} = the seismic coefficient, C_a, as set forth in Table A-16-F for shaking intensity, $M_M ZN_a$.

C_{VD} = seismic coefficient, C_v, as set forth in Table 16-R.

C_{VM} = seismic coefficient, C_v, as set forth in Table A-16-G for shaking intensity, $M_M ZN_v$.

D_D = design displacement, in inches (mm), at the center of rigidity of the isolation system in the direction under consideration, as prescribed by Formula (58-1).

D_D' = design displacement, in inches (mm), at the center of rigidity of the isolation system in the direction under consideration, as prescribed by Formula (59-1).

D_M = maximum displacement, in inches (mm), at the center of rigidity of the isolation system in the direction under consideration, as prescribed by Formula (58-3).

D_M' = maximum displacement, in inches (mm), at the center of rigidity of the isolation system in the direction under consideration, as prescribed by Formula (59-2).

D_{TD} = total design displacement, in inches (mm), of an element of the isolation system including both translational displacement at the center of rigidity, D_D, and the component of torsional displacement in the direction under consideration, as specified in Section 1658.3.5.

D_{TM} = total maximum displacement, in inches (mm), of an element of the isolation system, including both translational displacement at the center of rigidity, D_M, and the component of torsional displacement in the direction under consideration, as specified by Section 1658.3.3.

d = the longest plan dimension of the structure, in feet (mm).

E_{LOOP} = energy dissipated in kip-inches (kN-mm), in an isolator unit during a full cycle of reversible load over a test displacement range from Δ' to Δ'', as measured by the area enclosed by the loop of the force-deflection curve.

ΣE_D = total energy dissipated, in kip-inches (kN-mm), of all units of the isolation system during a full cycle of response at the design displacement, D_D.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ΣE_M = total energy dissipated, in kip-inches (kN-mm), of all units of the isolation system during a full cycle of response at the maximum displacement, D_M.

e = the actual eccentricity, in feet (mm), measured in plan between the center of mass of the structure above the isolation interface and the center of rigidity of the isolation system, plus accidental eccentricity, in feet (mm), taken as 5 percent of the maximum building dimension perpendicular to the direction of force under consideration.

$F-$ = negative force, in kips (kN), in an isolator unit during a single cycle of prototype testing at a displacement amplitude of $\Delta-$.

$F+$ = positive force, in kips (kN), in an isolator unit during a single cycle of prototype testing at a displacement amplitude of $\Delta+$.

$\Sigma|F_D^+|_{max}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's maximum positive force in kips (kN) at positive displacement D_D. For a given isolator unit, the maximum positive force at positive displacement, D_D, is determined by comparing each of the maximum positive forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_D, and selecting the maximum positive value at positive displacement, D_D.

$\Sigma|F_D^+|_{min}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's minimum positive force in kips (kN) at positive displacement D_D. For a given isolator unit, the minimum positive force at positive displacement, D_D, is determined by comparing each of the minimum positive forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_D, and selecting the minimum positive value at positive displacement, D_D.

$\Sigma|F_D^-|_{max}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's maximum negative force in kips (kN) at negative displacement D_D. For a given isolator unit, the maximum negative force at negative displacement, D_D, is determined by comparing each of the maximum negative forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_D, and selecting the maximum negative value at negative displacement, D_D.

$\Sigma|F_{D\ min}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's minimum negative force in kips (kN) at negative displacement D_D. For a given isolator unit, the minimum negative force at negative displacement, D_D, is determined by comparing each of the minimum negative forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_D, and selecting the minimum negative value at negative displacement, D_D.

$\Sigma|F_M^+|_{max}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's maximum positive force in kips (kN) at positive displacement D_M. For a given isolator unit, the maximum positive force at positive displacement, D_M, is determined by comparing each of the maximum positive forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_M, and selecting the maximum positive value at positive displacement, D_M.

$\Sigma|F_M{}'|_{min}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's minimum positive force in kips (kN) at positive displacement, D_M. For a given isolator unit, the minimum positive force at positive displacement, D_M, is determined by comparing each of the minimum positive forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_M and selecting the minimum positive value at positive displacement, D_M.

$\Sigma|F_M^-|_{max}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's maximum negative force in kips (kN) at negative displacement D_M. For a given isolator unit, the maximum negative force at negative displacement, D_M, is determined by comparing each of the maximum negative forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_M and selecting the maximum negative value at negative displacement, D_M.

$\Sigma|F_M^-|_{min}$ = sum, for all isolator units, of the absolute values of the individual isolator unit's minimum negative force in kips (kN) at negative displacement D_M. For a given isolator unit, the minimum negative force at negative displacement, D_M, is determined by comparing each of the minimum negative forces that occurred during each cycle of the prototype test sequence associated with displacement increment D_M and selecting the minimum negative value at negative displacement, D_M.

g = gravity constant (386.4 in/sec.^{2}, or 9,810 mm/sec.^{2}, for **SI**).

k_{eff} = effective stiffness of an isolator unit, in kips/inch as prescribed by Formula (65-1).

k_{Dmax} = maximum effective stiffness, in kips/inch (kN/mm), of the isolation system at the design displacement in the horizontal direction under consideration.

k_{Mmax} = maximum effective stiffness, in kips/inch (kN/mm), of the isolation system at the maximum displacement in the horizontal direction under consideration.

k_{Dmin} = minimum effective stiffness, in kips/inch (kN/mm), of the isolation system at the design displacement in the horizontal direction under consideration.

k_{Mmin} = minimum effective stiffness, in kips/inch (kN/mm), of the isolation system at the maximum displacement in the horizontal direction under consideration.

M_M = numerical coefficient related to maximum capable earthquake response as set forth in Table A-16-D.

N_a = near-source factor used in the determination of C_{AD} and C_{AM} related to both the proximity of the building or structure to known faults with magnitudes and slip rates as set forth in Tables 16-S and 16-U.

N_v = near-source factor used in the determination of C_{VD} and C_{VM} related to both the proximity of the building or structure to known faults with magnitudes and slip rates as set forth in Tables 16-T and 16-U.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

R_I = numerical coefficient related to the type of lateral-force-resisting system above the isolation system as set forth in Table A-16-E for seismic-isolated structures.

T_D = effective period, in seconds, of seismic-isolated structure at the design displacement in the direction under consideration, as prescribed by Formula (58-2).

T_M = effective period, in seconds, of seismic-isolated structure at the maximum displacement in the direction under consideration, as prescribed by Formula (58-4).

V_b = the total lateral seismic design force or shear on elements of the isolation system or elements below the isolation system as prescribed by Formula (58-5).

V_s = the total lateral seismic design force or shear on elements above the isolation system as prescribed by Formula (58-8) and the limits specified in Section 1658.

W = the total seismic dead load defined in Section 1630.1. For design of the isolation system, W is the total seismic dead load weight of the structure above the isolation interface.

y = the distance, in feet (mm), between the center of rigidity of the isolation system rigidity and the element of interest, measured perpendicular to the direction of seismic loading under consideration.

β_{eff} = effective damping of the isolation system and isolator unit, as prescribed by Formula (65-2).

β_D = effective damping of the isolation system at the design displacement, as prescribed by Formula (65-3).

β_M = effective damping of the isolation system at the maximum displacement, as prescribed by Formula (65-4).

$\Delta+$ = maximum positive displacement of an isolator unit during each cycle of prototype testing.

$\Delta-$ = maximum negative displacement of an isolator unit during each cycle of prototype testing.

SECTION 1657 — CRITERIA SELECTION

1657.1 Basis for Design. The procedures and limitations for the design of seismic-isolated structures shall be determined considering zoning, site characteristics, vertical acceleration, cracked section properties of concrete and masonry members, occupancy, configuration, structural system and height in accordance with Section 1629, except as noted below.

1657.2 Stability of the Isolation System. The stability of the vertical load-carrying elements of the isolation system shall be verified by analysis and test, as required, for lateral seismic displacement equal to the total maximum displacement.

1657.3 Occupancy Categories. The importance factor, I, for a seismic-isolated building shall be taken as 1.0 regardless of occupancy category.

1657.4 Configuration Requirements. Each structure shall be designated as being regular or irregular on the basis of the structural configuration above the isolation system, in accordance with Section 1629.5.

1657.5 Selection of Lateral Response Procedure.

1657.5.1 General. Any seismic-isolated structure may be, and certain seismic-isolated structures defined below shall be, designed using the dynamic lateral response procedure of Section 1659.

1657.5.2 Static analysis. The static lateral response procedure of Section 1658 may be used for design of a seismic-isolated structure, provided:

1. The structure is located at least 10 kilometers (km) from all active faults.
2. The structure is located on Soil Profile Type S_A, S_B, S_C or S_D.
3. The structure above the isolation interface is equal to or less than four stories, or 65 feet (19.8 m), in height.
4. The effective period of the isolated structure, T_M, is equal to or less than 3.0 seconds.
5. The effective period of the isolated structure, T_D, is greater than three times the elastic, fixed-base period of the structure above the isolation system, as determined by Formula (30-8) of Section 1630.
6. The structure above the isolation system is of regular configuration.
7. The isolation system is defined by all of the following attributes:
   - 7.1 The effective stiffness of the isolation system at the design displacement is greater than one third of the effective stiffness at 20 percent of the design displacement.
   - 7.2 The isolation system is capable of producing a restoring force, as specified in Section 1661.2.4.
   - 7.3 The isolation system has force-deflection properties which are independent of the rate of loading.
   - 7.4 The isolation system has force-deflection properties which are independent of vertical load and bilateral load.
   - 7.5 The isolation system does not limit maximum capable earthquake displacement to less than C_{VM}/C_{VD} times the total design displacement.

1657.5.3 Dynamic analysis. The dynamic lateral response procedure of Section 1659 shall be used for design of seismic-isolated structures as specified below:

1. **Response spectrum analysis.** Response spectrum analysis may be used for design of a seismic-isolated structure, provided:
   - 1.1 The structure is located on Soil Profile Type S_A, S_B, S_C or S_D.
   - 1.2 The isolation system is defined by all of the attributes specified in Section 1657.5.2, Item 7.
2. **Time-history analysis.** Time-history analysis may be used for design of any seismic-isolated structure and shall be used for design of all seismic-isolated structures not meeting the criteria of Section 1657.5.3, Item 1.
3. **Site-specific design spectra.** Site-specific ground motion spectra of the design-basis earthquake and the maximum capable earthquake, developed in accordance with Section 1631.2, shall be used for design and analysis of all seismic-isolated structures as specified below:
   1. The structure is located on Soil Profile Type S_E or S_F.
   2. The structure is located within 10 km of an active fault.

SECTION 1658 — STATIC LATERAL RESPONSE PROCEDURE

1658.1 General. Except as provided in Section 1659, every seismic-isolated structure, or portion thereof, shall be designed and constructed to resist minimum earthquake displacements and

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

forces as specified by this section and the applicable requirements of Section 1630.

1658.2 Deformation Characteristics of the Isolation System. Minimum lateral earthquake design displacements and forces on seismic-isolated structures shall be based on the deformation characteristics of the isolation system.

The deformation characteristics of the isolation system shall explicitly include the effects of the wind-restraint system if such a system is used to meet the design requirements of this document.

The deformation characteristics of the isolation system shall be based on properly substantiated tests performed in accordance with Section 1665.

1658.3 Minimum Lateral Displacements.

1658.3.1 Design displacement. The isolation system shall be designed and constructed to withstand minimum lateral earthquake displacements which act in the direction of each of the main horizontal axes of the structure in accordance with the formula:

$$D_D = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VD} T_D}{B_D} \qquad (58\text{-}1)$$

1658.3.2 Effective period at the design displacement. The effective period of the isolated structure at the design displacement, T_D, shall be determined using the deformational characteristics of the isolation system in accordance with the formula:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Dmin} g}} \qquad (58\text{-}2)$$

1658.3.3 Maximum displacement. The maximum displacement of the isolation system, D_M, in the most critical direction of horizontal response shall be calculated in accordance with the formula:

$$D_M = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VM} T_M}{B_M} \qquad (58\text{-}3)$$

1658.3.4 Effective period at the maximum displacement. The effective period of the isolated structure at the maximum displacement, T_M, shall be determined using the deformational characteristics of the isolation system in accordance with the formula:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Mmin} g}} \qquad (58\text{-}4)$$

1658.3.5 Total displacement. The total design displacement, D_{TD}, and the total maximum displacement, D_{TM}, of elements of the isolation system shall include additional displacement due to actual and accidental torsion calculated considering the spatial distribution of the lateral stiffness of the isolation system and the most disadvantageous location of mass eccentricity.

The total design displacement, D_{TD}, and the of total maximum displacement D_{TM}, of elements of an isolation system with uniform spatial distribution of lateral stiffness shall not be taken as less than that prescribed by the formulas:

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \qquad (58\text{-}5)$$

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \qquad (58\text{-}6)$$

The total design displacement, D_{TD}, and the total maximum displacement, D_{TM}, may be taken as less than the value prescribed by Formulas (58-5) and (58-6), but not less than 1.1 times D_D and 1.1 times D_M, respectively, provided the isolation system is shown by calculation to be configured to resist torsion accordingly.

1658.4 Minimum Lateral Forces.

1658.4.1 Isolation system and structural elements at or below the isolation system. The isolation system, the foundation, and all structural elements below the isolation system shall be designed and constructed to withstand a minimum lateral seismic force, V_b, using all of the appropriate provisions for a nonisolated structure where:

$$V_b = k_{Dmax} D_D \qquad (58\text{-}7)$$

1658.4.2 Structural elements above the isolation system. The structure above the isolation system shall be designed and constructed to withstand a minimum shear force, V_s, using all of the appropriate provisions for a nonisolated structure where:

$$V_s = \frac{k_{Dmax} D_D}{R_I} \qquad (58\text{-}8)$$

The R_I factor shall be based on the type of lateral-force-resisting system used for the structure above the isolation system.

1658.4.3 Limits on V_s. The value of V_s shall not be taken as less than the following:

1. The lateral seismic force required by Chapter 16, Division III, for a fixed-base structure of the same weight, W and a period equal to the isolated period, T_D.
2. The base shear corresponding to the design wind load.
3. The lateral seismic force required to fully activate the isolation system factored by 1.5 (e.g., one and one-half times the yield level of a softening system, the ultimate capacity of a sacrificial wind-restraint system or the static friction level of a sliding system).

1658.5 Vertical Distribution of Force. The total force shall be distributed over the height of the structure above the isolation interface in accordance with the formula:

$$F_x = \frac{V_s w_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i} \qquad (58\text{-}9)$$

At each level designated as x, the force F_x shall be applied over the area of the building in accordance with the mass distribution at the level. Stresses in each structural element shall be calculated as the effect of force, F_x, applied at the appropriate levels above the base.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1658.6 Drift Limits. The maximum interstory drift ratio of the structure above the isolation system shall not exceed $0.010/R_I$.

SECTION 1659 — DYNAMIC LATERAL-RESPONSE PROCEDURE

1659.1 General. As required by Section 1657, every seismic-isolated structure, or portion thereof, shall be designed and constructed to resist earthquake displacements and forces as specified in this section and the applicable requirements of Section 1631.

1659.2 Isolation System and Structural Elements below the Isolation System. The total design displacement of the isolation system shall not be taken as less than 90 percent of D_{TD} as specified by Section 1658.3.3.

The total maximum displacement of the isolation system shall not be taken as less than 80 percent of D_{TM} as prescribed by Formula (58-6).

The design lateral shear force on the isolation system and structural elements below the isolation system shall not be taken as less than 90 percent of V_b as prescribed by Formula (58-7).

The limits of the first and second paragraphs shall be evaluated using values of D_{TD} and D_{TM} determined in accordance with Section 1658.3, except that D_D' may be used in lieu of D_D and D_M' may be used in lieu of D_M, where D_D' and D_M' are prescribed by the formulas:

$$D_{D'} = \frac{D_D}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_D}\right)^2}} \qquad (59\text{-}1)$$

$$D_{M'} = \frac{D_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{T}{T_M}\right)^2}} \qquad (59\text{-}2)$$

and T is the elastic, fixed-base period of the structure above the isolation system, as determined only by Formula (30-4) of Section 1630.

1659.3 Structural Elements above the Isolation System. The design lateral shear force on the structure above the isolation system, if regular in configuration, shall not be taken as less than 80 percent of V_S as prescribed by Formula (58-8) or less than the limits specified by Section 1658.4.3.

> **EXCEPTION:** The design lateral shear force on the structure above the isolation system, if regular in configuration, may be taken as less than 80 percent, but not less than 60 percent, of V_S provided time-history analysis is used for design of the structure.

The design lateral shear force on the structure above the isolation system, if irregular in configuration, shall not be taken as less than V_S as prescribed by Formula (58-8) or less than the limits specified by Section 1658.4.3.

> **EXCEPTION:** The design lateral shear force on the structure above the isolation system, if irregular in configuration, may be taken as less than 100 percent, but not less than 80 percent, of V_S, provided time-history analysis is used for design of the structure.

1659.4 Ground Motion.

1659.4.1 Design spectra. Properly substantiated, site-specific spectra are required for design of all structures with an isolated period, T_M, greater than 3.0 seconds, or located on Soil Profile Type S_E or S_F or located within 10 km of an active fault or located in Seismic Zone 1, 2A or 2B. Structures that do not require site-specific spectra and for which site-specific spectra have not been calculated shall be designed using spectra based on Figure 16-3 of Chapter 16, Division III.

A design spectrum shall be constructed for the design-basis earthquake. This design spectrum shall not be taken as less than the response spectrum given in Figure 16-3 of Chapter 16, Division III, where the values of C_a shall be taken as equal to C_{AD} and C_v shall be taken as equal to C_{VD}.

> **EXCEPTION:** If a site-specific spectrum is calculated for the design-basis earthquake, then the design spectrum may be taken as less than 100 percent, but not less than 80 percent of the response spectrum given in Figure 16-3 of Chapter 16, Division III, where the values of C_a shall be taken as equal to C_{AD} and C_v shall be taken as equal to C_{VD}.

A design spectrum shall be constructed for the maximum capable earthquake. This spectrum shall not be taken as less than the spectrum given in Figure 16-3 of Chapter 16, Division III where the values of C_a shall be taken as equal to C_{AM} and C_v shall be taken as equal to C_{VM}. This spectrum shall be used to determine the total maximum displacement and overturning forces for design and testing of the isolation system.

> **EXCEPTION:** If a site-specific spectrum is calculated for the maximum capable earthquake, then the design spectrum may be taken as less than 100 percent, but not less than 80 percent of the response spectrum given in Figure 16-3 of Chapter 16, Division III, where the values of C_a shall be taken as equal to C_{AM} and C_v shall be taken as equal to C_{VM}.

1659.4.2 Time histories. Pairs of appropriate horizontal ground-motion time-history components shall be selected and scaled from not less than three recorded events. Appropriate time histories shall have magnitudes, fault distances and source mechanisms that are consistent with those that control the design-basis earthquake (or maximum capable earthquake). Where three appropriate recorded ground motion time history pairs are not available, appropriate simulated ground motion time history pairs may be used to make up the total number required. For each pair of horizontal ground-motion components, the square root sum of the squares (SRSS) of the 5 percent-damped spectrum of the scaled horizontal components shall be constructed. The motions shall be scaled such that the average value of the SRSS spectra does not fall below 1.3 times the 5 percent-damped spectrum of the design-basis earthquake (or maximum capable earthquake) by more than 10 percent for periods from $0.5T_D$ seconds to $1.25T_M$ seconds.

1659.5 Mathematical Model.

1659.5.1 General. The mathematical models of the isolated structure, including the isolation system, the lateral-force-resisting system and other structural elements, shall conform to Section 1631.3 and to the requirements of Sections 1659.5.2 and 1659.5.3 below.

1659.5.2 Isolation system. The isolation system shall be modeled using deformational characteristics developed and verified by test in accordance with the requirements of Section 1658.2.

The isolation system shall be modeled with sufficient detail to:

1. Account for the spatial distribution of isolator units,

2. Calculate translation, in both horizontal directions, and torsion of the structure above the isolation interface, considering the most disadvantageous location of mass eccentricity,

3. Assess overturning/uplift forces on individual isolator units; and

4. Account for the effects of vertical load, bilateral load and/or the rate of loading if the force deflection properties of the isolation system are dependent on one or more of these attributes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1659.5.3 Isolated structure.

1659.5.3.1 Displacement. The maximum displacement of each floor and the total design displacement and total maximum displacement across the isolation system shall be calculated using a model of the isolated structure that incorporates the force-deflection characteristics of nonlinear elements of the isolation system and the lateral-force-resisting system.

Lateral-force-resisting systems with nonlinear elements include, but are not limited to, irregular structural systems designed for a lateral force less than V_S as prescribed by Formula (58-8) and the limits specified by Section 1658.4.3, and regular structural systems designed for a lateral force less than 80 percent of V_S.

1659.5.3.2 Forces and displacements in key elements. Design forces and displacements in key elements of the lateral-force-resisting system may be calculated using a linear elastic model of the isolated structure, provided:

1. Pseudo-elastic properties assumed for nonlinear isolation system components are based on the maximum effective stiffness of the isolation system.

2. All key elements of the lateral-force-resisting system are linear.

1659.6 Description of Analysis Procedures.

1659.6.1 General. A response spectrum analysis or a time-history analysis, or both, shall be performed in accordance with Sections 1631.4 and 1631.5 and the requirements of this section.

1659.6.2 Input earthquake. The design-basis earthquake shall be used to calculate the total design displacement of the isolation system and the lateral forces and displacements of the isolated structure. The maximum capable earthquake shall be used to calculate the total maximum displacement of the isolation system.

1659.6.3 Response spectrum analysis. Response spectrum analysis shall be performed using a modal damping value for the fundamental mode in the direction of interest not greater than the effective damping of the isolation system or 30 percent of critical, whichever is less. Modal damping values for higher modes shall be selected consistent with those appropriate for response spectrum analysis of the structure above the isolation system on a fixed base.

Response spectrum analysis used to determine the total design displacement and the total maximum displacement shall include simultaneous excitation of the model by 100 percent of the most critical direction of ground motion and 30 percent of the ground motion on the orthogonal axis. The maximum displacement of the isolation system shall be calculated as the vectorial sum of the two orthogonal displacements.

1659.6.4 Time-history analysis. Time-history analysis shall be performed with at least three appropriate pairs of horizontal time-history components, as defined in Section 1659.4.2.

Each pair of time histories shall be applied simultaneously to the model, considering the most disadvantageous location of mass eccentricity. The maximum displacement of the isolation system shall be calculated from the vectorial sum of the two orthogonal displacements at each time step.

The parameter of interest shall be calculated for each time-history analysis. If three time-history analyses are performed, then the maximum response of the parameter of interest shall be used for design. If seven or more time-history analyses are performed, then the average value of the response parameter of interest may be used for design.

1659.7 Design Lateral Force.

1659.7.1 Isolation system and structural elements at or below the isolation system. The isolation system, foundation and all structural elements below the isolation system shall be designed using all of the appropriate provisions for a nonisolated structure and the forces obtained from the dynamic analysis.

1659.7.2 Structural elements above the isolation system. Structural elements above the isolation system shall be designed using the appropriate provisions for a nonisolated structure and the forces obtained from the dynamic analysis divided by a factor of R_I. The R_I factor shall be based on the type of lateral-force-resisting system used for the structure above the isolation system.

1659.7.3 Scaling of results. When the factored lateral shear force on structural elements, determined using either response spectrum or time-history analysis, is less than minimum level prescribed by Sections 1659.1 and 1659.2, then all response parameters, including member forces and moments shall be adjusted upward proportionally.

1659.8 Drift Limits. Maximum interstory drift corresponding to the design lateral force, including displacement due to vertical deformation of the isolation system, shall not exceed the following limits:

1. The maximum interstory drift ratio of the structure above the isolation system, calculated by response spectrum analysis, shall not exceed $0.015/R_I$.

2. The maximum interstory drift ratio of the structure above the isolation system, calculated by time-history analysis considering the force-deflection characteristics of nonlinear elements of the lateral-force-resisting system, shall not exceed $0.020/R_I$.

The secondary effects of the maximum capable earthquake lateral displacement, A, of the structure above the isolation system combined with gravity forces shall be investigated if the interstory drift ratio exceeds $0.010/R_I$.

SECTION 1660 — LATERAL LOAD ON ELEMENTS OF STRUCTURES AND NONSTRUCTURAL COMPONENTS SUPPORTED BY STRUCTURES

1660.1 General. Parts or portions of an isolated structure, permanent nonstructural components and the attachments to them, and the attachments for permanent equipment supported by a structure shall be designed to resist seismic forces and displacements as prescribed by this section and the applicable requirements of Section 1632.

1660.2 Forces and Displacements.

1660.2.1 Components at or above the isolation interface. Elements of seismic-isolated structures and nonstructural components, or portions thereof, which are at or above the isolation interface, shall be designed to resist a total lateral seismic force equal to the maximum dynamic response of the element or component under consideration.

EXCEPTION: Elements of seismic-isolated structures and nonstructural components, or portions thereof, may be designed to resist total lateral seismic force as prescribed by Formula (32-1) or (32-2) of Section 1632.

1660.2.2 Components that cross the isolation interface. Elements of seismic-isolated structures and nonstructural components, or portions thereof, that cross the isolation interface shall be designed to withstand the total maximum displacement.

1660.2.3 Components below the isolation interface. Elements of seismic-isolated structures and nonstructural compo-

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

nents, or portions thereof, which are below the isolation interface shall be designed and constructed in accordance with the requirements of Section 1632.

SECTION 1661 — DETAILED SYSTEMS REQUIREMENTS

1661.1 General. The isolation system and the structural system shall comply with the requirements of Section 1633 and the material requirements of Chapters 19 through 23. In addition, the isolation system shall comply with the detailed system requirements of this section and the structural system shall comply with the detailed system requirements of this section and the applicable portions of Section 1633.

1661.2 Isolation System.

1661.2.1 Environmental conditions. In addition to the requirements for vertical and lateral loads induced by wind and earthquake, the isolation system shall be designed with consideration given to other environmental conditions including aging effects, creep, fatigue, operating temperature and exposure to moisture or damaging substances.

1661.2.2 Wind forces. Isolated structures shall resist design wind loads at all levels above the isolation interface in accordance with the general wind design provisions. At the isolation interface, a wind restraint system shall be provided to limit lateral displacement in the isolation system to a value equal to that required between floors of the structure above the isolation interface.

1661.2.3 Fire resistance. Fire resistance for the isolation system shall meet that required for the building columns, walls or other structural elements in which it is installed.

Isolator systems required to have a fire-resistive rating shall be protected with approved materials or construction assemblies designed to provide the same degree of fire resistance as the structural element in which it is installed when tested in accordance with UBC Standard 7-1. See Section 703.2.

Such isolation system protection applied to isolator units shall be capable of retarding the transfer of heat to the isolator unit in such a manner that the required gravity load-carrying capacity of the isolator unit will not be impaired after exposure to the standard time-temperature curve fire test prescribed in UBC Standard 7-1 for a duration not less than that required for the fire-resistive rating of the structural element in which it is installed.

Such isolation system protection applied to isolator units shall be suitably designed and securely installed so as not to dislodge, loosen, sustain damage, or otherwise impair its ability to accommodate the seismic movements for which the isolator unit is designed and to maintain its integrity for the purpose of providing the required fire-resistive protection.

1661.2.4 Lateral restoring force. The isolation system shall be configured to produce a restoring force such that the lateral force at the total design displacement is at least $0.025W$ greater than the lateral force at 50 percent of the total design displacement.

> **EXCEPTION:** The isolation system need not be configured to produce a restoring force, as required above, provided the isolation system is capable of remaining stable under full vertical load and accommodating a total maximum displacement equal to the greater of either 3.0 times the total design displacement 36 C_{VM} inches (For SI: 914.4 C_{VM} mm).

1661.2.5 Displacement restraint. The isolation system may be configured to include a displacement restraint that limits lateral displacement due to the maximum capable earthquake to less than C_{VM}/C_{VD} times the total design displacement, provided that the seismic-isolated structure is designed in accordance with the following criteria when more stringent than the requirements of Section 1629.

1. Maximum capable earthquake response is calculated in accordance with the dynamic analysis requirements of Sections 1631 and 1659, explicitly considering the nonlinear characteristics of the isolation system and the structure above the isolation system.

2. The ultimate capacity of the isolation system and structural elements below the isolation system shall exceed the strength and displacement demands of the maximum capable earthquake.

3. The structure above the isolation system is checked for stability and ductility demand of the maximum capable earthquake.

4. The displacement restraint does not become effective at a displacement less than 0.75 times the total design displacement unless it is demonstrated by analysis that earlier engagement does not result in unsatisfactory performance.

1661.2.6 Vertical load stability. Each element of the isolation system shall be designed to be stable under the maximum vertical load, $1.2D + 1.0L + |E|_{max}$ and the minimum vertical load, $0.80\text{-}|E_{min}|$, at a horizontal displacement equal to the total maximum displacement. The vertical earthquake load on an individual isolation unit due to overturning, $|E_{max}$ and $|E|_{min}$, shall be based on peak response due to the maximum capable earthquake.

1661.2.7 Overturning. The factor of safety against global structural overturning at the isolation interface shall not be less than 1.0 for required load combinations. All gravity and seismic loading conditions shall be investigated. Seismic forces for overturning calculations shall be based on the maximum capable earthquake and W shall be used for the vertical restoring force.

Local uplift of individual elements is permitted provided the resulting deflections do not cause overstress or instability of the isolator units or other building elements.

1661.2.8 Inspection and replacement.

1. Access for inspection and replacement of all components of the isolation system shall be provided.

2. The architect or engineer of record or a person designated by the architect or engineer of record shall complete a final series of inspections or observations of building separation areas and of components that cross the isolation interface prior to the issuance of the certificate of occupancy for the seismic-isolated building. Such inspections and observations shall indicate that as-built conditions allow for free and unhindered displacement of the structure to maximum design levels and that all components that cross the isolation interface as installed, are able to accommodate the stipulated displacements.

3. Seismic-isolated buildings shall have a periodic monitoring, inspection and maintenance program for the isolation system established by the architect or engineer responsible for the design of the system. The objective of such a program shall be to ensure that all elements of the isolation system are able to perform to minimum design levels at all times.

4. Remodeling, repair or retrofitting at the isolation system interface, including that of components that cross the isolation interface, shall be performed under the direction of an architect or engineer licensed in the appropriate disciplines and experienced in the design and construction of seismic-isolated structures.

5. Horizontal displacement recording devices shall be installed at the isolation interface in seismic-isolated buildings.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1661.2.9 Quality control. A quality control testing program for isolator units shall be established by the engineer responsible for the structural design.

1661.3 Structural System.

1661.3.1 Horizontal distribution of force. A horizontal diaphragm or other structural elements shall provide continuity above the isolation interface and shall have adequate strength and ductility to transmit forces (due to nonuniform ground motion) from one part of the building to another.

1661.3.2 Building separations. Minimum separations between the isolated building and surrounding retaining walls or other fixed obstructions shall not be less than the total maximum displacement.

SECTION 1662 — NONBUILDING STRUCTURES

Nonbuilding structures shall be designed in accordance with the requirements of Section 1634 using design displacements and forces calculated in accordance with Section 1658 or 1659.

SECTION 1663 — FOUNDATIONS

Foundations shall be designed and constructed in accordance with the requirements of Chapter 18 using design forces calculated in accordance with Section 1658 or 1659.

SECTION 1664 — DESIGN AND CONSTRUCTION REVIEW

1664.1 General. A design review of the isolation system and related test programs shall be performed by an independent engineering team including persons licensed in the appropriate disciplines, experienced in seismic analysis methods and the theory and application of seismic isolation.

1664.2 Isolation System. Isolation system design review shall include, but not be limited to, the following:

1. Review of site-specific seismic criteria, including the development of site-specific spectra and ground motion time histories, and all other design criteria developed specifically for the project.

2. Review of the preliminary design, including the determination of the total design displacement of the isolation system design displacement and lateral force design level.

3. Overview and observation of prototype testing (Section 1665).

4. Review of the final design of the entire structural system and all supporting analyses.

5. Review of the isolation system quality control testing program (Section 1661.2.9).

The engineer of record shall submit with the plans and calculations a statement by all members of the independent engineering team stating that the above has been completed.

SECTION 1665 — REQUIRED TESTS OF ISOLATION SYSTEM

1665.1 General. The deformation characteristics and damping values of the isolation system used in the design and analysis of seismic-isolated structures shall be based on the following tests of a selected sample of the components prior to construction.

The isolation system components to be tested shall include the wind restraint system if such systems are used in the design.

The tests specified in this section are for establishing and validating the design properties of the isolation system, and shall not be considered as satisfying the manufacturing quality control tests of Section 1661.2.9.

1665.2 Prototype Tests.

1665.2.1 General. Prototype tests shall be performed separately on two full-size specimens or sets of specimens, as appropriate, of each type and size of isolator unit of the isolation system. The test specimens shall include the wind restraint system, as well as individual isolator units, if such systems are used in the design. Specimens tested shall not be used for construction.

1665.2.2 Record. For each cycle of tests the force-deflection behavior of the test specimen shall be recorded.

1665.2.3 Sequence and cycles. The following sequence of tests shall be performed for the prescribed number of cycles at a vertical load equal to the average $D + 0.5L$ on all isolator units of a common type and size:

1. Twenty fully reversed cycles of loading at a lateral force corresponding to the wind design force.

2. Three fully reversed cycles of loading at each of the following increments of displacement: 0.2 D_D, 0.5 D_D and 1.0 D_D, 1.0 D_M.

3. Three fully reversed cycles at the total maximum displacement, $1.0D_{TM}$.

4. $(15C_{VD}/C_{VA}B_D)$, but not less than 10, fully reversed cycles of loading at 1.0 times the total design displacement, $1.0D_{TD}$.

If an isolator unit is also a vertical load-carrying element, then Item 2 of the sequence of cyclic tests specified above shall be performed for two additional vertical load cases:

$$(1)\ 1.2D + 0.5L + |E|$$

$$(2)\ 0.8D - |E|$$

where D and L are defined in Chapter 16, Division III. The vertical test load on an individual isolator unit shall include the load increment due to earthquake overturning, $|E|$, and shall be equal to or greater than the peak earthquake vertical force response corresponding to the test displacement being evaluated. In these tests, the combined vertical load shall be taken as the typical or average downward force on all isolator units of a common type and size.

1665.2.4 Units dependent on loading rates. If the force-deflection properties of the isolator units are dependent on the rate of loading, then each set of tests specified in Section 1665.2.3 shall be performed dynamically at a frequency equal to the inverse of the effective period, T_D, of the isolated structure.

If reduced-scale prototype specimens are used to quantify rate-dependent properties of isolators, the reduced-scale prototype specimens shall be of the same type and material and be manufactured with the same processes and quality as full-scale prototypes, and shall be tested at a frequency that represents full-scale prototype loading rates.

The force-deflection properties of an isolator unit shall be considered to be dependent on the rate of loading if there is greater than a plus or minus 10 percent difference in the effective stiffness at the design displacement when tested at a frequency equal to the inverse of the effective period, T_D, of the isolated structure and when tested at any frequency in the range of 0.1 to 2.0 times the inverse of the effective period, T_D, of the isolated structure.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1665.2.5 Units dependent on bilateral load. If the force-deflection properties of the isolator units are dependent on bilateral load, then the tests specified in Sections 1665.2.3 and 1665.2.4 shall be augmented to include bilateral load at increments of the total design displacement 0.25 and 1.0, 0.50 and 1.0, 0.75 and 1.0, and 1.0 and 1.0.

EXCEPTION: If reduced-scale prototype specimens are used to quantify bilateral-load-dependent properties, then such scaled specimens shall be of the same type and material, and manufactured with the same processes and quality as full-scale prototypes.

The force-deflection properties of an isolator unit shall be considered to be dependent on bilateral load, if the bilateral and unilateral force-deflection properties have greater than a plus or minus 10 percent difference in effective stiffness at the design displacement.

1665.2.6 Maximum and minimum vertical load. Isolator units that carry vertical load shall be statically tested for the maximum and minimum vertical load, at the total maximum displacement. In these tests, the combined vertical loads of $1.2D + 1.0L + |E|_{max}$ shall be taken as the maximum vertical force, and the combined vertical load of $0.8D - |E|_{min}$ shall be taken as the minimum vertical force, on any one isolator unit of a common type and size. The vertical load on an individual isolator unit shall include the load increment due to earthquake overturning, $|E|_{max}$ and $|E|_{min}$, and shall be based on peak response due to the maximum capable earthquake.

1665.2.7 Sacrificial wind-restraint systems. If a sacrificial wind-restraint system is to be utilized, then the ultimate capacity shall be established by test.

1665.2.8 Testing similar units. The prototype tests are not required if an isolator unit is of similar dimensional characteristics and of the same type and material as the prototype isolator unit that has been previously tested using the specified sequence of tests.

1665.3 Determination of Force-deflection Characteristics. The force-deflection characteristics of the isolation system shall be based on the cyclic load tests of isolator prototypes specified in Section 1665.2.3.

As required, the effective stiffness of an isolator unit, k_{eff}, shall be calculated for each cycle of loading by the formula:

$$k_{eff} = \frac{F^+ - F^-}{\Delta^+ - \Delta^-} \qquad (65\text{-}1)$$

where $F+$ and $F-$ are the positive and negative forces at Δ^+ and Δ^-, respectively.

As required, the effective damping (β_{eff}) of an isolator unit shall be calculated for each cycle of loading by the formula:

$$\beta_{eff} = \frac{2}{\pi}\left[\frac{E_{Loop}}{k_{eff}(|\Delta^+| + |\Delta^-|)^2}\right] \qquad (65\text{-}2)$$

where the energy dissipated per cycle of loading, E_{Loop}, and the effective stiffness, k_{eff}, shall be based on test displacements of Δ^+ and Δ^-.

1665.4 System Adequacy. The performance of the test specimens shall be assessed as adequate if the following conditions are satisfied:

1. The force-deflection plots of all tests specified in Section 1665.2 have a positive incremental force-carrying capacity.

2. For each increment of test displacement specified in Section 1665.2.3, Item 2, and for each vertical load case specified in Section 1665.2.3:

   2.1 There is no greater than a plus or minus 10 percent difference between the effective stiffness at each of the three cycles of test and the average value of effective stiffness for each test specimen.

   2.2 There is no greater than a 10 percent difference in the average value of effective stiffness of the two test specimens of a common type and size of the isolator unit over the required three cycles of test.

3. For each specimen there is no greater than a plus or minus 20 percent change in the initial effective stiffness of each test specimen over the $(15C_{VD}/C_{VA}B_D)$, but not less than 10, cycles of the test specified in Section 1665.2.3, Item 4.

4. For each specimen there is no greater than a 20 percent decrease in the initial effective damping over for the $(15C_{VD}/C_{VA}B_D)$, but not less than 10, cycles of the test specified in Section 1665.2.3, Item 4.

5. All specimens of vertical load-carrying elements of the isolation system remain stable at the total maximum displacement for static load as prescribed in Section 1665.2.6.

1665.5 Design Properties of the Isolation System.

1665.5.1 Maximum and minimum effective stiffness. At the design displacement, the maximum and minimum effective stiffnesses of the isolation system, k_{Dmax} and k_{Dmin}, shall be based on the cyclic tests of Section 1665.2.3 and calculated by the formulas:

$$k_{Dmax} = \frac{\sum |F_D^+|_{max} + \sum |F_D^-|_{max}}{2D_D} \qquad (65\text{-}3)$$

$$k_{Dmin} = \frac{\sum |F_D^+|_{min} + \sum |F_D^-|_{min}}{2D_D} \qquad (65\text{-}4)$$

At the maximum displacement, the maximum and minimum effective stiffness of the isolation system, k_{Mmax} and k_{Mmin}, shall be based on the cyclic tests of Section 1665.2.3 and calculated by the formulas:

$$k_{Mmax} = \frac{\sum |F_M^+|_{max} + \sum |F_M^-|_{max}}{2D_M} \qquad (65\text{-}5)$$

$$k_{Mmin} = \frac{\sum |F_M^+|_{min} + \sum |F_M^-|_{min}}{2D_M} \qquad (65\text{-}6)$$

For isolator units that are found by the tests of Sections 1665.2.3, 1665.2.4 and 1665.2.5 to have force-deflection characteristics which vary with vertical load, rate of loading or bilateral load, respectively, the values of k_{Dmax} and k_{Mmax} shall be increased and the values of k_{Dmin} and k_{Mmin} shall be decreased, as necessary, to bound the effects of measured variation in effective stiffness.

1665.5.2 Effective damping. At the design displacement, the effective damping of the isolation system, β_D, shall be based on the cyclic tests of Section 1665.2.3 and calculated by the formula:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

$$\beta_D = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{\sum E_D}{k_{D\,max} D_D^2}\right] \qquad (65\text{-}7)$$

In Formula (65-7), the total energy dissipated in the isolation system per cycle of design displacement response, ΣE_D, shall be taken as the sum of the energy dissipated per cycle in all isolator units measured at test displacements, Δ^+ and Δ^-, that are equal in magnitude to the design displacement, D_D.

At the maximum displacement, the effective damping of the isolation system, β_M, shall be based on the cyclic tests of Section 1665.2.3 and calculated by the formula:

$$\beta_M = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{\sum E_M}{k_{M\,max} D_M^2}\right] \qquad (65\text{-}8)$$

In Formula (65-8), the total energy dissipated in the isolation system per cycle of response, E_M, shall be taken as the sum of the energy dissipated per cycle in all isolator units measured at test displacements, Δ^- and Δ^+, that are equal in magnitude to the maximum displacement, D_M.

TABLE A-16-C—DAMPING COEFFICIENTS, B_D AND B_M

EFFECTIVE DAMPING, β_D or β_M (percentage of critical)[1,2]	B_D or B_M FACTOR
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

[1] The damping coefficient shall be based on the effective damping of the isolation system determined in accordance with the requirements of Section 1665.5.

[2] The damping coefficient shall be based on linear interpolation for effective damping values other than those given.

TABLE A-16-D—MAXIMUM CAPABLE EARTHQUAKE RESPONSE COEFFICIENT, M_M

DESIGN BASIS EARTHQUAKE SHAKING INTENSITY, ZN_v	MAXIMUM CAPABLE EARTHQUAKE RESPONSE COEFFICIENT, M_M
0.075	2.67
0.15	2.0
0.20	1.75
0.30	1.50
0.40	1.25
≥ 0.50	1.20

TABLE A-16-E—STRUCTURAL SYSTEMS ABOVE THE ISOLATION INTERFACE[1]

BASIC STRUCTURAL SYSTEM[2]	LATERAL-FORCE-RESISTING SYSTEM DESCRIPTION	R_I	HEIGHT LIMIT FOR SEISMIC ZONES 3 AND 4 ✓ 304.8 for mm
1. Bearing wall system	1. Light-framed walls with shear panels		
	a. Wood structural panel walls for structures three stories or less	2.0	65
	b. All other light-framed walls	2.0	65
	2. Shear walls		
	a. Concrete	2.0	160
	b. Masonry	2.0	160
	3. Light steel-framed bearing walls with tension-only bracing	1.6	65
	4. Braced frames where bracing carries gravity load		
	a. Steel	1.6	160
	b. Concrete[3]	1.6	—
	c. Heavy timber	1.6	65
2. Building frame system	1. Steel eccentrically braced frame (EBF)	2.0	240
	2. Light-framed walls with shear panels		
	a. Wood structural panel walls for structures three stories or less	2.0	65
	b. All other light-framed walls	2.0	65
	3. Shear walls		
	a. Concrete	2.0	240
	b. Masonry	2.0	160
	4. Ordinary braced frames		
	a. Steel	1.6	160
	b. Concrete[3]	1.6	—
	c. Heavy timber	1.6	65
	5. Special concentrically braced frames		
	a. Steel	2.0	240

(Continued)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TABLE A-16-E—STRUCTURAL SYSTEMS ABOVE THE ISOLATION INTERFACE[1]—(Continued)

BASIC STRUCTURAL SYSTEM[2]	LATERAL-FORCE-RESISTING SYSTEM DESCRIPTION	R_I	HEIGHT LIMIT FOR SEISMIC ZONES 3 AND 4 × 304.8 for mm
3. Moment-resisting frame system	1. Special moment-resisting frame (SMRF)		
	a. Steel	2.0	N.L.
	b. Concrete	2.0	N.L.
	2. Masonry moment-resisting wall frame (MMRWF)	2.0	160
	3. Concrete intermediate moment-resisting frame (IMRF)[4]	2.0	—
	4. Ordinary moment-resisting frame (OMRF)		
	a. Steel[5]	2.0	160
	b. Concrete[6]	2.0	—
	5. Special truss moment frames of steel (STMF)	2.0	240
4. Dual systems	1. Shear walls		
	a. Concrete with SMRF	2.0	N.L.
	b. Concrete with steel OMRF	2.0	160
	c. Concrete with IMRF[3]	2.0	160
	d. Masonry with SMRF	2.0	160
	e. Masonry with steel OMRF	2.0	160
	f. Masonry with concrete IMRF[3]	2.0	—
	g. Masonry with masonry MMRWF	2.0	160
	2. Steel EBF		
	a. With steel SMRF	2.0	N.L.
	b. With steel OMRF	2.0	160
	3. Ordinary braced frames		
	a. Steel with steel SMRF	2.0	N.L.
	b. Steel with steel OMRF	2.0	160
	c. Concrete with concrete SMRF[3]	2.0	—
	d. Concrete with concrete IMRF[3]	2.0	—
	4. Specially concentrically braced frames		
	a. Steel with steel SMRF	2.0	N.L.
	b. Steel with steel OMRF	2.0	160
5. Cantilevered column building systems	1. Cantilevered column elements	1.4	35[7]
6. Shear wall-frame interaction systems	1. Concrete[6]	2.0	—
7. Undefined systems	See Sections 1629.6.7 and 1629.9.2		—

N.L. no limit.

[1]See Section 1630.4 for combination of structural systems.

[2]Basic structural systems are defined in Section 1629.6.

[3]Prohibited in Seismic Zones 3 and 4.

[4]Prohibited in Seismic Zones 3 and 4, except as permitted in Section 1633.2.

[5]Ordinary moment-resisting frames in Seismic Zone 1 meeting the requirements of Section 2213.6 may use an R_I value of 2.0.

[6]Prohibited in Seismic Zones 2A, 2B, 3 and 4. See Section 1633.2.7.

[7]Total height of the building including cantilevered columns.

TABLE A-16-F—SEISMIC COEFFICIENT, C_{AM}[1]

SOIL PROFILE TYPE	MAXIMUM CAPABLE EARTHQUAKE SHAKING INTENSITY $M_M Z N_a$				
	$M_M Z N_a = 0.075$	$M_M Z N_a = 0.15$	$M_M Z N_a = 0.2$	$M_M Z N_a = 0.3$	$M_M Z N_a \geq 0.4$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.8 M_M Z N_a$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$1.0 M_M Z N_a$
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	$1.0 M_M Z N_a$
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	$1.1 M_M Z N_a$
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	$0.9 M_M Z N_a$
S_F	See Footnote 2				

[1]Linear interpolation may be used to determine the value of C_{AM} for values of $M_M Z N_a$ for other than those shown in the table.

[2]Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis shall be performed to determine seismic coefficients for soil.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TABLE A-16-G—SEISMIC COEFFICIENT, C_{VM}[1]

SOIL PROFILE TYPE	MAXIMUM CAPABLE EARTHQUAKE SHAKING INTENSITY $M_{WS}ZN_v$				
	$M_{WS}ZN_v = 0.075$	$M_{WS}ZN_v = 0.15$	$M_{WS}ZN_v = 0.20$	$M_{WS}ZN_v = 0.30$	$M_{WS}ZN_v \geq 0.40$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.8M_{WS}ZN_v$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$1.0M_{WS}ZN_v$
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	$1.4M_{WS}ZN_v$
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	$1.6M_{WS}ZN_v$
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	$2.4M_{WS}ZN_v$
S_F	See Footnote 2				

[1] Linear interpolation may be used to determine the value of C_{VM} for values of $M_{WS}ZN_v$ for other than those shown in the table.

[2] Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis shall be performed to determine seismic coefficients for soil

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

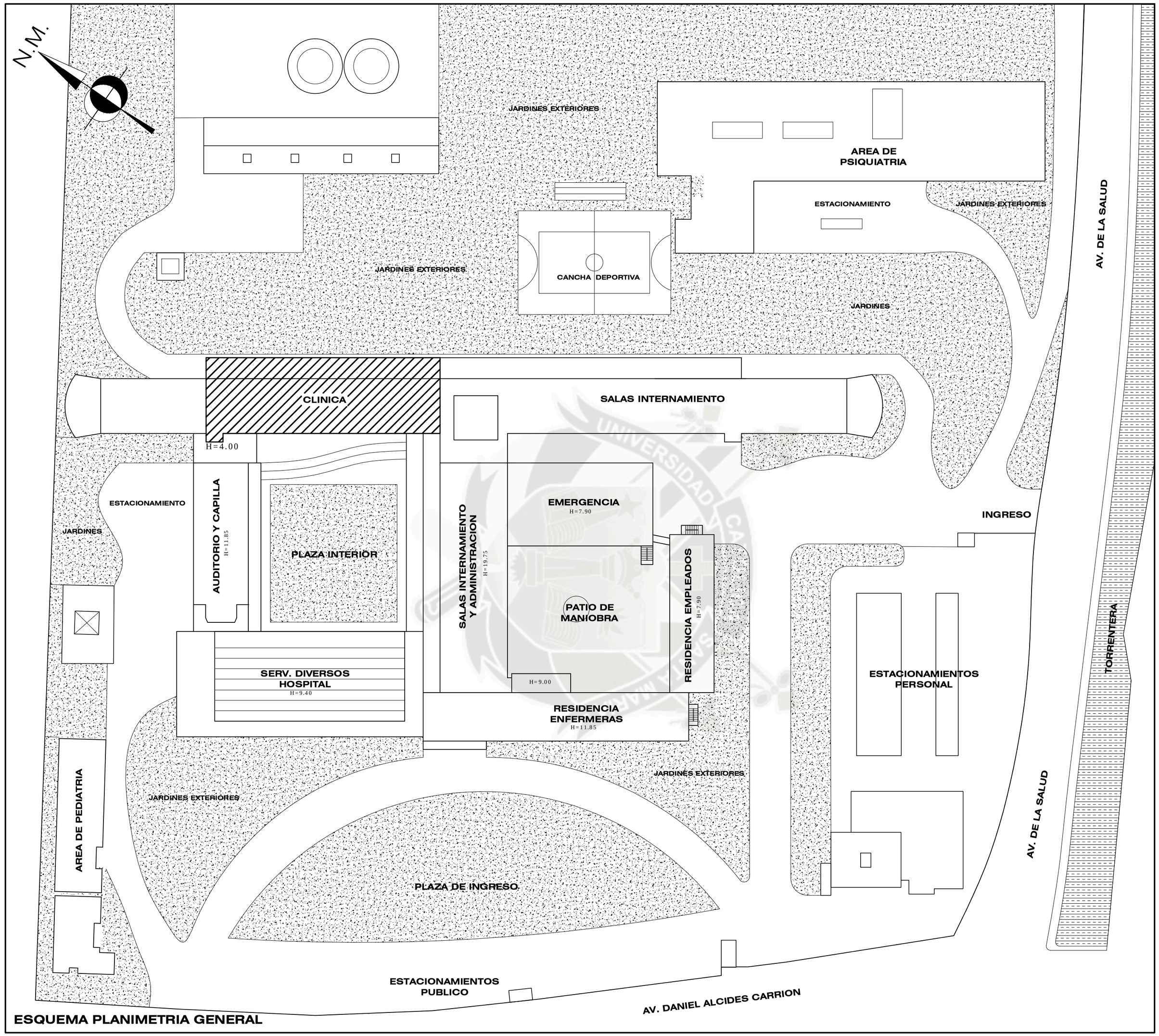
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO N°3

Planos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



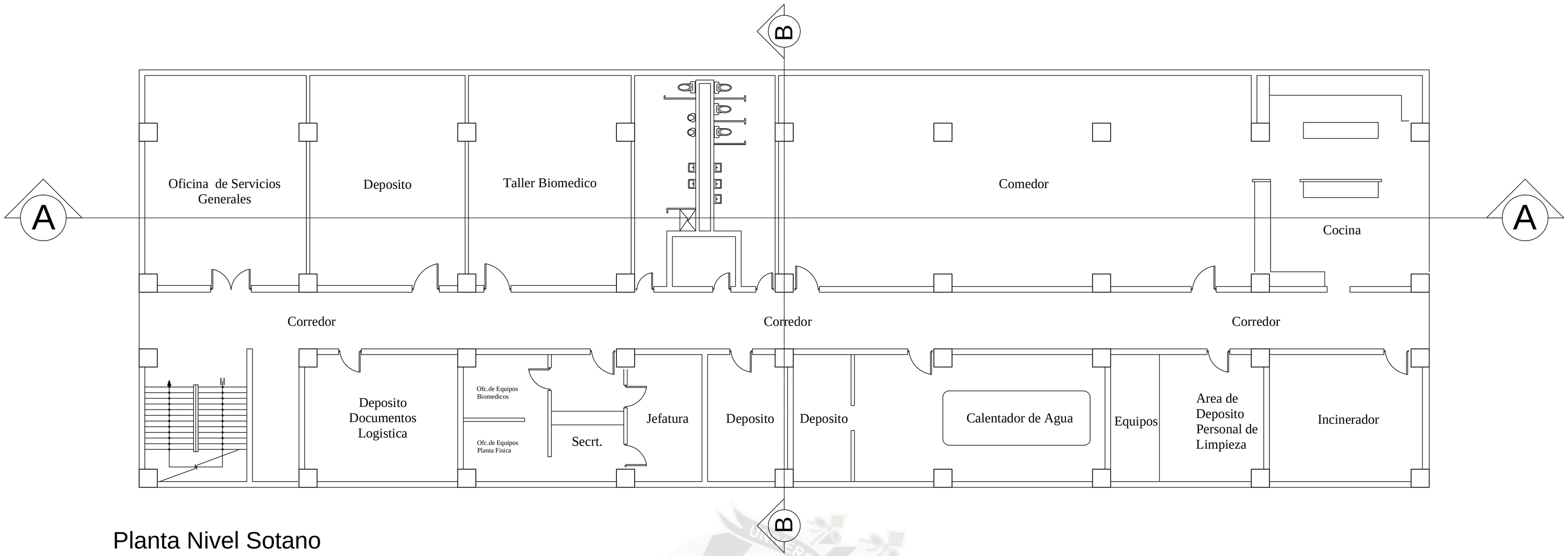
ESQUEMA PLANIMETRIA GENERAL

Esc 1/700

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA

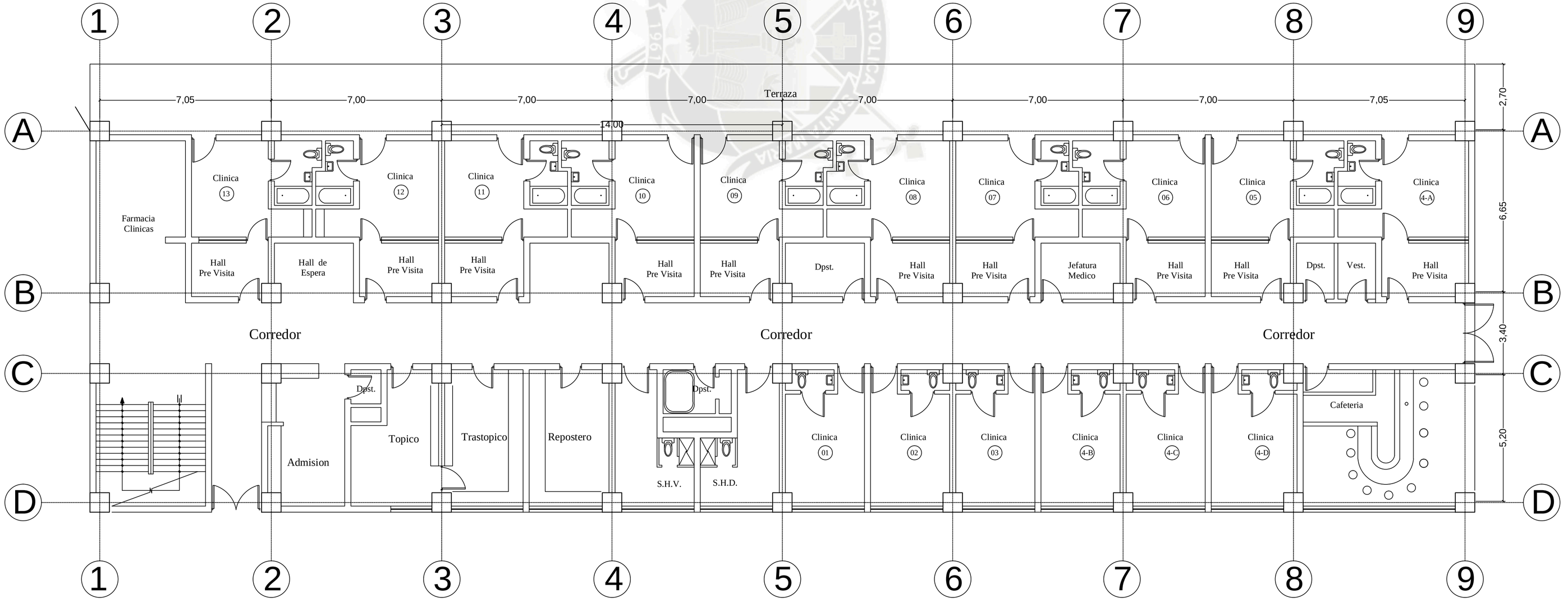
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:	BACHILLER:	
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan	
PLANO: PLANIMETRIA Ubicacion Bloque 2	ESC: Indicada	LAMINA: A-01
	FECHA: Diciembre-2012	



Planta Nivel Sotano

Esc 1/100

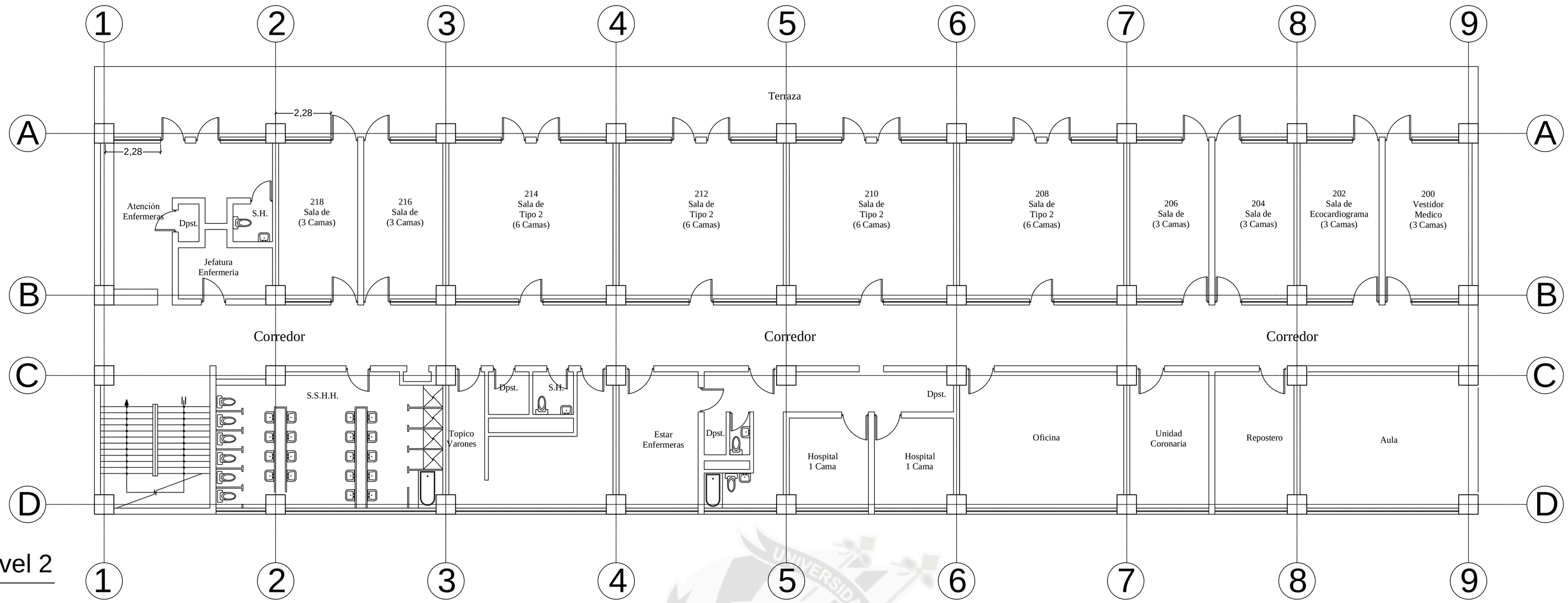


Planta Nivel 1

Esc 1/100

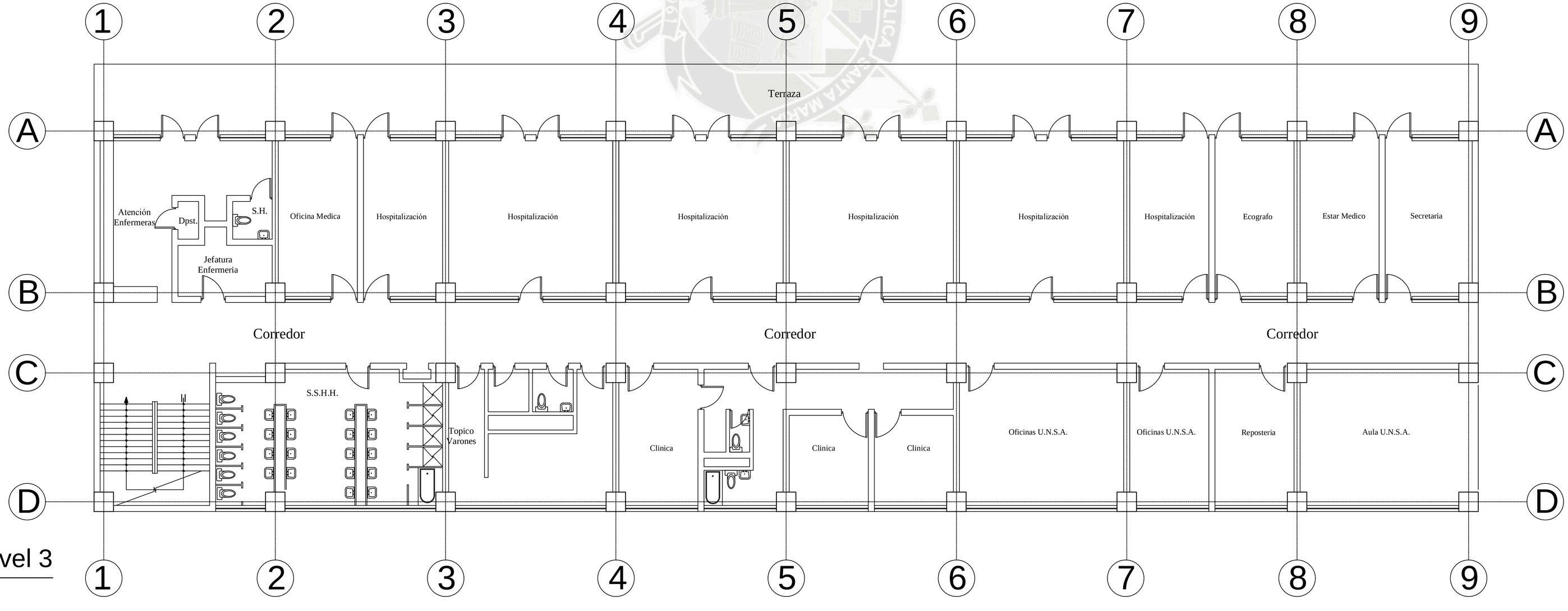
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:	BACHILLER:
Tesis para optar el Titulo Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sismicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan
PLANO: PLANTAS: Sotano y Nivel 1	ESC: 1/100
	FECHA: Diciembre-2012
	LAMINA A-02



Planta Nivel 2

Esc 1/100



Planta Nivel 3

Esc 1/100

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de un Hospital Nivel III con Criterios de Arquitectura Sismica en la Ciudad de Arequipa"

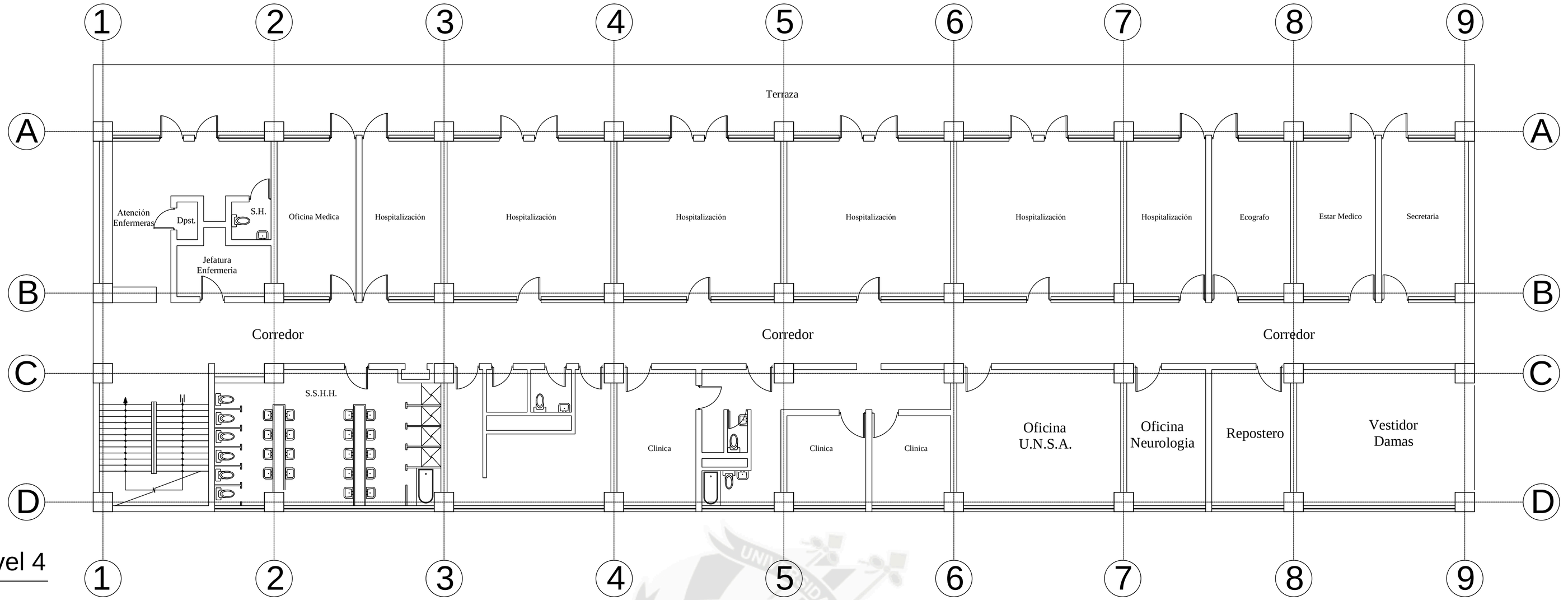
BACHILLER:
Muñoz Guerra, Joseph Jonathan

PLANO
PLANTAS:
Nivel 1 y 3

ESC: 1/100

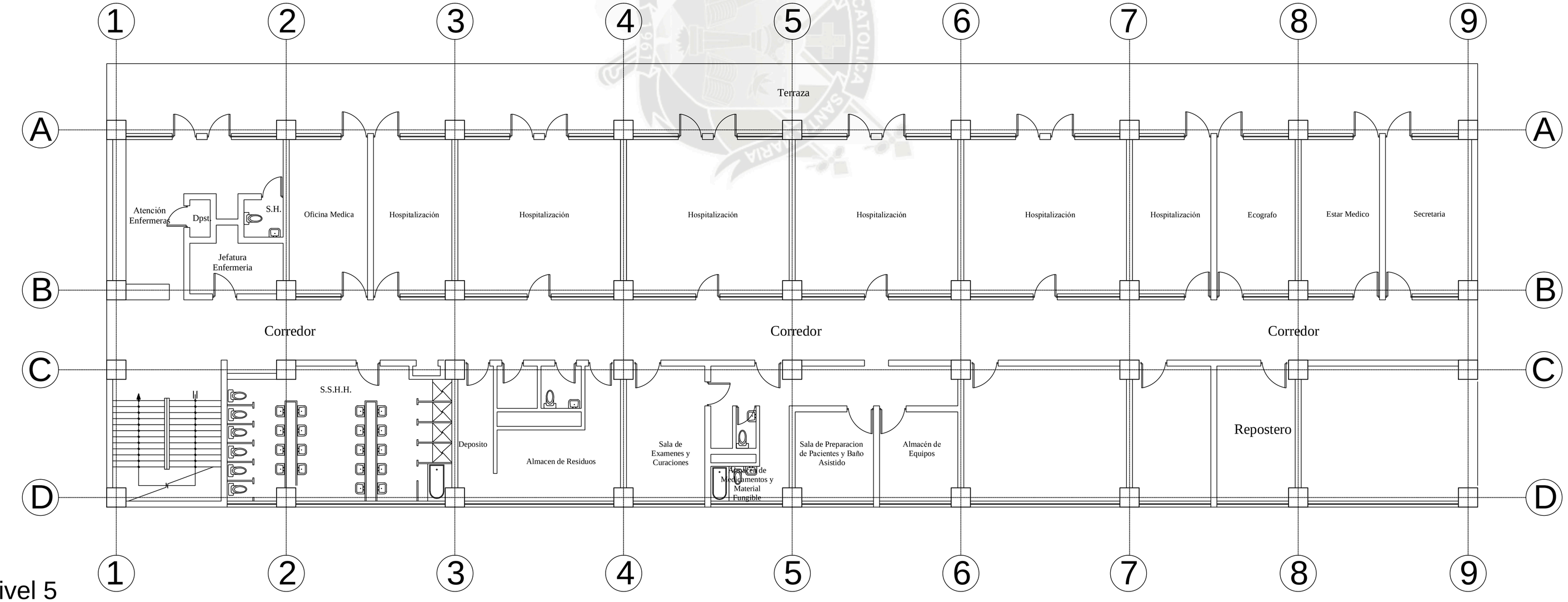
FECHA: Diciembre-2012

LAMINA
A-03



Planta Nivel 4

Esc 1/100



Planta Nivel 5

Esc 1/100

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:
Tesis para optar el Titulo Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sismicos en la Ciudad de Arequipa"

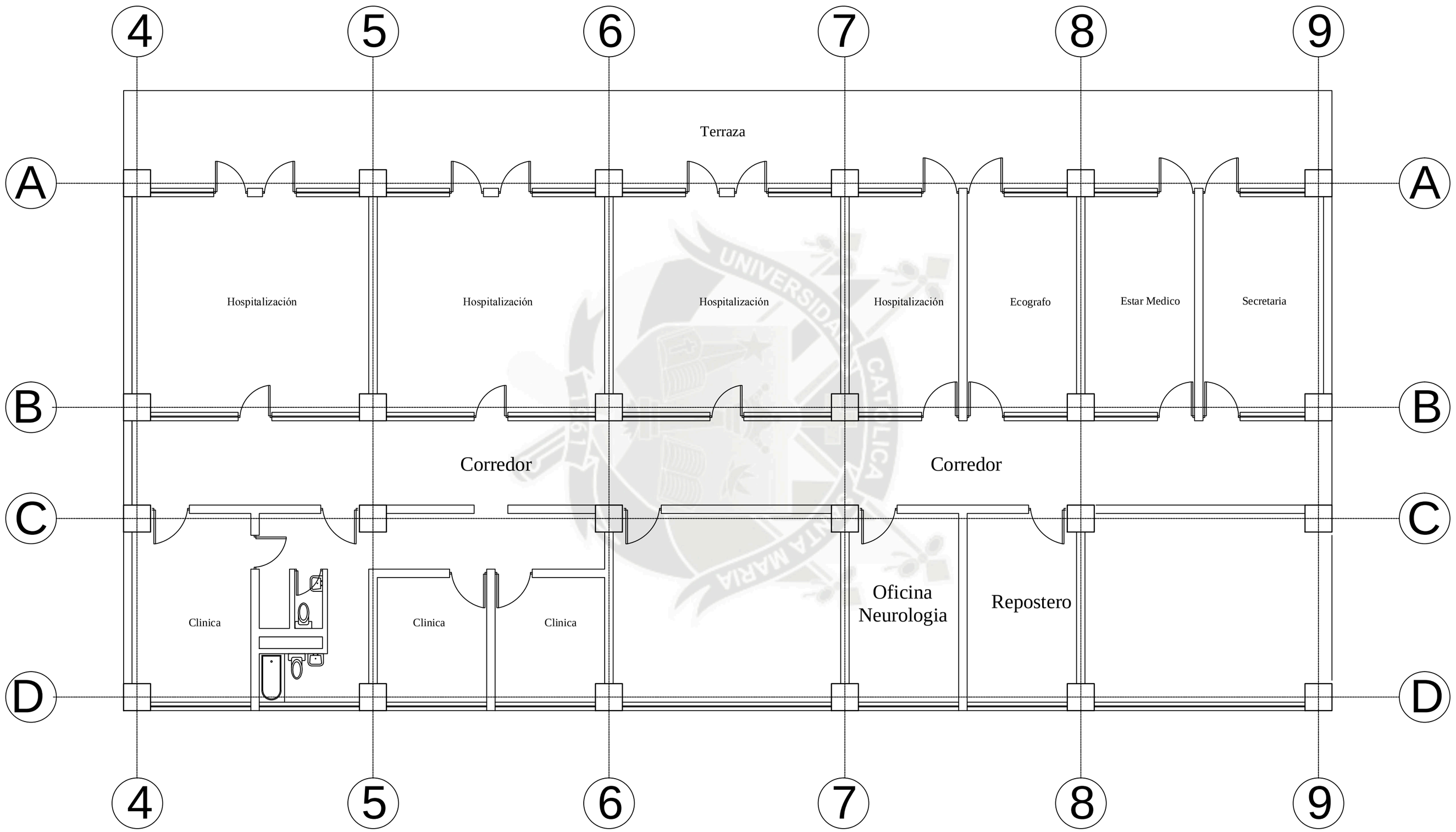
BACHILLER:
Muñoz Guerra, Joseph Jonathan

PLANO:
PLANTAS:
Nivel 4 y 5

ESC:
1/100

FECHA:
Diciembre-2012

LAMINA
A-04

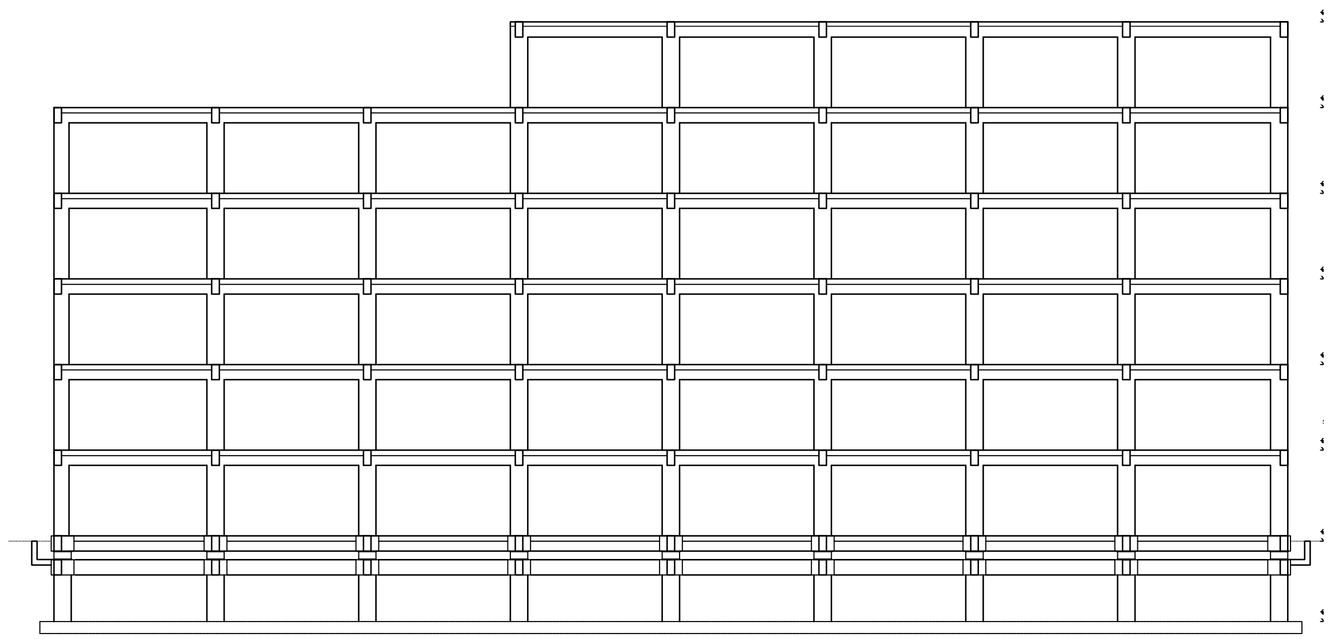


Planta Nivel 6

Esc 1/100

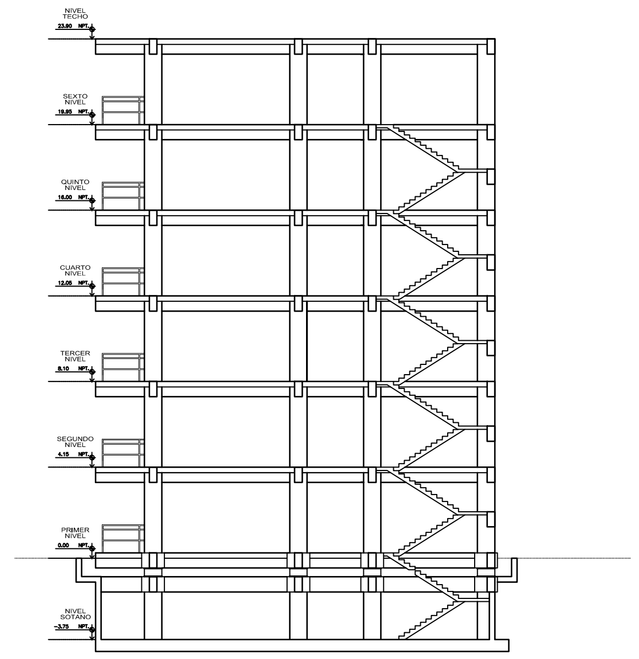
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:	BACHILLER:	
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan	
PLANO: PLANTAS: Nivel 6	ESC: 1/100	LAMINA: A-05
	FECHA: Diciembre-2012	



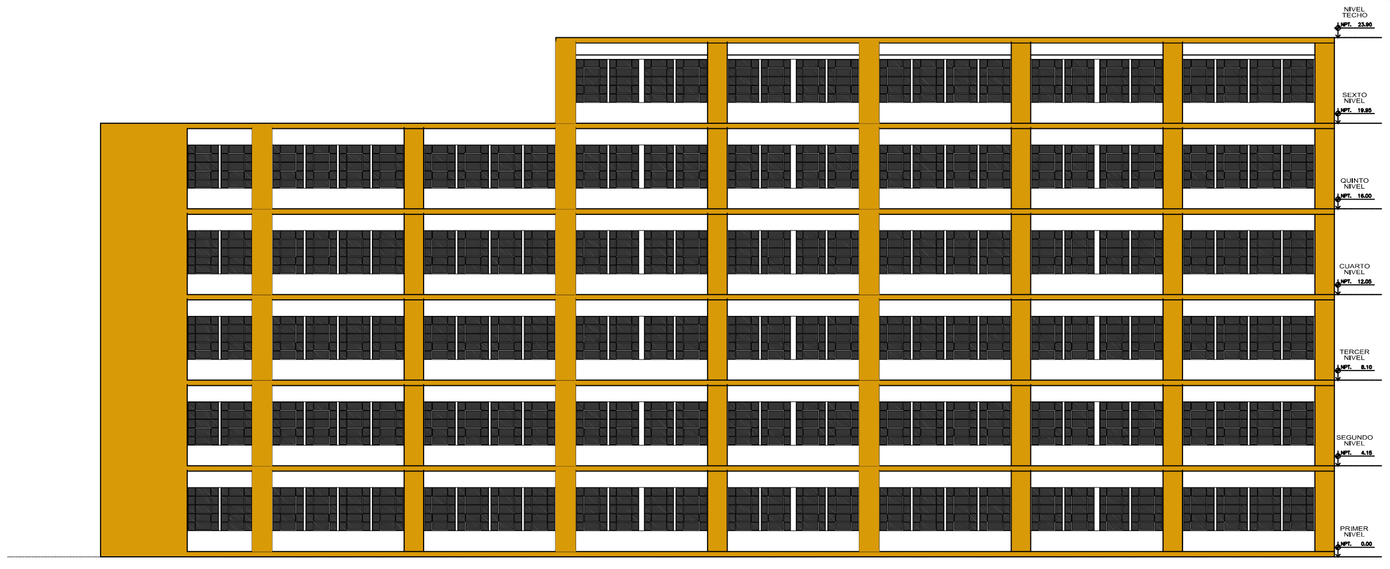
Corte Elevacion "A"

Esc 1/200



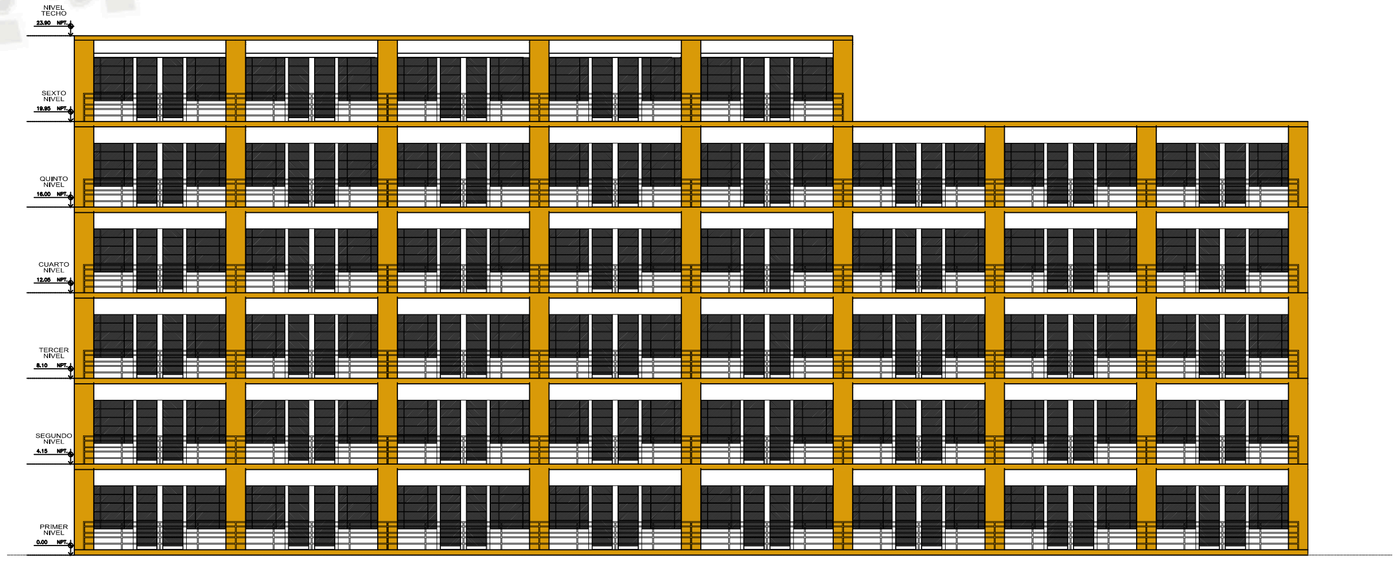
Corte Elevación "B"

Esc 1/200



Elevación Frontal

Esc 1/200



Elevación Posterior

Esc 1/200

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"

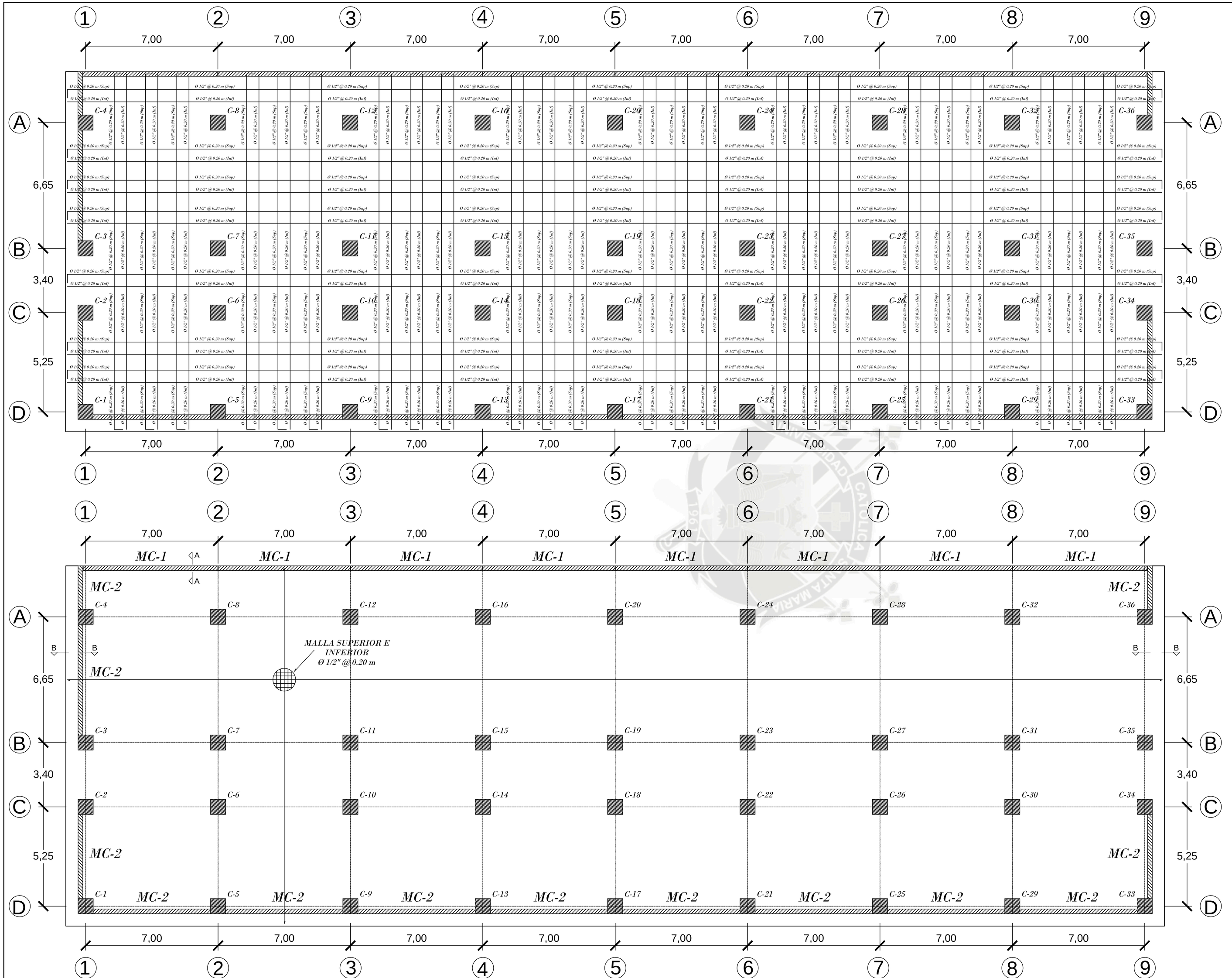
BACHILLER:
Muñoz Guerra, Joseph Jonathan

PLANO
ELEVACIONES:
Cortes y Elevaciones

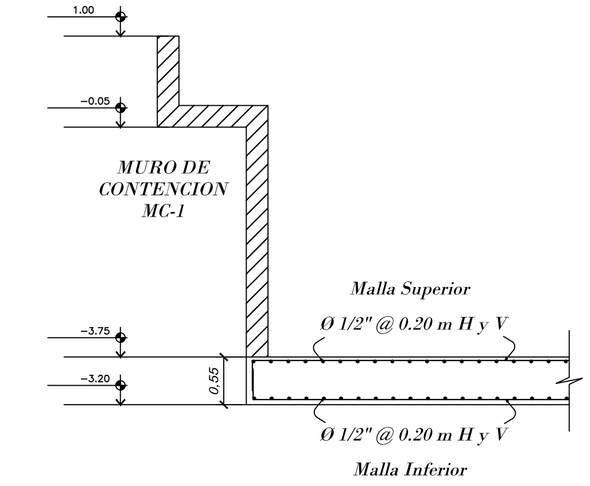
ESC: Indicada

FECHA: Diciembre-2012

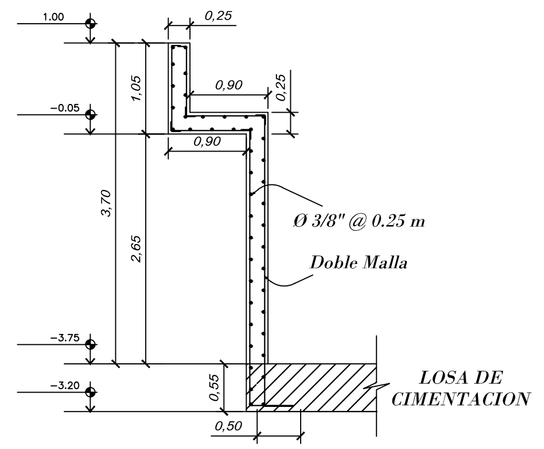
LAMINA
A-06

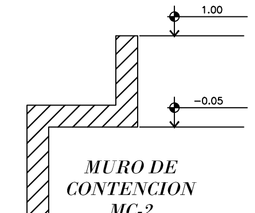


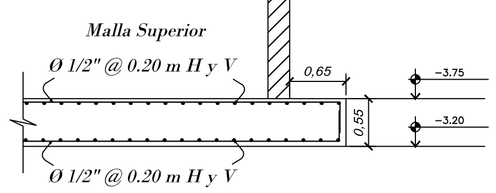
PLANTA DE CIMENTACION
(e=0.55 m) Esc 1:100



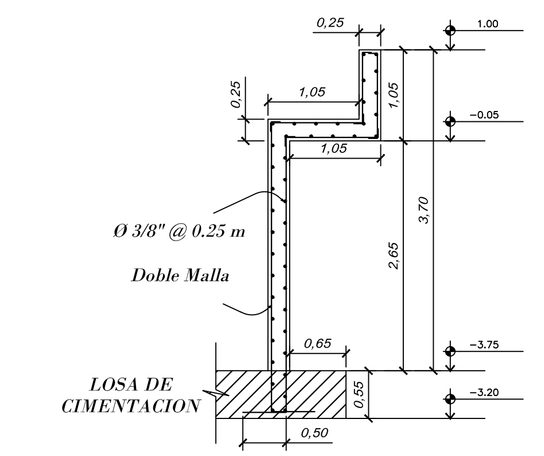
A-A

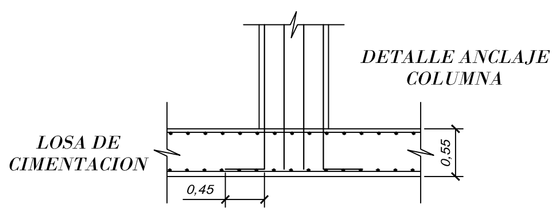






B-B

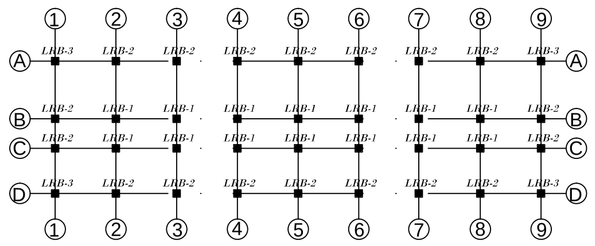


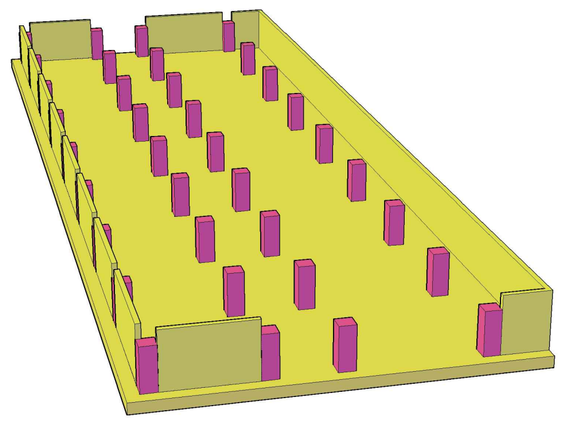


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:	BACHILLER:	
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Materiales Sismicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan	
PLANO: CIMENTACIONES Y MURO DE CONTENCION	ESC: 1/100	LAMINA: E-01
	FECHA: Diciembre-2012	

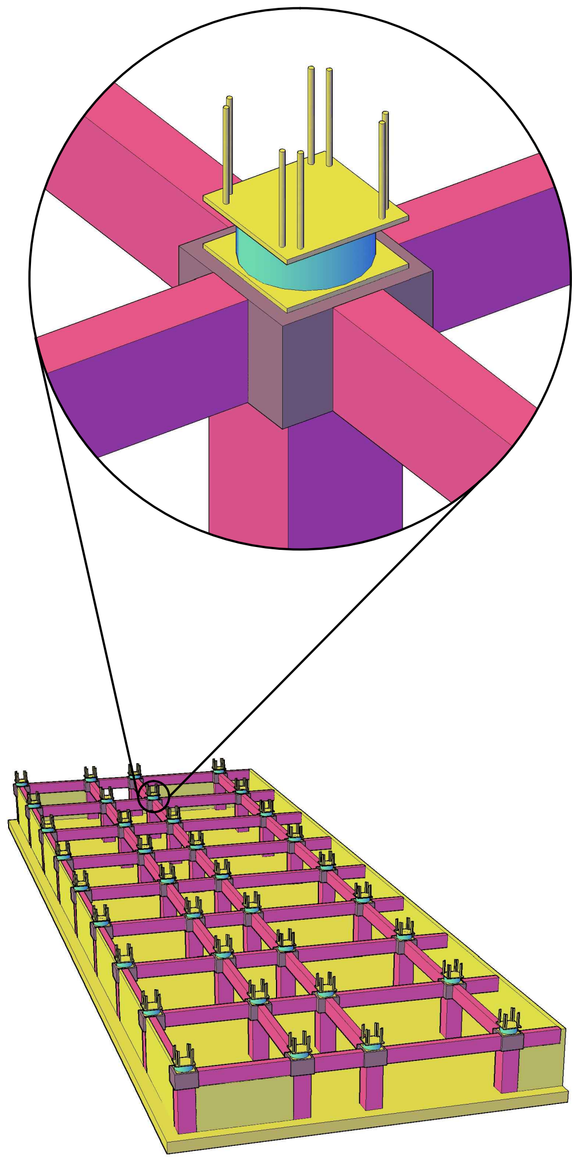
DISTRIBUCION EN PLANTA DE AISLADORES SISMICOS





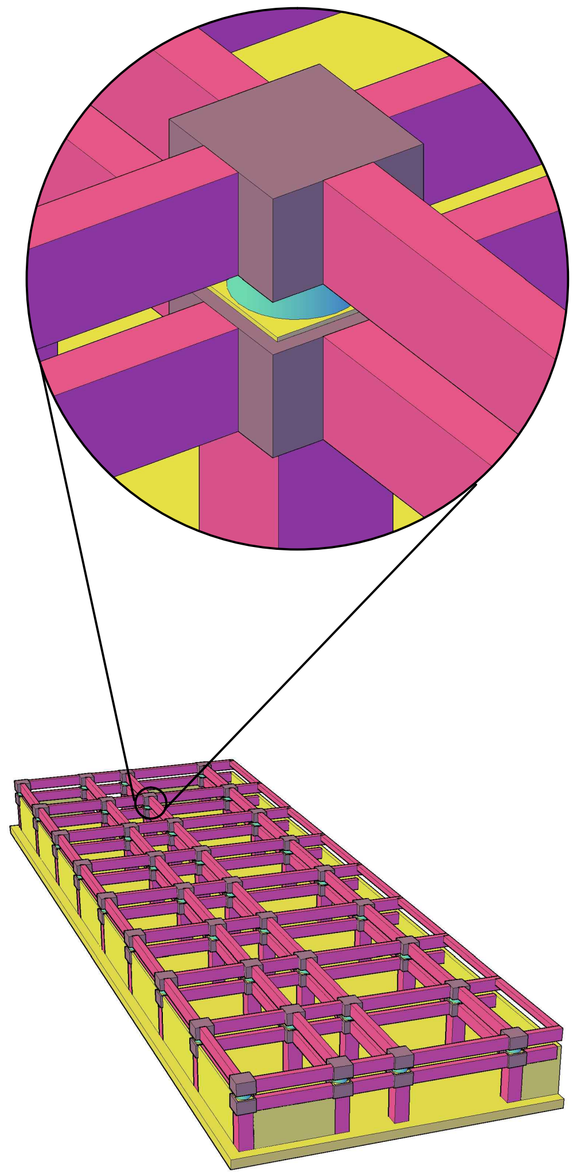
1RA ETAPA CONSISTE EN LOSA DE CIMENTACION, MUROS DE CONTENCION Y COLUMNAS

VISTA 3D DE AISLADORES SISMICOS SOBRE DADO DE UNION PARA VIGAS Y COLUMNAS

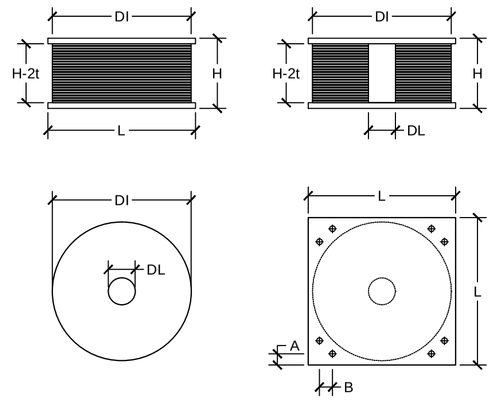


2DA ETAPA CONSISTE EN EL VACEADO DE LA MALLA DE VIGAS JUNTO A DADOS INF. DE CONCRETO, SOBRE ESTOS SE COLOCARA LOS AISLADORES SISMICOS

VISTA 3D DE INTERFAZ DE AISLAMIENTO ENTRE NIVEL SOTANO Y 1ER NIVEL

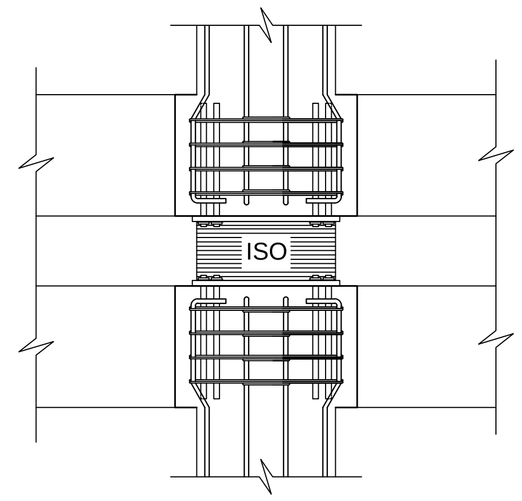


3RA ETAPA SE VACEAN LAS VIGAS JUNTO A DADOS SUP. DE CONCRETO Y LOSA ALIGERADA SOBRE LOS AISLADORES SISMICOS YA INSTALADOS

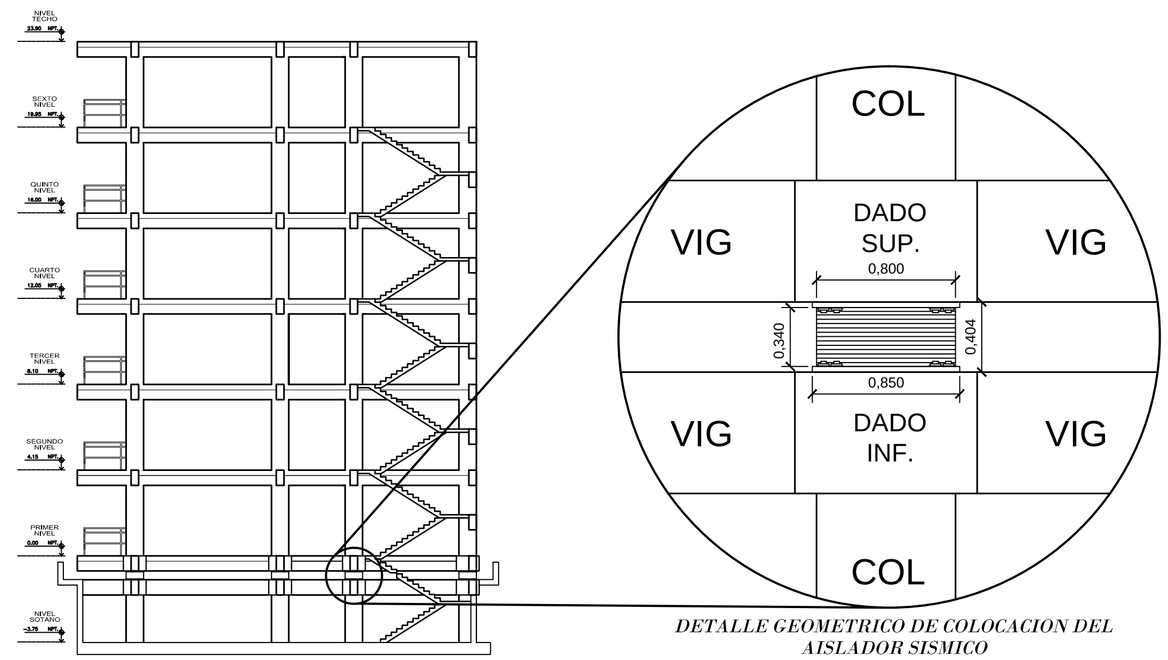


CUADRO DE DETALLES PARA AISLADORES SISMICOS

Tipo ISO	Cantidad (Und.)	DI (mm)	DL (mm)	H (mm)	t (mm)	H-2t (mm)	n (Und.)	A (mm)	B (mm)
LRB-1	14	800	155	404	32	340	23	65	75
LRB-2	18	800	145	404	32	340	23	65	75
LRB-3	4	800	125	404	32	340	23	65	75



DETALLE DE CONEXION DE COLUMNA CON AISLADOR SISMICO



VISTA DE CORTE DE ESTRUCTURA AISLADA

DETALLE GEOMETRICO DE COLOCACION DEL AISLADOR SISMICO

CUADRO DE COLUMNAS		
NIVEL	CARACT.	*C1 a C36*
7°	*As*	
	SECCIÓN	
6°	*As*	
	SECCIÓN	
5°	*As*	
	SECCIÓN	
4°	*As*	
	SECCIÓN	
3°	*As*	
	SECCIÓN	
2°	*As*	
	SECCIÓN	
1°	*As*	*12 Ø 1"*
	SECCIÓN	*0.80 x 0.80*
		TIPO 1
Dado Sup.	*As*	*12 Ø 1"*
	SECCIÓN	*0.80 x 0.80*
		TIPO 2
Dado Inf.	*As*	*12 Ø 1"*
	SECCIÓN	*0.80 x 0.80*
		TIPO 2
S	*As*	*12 Ø 1"*
	SECCIÓN	*0.80 x 0.80*
		TIPO 1
SECCIÓN		0.80 / 0.80 / Tipo 1 — C-1 a C-36 (Sotano,1er a 7mo Nivel)
		1.05 / 1.05 / Tipo 2 — Dado D-1 Sup. e Inf. (Entre Sotano y 1er Nivel)
CONCRETO f'c = Kg / cm2		*280*

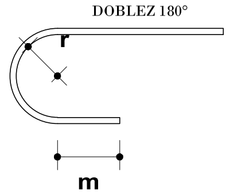
PARA HACER ESTRIBOS (cuadrados o rectangulares)			
DIAMETRO DE LA BARRA db	DISTANCIA DEL TUBO A LA TRAMPA = L		DIAMETRO MINIMO DE DOBLADO D
	PARA DOBLAR ESTRIBOS A 90°	PARA DOBLAR ESTRIBOS A 135°	
6 mm	15 mm	25 mm	24 mm
3/8"	25 mm	40 mm	38 mm
12 mm	30 mm	50 mm	48 mm
1/2"	35 mm	55 mm	51 mm
5/8"	45 mm	70 mm	64 mm

PARA DOBLAR BASTONES			
DIAMETRO DE LA BARRA db	DISTANCIA DEL TUBO A LA TRAMPA = L		DIAMETRO MINIMO DE DOBLADO D
	PARA DOBLAR ESTRIBOS A 90°	PARA DOBLAR ESTRIBOS A 180°	
6 mm	25 mm	55 mm	36 mm
3/8"	35 mm	85 mm	57 mm
12 mm	50 mm	110 mm	72 mm
1/2"	55 mm	120 mm	76 mm
5/8"	65 mm	150 mm	95 mm

DIMENSIONES Y PESOS			
DIAMETRO DE LA BARRA	AREA NOMINAL mm2	PESO NOMINAL Kg/mt	PESO MINIMO Kg/mt
6 mm	28	0.220	0.207
8 mm	50	0.395	0.371
3/8"	71	0.560	0.526
12 mm	113	0.888	0.835
1/2"	129	0.994	0.934
5/8"	199	1.552	1.459

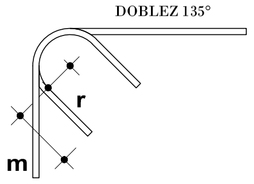
GANCHOS ESTANDAR
BARRAS LONGITUDINALES Y ESTRIBOS

DOBLEZ 180°



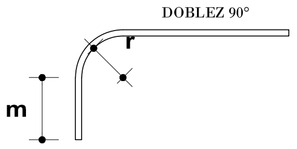
ø	db (cm)	m (cm)	r (cm)
3/8"	0.952	6.50	3.00
1/2"	1.270	6.50	4.00
5/8"	1.587	6.50	5.00
3/4"	1.905	8.00	6.00
1"	2.540	11.00	8.00

DOBLEZ 135°



ø	db (cm)	m (cm)	r (cm)
3/8"	0.952	10.00	3.00
1/2"	1.270	13.00	4.00
5/8"	1.587	16.00	5.00
3/4"	1.905	19.00	6.00
1"	2.540	26.00	8.00

DOBLEZ 90°



ø	db (cm)	m (cm)	r (cm)
3/8"	0.952	12.00	3.00
1/2"	1.270	16.00	4.00
5/8"	1.587	19.00	5.00
3/4"	1.905	23.00	6.00
1"	2.540	31.00	8.00

CUADRO DE ESTRIBOS PARA COLUMNAS

Tipo	Ø	Distribución
1	3/8"	*1 @0.05, 6 @0.10, 2 @0.20 Resto @0.30*
2	3/8"	*4 @0.15*

Ø	MUROS (mm)	VIGAS (mm)	ESTRIBOS (mm)	GANCHOS (mm)	Diámetro Doblado(mm)	
					VARILLA	ESTRIBOS
3/8"	400	400	100	200	57	40
1/2"	450	450	200	250	76	50
5/8"	600	600	-	300	95	65
3/4"	700	700	-	350	115	-
1"	1250	1250	-	450	200	-
Esquema	L	L		L		

SUELO

CAPACIDAD PORTANTE ***: σt = 1.00 kg/cm2***
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE ***: Df = 3.20m***
TIPO DE SUELO ***: Suelo Rígido***

PARÁMETROS SÍSMICOS PARA LA ESTRUCTURA AISLADA SISMICAMENTE

Factor de Zona	Z=0.4
Coef. de Uso e Importancia	U=1.0
Factor de Amplificación del Suelo	S=1.2
Factor de Amplificación Sísmica	Tp=0.6
Coef. de Reducción de Fuerza Sísmica	R=2.0
Coef. de Amortiguamiento	B=1.35

ACELERACION ESPECTRAL $Sa = \frac{ZUCS}{RB} \times g$

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO

SOLADO P/LOSA DE CIMENTACION	C:H 1:10 + 30% P.G.
LOSA DE CIMENTACION	*f'c = 280 Kg/cm,*
COLUMNAS	*f'c = 280 Kg/cm,*
VIGAS, LOSAS Y ESCALERAS	*f'c = 280 Kg/cm,*
MUROS DE CONTENCIÓN C° A°	*f'c = 280Kg/cm,*
DADO C° A° P/AISLADORES SISMICOS	*f'c = 280Kg/cm,*

ACERO

ACERO CORRUGADO fy = 4200 Kg/cm²

RECUBRIMIENTOS

COLUMNAS	*4.0 cm*
VIGAS	*4.0 cm*
LOSA DE CIMENTACION	*7.0 cm*
MUROS DE CONTENCIÓN	*4.0 cm*

TABIQUERIA

La estructura ha sido diseñada para solo para el uso de tabiqueria movil, Dry Wall o algun equivalente que no supere una sobrecarga de 100 Kgf/m2

ANALISIS ESTATICO SEGUN UBC 97

a) Factor de Zona:	*Z* = 0.40
b) Perfil de Suelo:	*SD*
c) Peso total de la Súper Estructura:	*Wa = 7186.42 Tn*
d) Tipo de fuente Sísmica:	*A*
e) Factores de Cercanía a la fuente Sísmica:	*Na* = 1.0, *Nv* = 1.0
f) Coef. Respuesta Sismo Máximo Posible:	*MM* = 1.25
g) Coeficientes Sísmicos *CVD* y *CAD*:	*CVD* = 0.44, *CAD* = 0.44
* Coeficientes *MMZNv* y *MMZNa*:	*MMZNv*= 0.5, *MMZNa*= 0.5
h) Coeficientes Sísmicos *CVM* y *CAM*:	*CVM* = 0.80, *CAM* = 0.55
i) Factor de Reducción:	*Ri* = 2.00
j) Amortiguamiento:	*βD* o *βM* = 15%, *BD* o *BM*= 1.35
k) Periodo de Vibración:	TD=2.80 s, TM=3.10 s
l) Desplazamientos de Diseño:	DD=0.23 m, DM=0.46 m

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"

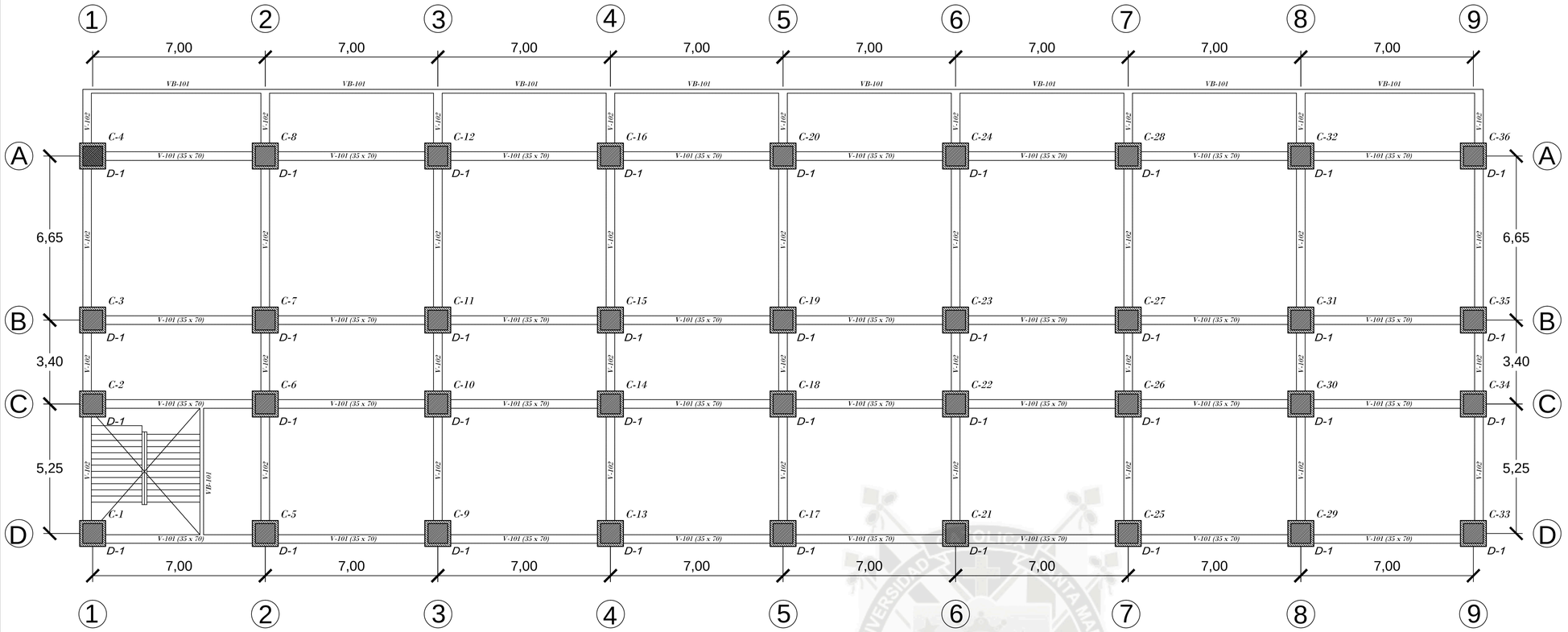
BACHILLER: Muñoz Guerra, Joseph Jonathan

PLANO DETALLE DE COLUMNAS Y AISLADORES SISMICOS

ESC: Indicada

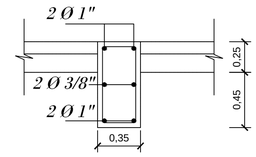
FECHA: Diciembre-2012

LAMINA E-02

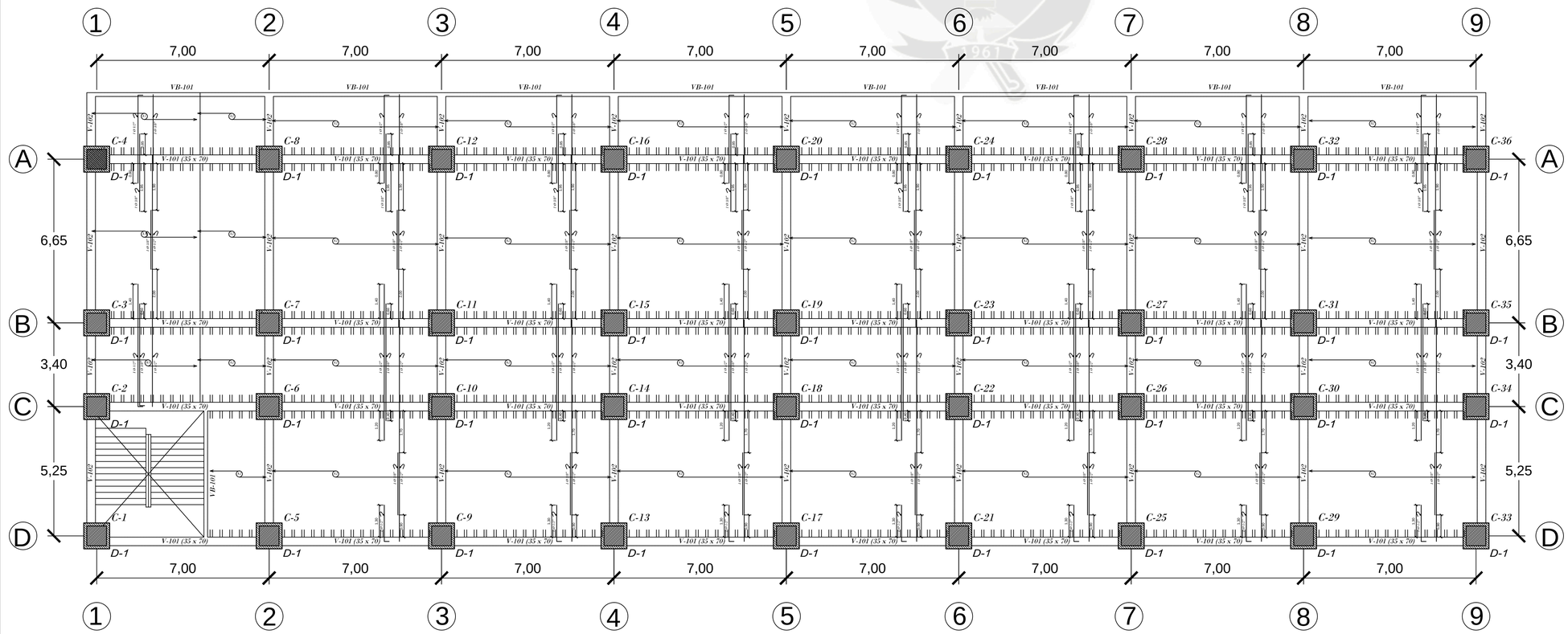


PARRILLA DE VIGAS NIVEL SOTANO

Esc 1:100

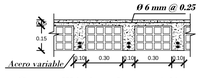


V-101
Esc:1/25



ALIGERADO TIPICO 1RA A 5TA PLANTA

Esc 1:100

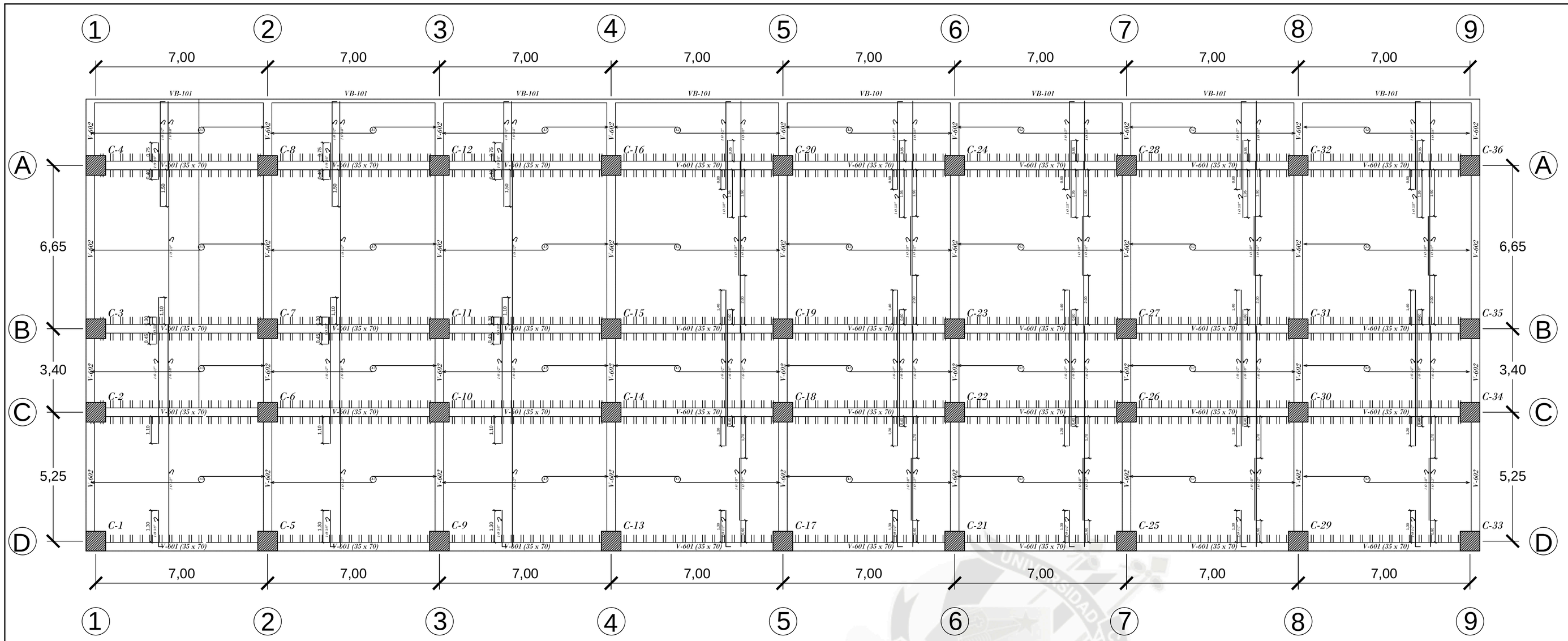


Corte Típico Losa Aligerada
Esc:1/25

NOTA: Dado de concreto D-1 solo en parrilla de vigas en nivel sotano y en el aligerado del primer nivel.

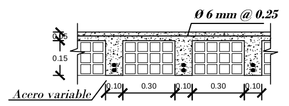
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:	BACHILLER:	
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan	
PLANO: ALIGERADOS: Sotano y Tipico de 1 a 5 Nivel	ESC: 1/100	LAMINA: E-03
	FECHA: Diciembre-2012	

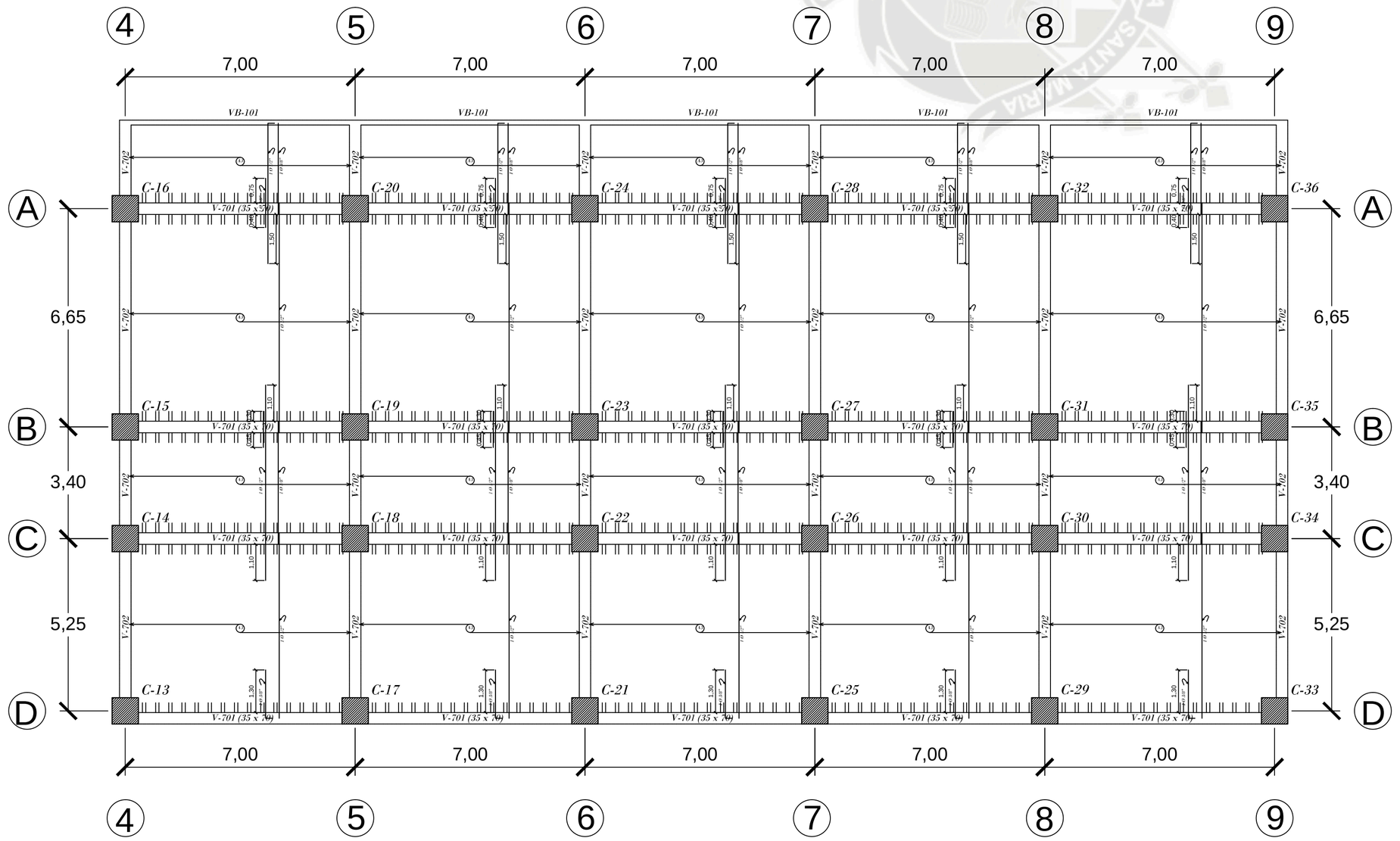


ALIGERADO SEXTA PLANTA

Esc 1:100

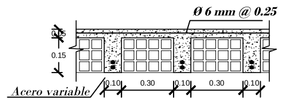


Corte Típico Losa Aligerada
Esc:1/25



ALIGERADO TECHO

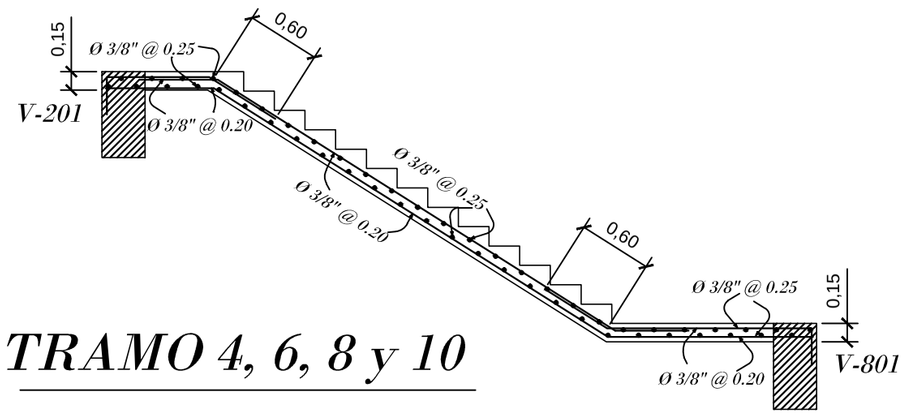
Esc 1:100



Corte Típico Losa Aligerada
Esc:1/25

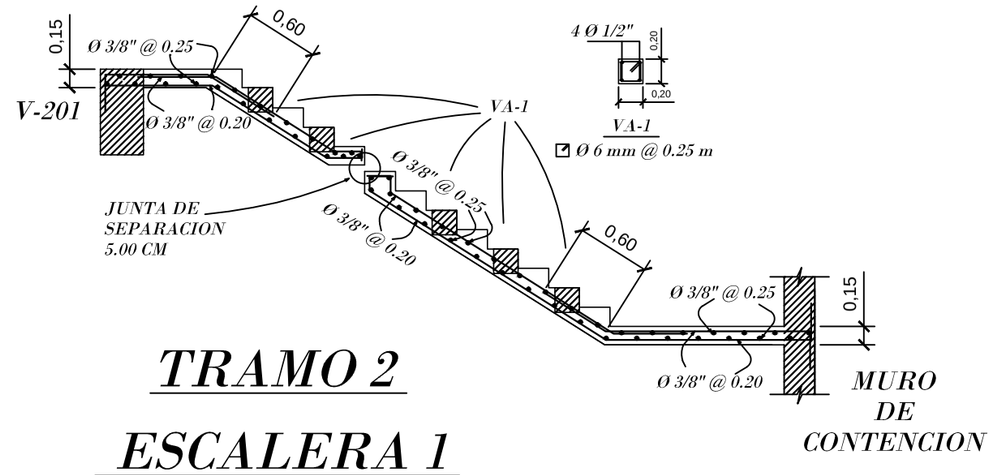
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO:	BACHILLER:
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan
PLANO: ALIGERADOS: 6to Nivel y Techo	ESC: 1/100
	FECHA: Diciembre-2012
	LAMINA: E-04



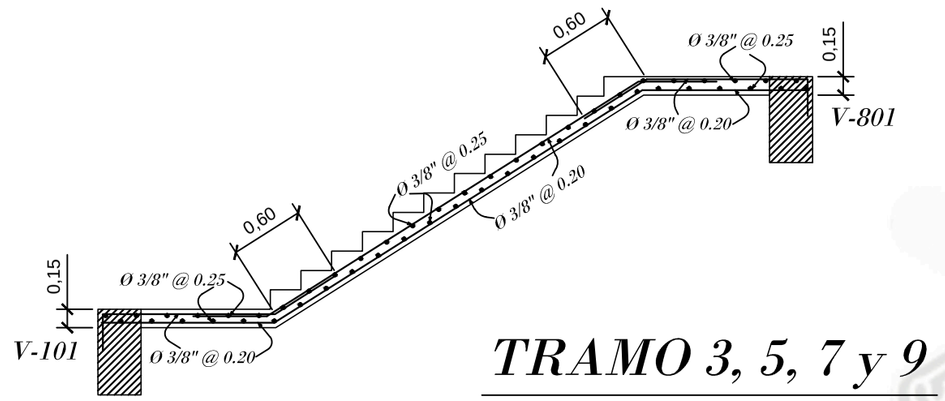
TRAMO 4, 6, 8 y 10

ESCALERA 1



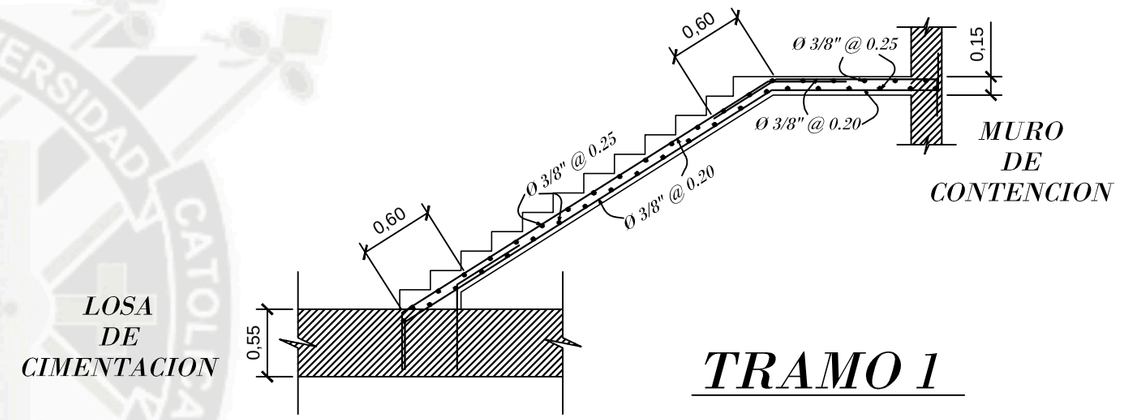
TRAMO 2

ESCALERA 1



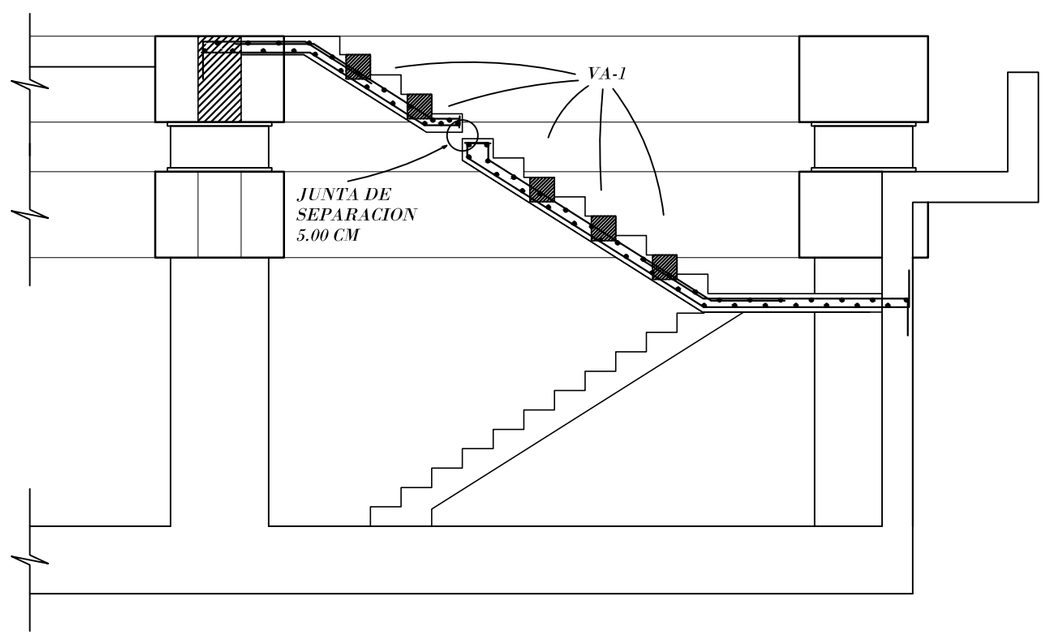
TRAMO 3, 5, 7 y 9

ESCALERA 1



TRAMO 1

ESCALERA 1

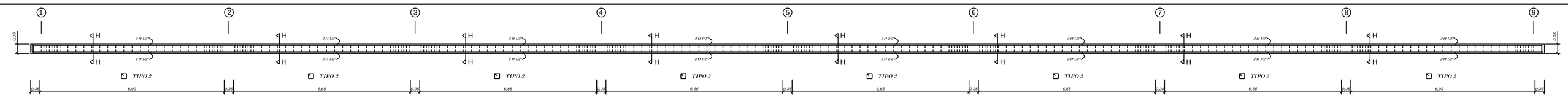


DETALLE ESCALERA EN PLANO DE AISLAMIENTO

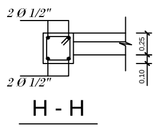
Esc 1:100

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

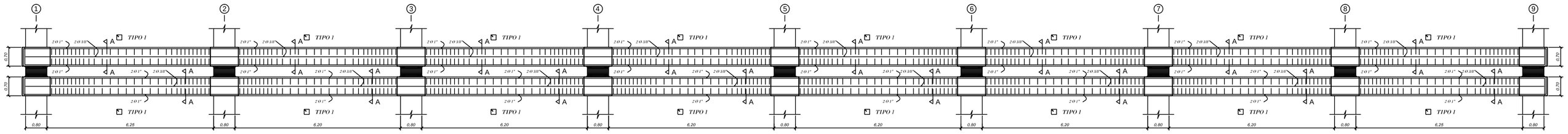
PROYECTO:	BACHILLER:	
Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"	Muñoz Guerra, Joseph Jonathan	
PLANO: ALIGERADOS: Detalle Escaleras	ESC: 1/100	LAMINA: E-05
	FECHA: Diciembre-2012	



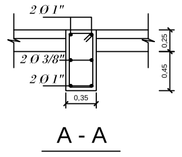
VIGA DE BORDE VB-101 (EJE A')



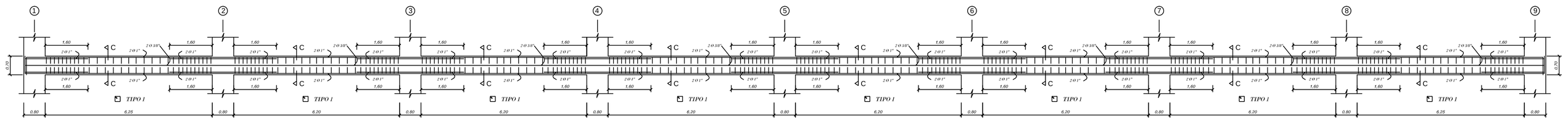
VB-101
Esc:1/25



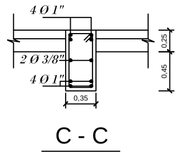
VIGA V-101 (EJES A-B-C y D)
SOTANO y 1RA PLANTA Esc 1:100



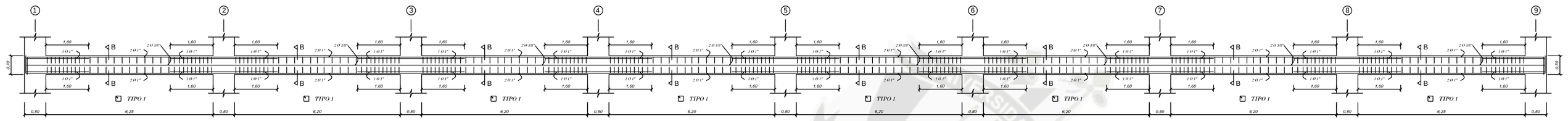
V-101
Esc:1/25



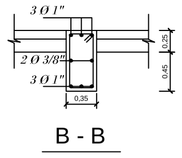
VIGA V-201 (EJES A-B-C y D)
2DA PLANTA Esc 1:100



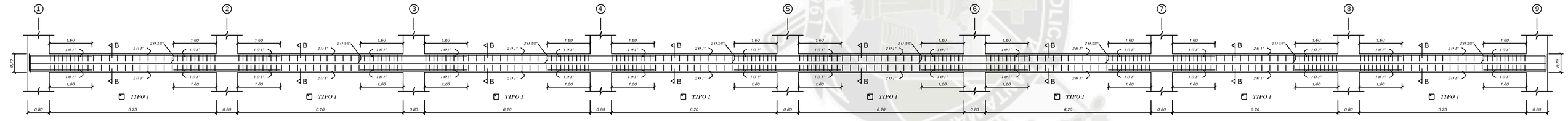
V-201
Esc:1/25



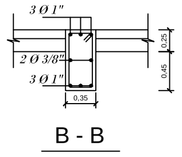
VIGA V-301 (EJES A-B-C y D)
3RA PLANTA Esc 1:100



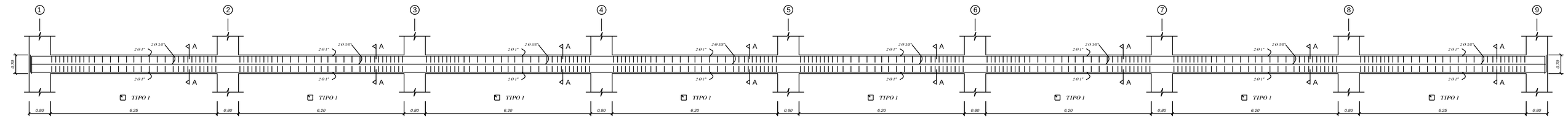
V-301
Esc:1/25



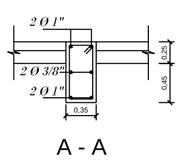
VIGA V-401 (EJES A-B-C y D)
4TA PLANTA Esc 1:100



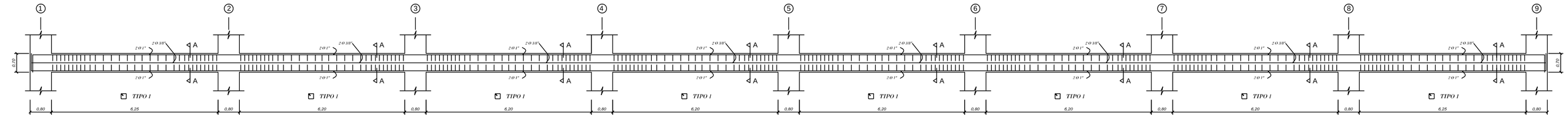
V-401
Esc:1/25



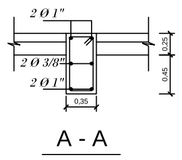
VIGA V-501 (EJES A-B-C y D)
5TA PLANTA Esc 1:100



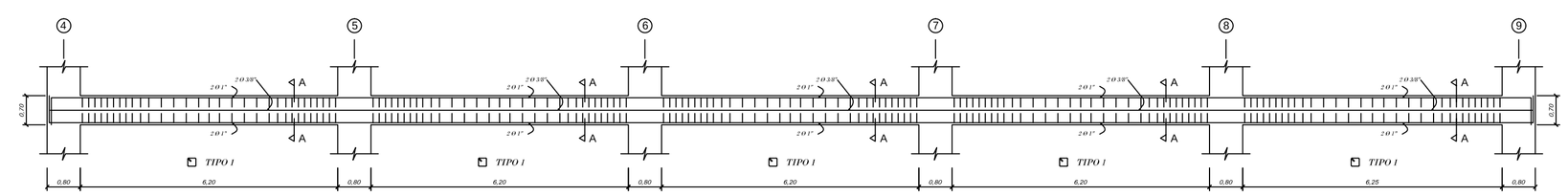
V-501
Esc:1/25



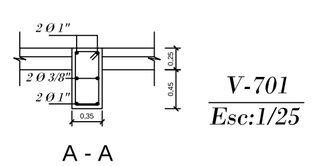
VIGA V-601 (EJES A-B-C y D)
6TA PLANTA Esc 1:100



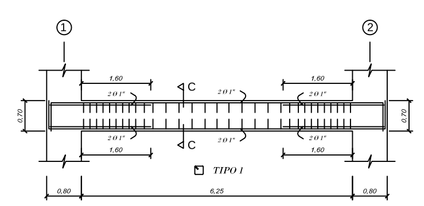
V-601
Esc:1/25



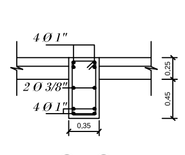
VIGA V-701 (EJES A-B-C y D)
7MA PLANTA Esc 1:100



V-701
Esc:1/25



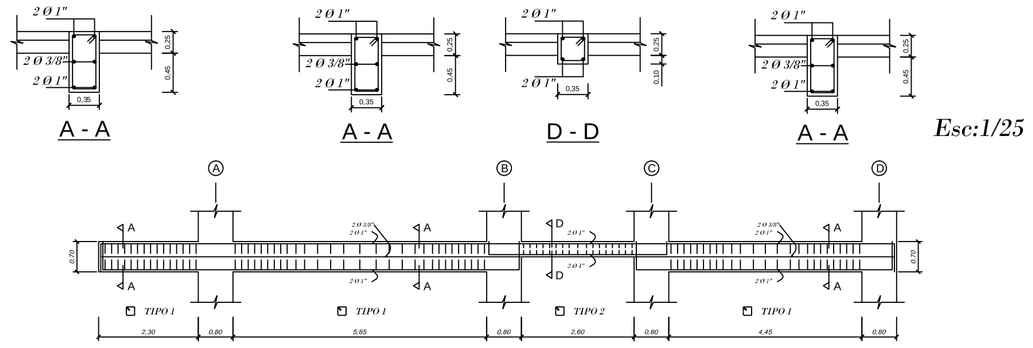
VIGA V-801 (EJE D)



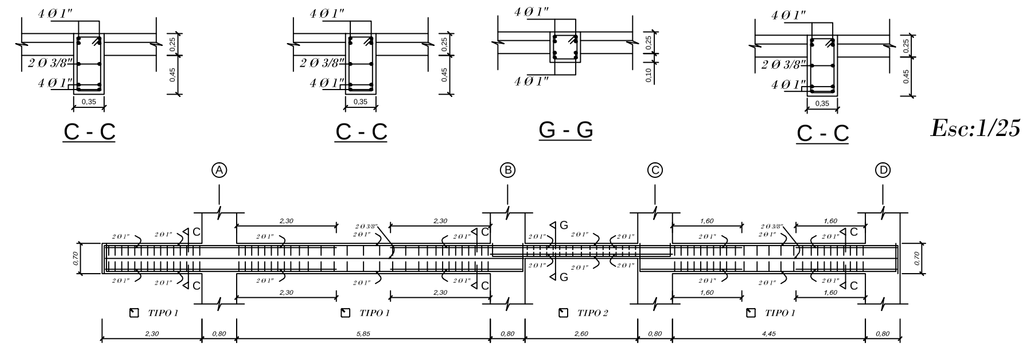
V-801
Esc:1/25

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

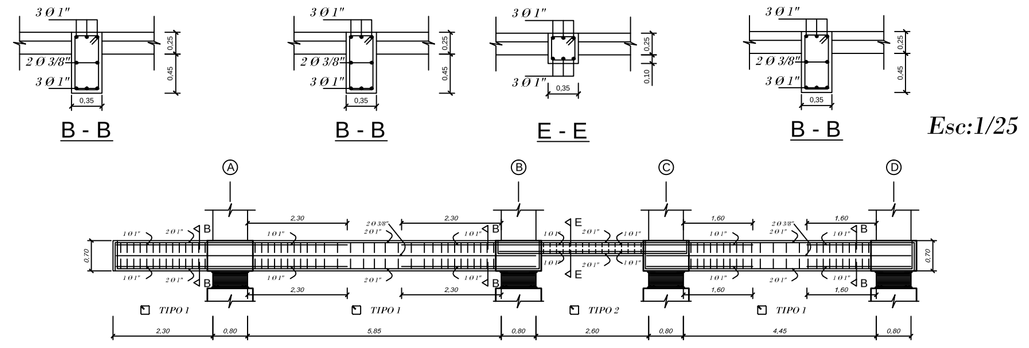
PROYECTO: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil "Diseño de una Estructura Hospitalaria usando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa"	BACHILLER: Muñoz Guerra, Joseph Jonathan
PLANO: VIGAS: Eje X de la estructura	ESC: Indicada
	FECHA: Diciembre-2012
	LAMINA: E-06



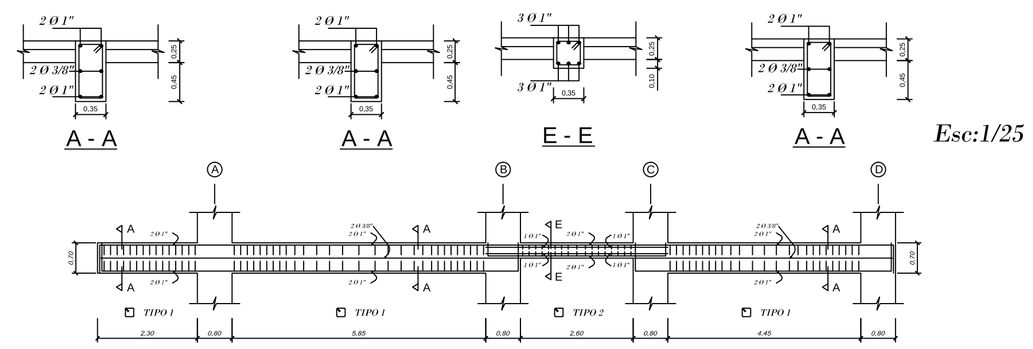
VIGA V-702 (EJES 4-5-6-7-8 y 9)
7MA PLANTA Esc 1:100



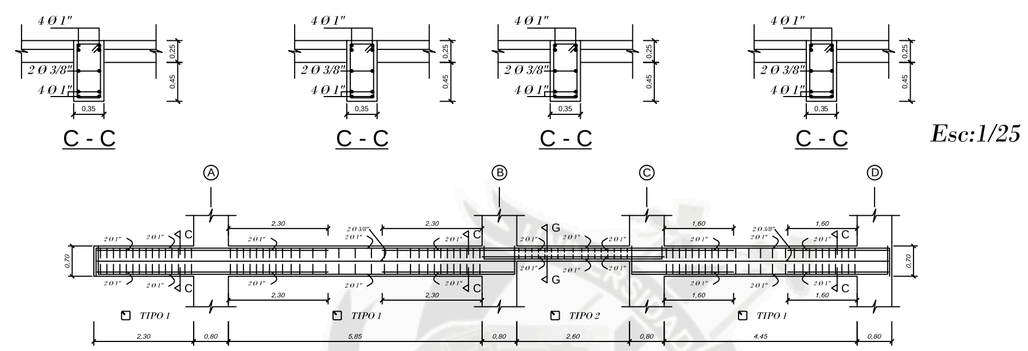
VIGA V-402 (EJES 1-2-3-4-5-6-7-8 y 9)
4TA PLANTA Esc 1:100



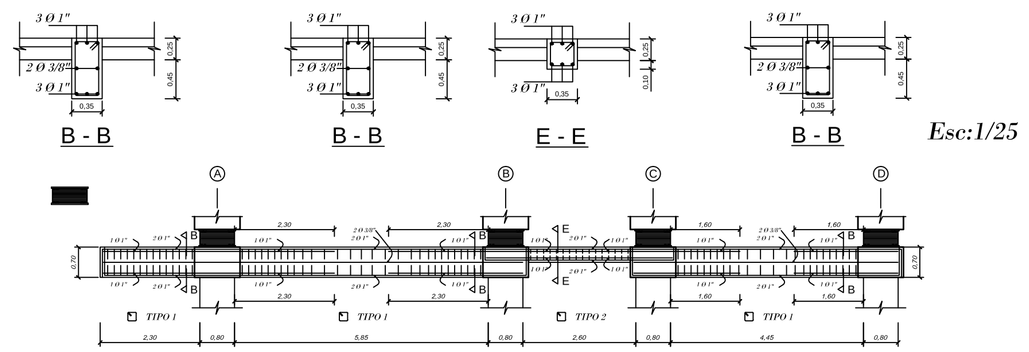
VIGA V-102 (EJES 1-2-3-4-5-6-7-8 y 9)
1RA PLANTA Esc 1:100



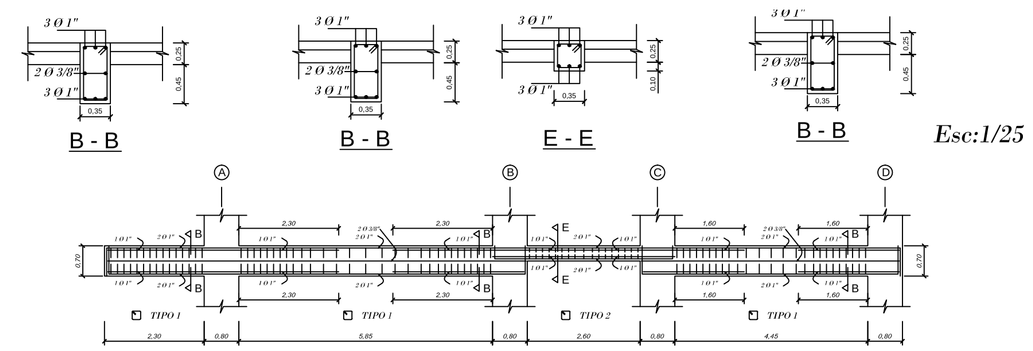
VIGA V-602 (EJES 1-2-3-4-5-6-7-8 y 9)
6TA PLANTA Esc 1:100



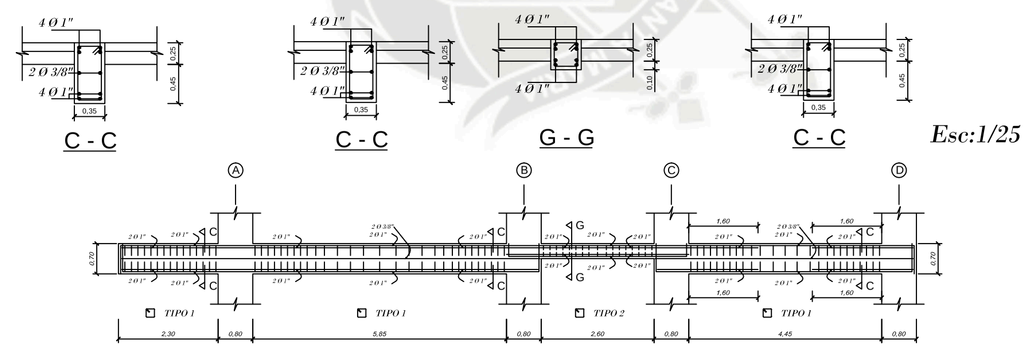
VIGA V-302 (EJES 1-2-3-4-5-6-7-8 y 9)
3RA PLANTA Esc 1:100



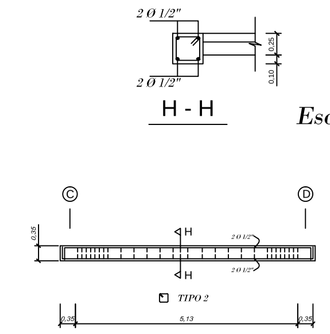
VIGA V-102 (EJES 1-2-3-4-5-6-7-8 y 9)
SOTANO Esc 1:100



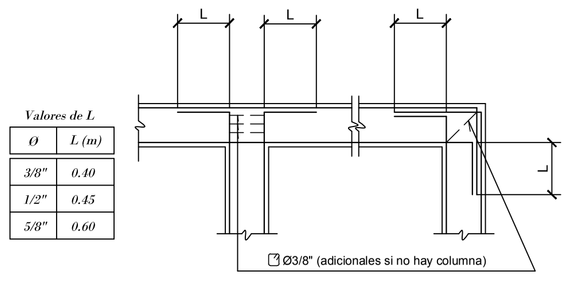
VIGA V-502 (EJES 1-2-3-4-5-6-7-8 y 9)
5TA PLANTA Esc 1:100



VIGA V-202 (EJES 1-2-3-4-5-6-7-8 y 9)
2DA PLANTA Esc 1:100

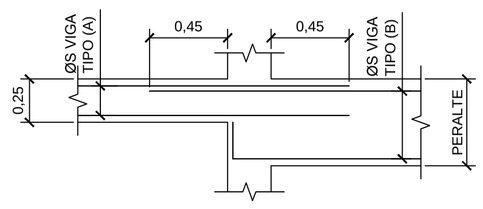


VIGA DE BORDE VB-101
1RA a 5TA PLANTA Esc 1:100



Valores de L	
Ø	L (m)
3/8"	0.40
1/2"	0.45
5/8"	0.60

PLANTA CRUCE DE Øs DE VIGAS



TRANSICION DE Øs DE VIGAS

CUADRO DE ESTRIBOS PARA VIGAS

Tipo	Ø	Distribucion
1	3/8"	1 @ 0.05, 8 @ 0.15, 2 @ 0.20 y Rto. @ 0.30 c/Extremo
2	3/8"	1 @ 0.05, 7 @ 0.15 y Rto. @ 0.20 c/Extremo

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROYECTO: Tesis: Diseño de un Edificio Multifamiliar aplicando Aisladores Sísmicos en la Ciudad de Arequipa

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

BACHILLER: Muñoz Guerra, Joseph Jonathan

PLANO: VIGAS: Eje Y de la estructura

ESC.: Indicada

FECHA: Diciembre-2012

LAMINA: E-07