

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**LA EFICIENCIA DE LOS AISLADORES SÍSMICOS APLICADO  
EN EL MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE  
SALUD HUMANA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**CAXI LUPACA BRIAN JENSEN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**LA EFICIENCIA DE LOS AISLADORES SÍSMICOS APLICADO EN EL  
MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA.**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**CAXI LUPACA BRIAN JENSEN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**



**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 DE SEPTIEMBRE DEL 2018**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. RAÚL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI

**PRIMER MIEMBRO:**

  
\_\_\_\_\_  
D.Sc. LEONEL COYLA IDME

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. SAMUEL LAURA HUANCA

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. YASMANI TEÓFILO VITULAS QUILLE

**TEMA: Aislamiento Sísmico**

**ÁREA: Estructuras**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Análisis y Diseño Estructural.**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres **Juan** y **Gregoria**, por enseñarme los diferentes valores, comprenderme y guiarme con su ejemplo, apoyarme siempre. También agradecer a mis hermanos quienes, con sus diferentes palabras, juegos alegran mi existencia.

Brian Jensen

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios,

A nuestra primera casa de estudios “Universidad Nacional del Altiplano”, y a la “Escuela Profesional de Ingeniería Civil”. por ayudarme y educarme

Al Ing. Teófilo Vitulas Quille, quien con su asesoramiento ayudaron a concluir con este proyecto de investigación.

Al Ing. Raúl Fernando Echegaray Chambi, por sus recomendaciones y sugerencias durante la elaboración del proyecto de tesis.

Al Ing. Néstor Fernández Sila, por sus consejos motivacionales, que a lo largo de los diferentes años me ayudaron.

## ÍNDICE GENERAL

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>   | <b>18</b> |
| <b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS .....</b>                                      | <b>25</b> |
| <b>RESUMEN .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>CAPITULO I.....</b>  | <b>29</b> |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:.....                                  | 29        |
| 1.2 OBJETIVOS: .....  | 30        |
| 1.2.1 Objetivo General .....  | 30        |
| 1.2.2 Objetivo Especifico .....                                       | 30        |
| 1.3 HIPÓTESIS:.....   | 30        |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN .....   | 30        |
| 1.5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN: .....                               | 31        |
| <b>CAPITULO II.....</b>   | <b>33</b> |
| 2.1 BASES TEÓRICO: .....  | 33        |
| 2.1.1 Sismo:.....   | 33        |
| 2.1.2 Acelerogramas: .....  | 33        |
| 2.1.3 Peligro Sísmico: .....  | 33        |
| 2.1.4 Filosofía y Principios del diseño Sismoresistente:.....         | 34        |
| 2.1.5 Sistemas de protección Sísmica .....                            | 34        |
| 2.2 AISLADORES SÍSMICO .....  | 35        |
| 2.2.1 Generalidades:.....   | 35        |
| 2.2.1.1 Filosofía detrás de los sistemas de aislamiento sísmico ..... | 35        |
| 2.2.2 Sistema de Aislamiento Sísmico .....                            | 36        |
| 2.2.3 Consideraciones en la Aplicación .....                          | 37        |
| 2.2.4 Aplicación en la historia.....                                  | 38        |
| 2.2.4.1 Aisladores Sísmicos en EE.UU. ....                            | 39        |
| 2.2.4.2 Aisladores Sísmicos en Japón .....                            | 40        |
| 2.2.4.3 Aisladores Sísmicos En Nueva Zelanda.....                     | 40        |
| 2.2.4.4 Aisladores Sísmicos en Italia.....                            | 41        |

|  |    |
|--|----|
| 2.3 FUNDAMENTOS DE LOS AISLADORES SÍSMICOS .....   | 41 |
| 2.4 TIPOS DE AISLADORES:.....  | 41 |
| 2.4.1 Aisladores Elastoméricos .....   | 41 |
| 2.4.2 Aisladores Elastoméricos de bajo Amortiguamiento (LDRB).....   | 42 |
| 2.4.3 Aisladores Elastoméricos con núcleo de Plomo (LRB) .....   | 42 |
| 2.4.4 Aisladores Elastoméricos de alto Amortiguamiento (HDRB) .....  | 43 |
| 2.4.5 Aisladores Deslizantes .....   | 43 |
| 2.4.6 Apoyos Deslizantes Planos .....  | 44 |
| 2.5 INTERPRETACIÓN DINÁMICA DE AISLADORES SÍSMICOS EN LA BASE .....  | 45 |
| 2.5.1 Comportamiento de los Aisladores Sísmicos.....   | 46 |
| 2.5.1.1 Modelamiento Bilineal de Aisladores .....  | 46 |
| 2.6 NORMAS DE DISEÑO .....   | 48 |
| 2.6.1 Requerimiento de Diseño Convencional según el RNE E-030(2016) .....  | 48 |
| 2.6.1.1 Factores de Peligro Sísmico: .....   | 48 |
| 2.6.1.2 Categoría, Sistema Estructural Irregularidades de las Edificaciones: .....   | 49 |
| 2.6.1.3 Análisis Estructural .....   | 51 |
| 2.6.1.4 Análisis Dinámicos Modal Espectral .....   | 52 |
| 2.6.1.5 Análisis Dinámicos Tiempo – Historia .....   | 53 |
| 2.6.1.6 Requisitos de Rigidez, Resistencia y Ductilidad:.....  | 54 |
| 2.6.2 Norma Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE) (2010).....   | 54 |
| 2.6.2.1 Valores Sísmicos de movimiento de tierra.....  | 54 |
| 2.6.2.2 Coeficientes del Sitio y Riesgo, Parámetros de Aceleración de Respuesta Espectral del Terremoto Máximo Considerado ( <b>MCER</b> ) Orientado al Riesgo ... | 55 |
| 2.6.2.3 Factor de Importancia.....   | 58 |
| 2.6.3 Requerimiento de Diseño para Estructuras Aisladas Sísmicamente según ASCE 7-10 .....   | 58 |
| 2.6.3.1 Procedimiento de la Fuerza Lateral Equivalente.....  | 58 |
| 2.6.3.2 Fuerzas Laterales Mínimas .....  | 60 |
| 2.6.3.3 Distribución Vertical de la Fuerza.....  | 61 |
| 2.6.3.4 Sistema de Aislación .....   | 61 |
| 2.6.3.5 Estructura Aislada .....   | 61 |
| 2.6.3.6 Procedimiento Espectro de Respuesta.....   | 62 |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.6.3.7 Procedimiento Historia de Respuesta.....                             | 62        |
| 2.6.4 Cargas y Efectos Horizontales de la Estructura .....                   | 63        |
| 2.6.4.1 Desplazamientos y Fuerzas Laterales Míminas.....                     | 63        |
| 2.6.4.2 Límites de Deriva .....  | 64        |
| 2.6.4.3 Selección de Criterio .....  | 65        |
| 2.7 DISEÑOS DE LOS AISLADORES.....   | 65        |
| 2.8 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....                                  | 72        |
| 2.8.1 Combinación de Carga para Diseño:.....                                 | 72        |
| 2.8.2 Diseño a Flexión .....   | 73        |
| 2.8.3 Diseño por Cortante .....  | 73        |
| 2.8.4 Diseño por Flexo Compresión .....                                      | 74        |
| 2.9 ANTECEDENTES.....  | 75        |
| <b>CAPITULO III.....</b>   | <b>77</b> |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISEÑO. ....                                   | 77        |
| 3.1.1 Ubicación .....  | 77        |
| 3.1.2 Material de suelo .....  | 77        |
| 3.1.3 Distribución.....  | 78        |
| 3.1.4 Aplicación de los Aisladores en los Sectores del Mega Laboratorio..... | 78        |
| 3.2 GENERALIDADES .....  | 79        |
| 3.2.1 Materiales:.....   | 79        |
| 3.2.1.1 Material Concreto.....   | 79        |
| 3.2.1.2 Material Acero.....  | 80        |
| 3.2.2 Predimensionamiento .....  | 81        |
| 3.2.2.1 Losa Aligerada Unidireccional.....                                   | 81        |
| 3.2.2.2 Viga .....   | 81        |
| 3.2.2.3 Columna .....  | 82        |
| 3.2.3 Asignación de Cargas.....  | 82        |
| 3.2.4 Registros Sísmicos:.....   | 83        |
| 3.2.5 Escalado de Sismo.....   | 89        |
| 3.3 MODELO DE ESTRUCTURA CONVENCIONAL.....                                   | 90        |
| 3.3.1 Sector A.....  | 90        |
| 3.3.1.1 Descripción.....   | 90        |
| 3.3.1.2 Análisis Estático y Dinámico .....                                   | 90        |

|  |     |
|--|-----|
| 3.3.2 Sector B .....                                       | 94  |
| 3.3.2.1 Descripción .....                                  | 94  |
| 3.3.2.2 Análisis Estático y Dinámico .....                 | 95  |
| 3.3.3 Sector C .....                                       | 98  |
| 3.3.3.1 Descripción .....                                  | 98  |
| 3.3.3.2 Análisis Estático y Dinámico .....                 | 99  |
| 3.3.4 Sector D .....                                       | 101 |
| 3.3.4.1 Descripción .....                                  | 101 |
| 3.3.4.2 Análisis Estático y Dinámico .....                 | 101 |
| 3.3.5 Sector E .....                                       | 103 |
| 3.3.5.1 Descripción .....                                  | 103 |
| 3.3.5.2 Análisis Estático y Dinámico .....                 | 103 |
| 3.3.6 Sector E-F .....                                     | 105 |
| 3.3.6.1 Descripción .....                                  | 105 |
| 3.3.6.2 Análisis Estático Y Dinámico .....                 | 105 |
| 3.3.7 Sector F .....                                       | 107 |
| 3.3.7.1 Descripción .....                                  | 107 |
| 3.3.7.2 Análisis Estático y Dinámico .....                 | 107 |
| 3.3.8 Sector G .....                                       | 108 |
| 3.3.8.1 Descripción .....                                  | 108 |
| 3.3.8.2 Análisis Estático y Dinámico .....                 | 109 |
| 3.3.9 Sector H .....                                       | 110 |
| 3.3.9.1 Descripción .....                                  | 110 |
| 3.3.9.2 Análisis Estático y Dinámico .....                 | 110 |
| 3.4 MODELO DE ESTRUCTURA CON AISLAMIENTO EN LA BASE .....  | 112 |
| 3.4.1 Generalidades .....                                  | 112 |
| 3.4.1.1 Estudio de Peligro Sísmico .....                   | 112 |
| 3.4.1.2 Determinación de Factores a Nivel de Diseño: ..... | 114 |
| 3.4.2 Diseño de Aisladores .....                           | 114 |
| 3.4.3 Sector A .....                                       | 114 |
| 3.4.3.1 Análisis Estático de sector A .....                | 117 |
| 3.4.3.2 Análisis Dinámico de sector A .....                | 118 |
| 3.4.4 Sector B .....                                       | 119 |
| 3.4.4.1 Análisis Estático de sector B .....                | 123 |



|  |            |
|--|------------|
| 3.4.4.2 Análisis Dinámico de sector B .....  | 125        |
| 3.4.5 Sector C .....   | 126        |
| 3.4.5.1 Análisis Estático de sector C .....  | 128        |
| 3.4.5.2 Análisis Dinámico de sector C .....  | 129        |
| 3.4.6 Sector D.....  | 130        |
| 3.4.6.1 Análisis Estático de sector D .....  | 133        |
| 3.4.6.2 Análisis Dinámico de sector D .....  | 134        |
| 3.4.7 Sector E .....   | 134        |
| 3.4.7.1 Análisis Estático de sector E .....  | 139        |
| 3.4.7.2 Análisis Dinámico de sector E.....   | 140        |
| 3.4.8 Sector E-F.....  | 141        |
| 3.4.8.1 Análisis Estático de sector E-F .....  | 144        |
| 3.4.8.2 Análisis Dinámico de sector E-F .....  | 144        |
| 3.4.9 Sector F .....   | 145        |
| 3.4.9.1 Análisis Estático de sector F.....   | 147        |
| 3.4.9.2 Análisis Dinámico de sector F.....   | 148        |
| 3.4.10 Sector G.....   | 149        |
| 3.4.10.1 Análisis Estático de sector G .....   | 153        |
| 3.4.10.2 Análisis Dinámico de sector G .....   | 154        |
| 3.4.11 Sector H.....   | 155        |
| 3.4.11.1 Análisis Estático de sector H.....  | 157        |
| 3.4.11.2 Análisis Dinámico de sector H.....  | 158        |
| <b>CAPITULO IV .....</b>   | <b>159</b> |
| 4.1 SE ANALIZÓ LOS DIFERENTES SECTORES QUE COMPONEN EL MEGA<br>LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA SIN<br>AISLADORES CON LA NORMA E-030 VIGENTE..... | 159        |
| 4.1.1 Sector A.....  | 159        |
| 4.1.1.1 Participación Modal.....   | 159        |
| 4.1.1.2 Verificación de Derivas .....  | 159        |
| 4.1.2 Sector B .....   | 160        |
| 4.1.2.1 Participación Modal.....   | 160        |
| 4.1.2.2 Verificación de Derivas .....  | 161        |
| 4.1.3 Sector C .....   | 162        |

|   |     |
|---|-----|
| 4.1.3.1 Participación Modal.....  | 162 |
| 4.1.3.2 Verificación de Derivas .....   | 162 |
| 4.1.4 Sector D.....   | 163 |
| 4.1.4.1 Participación Modal.....  | 163 |
| 4.1.4.2 Verificación de Derivas .....   | 163 |
| 4.1.5 Sector E .....  | 164 |
| 4.1.5.1 Participación Modal.....  | 164 |
| 4.1.5.2 Verificación de Derivas .....   | 165 |
| 4.1.6 Sector E-F.....   | 165 |
| 4.1.6.1 Participación Modal.....  | 165 |
| 4.1.6.2 Verificación de Derivas .....   | 166 |
| 4.1.7 Sector F .....  | 167 |
| 4.1.7.1 Participación Modal.....  | 167 |
| 4.1.7.2 Verificación de Derivas .....   | 167 |
| 4.1.8 Sector G.....   | 168 |
| 4.1.8.1 Participación Modal.....  | 168 |
| 4.1.8.2 Verificación de Derivas .....   | 168 |
| 4.1.9 Sector H.....   | 169 |
| 4.1.9.1 Participación Modal.....  | 169 |
| 4.1.9.2 Verificación De Derivas .....   | 169 |
| 4.1.10 Refuerzo Estructural.....  | 171 |
| 4.1.10.1 Sector A .....   | 171 |
| 4.1.10.2 Sector B .....   | 172 |
| 4.1.10.3 Sector C .....   | 173 |
| 4.1.10.4 Sector D .....   | 175 |
| 4.1.10.5 Sector E .....   | 176 |
| 4.1.10.6 Sector E-F.....  | 178 |
| 4.1.10.7 Sector F.....  | 179 |
| 4.1.10.8 Sector G .....   | 181 |
| 4.1.10.9 Sector H.....  | 182 |
| 4.2 SE ANALIZÓ LOS DIFERENTES SECTORES QUE COMPONEN EL MEGA<br>LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA CON<br>AISLADORES..... | 185 |
| 4.2.1 Sector A.....   | 185 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 4.2.1.1 Participación Modal.....      | 185 |
| 4.2.1.2 Verificación de Derivas ..... | 185 |
| 4.2.2 Sector B .....                  | 187 |
| 4.2.2.1 Participación Modal.....      | 187 |
| 4.2.2.2 Verificación de Derivas ..... | 187 |
| 4.2.3 Sector C .....                  | 190 |
| 4.2.3.1 Participación Modal.....      | 190 |
| 4.2.3.2 Verificación de Derivas ..... | 190 |
| 4.2.4 Sector D.....                   | 192 |
| 4.2.4.1 Participación Modal.....      | 192 |
| 4.2.4.2 Verificación de Derivas ..... | 193 |
| 4.2.5 Sector E .....                  | 195 |
| 4.2.5.1 Participación Modal.....      | 195 |
| 4.2.5.2 Verificación De Derivas ..... | 195 |
| 4.2.6 Sector E-F.....                 | 197 |
| 4.2.6.1 Participación Modal.....      | 197 |
| 4.2.6.2 Verificación de Derivas ..... | 197 |
| 4.2.7 Sector F .....                  | 199 |
| 4.2.7.1 Participación Modal.....      | 199 |
| 4.2.7.2 Verificación de Derivas ..... | 200 |
| 4.2.8 Sector G.....                   | 201 |
| 4.2.8.1 Participación Modal.....      | 201 |
| 4.2.8.2 Verificación de Derivas ..... | 202 |
| 4.2.9 Sector H.....                   | 203 |
| 4.2.9.1 Participación Modal.....      | 203 |
| 4.2.9.2 Verificación de Derivas ..... | 204 |
| 4.2.10 Refuerzo Estructural.....      | 207 |
| 4.2.10.1 Sector A .....               | 207 |
| 4.2.10.2 Sector B .....               | 208 |
| 4.2.10.3 Sector C .....               | 209 |
| 4.2.10.4 Sector D .....               | 211 |
| 4.2.10.5 Sector E .....               | 212 |
| 4.2.10.6 Sector E-F .....             | 214 |
| 4.2.10.7 Sector F.....                | 215 |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2.10.8 Sector G .....   | 217        |
| 4.2.10.9 Sector H.....  | 218        |
| 4.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE SECTORES DEL MEGA<br>LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA CON<br>AISLADORES Y SIN AISLADORES.....   | 221        |
| 4.3.1 Análisis de Derivas .....   | 221        |
| 4.3.2 Desplazamiento Respecto al Terreno.....   | 223        |
| 4.3.3 Periodo Efectivo.....   | 227        |
| 4.3.4 Acero de Refuerzo.....  | 228        |
| 4.4 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS (LA UTILIZACIÓN DE AISLADORES<br>SÍSMICOS BRINDA MAYOR EFICIENCIA EN SEGURIDAD DE LA<br>ESTRUCTURA ASIMISMO TAMBIÉN AL EQUIPAMIENTO INTERNO,<br>COMPARADA CON EL DISEÑO CONVENCIONAL ANTE LOS SISMOS DEL<br>MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA., | 229        |
| <b>CAPITULO V .....</b>   | <b>230</b> |
| <b>CAPITULO VI.....</b>   | <b>232</b> |
| <b>CAPITULO VII.....</b>  | <b>233</b> |
| <b>CAPITULO VIII.....</b>   | <b>235</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura N° 1: Sistemas de Protección Sísmica .....                       | 35 |
| Figura N° 2: Tecnología del sistema de Aislación .....                  | 36 |
| Figura N° 3: Diferencia Sísmica de Dispositivo .....                    | 36 |
| Figura N° 4: Cambio de Periodos.....                                    | 37 |
| Figura N° 5: Disipación de Energía.....                                 | 37 |
| Figura N° 6: Cambio de Periodos.....                                    | 38 |
| Figura N° 7: Aislador tipo LRBD .....                                   | 42 |
| Figura N° 8: Aislador LRB.....  | 43 |
| Figura N° 9: Aislador FPS.....  | 44 |
| Figura N° 10: Modelo sobre Aisladores Sísmicos .....                    | 45 |
| Figura N° 11: Diagrama Histéresis.....                                  | 47 |
| Figura N° 12: Diferencia de Desplazamientos .....                       | 60 |
| Figura N° 13: Diferencia entre SD y MCE .....                           | 64 |
| Figura N° 14: Sectores del Mega Laboratorio.....                        | 78 |
| Figura N° 15: Definición del Concreto .....                             | 80 |
| Figura N° 16: Definición del Acero .....                                | 81 |
| Figura N° 17: Software de <b>Seismosignal</b> .....                     | 83 |
| Figura N° 18: Respuesta al Movimiento del Terreno (ICA E-O) .....       | 84 |
| Figura N° 19: Espectro de Pseudo Aceleración (ICA E-O) .....            | 84 |
| Figura N° 20: Acelerograma al movimiento del terreno (ICA N-S).....     | 85 |
| Figura N° 21: Espectro de Pseudo Aceleración (ICA N-S) .....            | 85 |
| Figura N° 22: Acelerograma al movimiento del terreno (MOQ. E-O) .....   | 86 |
| Figura N° 23: Espectro de Pseudo Aceleración (MOQ. E-O).....            | 86 |
| Figura N° 24: Acelerograma al movimiento del terreno (MOQ. N-S).....    | 87 |
| Figura N° 25: Espectro de Pseudo Aceleración (MOQ. N-S).....            | 87 |
| Figura N° 26: Acelerograma al movimiento del terreno (HUARAZ E-O).....  | 88 |
| Figura N° 27: Espectro de Pseudo Aceleración (HUARAZ. E-O) .....        | 88 |
| Figura N° 28: Acelerograma al movimiento del terreno (HUARAZ S-N) ..... | 89 |
| Figura N° 29: Espectro de Pseudo Aceleración (HUARAZ. N-S).....         | 89 |
| Figura N° 30: Software de <b>SeismoMatch</b> .....                      | 90 |
| Figura N° 31: Asignación de Coeficiente de Cortante .....               | 92 |
| Figura N° 32: Espectro E-030 (A).....                                   | 92 |
| Figura N° 33: Escalado de Acelerogramas (A) .....                       | 93 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 34: Asignación de Caso de carga de Acelerograma (A).....                    | 94  |
| Figura N° 35: Dibujo de Modelo (A) .....  | 94  |
| Figura N° 36: Definición de Secciones Estructurales (B).....                          | 95  |
| Figura N° 37: Asignación de Coeficiente de Cortante (B).....                          | 97  |
| Figura N° 38: Espectro E-030 (B).....   | 97  |
| Figura N° 39: Escalado de Acelerogramas (A).....                                      | 97  |
| Figura N° 40: Dibujo de Modelo (B) .....  | 98  |
| Figura N° 41: Asignación de Fuerza Cortante (C) .....                                 | 99  |
| Figura N° 42: Espectro E-030 (C).....   | 100 |
| Figura N° 43: Escalado de Acelerograma (C).....                                       | 100 |
| Figura N° 44: Dibujo de Modelo (C) .....  | 100 |
| Figura N° 45: Asignación de Coeficiente de Cortante .....                             | 102 |
| Figura N° 46: Escalado de Acelerograma (D).....                                       | 103 |
| Figura N° 47: Escalado de Acelerograma (E) .....                                      | 105 |
| Figura N° 48: Escalado de Acelerograma (E-F).....                                     | 106 |
| Figura N° 49: Escalado de Acelerograma (F) .....                                      | 108 |
| Figura N° 50: Escalado de Acelerograma (G).....                                       | 110 |
| Figura N° 51: Escalado de Acelerograma (H).....                                       | 112 |
| Figura N° 52: Software CRISIS .....   | 113 |
| Figura N° 53: Fuente sismológica de corteza, Interface, Intraplaca y continental..... | 113 |
| Figura N° 54: Definición de Parámetros del aislador U1 (A) .....                      | 116 |
| Figura N° 55: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (A) .....                 | 117 |
| Figura N° 56: Escalado de Acelerogramas (A) .....                                     | 118 |
| Figura N° 57: Modelo Aislado (A).....   | 119 |
| Figura N° 58: Definición de parámetros del Aislador HDRB U1 (B) .....                 | 121 |
| Figura N° 59: Definición de Parámetros del aislador HDRB U2 y U3 (B) .....            | 122 |
| Figura N° 60: Asignación de Parámetros U1 LRB (B) .....                               | 122 |
| Figura N° 61: Asignación de parámetros U2 y U3 LRB (B) .....                          | 123 |
| Figura N° 62: Asignación de Coeficiente Cortante de Aislador HDRB y LRB (B) ....      | 124 |
| Figura N° 63: Escalado de Acelerogramas (B) .....                                     | 125 |
| Figura N° 64: Modelo Aislado (B).....   | 125 |
| Figura N° 65: Definición de parámetros del Aislador FPS U1 (C).....                   | 127 |
| Figura N° 66: Definición de Parámetros del aislador FPS U2 y U3 (C).....              | 128 |
| Figura N° 67: Asignación de Coeficiente de fuerza Cortante del Aislador FPS (C) ...   | 129 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 68: Escalado de Acelerograma (C).....                                  | 130 |
| Figura N° 69: Modelo Aislado (C).....  | 130 |
| Figura N° 70: Definición de Parámetros del aislador U1 (D) .....                 | 132 |
| Figura N° 71: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (D) .....            | 133 |
| Figura N° 72: Escalado de acelerogramas (D) .....                                | 134 |
| Figura N° 73: Definición de parámetros del Aislador HDRB U1 (E).....             | 137 |
| Figura N° 74: Definición de Parámetros del aislador HDRB U2 y U3 (E).....        | 137 |
| Figura N° 75: Asignación de Parámetros U1 LRB (E) .....                          | 138 |
| Figura N° 76: Asignación de parámetros U2 y U3 LRB (E).....                      | 139 |
| Figura N° 77: Asignación de Coeficiente Cortante de Aislador HDRB y LRB (E) .... | 140 |
| Figura N° 78: Escalado de Acelerogramas (E).....                                 | 141 |
| Figura N° 79: Definición de parámetros del Aislador FPS U1 (E-F).....            | 143 |
| Figura N° 80: Definición de Parámetros del aislador FPS U2 y U3 (E-F).....       | 143 |
| Figura N° 81: Escalado de Acelerograma (E-F).....                                | 145 |
| Figura N° 82: Definición de Parámetros del aislador U1 (F).....                  | 147 |
| Figura N° 83: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (F).....             | 147 |
| Figura N° 84: Escalado de acelerogramas (F).....                                 | 148 |
| Figura N° 85: Definición de parámetros del Aislador HDRB U1 (G) .....            | 151 |
| Figura N° 86: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (G) .....            | 152 |
| Figura N° 87: Asignación de Parámetros U1 LRB (G).....                           | 153 |
| Figura N° 88: Asignación de parámetros U2 y U3 LRB (G) .....                     | 153 |
| Figura N° 89: Escalado de Acelerogramas (G) .....                                | 154 |
| Figura N° 90: Definición de parámetros del Aislador FPS U1 (H).....              | 156 |
| Figura N° 91: Definición de Parámetros del aislador FPS U2 y U3 (H).....         | 157 |
| Figura N° 92: Escalado de Acelerograma (H).....                                  | 158 |
| Figura N° 93: Detalle de Refuerzo en Viga.....                                   | 171 |
| Figura N° 94: Diagrama de Interacción Base Fija (A) .....                        | 171 |
| Figura N° 95: Detalle de Columna en Base Fija (A).....                           | 172 |
| Figura N° 96: Diagrama de Interacción Base Fija (B) .....                        | 173 |
| Figura N° 97: Detalle de Columna en Base Fija (B) .....                          | 173 |
| Figura N° 98: Diagrama de Interacción Base Fija (C) .....                        | 174 |
| Figura N° 99: Detalle de Columna en Base Fija (C) .....                          | 175 |
| Figura N° 100: Diagrama de Interacción Base Fija (D) .....                       | 176 |
| Figura N° 101: Detalle de Columna en Base Fija (D).....                          | 176 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 102: Diagrama de Interacción Base Fija (E) .....       | 177 |
| Figura N° 103: Detalle de Columna en Base Fija (E) .....         | 178 |
| Figura N° 104: Diagrama de Interacción Base Fija (E-F).....      | 179 |
| Figura N° 105: Detalle de Columna en Base Fija (E-F).....        | 179 |
| Figura N° 106: Diagrama de Interacción Base Fija (F).....        | 180 |
| Figura N° 107: Detalle de Columna en Base Fija (F) .....         | 181 |
| Figura N° 108: Diagrama de Interacción Base Fija (G) .....       | 182 |
| Figura N° 109: Detalle de Columna en Base Fija (G).....          | 182 |
| Figura N° 110: Diagrama de Interacción Base Fija (H) .....       | 183 |
| Figura N° 111: Detalle de Columna en Base Fija (H).....          | 184 |
| Figura N° 112: Diagrama Histéresis ICA NS - EO(HDRB) .....       | 186 |
| Figura N° 113: Disipación de Energía HUARAZ EO - NS (HDRB) ..... | 187 |
| Figura N° 114: Diagrama Histéresis ICA EO – NS .....             | 188 |
| Figura N° 115: Disipación de Energía ICA EO- NS .....            | 189 |
| Figura N° 116: Diagrama Histéresis HUARAZ EO – NS .....          | 191 |
| Figura N° 117: Disipación de Energía MOQUEGUA NS- EO (FPS) ..... | 192 |
| Figura N° 118: Diagrama Histéresis MOQUEGUA EO – NS (HDRB).....  | 193 |
| Figura N° 119: Disipación de Energía HDRB (HUARAZ EO NS).....    | 194 |
| Figura N° 120: Diagrama Histéresis ICA EO – NS .....             | 196 |
| Figura N° 121: Disipación de Energía HDRB (HUARAZ EO - NS) ..... | 197 |
| Figura N° 122: Diagrama Histéresis HUARAZ EO – NS .....          | 198 |
| Figura N° 123: Disipación de Energía ICA NS – EO (FPS).....      | 199 |
| Figura N° 124: Diagrama Histéresis MOQUEGUA NS – EO.....         | 200 |
| Figura N° 125: Disipación de Energía HDRB (HUARAZ EO - NS) ..... | 201 |
| Figura N° 126: Diagrama Histéresis ICA EO – NS .....             | 202 |
| Figura N° 127: Disipación de Energía HDRB (ICA NS EO) .....      | 203 |
| Figura N° 128: Diagrama Histéresis HUARAZ NS - EO .....          | 205 |
| Figura N° 129: Disipación de Energía HUARAZ EO – NS (FPS).....   | 206 |
| Figura N° 130: Diagrama de Interacción Base Aislada (A) .....    | 207 |
| Figura N° 131: Detalle de Columna en Base Aislada (A).....       | 208 |
| Figura N° 132: Diagrama de Interacción Base Aislada (B) .....    | 209 |
| Figura N° 133: Detalle de Columna en Base Aislada (B).....       | 209 |
| Figura N° 134: Diagrama de Interacción Base Aislada (C) .....    | 210 |
| Figura N° 135: Detalle de Columna en Base Aislada (C).....       | 211 |



|  |     |
|--|-----|
| Figura N° 136: Diagrama de Interacción Base Aislada (D) .....  | 212 |
| Figura N° 137: Detalle de Columna en Base Aislada (D).....     | 212 |
| Figura N° 138: Diagrama de Interacción Base Aislada (E) .....  | 213 |
| Figura N° 139: Detalle de Columna en Base Aislada (E) .....    | 214 |
| Figura N° 140: Diagrama de Interacción Base Aislada (E-F)..... | 215 |
| Figura N° 141: Detalle de Columna en Base Aislada (E-F).....   | 215 |
| Figura N° 142: Diagrama de Interacción Base Aislada (F).....   | 216 |
| Figura N° 143: Detalle de Columna en Base Aislada (F) .....    | 217 |
| Figura N° 144: Diagrama de Interacción Base Aislada (G) .....  | 218 |
| Figura N° 145: Detalle de Columna en Base Aislada (G).....     | 218 |
| Figura N° 146: Diagrama de Interacción Base Aislada (H) .....  | 219 |
| Figura N° 147: Detalle de Columna en Base Aislada (H).....     | 220 |
| Figura N° 148: Factor de Reducción de Deriva (X-X).....        | 222 |
| Figura N° 149: Factor de Reducción de Deriva (Y-Y).....        | 223 |
| Figura N° 150: Desplazamiento de CM del Sector A .....         | 223 |
| Figura N° 151: Desplazamiento de CM del Sector B.....          | 224 |
| Figura N° 152: Desplazamiento de CM del Sector C.....          | 224 |
| Figura N° 153: Desplazamiento de CM del Sector D .....         | 224 |
| Figura N° 154: Desplazamiento de CM del Sector E.....          | 225 |
| Figura N° 155: Desplazamiento de CM del Sector E-F .....       | 225 |
| Figura N° 156: Desplazamiento de CM del Sector F .....         | 225 |
| Figura N° 157: Desplazamiento de CM del Sector G .....         | 226 |
| Figura N° 158: Desplazamiento de CM del Sector H .....         | 226 |
| Figura N° 159: Comparación de los diferentes Sectores.....     | 228 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Principales características según Diseño .....   | 46 |
| Tabla 2: Factor Zona .....  | 48 |
| Tabla 3: Clasificación de tipo de suelo.....  | 48 |
| Tabla 4: Factor suelo (S). .....  | 49 |
| Tabla 5: Periodos (T <sub>P</sub> ) y (T <sub>L</sub> ) .....   | 49 |
| Tabla 6: Categoría de edificaciones y factor uso.....   | 49 |
| Tabla 7: Sistemas estructurales de C°A.....   | 50 |
| Tabla 8: Tabla Sistemas Estructurales.....  | 50 |
| Tabla 9: Irregularidades en Altura Ia.....  | 51 |
| Tabla 10: Irregularidades en Planta Ip.....   | 51 |
| Tabla 11: Estimación de Peso: .....   | 52 |
| Tabla 12: Límite para la distorsión del Entrepiso .....   | 54 |
| Tabla 13: Clasificación de Sitio .....  | 55 |
| Tabla 14: Categoría de riesgo de edificios y otras Estructuras para flujo, Viento, Nieve,<br>Terremotos y Cargas de Hielo ..... | 56 |
| Tabla 15: Coeficiente de Sitio Fa .....   | 57 |
| Tabla 16: Coeficiente de Sitio Fv .....   | 57 |
| Tabla 17: Categoría de diseño sísmico basada en el parámetro de aceleración de respuesta<br>de período cortó .....              | 57 |
| Tabla 18: Categoría de diseño sísmico basada 1.0 s en el parámetro de aceleración de<br>respuesta .....                         | 58 |
| Tabla 19: Coeficiente de amortiguamiento BD o BM.....   | 59 |
| Tabla 20 : Resumen de los criterios mínimos de diseño para el análisis dinámico.....  | 64 |
| Tabla 21: Diseño de Aislador HDRB .....   | 65 |
| Tabla 22: Modelo Bilineal HDRB.....   | 68 |
| Tabla 23: Diseño de aislador HDRB y LRB .....   | 68 |
| Tabla 24: Modelo Bilineal de la combinación de aisladores HDRB y LRB.....   | 70 |
| Tabla 25: Diseño de Aislador FPS .....  | 70 |
| Tabla 26: Diseño Bilineal del Aislador FPS.....   | 72 |
| Tabla 27: Resistencia de Diseño.....  | 73 |
| Tabla 28: Ubicación.....  | 77 |
| Tabla 29: Distribución de Cálculo de Aisladores:.....   | 79 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 30: Factores (Alfa) y Beta .....                                 | 82  |
| Tabla 31: Predimensionamiento de Columna.....                          | 82  |
| Tabla 32: Elementos Estructurales (A).....                             | 90  |
| Tabla 33: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 91  |
| Tabla 34: Parámetros E-030 (A).....                                    | 91  |
| Tabla 35: Combinación de registros sísmicos .....                      | 93  |
| Tabla 36: Elementos Estructurales (B).....                             | 95  |
| Tabla 37: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 96  |
| Tabla 38: Parámetros E-030 (B).....                                    | 96  |
| Tabla 39: Elementos Estructurales (C).....                             | 98  |
| Tabla 40: Factores de Análisis Estático e Dinámico (C).....            | 99  |
| Tabla 41: Parámetros E-030 (C).....                                    | 99  |
| Tabla 42: Elementos Estructurales (A).....                             | 101 |
| Tabla 43: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 101 |
| Tabla 44: Parámetros E-030 .....                                       | 102 |
| Tabla 45: Elementos Estructurales (E).....                             | 103 |
| Tabla 46: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 104 |
| Tabla 47: Parámetros E-030 .....                                       | 104 |
| Tabla 48: Elementos Estructurales (E-F) .....                          | 105 |
| Tabla 49: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 105 |
| Tabla 50: Parámetros E-030 .....                                       | 106 |
| Tabla 51: Elementos Estructurales (F) .....                            | 107 |
| Tabla 52: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 107 |
| Tabla 53: Parámetros E-030 .....                                       | 107 |
| Tabla 54: Elementos Estructurales (G).....                             | 108 |
| Tabla 55: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 109 |
| Tabla 56: Parámetros E-030 .....                                       | 109 |
| Tabla 57: Elementos Estructurales (H).....                             | 110 |
| Tabla 58: Factores de Análisis Estático e Dinámico .....               | 111 |
| Tabla 59: Parámetros E-030 .....                                       | 111 |
| Tabla 60: Datos para diseño del Aislador (A).....                      | 115 |
| Tabla 61: Resultados HDRB (A).....                                     | 115 |
| Tabla 62: Resumen de datos para Diseño HDRB (A).....                   | 116 |
| Tabla 63: Distribución de las fuerzas reducidas sísmica de diseño..... | 118 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 64: Datos para el diseño de Aislador HDRB y LRB ..... | 119 |
| Tabla 65: Resultado de Diseño HDRB .....                    | 120 |
| Tabla 66: Resultados de diseño de Aislador LRB .....        | 120 |
| Tabla 67: Resultado Bilineal de HDRB .....                  | 121 |
| Tabla 68: Resultado Bilineal de LRB .....                   | 121 |
| Tabla 69: Distribución de Fuerzas Laterales .....           | 124 |
| Tabla 70 : Parámetros de Diseño del Aislador (C) .....      | 126 |
| Tabla 71: Resultados del Diseño .....                       | 126 |
| Tabla 72: Resultados del diseño Bilineal .....              | 127 |
| Tabla 73: Distribución de Fuerza Lateral .....              | 129 |
| Tabla 74: Datos para diseño del Aislador (D) .....          | 131 |
| Tabla 75: Resultados HDRB .....                             | 131 |
| Tabla 76: Resumen de datos para Diseño (HDRB) .....         | 132 |
| Tabla 77: Datos para el diseño de Aislador HDRB y LRB ..... | 135 |
| Tabla 78: Resultado de Diseño HDRB .....                    | 135 |
| Tabla 79: Resultados de diseño de Aislador LRB .....        | 136 |
| Tabla 80: Resultado Bilineal de HDRB .....                  | 136 |
| Tabla 81: Resultado Bilineal de LRB .....                   | 138 |
| Tabla 82 : Parámetros de Diseño del Aislador (E-F) .....    | 141 |
| Tabla 83: Resultados del Diseño .....                       | 142 |
| Tabla 84: resultados del diseño Bilineal .....              | 142 |
| Tabla 85: Datos para diseño del Aislador (F) .....          | 145 |
| Tabla 86: Resultados HDRB .....                             | 146 |
| Tabla 87: Resumen de datos para Diseño (HDRB) .....         | 146 |
| Tabla 88: Datos para el diseño de Aislador HDRB y LRB ..... | 149 |
| Tabla 89: Resultado de Diseño HDRB .....                    | 150 |
| Tabla 90: Resultados de diseño de Aislador LRB .....        | 150 |
| Tabla 91: Resultado Bilineal de HDRB .....                  | 151 |
| Tabla 92: Resultado Bilineal de LRB .....                   | 152 |
| Tabla 93 : Parámetros de Diseño del Aislador (H) .....      | 155 |
| Tabla 94: Resultados del Diseño .....                       | 155 |
| Tabla 95: resultados del diseño Bilineal .....              | 156 |
| Tabla 96: Modal de Modelo Convencional .....                | 159 |
| Tabla 97: Deriva base fija (Y) .....                        | 159 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 98: Deriva en base fija (X) .....        | 159 |
| Tabla 99: Deriva en base Fija (X) .....        | 160 |
| Tabla 100: Deriva en base Fija (Y) .....       | 160 |
| Tabla 101: Modal de Modelo Convencional .....  | 160 |
| Tabla 102: Deriva en Base Fija (Y).....        | 161 |
| Tabla 103: Deriva en Base Fija (X).....        | 161 |
| Tabla 104: Deriva en base Fija (X) .....       | 161 |
| Tabla 105: Deriva en base Fija (Y) .....       | 161 |
| .Tabla 106: Modal de Modelo Convencional ..... | 162 |
| Tabla 107: Deriva en Base Fija (Y).....        | 162 |
| Tabla 108: Deriva en Base Fija (X).....        | 162 |
| Tabla 109: Deriva en base Fija (X) .....       | 162 |
| Tabla 110: Deriva en base Fija (Y) .....       | 163 |
| Tabla 111: Modal de Modelo Convencional .....  | 163 |
| Tabla 112: Deriva en Base Fija (X).....        | 163 |
| Tabla 113: Deriva en Base Fija (Y).....        | 163 |
| +Tabla 114: Deriva en base Fija (X) .....      | 164 |
| Tabla 115: Deriva en base Fija (Y) .....       | 164 |
| Tabla 116: Modal de Modelo Convencional .....  | 164 |
| Tabla 117: Deriva en Base Fija (X).....        | 165 |
| Tabla 118: Deriva en Base Fija (Y).....        | 165 |
| Tabla 119: Deriva en base Fija (X) .....       | 165 |
| Tabla 120: Deriva en base Fija (Y) .....       | 165 |
| Tabla 121: Modal de Modelo Convencional .....  | 166 |
| Tabla 122: Deriva en Base Fija (X).....        | 166 |
| Tabla 123: Deriva en Base Fija (Y).....        | 166 |
| Tabla 124: Deriva en base Fija (X) .....       | 166 |
| Tabla 125: Deriva en base Fija (Y) .....       | 166 |
| Tabla 126: Modal de Modelo Convencional .....  | 167 |
| Tabla 127: Deriva en Base Fija (Y).....        | 167 |
| Tabla 128: Deriva en Base Fija (X).....        | 167 |
| Tabla 129: Deriva en base Fija (X) .....       | 167 |
| Tabla 130: Deriva en base Fija (Y) .....       | 168 |
| Tabla 131: Modal de Modelo Convencional .....  | 168 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 132: Deriva en Base Fija (Y).....                        | 168 |
| Tabla 133: Deriva en Base Fija (X).....                        | 168 |
| Tabla 134: Deriva en base Fija (X) .....                       | 169 |
| Tabla 135: Deriva en base Fija (Y) .....                       | 169 |
| Tabla 136: Modal de Modelo Convencional .....                  | 169 |
| Tabla 137: Deriva en Base Fija (Y).....                        | 169 |
| Tabla 138: Deriva en Base Fija (X).....                        | 169 |
| Tabla 139: Deriva en base Fija (X) .....                       | 170 |
| Tabla 140: Deriva en base Fija (X) .....                       | 170 |
| Tabla 141: Derivas de Base Fija (Y-Y).....                     | 170 |
| Tabla 142: Deriva de Base Fija (x-x) .....                     | 170 |
| Tabla 143: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (A).....      | 171 |
| Tabla 144: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (A).....   | 172 |
| Tabla 145: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (B) .....     | 172 |
| Tabla 146: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (B) .....  | 173 |
| Tabla 147: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (C) .....     | 174 |
| Tabla 148: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (C) .....  | 174 |
| Tabla 149: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (D).....      | 175 |
| Tabla 150: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (D).....   | 176 |
| Tabla 151: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (E) .....     | 177 |
| Tabla 152: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (E) .....  | 177 |
| Tabla 153: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (E-F).....    | 178 |
| Tabla 154: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (E-F)..... | 179 |
| Tabla 155: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (F).....      | 180 |
| Tabla 156: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (F).....   | 180 |
| Tabla 157: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (G).....      | 181 |
| Tabla 158: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (G).....   | 182 |
| Tabla 159: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (H).....      | 183 |
| Tabla 160: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (H).....   | 183 |
| Tabla 161: Modal de Modelo de Base Aislada .....               | 185 |
| Tabla 162: Deriva en Base Aislada (X).....                     | 185 |
| Tabla 163: Deriva en Base Aislada (Y).....                     | 185 |
| Tabla 164: Determinación de Parámetros del Aislador.....       | 186 |
| .Tabla 165: Modal de Modelo de Base Aislada .....              | 187 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 166: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 188 |
| Tabla 167: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 188 |
| Tabla 168: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 189 |
| Tabla 169: Modal de Modelo de Base Aislada .....             | 190 |
| Tabla 170: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 190 |
| Tabla 171: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 190 |
| Tabla 172: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 191 |
| Tabla 173: Modal de Modelo de Base Aislada .....             | 192 |
| Tabla 174: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 193 |
| Tabla 175: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 193 |
| Tabla 176: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 194 |
| Tabla 177: Modal de Modelo de Base Aislada .....             | 195 |
| Tabla 178: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 195 |
| Tabla 179: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 195 |
| Tabla 180: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 196 |
| Tabla 181: Modal de Modelo de Base Aislada .....             | 197 |
| Tabla 182: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 198 |
| Tabla 183: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 198 |
| Tabla 184: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 198 |
| Tabla 185: Modal de Modelo de Base Aislada .....             | 200 |
| Tabla 186: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 200 |
| Tabla 187: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 200 |
| Tabla 188: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 201 |
| Tabla 189: Modal de Modelo de Base Aislada .....             | 202 |
| Tabla 190: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 202 |
| Tabla 191: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 202 |
| Tabla 192: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 203 |
| Tabla 193: Modal de Modelo de Base Aislada .....             | 204 |
| Tabla 194: Deriva en Base Aislada (X).....                   | 204 |
| Tabla 195: Deriva en Base Aislada (Y).....                   | 204 |
| Tabla 196: Determinación de Parámetros del Aislador.....     | 205 |
| Tabla 197: Derivas de Base Aislada (Y-Y) .....               | 206 |
| Tabla 198: Deriva de Base Aislada (x-x) .....                | 206 |
| Tabla 199: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (A)..... | 207 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 200: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (A) .....     | 208 |
| Tabla 201: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (B) .....     | 208 |
| Tabla 202: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (B) .....  | 209 |
| Tabla 203: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (C) .....     | 210 |
| Tabla 204: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (C) .....  | 210 |
| Tabla 205: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (D) .....     | 211 |
| Tabla 206: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (D) .....  | 212 |
| Tabla 207: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (E) .....     | 213 |
| Tabla 208: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (E) .....  | 213 |
| Tabla 209: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (E-F).....    | 214 |
| Tabla 210: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (E-F)..... | 215 |
| Tabla 211: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (F).....      | 216 |
| Tabla 212: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (F).....   | 216 |
| Tabla 213: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (G) .....     | 217 |
| Tabla 214: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (G) .....  | 218 |
| Tabla 215: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (H) .....     | 219 |
| Tabla 216: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (H) .....  | 219 |
| Tabla 217: Comparación Deriva "X" .....                           | 221 |
| Tabla 218: Comparación Deriva "Y" .....                           | 222 |



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

$S_S$  = Periodos Cortos 0.2 s

$S_1$  = Periodos Largos a 1 s.

$F_a$  = Coeficiente de sitio de periodos cortos.

$F_v$  = Coeficiente de sitio de periodos Largos.

$S_{DS}$  = Ajuste a nivel de diseño en periodos cortos.

$S_{DS}$  = Ajuste a nivel de diseño en periodos largos

$S_{MS}$  = Ajuste por la clase de sitio en periodos cortos.

$S_{M1}$  = Ajuste por la clase de sitio en periodos largos

$S_{D1}$  = Parámetro de Aceleración espectral de diseño al 5% amortiguada al periodo de 1 segundo, en unidades g-s.

$S_{M1}$  = Parámetro de Aceleración espectral del sismo considerado máximo al 5% amortiguada al periodo de 1 segundo, en unidades g-s.

$T_D$  = Periodo efectivo de la estructura aislada sísmicamente en segundos.

$T_M$  = Periodo efectivo de la estructura aislada sísmicamente en el desplazamiento máximo en segundos.

$B_D$  = Coeficiente numérico relacionado al amortiguamiento efectivo del sistema de aislación en el desplazamiento de diseño  $\beta_D$ .

$B_M$  = Coeficiente numérico relacionado al amortiguamiento efectivo del sistema de aislación en el desplazamiento máximo  $\beta_M$ .

$D_D$  = Desplazamiento de diseño, en in (mm), en el centro de la rigidez del sistema de aislamiento.

$D_M$  = Desplazamiento máximo, en in (mm), en el centro de la rigidez del sistema de aislamiento.

$D_{TD}$  = Desplazamiento de diseño en el centro de rigidez del sistema.

$D_{TM}$  = Desplazamiento máximo en el centro de rigidez del sistema

$y$  = La distancia entre los centros de rigidez del sistema de aislación y el elemento de interés medida perpendicular a la dirección de la carga sísmica en consideración.

$e$  = Excentricidad real medida en planta entre el centro de masas de la estructura por encima de la interface de aislación y el centro de rigidez del sistema de aislación,

más la excentricidad accidental, en ft ( $mm$ ), tomado como el 5 por ciento de la dimensión en planta más larga de la estructura perpendicular a la dirección de la fuerza en consideración.

$b$  = La dimensión en planta más corta de la estructura medida perpendicular a  $d$ .

$d$  = La dimensión en planta más larga de la estructura.

$k_{Dmin}$  = Rigidez efectiva mínima kips/in ( $kN/mm$ ), en desplazamiento de diseño.

$k_{Dmax}$  = Rigidez máxima efectiva kips/in ( $kN/mm$ ).

$k_{Mmin}$  = Rigidez efectiva mínima kips/in ( $kN/mm$ ), en desplazamiento máximo.

$W$  = Peso efectivo sísmico de la estructura por encima de la interface de aislación

$R_i$  = Coeficiente numérico relacionado con el tipo de sistema de fuerza de resistencia sísmica por encima del sistema de aislamiento

$F_x$  = Porción de  $V_s$  que se asigna al nivel  $x$ .

$V_s$  = Fuerza lateral total de Diseño.

$w_x$  = Porción de  $W$  que está localizada en o asignada al nivel  $x$ .

$h_x$  = Altura por encima de la base del nivel  $x$ .

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló utilizando: “EL PROYECTO DE CREACIÓN DEL SERVICIO DE MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA EN ALTURA PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO”. El proyecto contempla un laboratorio multiuso, biblioteca especializada, aulas pedagógicas audiovisuales y oficinas.

El objetivo del proyecto de tesis fue realizar la eficiencia de los aisladores sísmicos, mediante la evaluación de derivas, desplazamiento respecto al terreno, periodo efectivo. Aplicados en el comparativo en modelo convencional y base aislada, se realizó utilizando los tipos de aisladores: high Damping Rubber Bearings (HDRB), Lead Rubber Bearings (LRB), y Friction Pendulum System (FPS).

La estructura analiza fue de categoría A (Estructura Esencial), dividido en sectores, A, B, C, D, E, E-F, F, G y H. Los resultados de la comparación entre base aislada y base fija, revelan que la deriva de sectores A, D, F, se reduce en un porcentaje 83.53%, 80.81%, 79.73%, respectivamente, aplicados los aisladores HDRB, en sectores B, E y G aplicados la combinación de aisladores HDRB y LRB se reduce de un 84.17 %, 81.56% y 83.88% respectivamente y los sectores C, E-F y H aplicados con los aisladores FPS, se reduce en un 86.65%, 86.06% y 85.70%, respectivamente.

Los aisladores son eficientes frente a las acciones sísmicas, debido a que se cumple la reducción de las derivas, cumplimiento de desplazamientos, periodos, así siendo flexible ante una acción sísmica, garantizando su función.

**Palabras Clave:** Análisis, Diseño, Aisladores Sísmicos, base convencional, comportamiento.

## ABSTRACT

This research work was developed using: “THE MEGA SERVICE CREATION PROJECT UNIVERSITY CLINIC HUMAN HEALTH LABORATORY FOR PROFESSIONAL TRAINING AND RESEARCH AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF ALTIPLANO-PUNO”. The project includes a multi-purpose laboratory, specialized library, audiovisual pedagogical classrooms and offices.

The objective of this thesis project was to perform the efficiency of the seismic isolators, through the evaluation of drifts, displacement with respect to the terrain, effective period. Applied in the comparison in conventional model and isolated base, was made using the types of insulators: High Damping Rubber Bearings (HDRB), Lead Rubber Bearings (LRB), and Friction Pendulum System (FPS).

The structure analyzed was of category A (Essential Structure), divided into sectors, A, B, C, D, E, EF, F, G and H. The results of the comparison between isolated base and fixed base, reveal that the drift of sectors A, D, F, is reduced in a percentage 83.53%, 80.81%, 79.73%, respectively, applied the insulators HDRB, in sectors B, E and G applied the combination of insulators HDRB and LRB is reduced of 84.17%, 81.56% and 83.88% respectively and the sectors C, EF and H applied with the FPS isolators, are reduced by 86.65%, 86.06% and 85.70% respectively.

The insulators are efficient against the seismic actions, because the reduction of the drifts is accomplished, compliance with displacements, periods, thus being flexible before a seismic action, guaranteeing its function.

**Key Words:** Analysis, Design, Seismic Isolators, conventional basis, Behavior.

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El avance de la ingeniería sismoresistente, propone el diseño de estructuras con nuevas tecnologías, innovadoras para controlar los desplazamientos de los sismos, en las estructuras.

Así mismo con la finalidad de tener mayor factor de seguridad, en el marco de cumplir con la filosofía sismoresistente, mencionada en la norma E-030, el ingeniero estructural busca métodos que puedan ayudar a cumplir los criterios de diseño, donde los sistemas de protección sísmica son los más adecuados, según la experimenta de muchos países como Japón, Estados Unidos, etc.

El Perú es un país de diversas culturas, pero todos expuestos a los fenómenos de la naturaleza, como los movimientos de los sismos. Estos nos han enseñado a considerar en los diseños de estructuras, con la finalidad de resistir a estos movimientos.

Los movimientos telúricos han sido parte de nuestra sociedad, existieron y continuaran existiendo, el Perú como un país que está dentro del cinturón de fuego del pacifico, es uno de las regiones de más alta reacción ante los movimientos telúricos que existe en la tierra. En base a este concepto, Puno no es ajeno a sufrir estos efectos así nos demuestra el sismo del primero de diciembre del 2015, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP) tuvo su epicentro en el centro poblado de Salcedo, a tres kilómetros de la salida sur de Puno, teniendo una magnitud de 3.5 grados en la escala de Richter y una concentración poblacional de 141,064 habitantes según el INEI para el mencionado año. Por tal motivo se requiero garantizar la funcionalidad y operatividad de las estructuras frente a los movimientos telúricos. Esto implico mayor seguridad y calidad en edificaciones esenciales.

Es por ello que, aplicándose los aisladores sísmicos, se cuida ambas partes, el cuidado de la seguridad de la vida y evitar vulnerabilidad de la destrucción dela estructura. Mediante la presente tesis tiene como objetivo realizar un estudio de la eficiencia de estructuras con aisladores sísmicos de base y comparativo con el diseño convencional.

Mediante la presente investigación se planteó tres tipos de aisladores: high Damping Rubber Bearings (HDRB), Lead Rubber Bearings (LRB), y Friction Pendulum System (FPS), aplicado en los bloques A, B, C, D, E, E-F, F, G y H.

## **1.2 OBJETIVOS:**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar la eficiencia de los aisladores sísmicos aplicado en el mega laboratorio clínico universitario de salud humana.

### **1.2.2 Objetivo Especifico**

Analizar los diferentes sectores que componen el Mega laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana sin aisladores con la norma E-030 vigente.

Analizar los diferentes sectores que componen el Mega laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana con aisladores.

Comparar los resultados de sectores del Mega laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana con aisladores y sin aisladores.

## **1.3 HIPÓTESIS:**

La utilización de aisladores sísmicos brinda mayor eficiencia en seguridad de la estructura asimismo también al equipamiento interno, comparada con el diseño convencional ante los sismos del Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana,

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El Perú es uno de las regiones de más alta reacción ante los movimientos telúricos que existe en la tierra. En base a este concepto, Puno no es ajeno a sufrir estos efectos así nos demuestra el sismo del primero de diciembre del 2015, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP) tuvo su epicentro en el centro poblado de Salcedo, a tres kilómetros de la salida sur de Puno, teniendo una magnitud de 3.5 grados en la escala de Richter y una concentración poblacional de 141,064 habitantes según el INEI para el mencionado año. Por tal motivo se requiere garantizar la funcionalidad y operatividad de las estructuras frente a los movimientos telúricos. Esto implica mayor seguridad y calidad en edificaciones esenciales. Lo cual nos lleva a formular el presente proyecto de tesis.

Así mismo la utilización de aisladores de base nos brinda mayor seguridad en el comportamiento, y cumplimiento de la filosofía sismoresistente de la norma RNE E-030.

### **1.5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN:**

El desarrollo del presente proyecto se realizó en el proyecto “MEGALABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA EN ALTURA PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO”, en los sectores A, B, C, D, E, E-F, F, G y H

Para determinar el objetivo principal se dividió en las siguientes partes:

La primera parte consistió en el análisis de los diferentes sectores que componen el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana, esto quiere decir sin incluir la aislación basal, las normas aplicadas serán RNE-2016 Especialidad Estructuras, y el diseño se evaluará en elementos estructurales principalmente en viga, columna, estos con su respectivo detalle de refuerzo estructural, Apoyado por el programa computacional ETABS de esta manera se tiene la visión y comportamiento del edificio si se realizara en forma tradicional sin ningún sistema de aislación sísmica con la normativa vigente.

La segunda parte se realizó el análisis, de los sectores que componen el Mega Laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana, los 3 tipos de aisladores se aplicó en cada modelo por separado según cada sector, y el diseño se evaluó en elementos estructurales principalmente, en viga, columna y muro estructural, para completar esta parte del objetivo nos apoyamos en la utilización del software ETABS,

La tercera parte consistió en la comparación del Análisis se los sectores del Mega laboratorio Clínico Universitario de Salud Humana del modelo convencional con el modelo aislado, la comparación se realizará mediante la evaluación de derivas, desplazamiento respecto al terreno, periodo efectivo y así también se compara el de talle de refuerzo de una viga y una columna de cada sector.

Para cumplir con los diferentes objetivos del proyecto, nos apoyaremos mediante las siguientes normas de diseño Estructural.

- RNE E-020 “Cargas”
- RNE E-030 “Diseño Sismo resistente”

- RNE E-060 “Suelos y Cimentaciones”
- RNE E-090 “Estructuras Metalicas”
- American Concrete Institute ACI 318-14
- ASCE/SEI 7-10
- FEMA 451

Según Sampieri, Collado y Lucio (2006, p. 205), la investigación es de tipo no experimental ya que no habrá manipulación de la variable independiente y de diseño transversal ya que se recolectan datos en un solo momento, es decir en un tiempo único cuyo propósito es describir variables y analizar su incidencia e interpretación en un momento dado. El presente trabajo optará por el diseño transaccional descriptivo cuyo objetivo es indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables de una población.



## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### 2.1 BASES TEÓRICO:

##### 2.1.1 Sismo:

Delgado (2011, p. 09) es todo estremecimiento de la tierra con mayor o menor violencia. Si es muy fuerte denomina terreno, si es pequeño temblor.

Bazan y Meli (2012, p. 15) en donde se menciona que son generados por distintos fenómenos, como la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas y hasta por explosiones. Sin embargo, los sismos más severos y los más importantes desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico, que se deben a desplazamientos bruscos de las grandes placas en que esta subdividida dicha corteza. Se identifica un punto, generalmente subterráneo que se denomina foco o hipocentro que se considera el inicio del movimiento, a su proyección sobre la superficie de la tierra se le llama epicentro.

##### 2.1.2 Acelerogramas:

Acevedo (2012, p. 59) menciona que los acelerogramas son registros de la aceleración del terreno debida a un movimiento fuerte producido por un sismo. El registro de la aceleración se lleva a cabo mediante acelerógrafos, equipos que deben ser instalados en lugares donde se espera que ocurra un movimiento fuerte. Existen tres factores que influyen en los acelerogramas: fuente sísmica, trayectoria y efectos locales. La fuente sísmica se refiere a la liberación de energía; los parámetros de fuente sísmica que definen la naturaleza del movimiento fuerte son la magnitud, el mecanismo de ruptura, la directivita y la profundidad focal. La trayectoria se refiere a la ruta específica que recorre la energía liberada en la fuente sísmica; las principales variables que caracterizan la trayectoria son la distancia de la fuente al sitio y la estructura de la corteza.

##### 2.1.3 Peligro Sísmico:

Bazan y Meli (2012, p. 23) se refiere al grado de exposición que un sitio dado tiene a los movimientos sísmicos.

Bozzo y Barbat (1999, p. 11) menciona que para evaluar la peligrosidad, es necesario analizar los fenómenos que ocurren desde la emisión de las ondas sísmicas en el foco hasta que dichas ondas alcanzan la zona en estudio.

#### 2.1.4 Filosofía y Principios del diseño Sismoresistente:

RNE E-030 (2016, P. 4) menciona que la filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- 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 la presente Norma los siguientes principios:

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

#### 2.1.5 Sistemas de protección Sísmica

Villarreal y La Rosa (2016, P. 7) define los diferentes sistemas de protección sísmica empleados en la actualidad tienen por objetivo el control de los desplazamientos de la estructura siguiendo una o varias de las siguientes alternativas:

- a) Por medio de dispositivos que anexados a la estructura absorban o disipen la energía de entrada del sismo.
- b) Por medio de mecanismos que, al iniciar la excitación sísmica, ejerzan fuerzas buscando neutralizar la acción de esta.
- c) Por medio de dispositivos que modifiquen las propiedades y la respuesta dinámica de la estructura, buscando reducir la energía de entrada y evitando la resonancia.
- d) De acuerdo a las alternativas expuestas, los sistemas de control estructural pueden clasificarse en 4 grandes grupos: los sistemas pasivos, semiactivos, híbridos y activos:

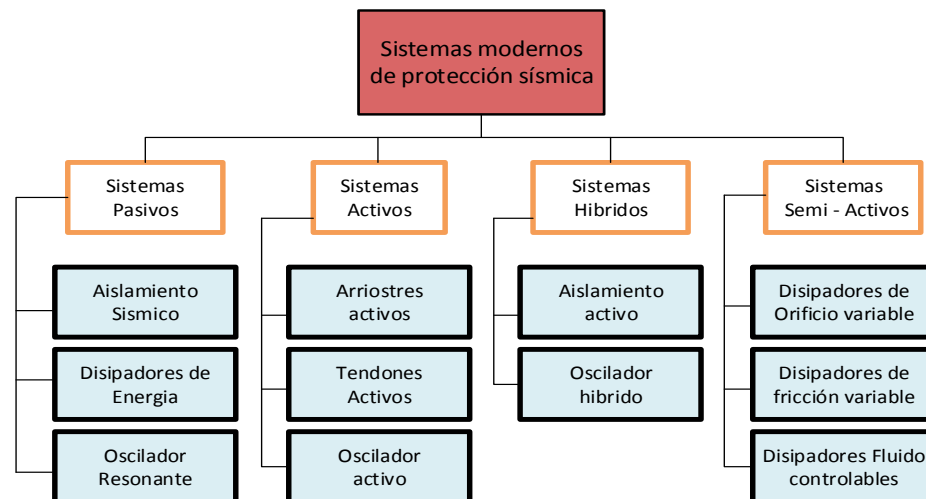


Figura N° 1: Sistemas de Protección Sísmica  
Fuente: Villarreal y La Rosa (2016)

## 2.2 AISLADORES SÍSMICO

### 2.2.1 Generalidades:

#### 2.2.1.1 Filosofía detrás de los sistemas de aislamiento sísmico

Chen y Scawthorn (2002, P. 826) menciona que cuando una estructura está sujeta a un fuerte terremoto, la energía del sistema de la estructura se puede expresar conceptualmente como:

$$KE + DE + SE = IE$$

$$DE = VE + HE$$

Donde:

*KE = Energía Cinética*

*DE = Energía Disipada*

*VE = Energía Histerica*

*HE = Energía Histerica*

*SE = Energía de Tension*

*IE = Energía Sísmica*

En la ecuación anterior KE y SE son la porción de la energía de la estructura que es recuperable, mientras que VE y HE son la porción que es disipativa. Para una estructura de construcción de base fija, cuando IE no es tan grande, la entrada de energía a la estructura se disipará en forma de VE. Cuando ocurre un fuerte terremoto, si toda la entrada energética no puede ser disipada por la amortiguación viscosa de la estructura, entonces la energía residual se disipará en forma de HE. Si la estructura ha sido diseñada para tener suficiente ductilidad, entonces puede sufrir deformaciones plásticas en ciertas juntas, miembros o componentes especialmente agregados, pero se debe evitar el fenómeno de colapso. Este es el concepto de ductilidad del diseño para las estructuras tradicionales de base fija.

### 2.2.2 Sistema de Aislamiento Sísmico

Los aisladores sísmicos son dispositivos que desacoplan la estructura de la cimentación, y brindan flexibilidad, su característica principal es modificar la respuesta dinámica, con el objetivo de que durante el movimiento sísmico este dispositivo reduce la energía de un sismo cuando este dentro a la estructura.

Los aisladores de base desarrolla el equilibrio entre la reducción de fuerzas sísmicas y el incremento de los desplazamientos.

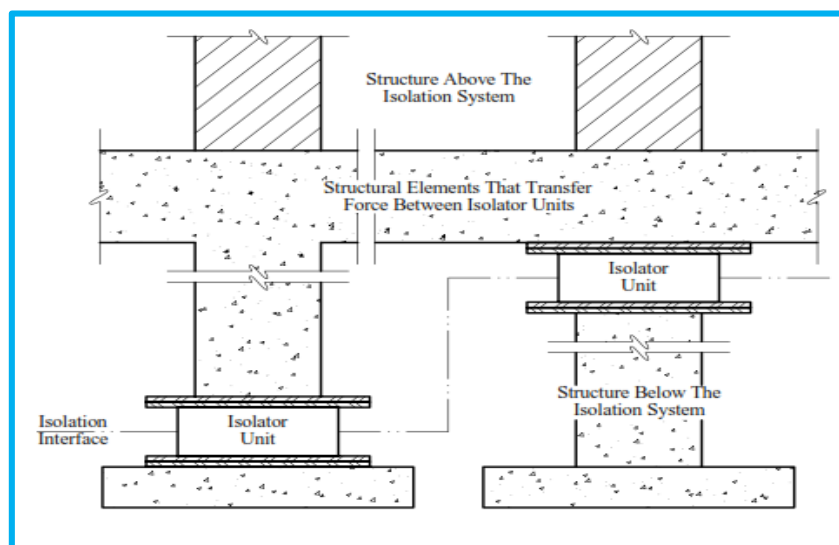


Figura N° 2: Tecnología del sistema de Aislación  
Fuente: FEMA 451(2006)

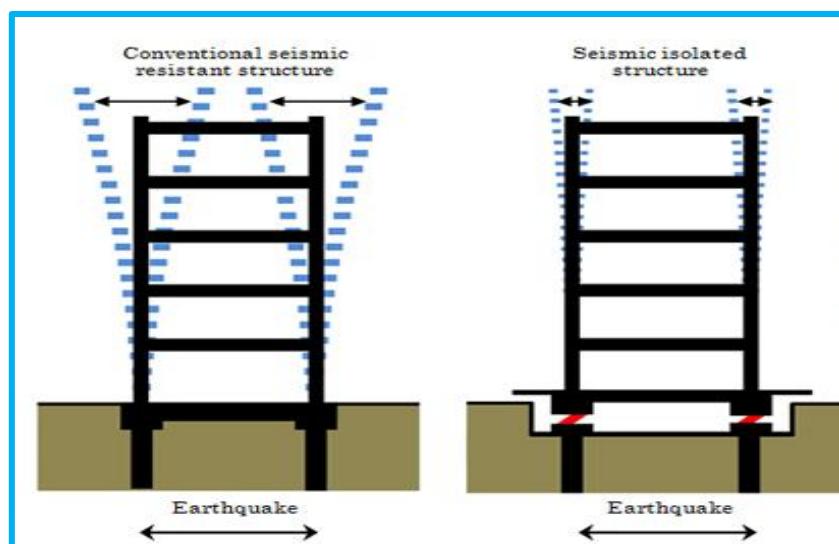


Figura N° 3: Diferencia Sísmica de Dispositivo  
Fuente: [www.nishimatsu.co.jp](http://www.nishimatsu.co.jp)

La flexibilidad de los aisladores, aumenta el desplazamiento de la estructura con respecto a la cimentación, y este modificara el periodo, de periodos cortos a periodos largos.

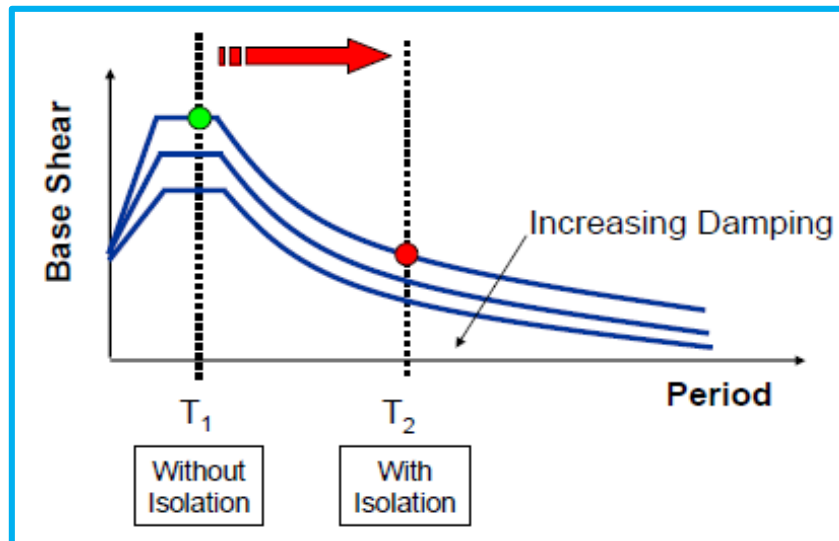


Figura N° 4: Cambio de Periodos  
Fuente: Symans (2009)

El amortiguamiento de energía tiene la finalidad de absorber la energía de fuerza sísmica, cuyo objetivo de reducir los desplazamientos con respecto al suelo.

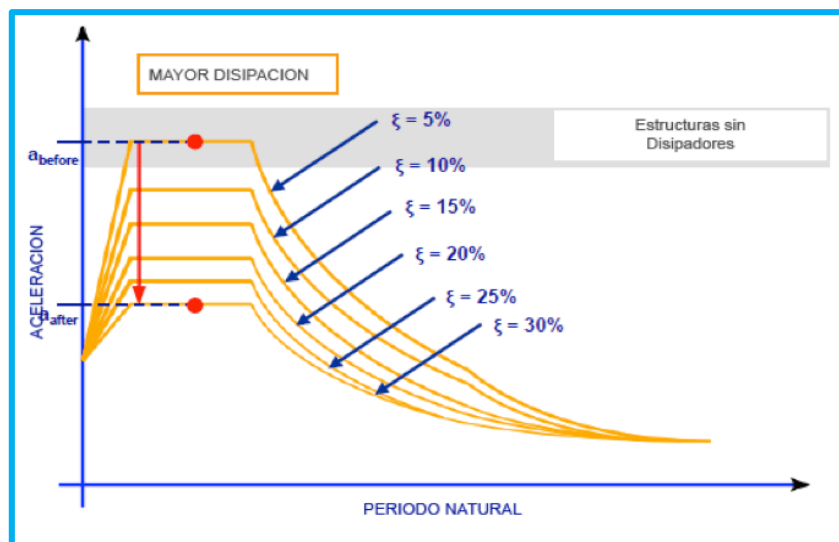


Figura N° 5: Disipación de Energía  
Fuente: [www.estructurando.net](http://www.estructurando.net)

**2.2.3 Consideraciones en la Aplicación**

Symans (2009, p. 15) nos menciona en la aplicación de los aisladores se menciona que:

Más Efectivo

- Estructura en suelo rígido
- Estructura con bajo período fundamental (Edificio de baja altura)

Menos Efectivo

- Estructura en suelo blando
- Estructura con alto período fundamental (Edificio alto).

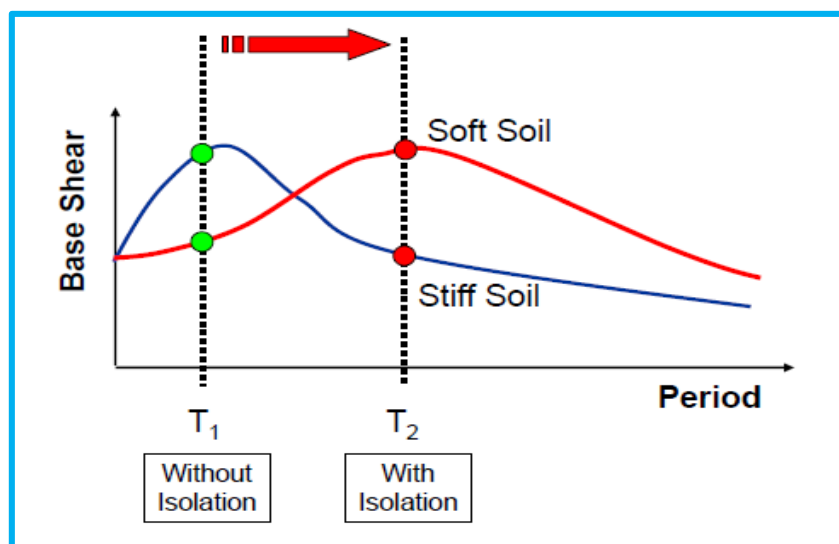


Figura N° 6: Cambio de Periodos  
Fuente: Symans (2009)

FEMA 451 (2006, p. 749) define a los suelos blandos E-F, en la tabla 13 se puede ver las respectivas características.

#### 2.2.4 Aplicación en la historia

Naeim y Kelly (1999, p. 2) quien fue el profesor de ingeniería minera en Tokio en los años 1876 a 1895. Durante este período, Milne se interesó mucho en los fenómenos sísmicos, e ideó y mejoró una serie de seismoscopio y sismógrafos. Milne llevó a cabo una investigación pionera sobre sismología, hasta el punto de que a menudo se lo conoce como el "padre de la sismología moderna". También reflexionó mucho sobre el diseño de edificios en áreas sísmicamente activas y las normas publicadas para construcciones resistentes a terremotos que siguen siendo válidas hoy en día. Mientras estaba en la Universidad de Tokio, construyó un ejemplo de un edificio aislado. La estructura se construyó sobre bolas en "placas de hierro fundido con bordes de platillo en las cabezas de las pilas". Encima de las bolas y unidas a los edificios están las placas de hierro fundido

ligeramente cóncavas pero similares a las de abajo”. El edificio estaba instrumentado y aparentemente experimentó un movimiento sísmico. En 1885 describió este experimento en un informe a la Asociación Británica para el Avance de Ciencia. Aparentemente no estaba completamente satisfecho con el rendimiento de su edificio con carga de viento, por lo que cambió el sistema de aislamiento, y en 1886 describió la nueva versión en un informe de seguimiento a la asociación. Las primeras bolas habían sido de 10 pulgadas de diámetro, se probaron bolas de 8 pulgadas, luego bolas de 1 pulgada. Finalmente, la casa descansaba en cada uno de sus muelles en un puñado de disparos de hierro fundido, cada uno de 1/4 de pulgada de diámetro. De esta forma, el edificio se estabilizó frente a las cargas de viento. El diseño final fue evidentemente exitoso bajo una acción real de terremoto.

Komodromos (2000, p.75) menciona que en su libro “Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures”, nos muestra las diferentes estructuras aplicadas los aisladores sísmicos en sus principios:

#### **2.2.4.1 Aisladores Sísmicos en EE.UU.**

Para ese año 2000, en los Estados Unidos, se estima que el número de edificios aislados sísmicamente es más de 50 y se estima que el número de puentes aislados sísmicamente es de más de 200. Alguna de las construcciones es:

El Centro de Derecho y Justicia de Comunidades Foothill, en San Bernardino, un edificio de almacén de acero de cuatro pisos construido concéntricamente, fue la primera estructura sísmicamente aislada construida en los Estados Unidos, Se utilizó en 98 aisladores, convirtiéndose en el primer edificio aislado sísmicamente en el mundo donde se usaron aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDRB).

El edificio de Salt Lake City y County, es la primera estructura histórica en haber sido aislado sísmicamente. El edificio de cinco pisos, 80x40m en vista de plano, que pesa aproximadamente 34,000 toneladas, se construyó a fines del siglo XIX de ladrillo no reforzado, mampostería y arenisca usando 447 aisladores elastoméricos.

El Hospital Universitario USC. Es el primer hospital sísmico aislado del mundo. Utilizando 447 rodamientos elastoméricos. También es el primer edificio aislado sísmicamente en los Estados Unidos que ha experimentado una fuerte excitación de terremotos, que en el 17 de enero de 1994, el terremoto de Northridge de 6.7 de magnitud,

este hospital ubicado a 36 km de la epicentro del terremoto, se mantuvo operativo sin ningún daño.

En el Ayuntamiento de San Francisco, con 500 aisladores elastoméricos instalados, es el proyecto de adaptación sísmica más grande del mundo. La estructura, que fue construida en 1912, había sido severamente dañada por el terremoto de Loma Prieta en 1989. El objetivo era preservar las características arquitectónicas del edificio al tiempo que aumenta su capacidad sísmica. Se decidió que el aislamiento sísmico se utilizara para mejorar de forma científica la estructura de estructura de acero de cinco pisos (90 m de altura).

#### **2.2.4.2 Aisladores Sísmicos en Japón**

El primer gran edificio aislado sísmicamente, una estructura de hormigón armado de cuatro pisos, se completó en 1986. Para el año 2000, hay más de 75 edificios aislados sísmicamente y 20 puentes, la mayoría en Japón ubicado en el área de Tokio.

El centro de Computación de la Compañía de Energía Eléctrica Tohoku, se encuentra en Sendai. Provincia de Miyako. El centro de cómputo de seis pisos fue construido para albergar

Equipo esencial y crítico que pertenece a la empresa de energía eléctrica. Tras su finalización en 1990, fue el edificio más grande aislado sísmicamente en Japón con 10.000 m<sup>2</sup> de superficie. Se utilizó en 40 aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDRB).

El edificio C-1, centro de cómputo, se completó en 1992 en la ciudad de Fuchi. Tokio. Fue el edificio sísmico más grande del mundo El edificio es una estructura de hormigón armado de acero de siete pisos de 41,4 m de altura máxima sobre el nivel del suelo. La superestructura está sobre 68 aisladores elastomeoricos,

#### **2.2.4.3 Aisladores Sísmicos En Nueva Zelanda**

Para el año 2000, se estima que hay aproximadamente diez edificios aislados sísmicamente y más de cincuenta puentes aislados sísmicamente en Nueva Zelanda.

El Edificio William Clayton en Wellington fue el primer edificio aislado en Nueva Zelanda y el primero en el mundo en incorporar aisladores de goma de plomo. Su construcción comenzó en 1978 y se completó en cuatro años, está sobre 80 aisladores de goma de plomo.



Wellington, estación central de Policía, Es de diez pisos, 38 m por 31 en el edificio de hormigón armado, estaba sísmicamente aislada.

#### **2.2.4.4 Aisladores Sísmicos en Italia**

Para el año 2000, se estima que hay más de 30 edificios aislados sísmicamente y cerca de 200 puentes aislados sísmicamente en Italia.

Un edificio aislado sísmicamente es el complejo SIP, que es el nuevo centro de administración de la National Telephone Company en Ancona. Este edificio de siete pisos está montado en aisladores de goma de alta amortiguación (HDRB) (p. 75).

### **2.3 FUNDAMENTOS DE LOS AISLADORES SÍSMICOS**

Skinner, Robinson y MVerry (1993, p. 01) nos menciona que el aislamiento sísmico consiste esencialmente en la instalación de mecanismos que desacoplan la estructura, y/o su contenido, de terrenos potencialmente perjudiciales, o movimientos de soporte inducidos por el terremoto. Este desacoplamiento se logra aumentando la flexibilidad del sistema, junto con la amortiguación adecuada.

#### **2.4 TIPOS DE AISLADORES:**

Corporación de desarrollo Tecnológico - Camara Chilena de la Construcción. (2012, p. 27) de acuerdo con esta bibliografía, nos muestra los diferentes aisladores sísmicos:

##### **2.4.1 Aisladores Elastoméricos**

Corporación de desarrollo Tecnológico - Camara Chilena de la Construcción. (2012, p. 27) menciona que los aisladores elastoméricos están conformados por un conjunto de láminas planas de elastómeros intercaladas con capas de acero. Las láminas de elastómeros son vulcanizadas a las capas de acero y, por lo general, presentan una sección circular o cuadrada. Mediante esta configuración se logra la flexibilidad lateral necesaria para permitir el desplazamiento horizontal relativo entre la estructura aislada y el suelo. La rigidez vertical del sistema es comparable con la rigidez vertical de una columna de hormigón armado. El comportamiento de los aisladores elastoméricos depende de la amplitud de la deformación a la que son sometidos y, en menor grado, de la temperatura, el envejecimiento y la frecuencia del movimiento. Existen varios tipos de apoyos elastoméricos, entre ellos se encuentran los apoyos de goma natural (NRB, Natural Rubber Bearing), los apoyos de goma de bajo amortiguamiento (LDRB, Low-

Damping Rubber Bearing) y alto amortiguamiento (HDRB, High-Damping Rubber Bearing), y los apoyos de goma con núcleo de plomo (LRB, Leadplug Rubber Bearing).

#### 2.4.2 Aisladores Elastoméricos de bajo Amortiguamiento (LDRB)

Este tipo de dispositivos son los más simples dentro de los aisladores elastoméricos. Los aisladores tipo LDRB presentan bajo amortiguamiento (2-5% como máximo), por lo que generalmente se utilizan en conjunto con disipadores de energía que proveen amortiguamiento adicional al sistema. Estos dispositivos presentan la ventaja de ser fáciles de fabricar.



Figura N° 7: Aislador tipo LRBD  
Fuente: Corporación de desarrollo Tecnológico –  
Camara Chilena de la Construccion.

#### 2.4.3 Aisladores Elastoméricos con núcleo de Plomo (LRB)

Los aisladores con núcleo de plomo (LRB) son aisladores elastoméricos similares a los LDRB pero poseen un núcleo de plomo, ubicado en el centro del aislador, que permite aumentar el nivel de amortiguamiento del sistema hasta niveles cercanos al 25-30%. Al deformarse lateralmente el aislador durante la acción de un sismo, el núcleo de plomo fluye, incurriendo en deformaciones plásticas, y disipando energía en forma de calor. Al término de la acción sísmica, la goma del aislador retorna la estructura a su posición original, mientras el núcleo de plomo recristaliza. De esta forma el sistema queda listo para un nuevo evento sísmico.



Figura N° 8: Aislador LRB

Fuente: Corporación de desarrollo Tecnológico –  
Camara Chilena de la Construccion.

#### **2.4.4 Aisladores Elastoméricos de alto Amortiguamiento (HDRB)**

Los HDRB son aisladores elastoméricos cuyas láminas de elastómeros son fabricados adicionando elementos como carbón, aceites y resinas, con el fin de aumentar el amortiguamiento de la goma hasta niveles cercanos al 10-15%. Los aisladores tipo HDRB presentan mayor sensibilidad a cambios de temperatura y frecuencia que los aisladores tipo LDRB y LRB. A su vez, los aisladores HDRB presentan una mayor rigidez para los primeros ciclos de carga, que generalmente se estabiliza luego del tercer ciclo de carga. Estos dispositivos, al igual que los dispositivos tipo LRB, combinan la flexibilidad y disipación de energía en un solo elemento, con la característica de ser, relativamente, de fácil fabricación.

#### **2.4.5 Aisladores Deslizantes**

Los aisladores deslizantes o también llamados deslizadores friccionales utilizan una superficie de deslizamiento, típicamente de acero inoxidable, sobre la que desliza una placa de acero revestida de Politetra Fluoro Etileno (PTFE), sobre la que se soporta la estructura. La superficie de deslizamiento permite el movimiento horizontal de la estructura de manera independiente del suelo. Este sistema de aislación sísmica permite disipar energía por medio de las fuerzas de rozamiento que se generan durante un sismo. El coeficiente de fricción del aislador depende de variables tales como la temperatura de trabajo, la presión de contacto, la velocidad de movimiento, el estado de las superficies de contacto (limpieza, rugosidad, etc.) y el envejecimiento.

#### 2.4.6 Apoyos Deslizantes Planos

Los apoyos deslizantes planos son los aisladores deslizantes más simples. Consisten básicamente en dos superficies, una adherida a la estructura y la otra a la fundación, que poseen un bajo coeficiente de roce, permitiendo los movimientos horizontales y resistir las cargas verticales. Poseen, generalmente, una capa de un material elastomérico con el fin de facilitar el movimiento del deslizador en caso de sismos. Por lo general, las superficies deslizantes son de acero inoxidable pulido espejo, y de un material polimérico de baja fricción. Este tipo de aislación puede requerir de disipadores de energía adicionales. A fin de prevenir deformaciones residuales luego de un evento sísmico, se debe proveer de sistemas restituidos (típicamente aisladores elastoméricos o con núcleo de plomo) que restituyan la estructura a su posición original.

#### Péndulos friccionales (FPS, Friction Pendulum System)

Los péndulos friccionales cuentan con un deslizador articulado ubicado sobre una superficie cóncava. Los FPS, a diferencia de los apoyos deslizantes planos, cuentan con la característica y ventaja de ser autocentrantes. Luego de un movimiento sísmico, la estructura regresa a su posición inicial gracias a la geometría de la superficie y a la fuerza inducida por la gravedad. La figura siguiente muestra un esquema de un péndulo friccional.

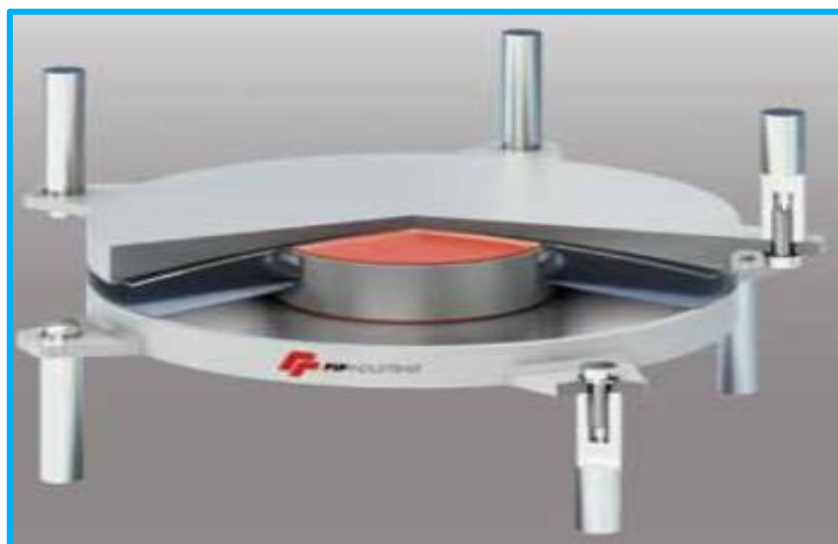


Figura N° 9: Aislador FPS

Fuente: Corporación de desarrollo Tecnológico –  
Camara Chilena de la Construccion.

**2.5 INTERPRETACIÓN DINÁMICA DE AISLADORES SÍSMICOS EN LA BASE**

La teoría de aisladores de base, se basa en el planteamiento de las siguientes ecuaciones, Chavez (2007, p. 145), nos muestra el siguiente análisis:

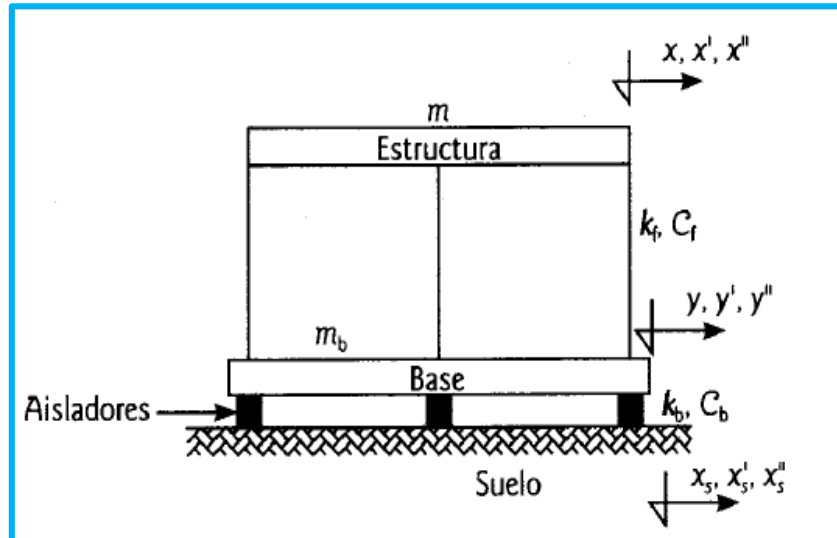


Figura N° 10: Modelo sobre Aisladores Sísmicos  
Fuente: Chavez (2007)

Considerando lo siguiente:

$$u = \text{desplazamiento relativo del piso} = x - y$$

$$u' = x' - y'$$

$$u'' = x'' - y''$$

$$v = \text{Desplazamiento relativo de la base con respecto al suelo} = y - x_s$$

$$x_s'' = \text{aceleracion del suelo}$$

$$v'' = y'' - x_s'' \rightarrow y'' = v'' + x_s''$$

Aplicando la suma de las fuerzas horizontales al primer grado de libertad:

$$mx'' + m_b y'' + c_b v' + k_b v = 0$$

$$m(y'' + x'' - y'') + m_b y'' + c_b v' + k_b v = 0$$

$$(m + m_b)v'' + m_b y'' + c_b v' + k_b v \dots\dots\dots(\text{ec. 1})$$

Aplicando la suma de fuerzas horizontales al segundo grado de liberta:

$$mx'' + c_f u' + k_f u = 0$$

$$m y'' + m(x'' - y'') + c_f u' + k_f u = 0$$

$$m y'' + m u'' + c_f u' + k_f u \dots\dots\dots(\text{ec. 2})$$

donde  $M = m + m_b$

$$\begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v'' \\ u'' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v' \\ u' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} x_s'' \quad \dots(\text{ec. 3})$$

Escribiendo lo anterior en notacio matricial:

$$My'' + Cv' + Kv = -MRx_s'' \quad \dots\dots\dots(\text{ec. 4})$$

Sea  $\gamma = \text{relacion de masas} = \frac{m}{m + m_b} + \frac{m}{M}$

Comparación de parámetros entre estructuras con base fija y con aislador de base.

Tabla 1: Principales características según Diseño

| <i>Sistema con apoyos fijos</i>  | <i>Sistema con aislamiento en la base</i>  |
|----------------------------------|--|
| $\omega_f = \sqrt{\frac{k}{m}}$  | $\omega_b = \sqrt{\frac{k_b}{m + m_b}}$    |
| $T_f = \frac{2\pi}{\omega_f}$    | $T_b = \frac{2\pi}{\omega_b}$              |
| $\beta_f = \frac{c}{2m\omega_f}$ | $\beta_b = \frac{c_b}{2(m + m_b)\omega_b}$ |

Fuente: Chavez (2007)

### 2.5.1 Comportamiento de los Aisladores Sísmicos

La representación del comportamiento de los aisladores sismos frente a una carga axial y carga lateral se representa a través de diagramas denominados “Diagrama de Histéresis”.

#### 2.5.1.1 Modelamiento Bilineal de Aisladores

Naeim y Kelly, (1999, p. 104) indica que los aisladores sísmicos están modelados con 3 parámetros fundamentales K1, como se muestra en la Fig. 11. La rigidez elástica K 1 se estima a partir pruebas de ciclos en histéresis en elastómeros, o como un múltiplo de K2 para aisladores de plomo y aisladores de péndulo de fricción. La resistencia característica Q se calcula a partir de ciclos de histéresis para los aisladores elastoméricos. Para aisladores elastomericos Q está dado por el límite elástico en el plomo y el área del

plomo, mientras que, en el péndulo de fricción, viene dado por el coeficiente de fricción de la superficie deslizante y la carga transportada por el aislador. La rigidez post fluencia se puede estimar o predecir con precisión para los tres tipos de aisladores. La rigidez efectiva, definida como la pendiente secante de los valores de pico a pico en un ciclo de histéresis, está dado por:

$$K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D} \quad D > D_y$$

Donde  $D_y$  es el desplazamiento de fluencia:

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

La energía disipada por el aislador esta dada por:

$$W_D = 4Q(D - D_y)$$

El amortiguamiento efectivo esta dada por:

$$\beta_{eff} = \frac{4Q(D - D_y)}{2\pi K_{eff} D^2}$$

Desplazamiento no dimensional:

$$y = \frac{D}{D_y}$$

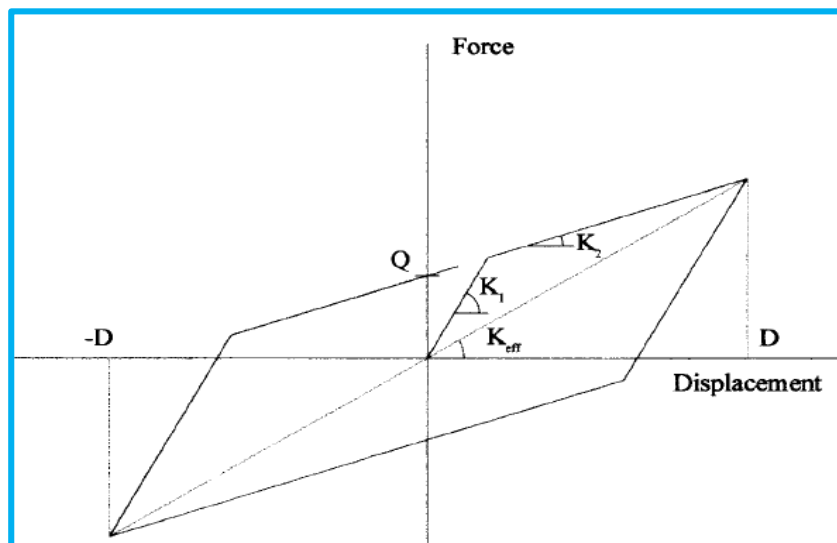


Figura N° 11: Diagrama Histéresis  
Fuente: Naeim y Kelly (1999)

## 2.6 NORMAS DE DISEÑO

### 2.6.1 Requerimiento de Diseño Convencional según el RNE E-030(2016)

#### 2.6.1.1 Factores de Peligro Sísmico:

- a) Zonificación: Se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50.

Tabla 2: Factor Zona

| Zona | Z    |
|------|------|
| 4    | 0.45 |
| 3    | 0.35 |
| 2    | 0.25 |
| 1    | 0.10 |

Fuente: E-030 (2016)

- b) Perfiles de Suelo: Estas son clasificados de acuerdo a la velocidad promedio de propagación de ondas de corta ( $\bar{V}_S$ ), promedio ponderado del ensayo estándar de penetración ( $\bar{N}_{60}$ ) y promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $\bar{S}_u$ ).

Tabla 3: Clasificación de tipo de suelo

| Perfil | $\bar{V}_S$                    | $\bar{N}_{60}$ | $\bar{S}_u$      |
|--------|--------------------------------|----------------|------------------|
| $S_0$  | > 1500 m/s                     | -              | -                |
| $S_1$  | 500 m/s a 1500 m/s             | >50            | >100 kPa         |
| $S_2$  | 180 m/s a 500 m/s              | 15 a 50        | 50 kPa a 100 kPa |
| $S_3$  | < 180 m/s                      | <15            | 25 kPa a 50 kPa  |
| $S_4$  | Clasificación basada en el EMS |                |                  |

Fuente: E-030 (2016)

- c) Parámetros de Sitio: Comprende de los valores de amplificación del suelo ( $S$ ), y de los periodos ( $T_p$ ) y ( $T_L$ )



Tabla 4: Factor suelo (S).

| SUELO<br>ZONA  | S <sub>0</sub> | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>4</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z <sub>1</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.05           | 1.10           |
| Z <sub>2</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.15           | 1.20           |
| Z <sub>3</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.20           | 1.40           |
| Z <sub>4</sub> | 0.80           | 1.00           | 1.00           | 2.00           |

Fuente: E-030 (2016)

Tabla 5: Periodos (T<sub>P</sub>) y (T<sub>L</sub>)

|                    | Perfil de Suelo |                |                |                |
|--------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|                    | S <sub>0</sub>  | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> |
| T <sub>P</sub> (S) | 0.3             | 0.4            | 0.6            | 1.0            |
| T <sub>L</sub> (S) | 3.0             | 2.5            | 2.0            | 1.6            |

Fuente: E-030 (2016)

d) Factor de Amplificación Sísmica: De acuerdo a las características de sitio se define por las siguientes expresiones:

$$T < T_L \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * \left( \frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

### 2.6.1.2 Categoría, Sistema Estructural Irregularidades de las Edificaciones:

a) Categoría de la edificación y factor de Uso:

Tabla 6: Categoría de edificaciones y factor uso

| Categoría                     | Factor U   |
|-------------------------------|------------|
| A1 "Edificaciones Esenciales" | Ver nota 1 |
| A "Edificaciones Esenciales"  | 1.5        |
| B "Edificaciones Importantes" | 1.3        |
| C "Edificaciones Comunes"     | 1.0        |
| D "Edificaciones Temporales"  | Ver nota 2 |

Fuente: E-030 (2016)

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

- b) Sistemas estructurales, Son los elementos que conforman el sistema estructural de estructuras de concreto armado:

Tabla 7: Sistemas estructurales de C°A

| Sistema Estructural | Fuerza Cortante           |
|---------------------|---------------------------|
| Pórticos            | $V_C > 80\%(V)$           |
| Muros Estructurales | $V_M > 70\%(V)$           |
| Dual                | $20\%(V) < V_M < 70\%(V)$ |

Fuente: E-030 (2016)

- c) Sistemas estructurales coeficientes Básicos de reducción de Fuerzas Sísmicas  $R_0$  : En concreto armado se tiene los siguientes valores:

Tabla 8: Tabla Sistemas Estructurales

| Sistema Estructural | Coficiente de reducción $R_0$ |
|---------------------|-------------------------------|
| Pórticos            | 8                             |
| Muros Estructurales | 6                             |
| Dual                | 7                             |

Fuente: E-030 (2016)

- d) Irregularidades en planta y en altura

Tabla 9: Irregularidades en Altura  $I_a$ 

| Irregularidad   | Factor |
|---|--------|
| Irregularidad de Rigidez – Piso Blando<br>Irregularidad de Resistencia – Piso Débil | 0.75   |
| Irregularidad Extrema de Rigidez<br>Irregularidad Extrema de Resistencia            | 0.50   |
| Irregularidad de Masa o Peso  | 0.90   |
| Irregularidad Geométrica Vertical   | 0.90   |
| Discontinuidad en los Sistemas Resistentes  | 0.80   |
| Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes                                  | 0.60   |

Fuente: E-030 (2016)

Tabla 10: Irregularidades en Planta  $I_p$ 

| Irregularidad                   | Factor |
|---------------------------------|--------|
| Irregularidad Torsional         | 0.75   |
| Irregularidad Torsional Extrema | 0.60   |
| Esquinas Entrantes              | 0.90   |
| Discontinuidad del Diafragma    | 0.85   |
| Sistemas no Paralelos           | 0.90   |

Fuente: E-030 (2016)

- e) Coeficiente de Reducción ( $R$ ): Se determinara mediante la siguiente expresión:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

### 2.6.1.3 Análisis Estructural

- a) Estimación de Peso ( $P$ ): Se calcula mediante la siguiente manera:

Tabla 11: Estimación de Peso:

| Categoría:                                  | Peso    |
|---|---------|
| A   | D+0.5L  |
| B   |         |
| C   | D+0.25L |
| Categoría en General<br>en azoteas y techos | D+0.25L |

Fuente: E-030 (2016)

Dónde: D=Peso Propio

L= Carga Viva

- b) Fuerza Cortante en la base: Se determinará de la siguiente manera:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

Se deberá cumplir:  $\frac{C}{R} \geq 0.125$ 

- c) Distribución de la fuerza sísmica en altura: Se calculará mediante:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)}$$

Dónde: n= Números de pisos del edificio.

k= Exponente relacionado con el periodo fundamental.

a). Para  $T \leq 0.5 \text{ s}$   $\therefore k = 1.0$ b). Para  $T > 0.5 \text{ s}$   $\therefore k = (0.75 + 0.5T) \leq 2.0$ 

#### 2.6.1.4 Análisis Dinámicos Modal Espectral

- a) Modos de Vibración: En cada dirección se considerarán aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90 % de la masa total, pero deberá tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

- b) Aceleración Espectral: Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * R$$

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

- c) Fuerza Cortante Mínima: Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entresque del edificio no podrá ser menor que el 80 % para estructuras regulares, ni menor que el 90 % para estructuras irregulares. Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.
- d) Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión): La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

#### 2.6.1.5 Análisis Dinámicos Tiempo – Historia

El análisis dinámico tiempo - historia podrá emplearse como un procedimiento complementario a los especificados de los análisis estático o fuerzas estáticas equivalentes y análisis dinámico modal espectral.

- a) Registros de aceleración: Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales, elegidas y escaladas de eventos individuales.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construirá un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5 % de amortiguamiento. Ambas componentes se escalarán por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre

0,2 T y 1,5 T (siendo T el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, siendo  $R = 1$ .

Para la generación de registros simulados deberán considerarse los valores de C, definidos en el numeral 2.5, excepto para la zona de períodos muy cortos ( $T_p < 0.2 T_p$ ) en la que se considerará:

$$T < 0.2 T_p \quad C = 1 + 2.5 \left( \frac{T}{T_p} \right)$$

- b) Tratamiento de Resultados: Las distorsiones máximas de entrepiso no deberán exceder de 1,25 veces de los valores de distorsión de entrepiso.

**2.6.1.6 Requisitos de Rigidez, Resistencia y Ductilidad:**

- a) Determinación de desplazamiento lateral: Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.
- b) Determinación de desplazamiento lateral:

Tabla 12: Límite para la distorsión del Entrepiso

| Material Predominante                 | $(\Delta_i/h_{ei})$ |
|---------------------------------------|---------------------|
| Concreto Armado                       | 0.007               |
| Acero                                 | 0.010               |
| Albañilería                           | 0.005               |
| Madera                                | 0.010               |
| C°A° con muros de ductilidad limitada | 0.005               |

Fuente: E-030 (2016)

**2.6.2 Norma Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE) (2010)**

**2.6.2.1 Valores Sísmicos de movimiento de tierra**

- a. Parámetros de Aceleración Mapeados
 

Los parámetros SS y S1 se determinarán a partir de las aceleraciones de respuesta espectral de 0,2 y 1 s

b. Clase de Sitio

Con base en las propiedades del suelo del sitio, el sitio se clasificará como Sitio Clase A, B, C, D, E o F de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 13: Clasificación de Sitio

| Clase de Sitio  | $\bar{V}_S$                           | $\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$ | $\bar{S}_u$                          |
|---|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| A. Roca Dura.   | $> 5,000 \text{ ft/s}$                | NA                         | NA                                   |
| B. Roca.  | $2,500 \text{ a } 5,000 \text{ ft/s}$ | NA                         | NA                                   |
| C. Suelo muy denso y roca blanda.                         | $1,200 \text{ a } 2,500 \text{ ft/s}$ | $> 50$                     | $> 2,000 \text{ psf}$                |
| D. Suelo Rígido.  | $600 \text{ a } 1,200 \text{ ft/s}$   | $15 \text{ a } 50$         | $1,000 \text{ a } 2,000 \text{ psf}$ |
| E. Suelo de arcilla blanda.                               | $< 600 \text{ ft/s}$                  | $< 50$                     | $< 1,000 \text{ psf}$                |
| F. Suelos que requieren respuesta de análisis de suelo. . | Revisar norma ASCE                    |                            |                                      |

Fuente: ASCE 7-10 (2010)

Dónde: Velocidad de ondas de corta promedio ( $\bar{V}_S$ ), Resistencia de penetración estándar de campo promedio ( $\bar{N}$ ), resistencia promedio de penetración estándar para capas de suelo sin cohesión ( $\bar{N}_{ch}$ ) y fuerza de cizalladura no drenada media ( $\bar{S}_u$ ).

**2.6.2.2 Coeficientes del Sitio y Riesgo, Parámetros de Aceleración de Respuesta Espectral del Terremoto Máximo Considerado ( $MCE_R$ ) Orientado al Riesgo**

Para la determinación de coeficientes

$$S_{MS} = F_a S_S$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

Tabla 14: Categoría de riesgo de edificios y otras Estructuras para flujo, Viento, Nieve, Terremotos y Cargas de Hielo

| Uso u Ocupación de Edificios y Estructuras  | Cat. Riesgo |
|---|-------------|
| Edificios y otras estructuras que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla.  | I           |
| Todos los edificios y otras estructuras, excepto las enumeradas en categorías de riesgo I, III, y IV.   | II          |
| <p>Edificios y otras estructuras, cuyo fracaso podría representar un riesgo sustancial para la vida humana.</p> <p>Edificios y otras estructuras, no incluidos en la Categoría de Riesgo IV, con el potencial de causar un impacto económico sustancial y / o una interrupción masiva de la vida civil cotidiana en caso de falla.</p> <p>Edificios y otras estructuras no incluidas en la Categoría de riesgo IV (incluidas, entre otras, las instalaciones que fabrican, procesan, manipulan, almacenan, utilizan o eliminan sustancias peligrosas como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos, desechos peligrosos o explosivos) que tiene jurisdicción y es suficiente para representar una amenaza para el público si se libera.</p> | III         |
| <p>Edificios y otras estructuras designadas como instalaciones esenciales.</p> <p>Edificios y otras estructuras, cuyo fracaso podría representar un peligro sustancial para la comunidad.</p> <p>Edificios y otras estructuras (incluidas, entre otras, instalaciones que fabrican, procesan, manipulan, almacenan, utilizan o eliminan sustancias tales como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos o desechos peligrosos) Edificios y otras estructuras requeridas para mantener la funcionalidad de otras estructuras de Categoría de Riesgo IV.</p>   | IV          |

Fuente: ASCE 7-10 (2010)



Tabla 15: Coeficiente de Sitio Fa

| Parámetro de aceleración de respuesta espectral del Sismo máximo esperado ( $MCE_R$ ) asignado al riesgo en períodos cortos |                 |              |              |             |                 |
|---|-----------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| Clase de Sitio  | $S_S \leq 0.25$ | $S_S = 0.25$ | $S_S = 0.75$ | $S_S = 1.0$ | $S_S \geq 1.25$ |
| A   | 0.8             | 0.8          | 0.8          | 0.8         | 0.8             |
| B   | 1.0             | 1.0          | 1.0          | 1.0         | 1.0             |
| C   | 1.2             | 1.2          | 1.1          | 1.0         | 1.0             |
| D   | 1.6             | 1.4          | 1.2          | 1.1         | 1.0             |
| E   | 2.5             | 1.7          | 1.2          | 0.9         | 0.9             |
| F   | Ver norma ASCE. |              |              |             |                 |

Fuente: ASCE 7-10 (2010)

Tabla 16: Coeficiente de Sitio Fv

| Parámetro de aceleración de respuesta espectral del terremoto máximo considerado ( $MCE_R$ ) asignado al riesgo en períodos de 1 s |                 |             |             |             |                |
|--|-----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| Clase de Sitio   | $S_1 \leq 0.1$  | $S_1 = 0.2$ | $S_1 = 0.3$ | $S_1 = 0.4$ | $S_1 \geq 0.5$ |
| A  | 0.8             | 0.8         | 0.8         | 0.8         | 0.8            |
| B  | 1.0             | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0            |
| C  | 1.7             | 1.6         | 1.5         | 1.4         | 1.3            |
| D  | 2.4             | 2.0         | 1.8         | 1.6         | 1.5            |
| E  | 3.5             | 3.2         | 2.8         | 2.4         | 2.4            |
| F  | Ver norma ASCE. |             |             |             |                |

Fuente: ASCE 7-10 (2010)

Tabla 17: Categoría de diseño sísmico basada en el parámetro de aceleración de respuesta de período cortó

| Valor de $S_{DS}$          | Categoría de Riesgo |    |
|----------------------------|---------------------|----|
|                            | I, II o III         | IV |
| $S_{DS} < 0.167$           | A                   | A  |
| $0.167 \leq S_{DS} < 0.33$ | B                   | C  |
| $0.33 \leq S_{DS} < 0.50$  | C                   | D  |
| $0.50 \leq S_{DS}$         | D                   | D  |

Fuente: ASCE 7-10 (2010)

Tabla 18: Categoría de diseño sísmico basada 1.0 s en el parámetro de aceleración de respuesta

| Valor de $S_{D1}$           | Categoría de Riesgo |    |
|-----------------------------|---------------------|----|
|                             | I, II o III         | IV |
| $S_{DS} < 0.067$            | A                   | A  |
| $0.067 \leq S_{DS} < 0.133$ | B                   | C  |
| $0.133 \leq S_{DS} < 0.20$  | C                   | D  |
| $0.20 \leq S_{DS}$          | D                   | D  |

Fuente: ASCE 7-10 (2010)

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_S \quad :$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

### 2.6.2.3 Factor de Importancia

A todas las partes de la estructura, incluida la estructura sobre el sistema de aislamiento, se les asignará una categoría de riesgo de acuerdo con la Tabla anterior. El factor de importancia, es decir, se tomará como 1.0 para una estructura aislada sísmicamente, independientemente de su asignación de categoría de riesgo.

## 2.6.3 Requerimiento de Diseño para Estructuras Aisladas Sísmicamente según ASCE 7-10

### 2.6.3.1 Procedimiento de la Fuerza Lateral Equivalente

Donde el procedimiento de la fuerza lateral equivalente es usado para diseñar estructuras aisladas sísmicamente, los requerimientos de esta sección deberán aplicarse.

a) Desplazamiento lateral mínimo:

El sistema de aislación deberá diseñarse y construido para resistir los desplazamientos laterales mínimos  $D_D$ , que actúan en la dirección de cada uno de los ejes horizontales principales de las estructuras usando la ecuación es:

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4\pi^2 B_D}$$

Tabla 19: Coeficiente de amortiguamiento BD o BM

| Amortiguamiento Efectivo, $\beta_D$ o $\beta_M$ | Factor $B_D$ o $B_M$ |
|---|----------------------|
| $\leq 2$  | 0.8                  |
| 5   | 1.0                  |
| 10  | 1.2                  |
| 20  | 1.5                  |
| 30  | 1.7                  |
| 40  | 1.9                  |
| $\geq 50$                                       | 2.0                  |

Fuente: ASCE 7-10 (2010)

## b) Periodo Efectivo en el Desplazamiento de Diseño:

El periodo efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento de diseño  $T_D$ , deberá determinarse usando las características deformaciones del sistema de aislación y la ecuación es:

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

## c) Desplazamiento Máximo:

El desplazamiento máximo del sistema de aislación  $D_M$ , en las direcciones más críticas de la respuesta horizontal deberá calcularse usando la ecuación es:

$$D_M = \frac{gS_{M1}T_M}{4\pi^2 B_M}$$

## d) Periodo efectivo en el desplazamiento máximo:

El periodo efectivo de la estructura aislada en el desplazamiento máximo  $T_M$ , deberá determinarse usando las características deformaciones del sistema de aislación y la ecuación es:

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

## e) Desplazamiento Total:

El desplazamiento de diseño total  $D_{TD}$ , y el desplazamiento máximo total al  $D_{TM}$ , de los elementos de un sistema de aislación con distribución espacial uniforme de rigidez lateral, no deberán tomarse menores que lo prescrito por las ecuaciones:

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

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

Excepción: Está permitido que el desplazamiento total de diseño  $D_{TD}$ , y el desplazamiento máximo total  $D_{TM}$ , se tomen menores que el valor prescrito por las ecuaciones últimas, pero no menos que el 1.1 veces  $D_D$  y  $D_M$ , respectivamente, siempre que se demuestre mediante cálculo que el sistema de aislación esté configurado para resistir torsión en consecuencia.

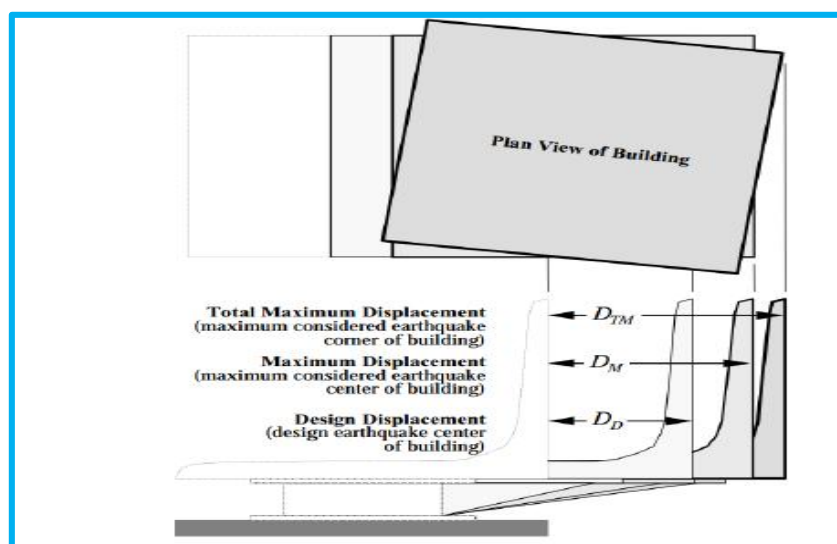


Figura N° 12: Diferencia de Desplazamientos  
Fuente: FEMA 451 (2006)

### 2.6.3.2 Fuerzas Laterales Mínimas

- a) Sistema de Aislamiento y Elementos Estructurales por debajo del Sistema de Aislamiento:

El sistema de aislamiento, la fundación, y todos los elementos estructurales por debajo del sistema de aislamiento deberán ser diseñados y construidos para resistir una fuerza sísmica lateral mínima  $V_b$ , utilizando todos los requisitos

adecuados para una estructura no aislada y como prescritos por la ecuación siguiente:

$$V_b = K_{D_{MAX}} D_D$$

b) Elementos Estructurales por Encima del Sistema de Aislamiento:

La estructura por encima del sistema de aislación deberá diseñarse y construirse para mantener una fuerza cortante mínima  $V_s$ , usando todos los requerimientos apropiados para una estructura no aislada y como se prescribe en la ecuación

$$V_s = \frac{K_{D_{MAX}} D_D}{R_I}$$

El factor deberá basarse en el tipo de sistema resistente a la fuerza sísmica usada para la estructura por encima del sistema de aislación y deberá ser tres octavos del valor de diseño convencional, con un valor máximo no mayor que 2.0 y un valor mínimo no menor que 1.0.

### 2.6.3.3 Distribución Vertical de la Fuerza

La fuerza cortante  $V_s$  deberá distribuirse sobre la altura de la estructura por encima de la interface de aislación usando la ecuación siguiente:

$$F_x = \frac{V_s w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i}$$

### 2.6.3.4 Sistema de Aislación

El sistema de aislación deberá modelarse con suficiente detalle a

- Tomar en cuenta la distribución especial de las unidades del aislador.
- Calcular la traslación, en ambas direcciones, y la torsión de la estructura.
- Evaluar las fuerzas de volteo/levantamiento en las unidades individuales del aislador.
- Tomar en cuenta los efectos de la carga vertical, carga bilateral, y/o la tasa de carga si las propiedades fuerza-deflexión del sistema de aislación son dependientes de uno o más de estos atributos.

### 2.6.3.5 Estructura Aislada

El desplazamiento máximo de cada entrepiso y las fuerzas de diseño y desplazamientos en los elementos del sistema resistente a fuerzas sísmicas se permite que

se calculen usando un modelo elástico lineal de la estructura aislada siempre que ambas de las siguientes condiciones se reúnan:

- a. Las propiedades de rigidez asumidas para los componentes no lineales del sistema de aislación estén basadas en la rigidez efectiva máxima del sistema de aislación.
- b. Todos los elementos del sistema resistente a fuerzas sísmicas de la estructura por encima del sistema de aislación se mantengan elásticos para el sismo de diseño.

#### **2.6.3.6 Procedimiento Espectro de Respuesta**

El análisis espectro de respuesta usado para determinar el desplazamiento total de diseño y el desplazamiento máximo total deberá incluir excitaciones simultáneas del modelo del 100 por ciento del movimiento del terreno en la dirección crítica y el 30 por ciento del movimiento del terreno en la dirección perpendicular y horizontal. El desplazamiento máximo del sistema de aislación deberá calcularse como una suma vectorial de los dos desplazamientos ortogonales.

La cortante de diseño en cualquier piso no deberá ser menor que la cortante de piso que resulta de la aplicación de las fuerzas en los entrepisos  $V_s$ , y un valor de igual a la cortante en la base obtenida del análisis espectro de respuesta en la dirección de interés.

#### **2.6.3.7 Procedimiento Historia de Respuesta**

Cuando un procedimiento historia de respuesta es desarrollado, un grupo de no menos de tres pares de movimientos del terreno apropiados deberán usarse en el análisis.

Los movimientos del terreno deberán consistir de pares de componentes de aceleración horizontal del movimiento del terreno desarrollados, excepto que  $0.2T$  y  $1.5T$  deberá reemplazarse por  $0.5T_D$  y  $1.5T_M$ , respectivamente.

El desplazamiento máximo del sistema de aislación deberá calcularse a partir de la suma vectorial de los dos desplazamientos vectoriales en cada paso de tiempo.

Los parámetros de interés deberán calcularse para cada movimiento del terreno usado para el análisis historia de respuesta. Si siete o más pares de movimientos del terreno son usados para el análisis historian de respuesta, el valor promedio del parámetro de respuesta de interés está permitido usarse para el diseño. Si menos de siete pares de

movimientos del terreno son usados para el análisis, el valor máximo del parámetro de respuesta de interés deberá usarse para el diseño.

#### 2.6.4 Cargas y Efectos Horizontales de la Estructura

FEMA 451 (2006). Nos menciona las siguientes definiciones de cargas:

|   |                           |
|---|---------------------------|
| Sismo de Diseño                                       | DE                        |
| Sismo considerado Máximo                              | MCE                       |
| Diseño de la Superestructura                          | $Q_E = Q_{DE/2} = DE/2.0$ |
| Diseño del sistema de aislamiento y de la cimentación | $Q_E = Q_{DE} = DE/1.0$   |

#### Combinaciones de carga de Diseño para la Superestructura

|                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| Cargas de Gravedad           | $1.2D+1.6L$            |
| Cargas de Gravedad y Sísmica | $1.4D + 0.5L + Q_{DE}$ |
| Cargas de Gravedad y Sísmica | $0.7D - Q_{DE}$        |

#### Combinación de Cargas para la estabilidad del Sistema de Aislamiento

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Carga Máxima a corto plazo sobre las unidades Aislamiento  | $1.5D + 1.0L + Q_{MCE}$ |
| Carga Mínima a corto plazo sobre las unidades Aislamiento. | $0.8D + Q_{MCE}$        |

##### 2.6.4.1 Desplazamientos y Fuerzas Laterales Mínimas

Si bien las ecuaciones de procedimiento ELF son herramientas útiles para el diseño preliminar del sistema de aislamientos, las Disposiciones requieren un análisis dinámico para la mayoría de las estructuras aisladas. Incluso cuando no es estrictamente requerido por las Disposiciones, el uso del análisis dinámico (generalmente el análisis del historial de tiempo) para verificar el diseño es común.

Tabla 20 : Resumen de los criterios mínimos de diseño para el análisis dinámico

| Parámetro de Diseño                                  | Respuesta de Análisis Espectral | Análisis de Tiempo Historia |
|--|---------------------------------|-----------------------------|
| Desplazamiento total de Diseño $D_{TD}$              | $90\%D_{TD}$                    | $90\%D_{TD}$                |
| Desplazamiento máximo total $D_{TM}$                 | $80\%D_{TM}$                    | $80\%D_{TM}$                |
| Fuerza de diseño de Sistema de Aislación $V_b$       | $90\%V_b$                       | $90\%V_b$                   |
| Fuerza de diseño en súper-estructura Irregular $V_S$ | $100\%V_S$                      | $80\%V_S$                   |
| Fuerza de diseño en súper-estructura Regular $V_S$   | $80\%V_S$                       | $60\%V_S$                   |

Fuente: FEMA 451 (2006)

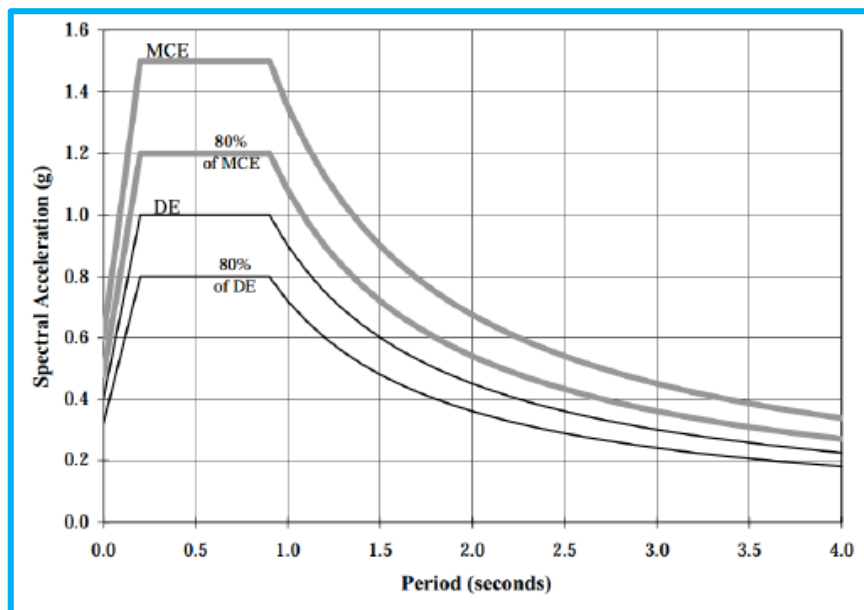


Figura N° 13: Diferencia entre SD y MCE

Fuente: FEMA 451 (2006)

El espectro anterior especifica los mínimos cumplimientos ante el espectro de diseño y espectro de sismo máximo considerado.

#### 2.6.4.2 Límites de Deriva

La deriva máxima del entrepiso de la estructura por encima el sistema de aislación calculada por el análisis espectro de respuesta no deberá exceder de  $0.015h_{sx}$ .



La deriva máxima del entrepiso de la estructura por encima del sistema de aislación calculada por el análisis historia de respuesta basada en las características fuerza-deflexión de los elementos no lineales del sistema resistente a fuerzas sísmicas no deberá exceder de  $0.02h_{sx}$ . Donde  $h_{sx}$  altura de entrepiso.

Los efectos secundarios del desplazamiento lateral del sismo considerado máximo de la estructura por encima del sistema de aislación combinado con las fuerzas de gravedad deberán investigarse si la relación de la deriva del entrepiso excede de  $0.010/R_7$ .

**2.6.4.3 Selección de Criterio**

Como se mencionó anteriormente la normativa de diseño de las estructuras aisladas debe estar basado en los resultados del procedimiento de la fuerza lateral equivalente (ELF), el análisis espectro de respuesta, o el análisis historia de tiempo (no lineal). Ya que los sistemas de aislamiento son típicamente no lineales, los métodos lineales el procedimiento ELF y el análisis espectro de respuesta) usan las propiedades de la rigidez y el amortiguamiento efectivos para modelar los componentes no lineales del sistema de aislamiento

**2.7 DISEÑOS DE LOS AISLADORES**

Lema (2013) bajo esta cita se basó en el diseño de los diferentes aisladores aplicados en este proyecto como los aisladores HDRB, LRB y FPS. Es así que en las siguientes tablas se muestra las diferentes ecuaciones, para determinar el aislador a diseñar:

Tabla 21: Diseño de Aislador HDRB

| Descripción  | Ecuación   |
|--|--|
| 1) Se determinara la rigidez horizontal del aislador:  | $k_H = m \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2$                  |
| 2) Como siguiente paso se determinara el desplazamiento de diseño.   | $D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D}$ |
| 3) Se calculara la altura del total de capas de caucha en el aislador mediante la deformación de corte y desplazamiento de diseño. | $t_r = \frac{D_D}{\gamma_s}$                                 |

|   |  |
|---|--|
| <p>4) Mediante la ecuación siguiente se determinara el área del aislador, siendo G módulo de rigidez a cortante, luego se calculara el diámetro.</p>  | $A = \frac{k_H \times t_r}{G}$ $D_E = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$   |
| <p>5) Se realizara la verificación de esfuerzos, la carga <math>W_{max}</math> se considera peso propio mas el 50% de carga viva del aislador.</p>  | $\rho = \frac{W_{max}}{\gamma_s}$  |
| <p>6) Se calcula la rigidez horizontal de cada aislador y la rigidez total, conociendo N, el número de aisladores de la estructura.</p>   | $k_H = \frac{G \times A}{t_r}$ $k_{Htotal} = N \times k_H$   |
| <p>7) Ahora se determinara el periodo de toda la estructura.</p>  | $T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_H \times g}}$   |
| <p>8) Determinaremos el amortiguamiento efectivo de toda la estructura.</p>   | $\beta = \frac{N \times \beta_0 \times k_h}{k_{Htotal}}$   |
| <p>9) Ahora con los datos anteriores calculados, se calculara el desplazamiento de diseño del centro de rigidez del sistema de aislación y el desplazamiento total para diseño.</p>   | $D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D}$ $D_{TD} = 1.1 \times D_D$                                     |
| <p>10) Se revisara la deformación a cortante máximo.</p>  | $\gamma_s = \frac{D_{TD}}{t_r}$  |
| <p>11) Pasaremos a determinar la cortante de diseño de superestructura el factor de cortante de base elástico.</p>  | $V_s = \frac{k_{Htotal} \times D_D}{R_I}$ $C = \frac{V_s}{W}$  |
| <p>12) Con los datos determinados, ahora calcularemos los detalles del aislador.</p> <p>a) Se determinará la forma “S” del aislador, utilizaremos capas de goma de 1 cm, debe cumplir que sea mayor a 10 para tener una rigidez vertical óptimo.</p> <p>b) El módulo de compresión del caucho y acero del aislador.</p> | $S = \frac{D_E}{4t_r}$ $E_C = \left( \frac{1}{6G \times S^2} + \frac{4}{3K} \right)^{-1}$ $K_V = \frac{E_C \times A}{t_r}$ |

|  |   |
|--|---|
| <p>c) El valor de la rigidez vertical del sistema de aislamiento.</p> <p>d) Se verificará el periodo.</p> <p>e) La frecuencia vertical, se deberá verificar que este sea menor a 10.</p> <p>f) Con los datos previamente calculados, hallaremos la altura total del aislador.</p>  | $T_v = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_V \times g}}$ $f_v = \frac{1}{T_v}$ $h = h_c + t_c + h_s$  |
| <p>13) Ahora determinaremos el coeficiente de pandeo.</p> <p>a) Inercia del disco de acero.</p> <p>b) La carga de pandeo de Euler.</p> <p>c) Área efectiva a cortante de un aislador e rigidez a cortante de cada aislador.</p> <p>d) Carga crítica de cada aislador.</p> <p>e) Coeficiente de seguridad., se cumplirá que sea mayor a 2.</p>  | $I = \frac{\pi}{4} (\phi)^4$ $P_E = \frac{\pi^2 \times E_C \times I}{3t_r^2}$ $A_S = A + \frac{t_r + h_s}{t_r}$ $P_S = G \times A_S$ $P_{criti} = \sqrt{P_S \times P_E}$ $FS = \frac{P_{criti}}{P_{max}}$   |
| <p>14) Determinación de desplazamiento máximo.</p> <p>a) Se incrementa de 20% a deformación por cortante.</p> <p>b) Resta de 1% del amortiguamiento efectivo.</p> <p>c) Rigidez horizontal de la estructura</p> <p>d) Coeficiente de amortiguamiento efectivo de MCE</p> <p>e) Periodo de MCE</p> <p>f) Desplazamiento de MCE</p> <p>g) Desplazamiento total máximo de centro de rigidez de la estructura.</p> | $G_M = G \times 1.20$ $\beta_M = \beta_D - 1$ $k_{HM} = \frac{G_M \times A}{t_r}$ $\beta = \frac{N \times \beta_M \times k_h}{k_{HM}}$ $T_M = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_V}}$ $D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_D}$ $D_{TM} = 1.1 \times D_M$ |

Fuente: Lema (2013)

Tabla 22: Modelo Bilineal HDRB

| Descripción                                 | Ecuación  |
|---|---|
| 1) Desplazamiento de fluencia del aislador. | $D_Y = 0.1 \times t_r$                            |
| 2) Energía disipada del aislador.           | $W_D = 2\pi \times K_h \times D_D^2 \times \beta$ |
| 3) Fuerza de deformación nula               | $Q = \frac{W_D}{4(D_D - D_Y)}$                    |
| 4) Rigidez post-fluencia                    | $K_2 = K_h - \frac{Q}{D_D}$                       |
| 5) Rigidez inicial                          | $K_1 = \frac{Q}{D_Y} - K_2$                       |
| 6) Fuerza de Fluencia                       | $F_Y = Q + K_2 \times D_Y$                        |
| 7) Frecuencia Angular                       | $\omega = \frac{2\pi}{T}$                         |
| 8) Amortiguamiento efectivo                 | $C = \frac{W_D}{\pi D_D^2 \times \omega}$         |

Fuente: Lema (2013)

Tabla 23: Diseño de aislador HDRB y LRB

| Descripción  | Ecuación   |
|--|--|
| 1) Fuerza de Deformación nula de LRB                                   | $A_{pb} = N_{LRB} \times \frac{D_{PB}^2}{4}$             |
| 2) Fuerza de deformación nula, se considera fluencia del plomo 90 MPa. | $Q = 90 \times A_{pb}$                                   |
| 3) Área del aislador LRB   | $A_{LRB} = \frac{\pi}{4} (D_E^2 - D_{PB}^2)$             |
| 4) Rigidez elástica.   | $K_r = \frac{G \times A_{LRB}}{t_r}$                     |
| 5) Rigidez Efectiva.   | $K_{eff} = K_2 + \frac{Q}{D_D}$                          |
| 6) Deformación de fluencia   | $D_Y = \frac{Q}{K_1 - K_2}$                              |
| 7) Energía disipada  | $W_D = 4Q(D_D - D_Y)$                                    |
| 8) Amortiguamiento efectivo  | $\beta_P = \frac{W_D}{2\pi \times K_{eff} \times D_D^2}$ |
| 9) Rigidez compuesta   | $K_{CO} = N_{LRB} \times k_{HP} + N_{LRB} \times k_H$    |

|  |   |
|--|---|
| 10) Amortiguamiento Compuesto.                           | $\beta = \frac{N_{LRB} \times k_{HP} \times \beta_P}{K_{CO}} + \frac{N_{HLRB} \times k_H \times \beta_{HLRB}}{K_{CO}}$  |
| 11) Desplazamiento de diseño de la estructura.           | $D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D}$  |
| 12) Desplazamiento total de diseño.                      | $D_{TD} = 1.1D_D$   |
| 13) Deformación a cortante máximo                        | $\gamma_S = \frac{D_{TD}}{H_r}$   |
| 14) Periodo real de la estructura                        | $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_{HC}}}$  |
| 15) Cortante de diseño para superestructura.             | $V_s = \frac{k_{HC} \times D_D}{R_I}$ $C = \frac{V_s}{W}$   |
| 16) Pasos para determinar el factor de seguridad.        | $S = \frac{D_E - D_{PB}}{4t_r}$   |
| a) Estimación del factor forma                           | $E_C = \left( \frac{1}{6G \times S^2} + \frac{4}{3K} \right)^{-1}$ $I = \frac{\pi}{4} \left( \left( \frac{D_E}{2} \right)^4 - \left( \frac{D_{PB}}{2} \right)^4 \right)$ $P_E = \frac{\pi^2 \times E_C \times I}{3t_r^2}$ $A_{LRB} = \frac{\pi}{4} (D_E^2 - D_{PB}^2)$ $A_{Sanula} = A_{anula} + \frac{t_r + h_s}{t_r}$ $P_S = G \times A_{Sanular}$ $P_{criti} = \sqrt{P_S \times P_E}$ $FS = \frac{P_{criti}}{P_{max}}$ $A_{nucleo} = \pi \frac{D_{PB}^2}{4}$ $K_V = \frac{E_C \times A_{nucleo}}{t_p}$ |
| b) Módulo de compresión del compuesto de caucho y acero. |   |
| c) Inercia del disco acero                               |   |
| d) Carga de Pandeo                                       |   |
| e) Área anular   |   |
| f) Área a cortante anular                                |   |
| g) Rigidez a cortante                                    |   |
| h) Carga crítica del aislador                            |   |
| i) Factor de seguridad, mayor a dos.                     |   |
| j) Rigidez vertical compuesta                            |   |
| k) Rigidez vertical.                                     |   |
| l) Periodo y frecuencia vertical                         |   |

$$K_{Vp} = \frac{E C_{ANUL} \times A_{nucleo}}{t_r} + \frac{E_C \times A_{nucleo}}{t_p}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_V}}$$

$$f_V = \frac{1}{T_v}$$

Fuente: Lema (2013)

Tabla 24: Modelo Bilineal de la combinación de aisladores HDRB y LRB

| Descripción                                 | Ecuación  |
|---|---|
| 1) Desplazamiento de fluencia del aislador. | $D_Y = 0.1 \times t_r$  |
| 2) Energía disipada del aislador.           | $W_D = 2\pi \times K_h \times D_D^2 \times \beta$                   |
| 3) Fuerza de deformación nula               | $Q = \frac{W_D}{4(D_D - D_Y)}$                                      |
| 4) Rigidez post-fluencia                    | $K_2 = K_{eff} - \frac{Q}{D_D}$                                     |
| 5) Rigidez inicial                          | $K_1 = \frac{Q}{D_Y} - K_2$   |
| 6) Fuerza de Fluencia, LRB y HDRB           | $F_{YP} = Q_P + K_{2P} \times D_{YP}$<br>$F_Y = Q + K_2 \times D_Y$ |
| 7) Frecuencia Angular                       | $\omega = \frac{2\pi}{T}$   |
| 8) Amortiguamiento efectivo                 | $C = \frac{W_D}{\pi D_D^2 \times \omega}$                           |

Fuente: Lema (2013)

Tabla 25: Diseño de Aislador FPS

| Descripción                  | Ecuación   |
|------------------------------|--|
| 1) Desplazamiento de diseño. | $D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D}$ |
| 2) Radio de curvatura        | $R = \frac{T_D^2 g}{4\pi}$                                   |

|   |  |
|---|--|
| 3) Amortiguamiento efectivo   | $\beta_{eff} = \frac{2}{\pi} \times \frac{u}{\frac{D_D}{R} + u}$   |
| 4) Nuevo desplazamiento de diseño   | $D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_{eff}}$   |
| 5) Rigidez efectiva del Sistema   | $k_{eff} = \frac{u \times W}{D_D} + \frac{W}{R}$   |
| 6) Rigidez pos fluencia de la estructura.   | $K_2 = k_{eff} - \frac{u \times W}{D_D}$   |
| 7) Rigidez inicial.   | $K_1 = \frac{u \times W}{D_Y}$   |
| 8) Fuerza de activación.  | $F_Y = u \times W$   |
| 9) Cortante de base elástico.   | $V_s = \frac{k_{Htotal} \times D_D}{R_I}$<br>$C = \frac{V_s}{W}$   |
| 10) calcularemos los detalles del aislador.<br>a) Área de contacto del aislador.<br>b) Diámetro al área calculada.<br>c) Desplazamiento máximo.<br>d) Desplazamiento total.<br>e) Dimensión horizontal<br>f) Carga en la placa.<br>g) Área proyectada de contacto.<br>h) Fuerza resistida por la placa<br>i) Altura de la placa, que hace contacto con la placa<br>j) Altura de la placa que tiene adentro los deslizadores.<br>k) Altura total, se considera altura de anclaje<br>$H_{anclaje} = 0.04 m$ | $A_s = \frac{W_{max}}{\rho}$<br>$D = 2 \sqrt{\frac{A_s}{\pi}}$<br>$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_D}$<br>$D_{TM} = 1.1D_M$<br>$D_2 = D_{MT} + D_S$<br>$F_t = \rho \times A_s$<br>$A_C = \pi \frac{(D_S + 2h)^2}{4}$<br>$F_P = \rho_b \times A_C$<br>$H_1 = h + (R + \sqrt{R^2 - (0.5 \times D_2)^2})$<br>$H_2 = 0.70 \times H_1$<br>$H_T = H_1 + H_2 + H_3 + H_{anclaje}$ |

Fuente: Lema (2013)

Tabla 26: Diseño Bilineal del Aislador FPS

| Descripción   | Ecuación  |
|---|---|
| 1) Energía disipada del aislador.   | $W_D$ $= \frac{2\pi \times u \times D_D^2 \times W}{N}$ |
| 2) Fuerza de Fluencia   | $F_Y = \frac{F_{ysist}}{N}$                             |
| 3) Fuerza de deformación nula, si desplazamiento de fluencia es 0.00254 m | $Q = \frac{W_D}{4(D_D - D_Y)}$                          |
| 4) Rigidez inicial  | $K_1 = \frac{k_{1sist}}{N}$                             |
| 5) Frecuencia Angular   | $\omega = \frac{2\pi}{T}$                               |
| 6) Amortiguamiento efectivo   | $C = \frac{W_D}{\pi D_D^2 \times \omega}$               |

Fuente: Lema (2013)

## 2.8 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el diseño correspondiente se tendrá como materia de referencia a la norma peruana E-060 (2009).

Las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño ( $\phi Rn$ ) por lo menos iguales a las resistencias requeridas ( $Ru$ ), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\phi Rn \geq Ru$$

### 2.8.1 Combinación de Carga para Diseño:

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

$$U = 1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9CM \pm CS$$



Tabla 27: Resistencia de Diseño

| Descripción                                 | Factor |
|---|--------|
| Carga axial de tracción con o sin flexión   | 0.90   |
| Carga Axial de compresión con o sin flexión | 0.75   |
| Cortante y torsión                          | 0.85   |
| Aplastamiento en el concreto                | 0.70   |

Fuente: E-060 (2009)

### 2.8.2 Diseño a Flexión

En el diseño de flexión se desarrolla en el diseño de losas y vigas según la norma E-060 (2009), los límites de deriva son los siguientes:

$$\rho_{min} = \frac{0.7\sqrt{f'c}}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.75\rho_b$$

$$\text{Si: } \rho_b = \frac{0.85f'c\beta_1b}{f_{yd}} \left( \frac{6000}{6000+f_y} \right)$$

El factor  $\beta_1$  se debe tomar el valor de 0.85 para una resistencia de concreto entre 17 a 28 MPa, para una resistencia entre 28 y 56 MPa, interpolar linealmente entre 0.85 y 0.56, y para una resistencia mayor a 56 MPa será un valor de 0.56.

Con el valor determinado se determinará el valor del acero:

$$A_s = \rho b d$$

### 2.8.3 Diseño por Cortante

Según a la norma E-060 (2009), el diseño de secciones transversales que están sometidas a fuerza cortantes debe cumplir con la siguiente ecuación:

$$\phi V_n \geq V_U$$

Que según el título resistencia de diseño el valor de  $\phi = 0.85$ , donde el valor de  $V_n$ , es la resistencia nominal y  $V_U$ , es la fuerza amplificada en la sección considerada.

$$V_n = V_C + V_S$$

El valor de  $V_n$ , será definido por la suma de  $V_C$ , es la resistencia nominal al cortante proporcionado por el concreto, y  $V_S$  es la resistencia nominal al cortante proporcionada por el refuerzo a cortante.

Para estructuras no pre esforzado, para elementos sometidos a flexión y cortante  $V_C$  es:

$$V_C = 0.53\sqrt{f'_c}b_wd$$

$V_S$ , para el cálculo de la distribución del acero, y este sea utilizado como refuerzo de cortante perpendicular al eje del elemento será determinado de la siguiente ecuación:

$$V_S = \frac{A_v f_{yt} d}{S}$$

Para la determinación de la distribución normal del acero, nos ayudaran los diferentes factores como,  $A_v$  es el área de refuerzo para cortante dentro del espaciamiento  $S$ , proporcionada por la suma de las áreas de las ramas de los estribos ubicados en el alma con refuerzo a cortante,  $f_{yt}$  es la resistencia a la fluencia del estribo.

#### 2.8.4 Diseño por Flexo Compresión

Generalmente el diseño de flexo compresión se da en las columnas, muros de corte. Para elementos no pre esforzado en los cuales:

$$\phi P_n \leq 0.1f'_c A_g$$

La resistencia de diseño  $\phi P_n$  de elementos en compresión no debe exceder:

En la norma E-060 (2009), nos indica una cuantía de refuerzo longitudinal no será menor que 1% ni mayor que 6%, en columnas. Cuando la cuantía exceda de 4% los planos deberán incluir detalles constructivos de la armadura en la unión viga-columna.

$$\phi P_{n \max} = 0.85\phi P_{on} = 0.85\phi(0.85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st})$$

Para elementos pre esforzado, la resistencia de diseño  $\phi P_n$ , para las estructuras que se diseñaran con estribos no debe exceder de  $0.80P_n$ .

Los elementos sometidos a carga axial de compresión deben diseñarse para el momento máximo que puede acompañar a la carga axial. La fuerza axial amplificada  $P_u$ , a una excentricidad dada, no debe exceder de la resistencia de diseño especificada en  $0.80P_n$ ,

## 2.9 ANTECEDENTES

Valerio (2015) los aisladores utilizados para su estudio fueron: High Damping Rubber Bearings (HDRB), Lead Rubber Bearings (LRB), Friction Pendulum System (FPS) y Roll N-Cage (RNC), los tres primeros son los más usados a nivel mundial y el último es de reciente invención. Los resultados de este análisis revelan que la deriva de piso del edificio fijo se reduce un 74% cuando se utiliza el HDRB y LRB, un 84% cuando se utiliza el FPS y un 86% cuando se utiliza el RNC. La aceleración en el piso superior del edificio fijo se reduce un 75% cuando se utiliza el aislador HDRB y LRB, un 93% cuando se utiliza el FPS y un 92% cuando se utiliza el RNC. La fuerza cortante en la base del edificio fijo se reduce un 77% cuando se utiliza el HDRB, un 76% cuando se utiliza el LRB, un 78% cuando se utiliza el FPS y un 84% cuando se utiliza el RNC. El desplazamiento relativo al terreno del edificio fijo se incrementa un 167% cuando se utiliza el HDRB, un 212% cuando se utiliza el LRB, un 352% cuando se utiliza el FPS y un 333% cuando se utiliza el RNC. Demostrando así que el aislador más efectivo a utilizar es el Roll-N-Cage (RNC) (p. 120).

Carmona y Rosas (2015) determinaron los siguientes resultados, obtenidos con el diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual y el modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDR) de un sistema a porticado. Se puede concluir que: - En el sistema aislado ocurren menores desplazamientos horizontales relativos de entrepiso, lo cual ayudará a un mejor comportamiento de la estructura.

- Al utilizar los aisladores de base, se obtienen mayores periodos de la estructura, por lo tanto, menores aceleraciones y como consecuencia las fuerzas sísmicas disminuirán. Lo cual contribuirá a menores demandas de diseño.
- Las fuerzas axiales máximas, disminuye en promedio un 49% aproximadamente, en el Sistema Aislado.
- Las fuerzas cortantes máximas, disminuye en promedio un 37% aproximadamente, en el Sistema Aislado.
- Los momentos flectores máximos, disminuye en promedio un 29% aproximadamente, en el Sistema Aislado (p. 109).

Perez y Vasquez (2016) nos muestran la diferencia del período natural del edificio en condiciones de empotre fue menor a 1 segundo (0.789s), representando un comportamiento típico de un edificio prominentemente rígido sin aislamiento. Este resistió los esfuerzos creados por el sismo sin crear mayores desplazamientos debido a la alta rigidez de los elementos estructurales (secciones de grandes dimensiones), manteniendo altas aceleraciones de pisos entre el rango de 0.4 a 1.69 m/s<sup>2</sup>. Como consecuencia de que la estructura era irregular se presentó una inversión de desplazamientos en los modos de vibración, ya que en el segundo modo hubo efectos de rotación y además las participaciones modales fueron dispersas alcanzando el 90% hasta después del sexto modo. Por lo tanto, se recomendó la utilización de aisladores sísmicos de base (p. 91).

Trujillo (2017) los resultados obtenidos de las deformaciones de entrepiso elásticas máximas en la superestructura son de 2.5 y 3 por mil para el sismo de diseño y máximo posible, respectivamente. Estos valores corresponden a una estimación realista de las deformaciones que sufrirá esta estructura, dado que como hemos visto, su comportamiento será esencialmente elástico. Por otro lado, dichas deformaciones (aún para un sismo severo) están dentro del orden de las deformaciones que se le exige a una estructura convencional para condiciones de servicio. Todo lo anterior permite inferir que aún ante un evento sísmico severo, no existirá daño en los elementos no estructurales o bien si existiera sería mínimo y muy acotado. Las aceleraciones máximas sobre el nivel de aislamiento para el sismo de diseño y para el sismo máximo posible son 0.21 g y 0.22 g, respectivamente. Estos valores sugieren que la probabilidad de daño del contenido de los edificios también sea muy reducida (p. 245).

Ruiz (2013) menciona que la norma peruana de diseño sismo resistente E.030 limita la deriva máxima de entrepiso a 7‰ y no especifica un límite para las aceleraciones. Según HAZUS (2015), edificios de una calidad intermedia con una deriva de 7‰ alcanzan un daño moderado estructural y no estructural. • Los edificios con aisladores sísmicos deben de ser diseñados para no admitir daño estructural y no estructural. FEMA (450), REDI (2013) y HAZUS (2015), establecen criterios mínimos para garantizar la continuidad operativa del edificio. Estos objetivos se materializan limitando la deriva de entrepiso a 3‰, la aceleración máxima de piso a 0.25 g (p. 102).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISEÑO.

El presente trabajo de investigación se desarrollará utilizando: “EL PROYECTO DE CREACIÓN DEL SERVICIO DE MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA EN ALTURA PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL E INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO”. El proyecto contempla un laboratorio multiuso, biblioteca especializada, aulas pedagógicas audiovisuales y oficinas, estos están divididos de la siguiente manera: Sector A tiene 02 niveles, sector B tiene 04 niveles, sector C tiene 02 niveles, sector D tiene 03 niveles, sector E tiene 03 niveles, sector E-F tiene 03 niveles, sector F tiene 01 nivel, sector G tiene 01 nivel y sector H tiene 02 niveles, actualmente se encuentra en su etapa de ejecución.

##### 3.1.1 Ubicación

Tabla 28: Ubicación

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| Departamento: | Puno                       |
| Provincia:    | Puno                       |
| Distrito:     | Puno                       |
| Dirección:    | Ciudad Universitaria - UNA |

Fuente: Elaboración Propia

##### 3.1.2 Material de suelo

Según el estudio de suelo realizado en el mismo proyecto se realizó en referencia RNE -060 del 2009, en donde las condiciones geotécnicas lo definen un suelo  $S_3$  que se describe como suelo flexible, es así que según el ítem 2.2.3. se buscó el suelo más cercano y apto para su análisis, es así que se optó al estudio de suelo del proyecto “Creación del servicio de laboratorio de Ciencias Básicas para la formación profesional en Ingeniería en la Universidad Nacional del Altiplano” en donde se realizó el estudio correspondiente con referencia a la Norma E-030 del 2016, teniéndose como conclusión de suelo  $S_2$ , siendo este un adecuado suelo para el desarrollo del proyecto de tesis. El estudio de suelo se puede verificar en el Anexo.

### 3.1.3 Distribución

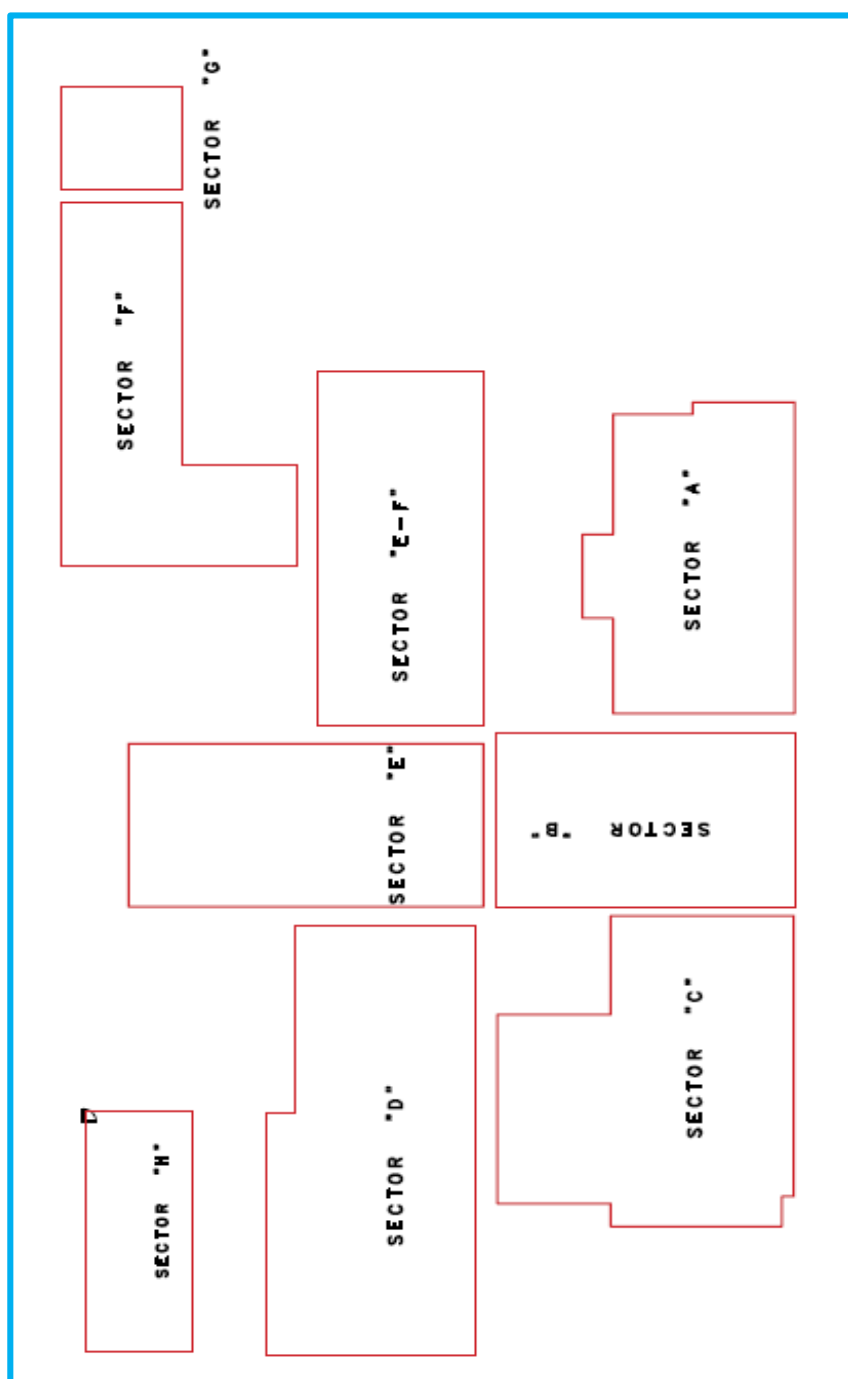


Figura N° 14: Sectores del Mega Laboratorio  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.4 Aplicación de los Aisladores en los Sectores del Mega Laboratorio

La aplicación de los diferentes tipos de aisladores se realizará mediante la siguiente distribución:

Tabla 29: Distribución de Cálculo de Aisladores:

| SECTOR     | TIPO DE AISLADOR |
|------------|------------------|
| Sector A   | HDRB             |
| Sector B   | HDR y LRB        |
| Sector C   | FPS              |
| Sector D   | HDRB             |
| Sector E   | HDR y LRB        |
| Sector E-F | FPS              |
| Sector F   | HDRB             |
| Sector G   | HDR y LRB        |
| Sector H   | FPS              |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 GENERALIDADES

#### 3.2.1 Materiales:

##### 3.2.1.1 Material Concreto

RNE E-060 (2009). Según la especificación, para el modelamiento tomaremos un concreto que tiene un peso aproximado de 2400 kg/m<sup>3</sup>.

El módulo de elasticidad se considera como:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ MPa} = 15000 \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15000 \sqrt{210} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 217370.6512 \text{ kg/cm}^2$$

El módulo de corte igual a:

$$G = \frac{E_c}{2,3}$$

$$G = \frac{218819.7889}{2,3} = 94508.97878$$

De acuerdo con la anterior ecuación determinamos el módulo de Poisson, sabiendo que:

$$G = \frac{E_c}{2(1 + \nu)}$$

Por lo tanto  $\nu = 0.15$

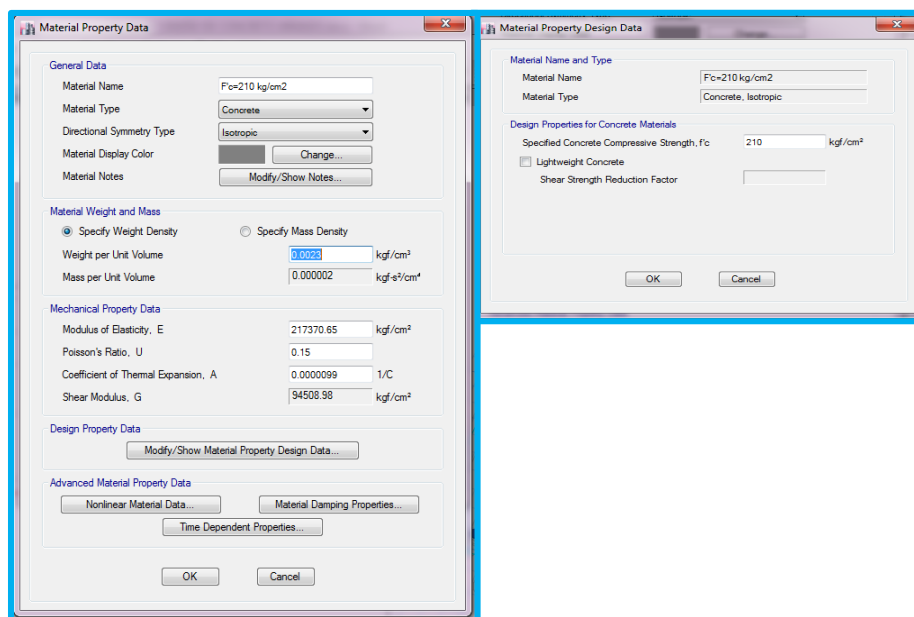


Figura N° 15: Definición del Concreto  
Fuente: Software ETABS

### 3.2.1.2 Material Acero

RNE E-060 (2009) así como lo especifica la norma, utilizaremos acero Grado 60 con  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .

Módulo de elasticidad de  $2000000 \text{ kg/cm}^2$ .

Límite de fluencia  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

(RNE E-020, (2009) para la propiedad del peso específico del acero, se tomara de esta norma citada.

Peso específico de  $7850 \text{ kg/m}^3$ .



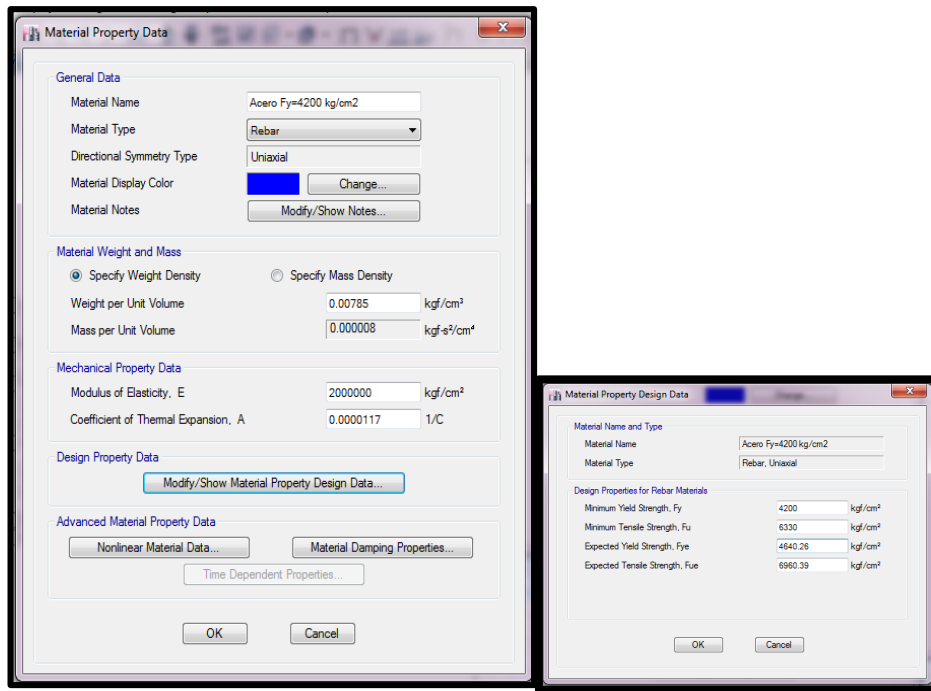


Figura N° 16: Definición del Acero  
Fuente: Software ETABS

### 3.2.2 Predimensionamiento

#### 3.2.2.1 Losa Aligerada Unidireccional

Primer Criterio: Calidad de Construcción

Segundo Criterio: E-060

$$T = \frac{L}{24}$$

Dónde: L=Luz critica de Viga

T=Peralte

|                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| <i>Mínima Calidad</i> | $T = \frac{L}{18}$ |
| <i>Buena Calidad</i>  | $T = \frac{L}{25}$ |

#### 3.2.2.2 Viga

Viga Principal

Donde:  $h = \frac{L}{\alpha}$   $L$ =Luz critica de Viga  
 $h$ = Peralte de Viga.

$$b = \frac{L}{2}$$

Tabla 30: Factores (Alfa) y Beta

| S/C kg/m <sup>2</sup> | $\alpha$ (Alfa) | S/C kg/m <sup>2</sup> | $\beta$ (Beta) |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| 200                   | 12.00           | 250                   | 13             |
| 300                   | 11.00           | 400                   | 12             |
| 500                   | 10.00           | 500                   | 11             |
| 750                   | 9.00            | 750                   | 10             |
| 1000                  | 8.00            | 1000                  | 9              |

Fuente: Morales (2006)

Vigas Secundarias:

Donde:  $h = \frac{L}{\beta}$   $b = \frac{h}{2}$

$L$ =Luz critica de Viga

$h$ = Peralte de Viga.

### 3.2.2.3 Columna

Tabla 31: Predimensionamiento de Columna

|                                |                                       |                             |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Tipo C-1 (Para los 1ros Pisos) | Columna Interior                      | $P = 1.10P_G$<br>$n = 0.30$ |
| Tipo C-1 (Para los 1ros Pisos) | Columna Interior                      | $P = 1.10P_G$<br>$n = 0.25$ |
| Tipo C-2, C-3                  | Columna Extremas de Pórticos Interior | $P = 1.25P_G$<br>$n = 0.25$ |
| Tipo C-4                       | Columna de esquina                    | $P = 1.50P_G$<br>$n = 0.20$ |

Fuente: Fuente: Morales (2006)

### 3.2.3 Asignación de Cargas

RNE E-020 (2009) para la asignación de cargas permanentes se describe a continuación:

Cargas Muerta

Peso propio Losa (25 cm) : 350 kg/m<sup>2</sup>

Piso Terminado : 100 kg/m<sup>2</sup>

San Bartolome (1998) para el metrado de cargas permanente de muros, nos basamos en bibliografía citada, teniendo el siguiente metrado

Muro de Entrepiso : 330 kg/m<sup>2</sup>

Muro de Azotea : 90 kg/cm<sup>2</sup>

RNE E-020 (2009) así mismo las cargas vivas se considerarán de acuerdo a la norma citada.

Cargas Vivas “Hospitales”

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| Cuartos                | : 200 kg/m <sup>2</sup> |
| Zonas de Servicio      | : 300 kg/m <sup>2</sup> |
| Corredores y escaleras | : 400 kg/m <sup>2</sup> |
| Techo                  | : 100 kg/m <sup>2</sup> |
| “Baños”                | : 300kg/m <sup>2</sup>  |

**3.2.4 Registros Sísmicos:**

Para el Análisis Dinámico, se utilizara los siguientes registros sísmicos, fueron obtenidos de la página (<http://cemos.cismid-uni.org>), para el uso de los registros, antes fueron corregidos por línea base con el software

Según la norma ASCE 7-10(2010), nos pide un mínimo de 3 registros sísmicos como mínimo, y cada una de estas incluirá dos componentes en direcciones ortogonales como así también lo especifica RNE-E030 (2016).

Los siguientes Sismos se especifica a continuación, los cuales fueron corregido por línea base con ayuda del software de **Seismosignal**.

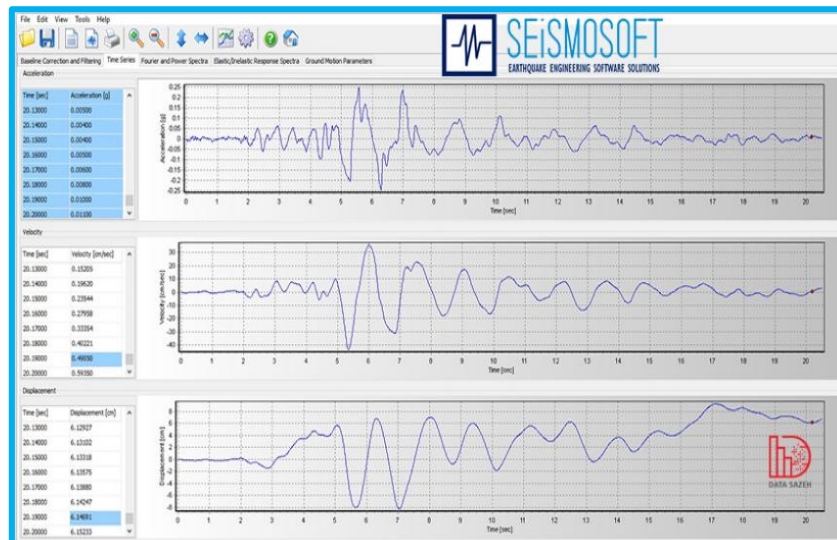


Figura N° 17: Software de **Seismosignal**  
Fuente: SEiSMOSOFT

Ica 15 de agosto de 2007

|              |            |
|--------------|------------|
| FECHA:       | 15/08/2007 |
| Hora:        | 18:40:58   |
| Latitud:     | -13.67     |
| Longitud:    | -76.76     |
| Magnitud:    | 7.9 Mw     |
| Profundidad: | 40 km      |

| Datos del Acelerograma E-O |              |
|----------------------------|--------------|
| PGA                        | 272.222 cm/s |
| Duración                   | 218.06 s     |
| Intervalo                  | 0.01 s       |

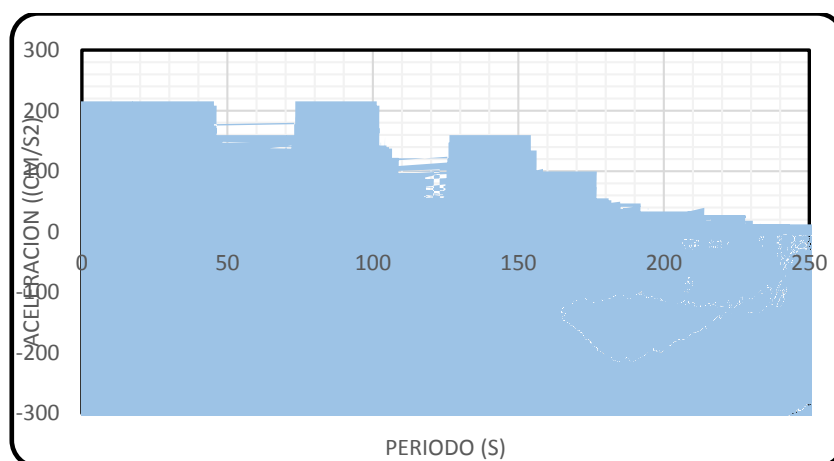


Figura N° 18: Respuesta al Movimiento del Terreno (ICA E-O)  
Fuente: Elaboración propia

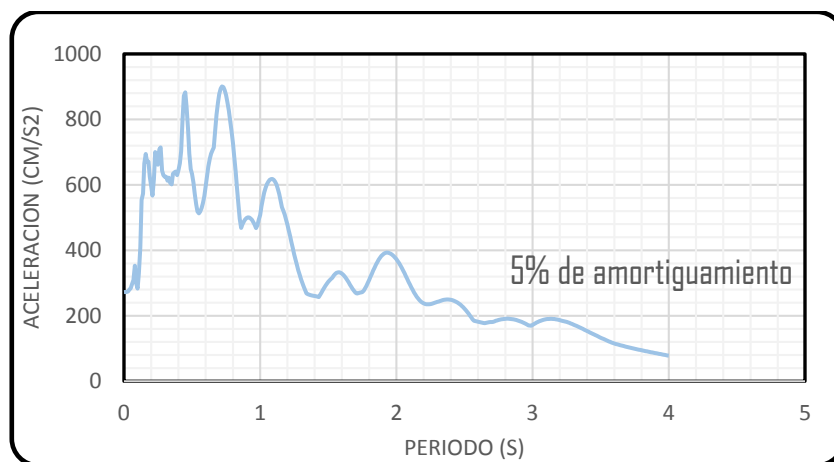


Figura N° 19: Espectro de Pseudo Aceleración (ICA E-O)  
Fuente: Elaboración propia

| Datos del Acelerograma N-S |         |
|----------------------------|---------|
| PGA                        | 334.093 |
| Duración                   | 218.06  |
| Intervalo                  | 0.01    |

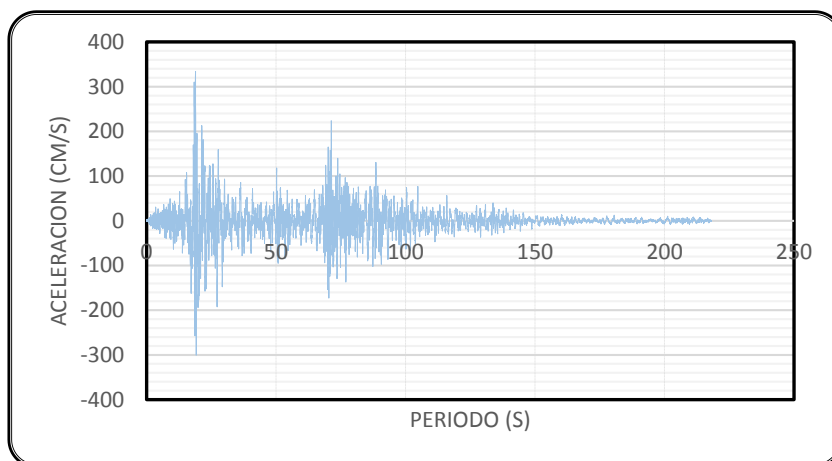


Figura N° 20: Acelerograma al movimiento del terreno (ICA N-S)  
Fuente: Elaboración propia

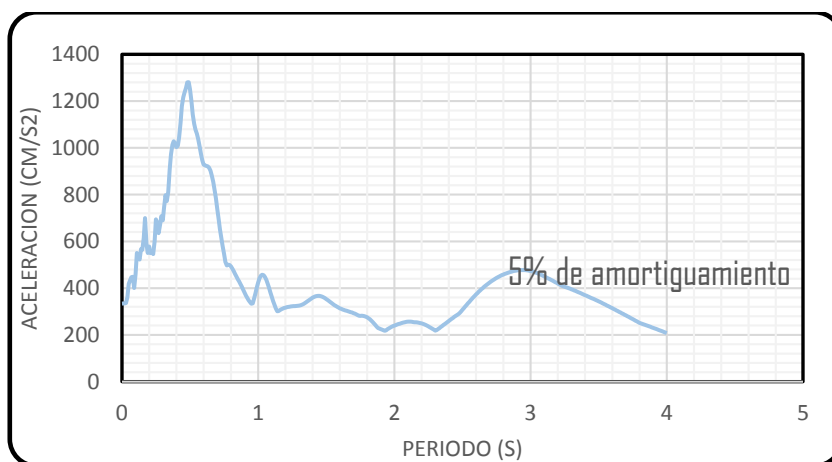


Figura N° 21: Espectro de Pseudo Aceleración (ICA N-S)  
Fuente: Elaboración propia

Moquegua 23 de junio de 2001

|              |            |
|--------------|------------|
| FECHA:       | 23/06/2001 |
| Hora:        | 15:33:00   |
| Latitud:     | -16.08     |
| Longitud:    | -73.77     |
| Magnitud:    | 6.9 Mb     |
| Profundidad: | 33 km      |

| Datos del Acelerograma E-O |         |
|----------------------------|---------|
| PGA                        | 295.226 |
| Duración                   | 198.91  |
| Intervalo                  | 0.01    |

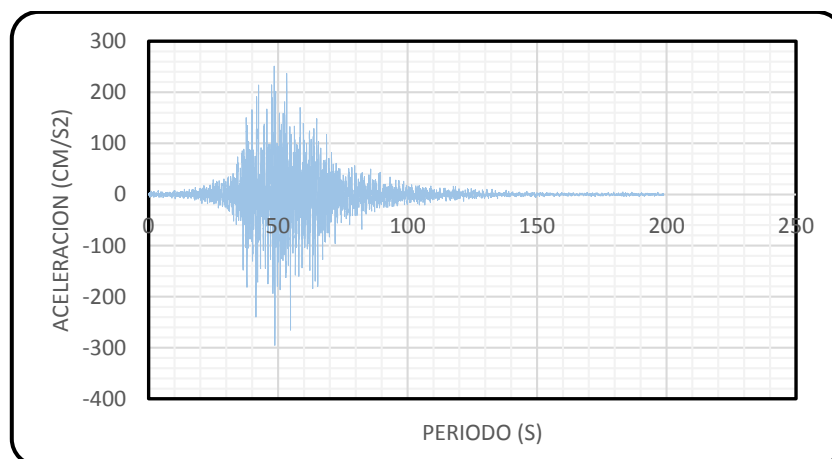


Figura N° 22: Acelerograma al movimiento del terreno (MOQ. E-O)  
Fuente: Elaboración propia

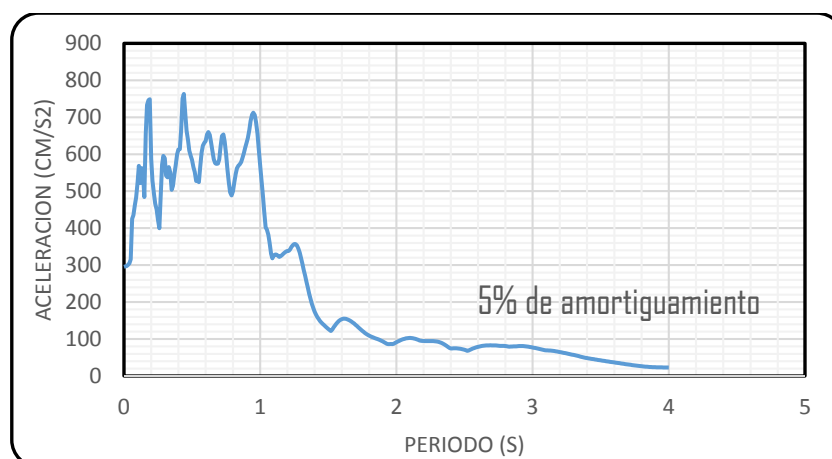


Figura N° 23: Espectro de Pseudo Aceleración (MOQ. E-O)  
Fuente: Elaboración propia

| Datos Del Acelerograma E-O |        |
|----------------------------|--------|
| PGA                        | 220.04 |
| Duración                   | 198.91 |
| Intervalo                  | 0.01   |

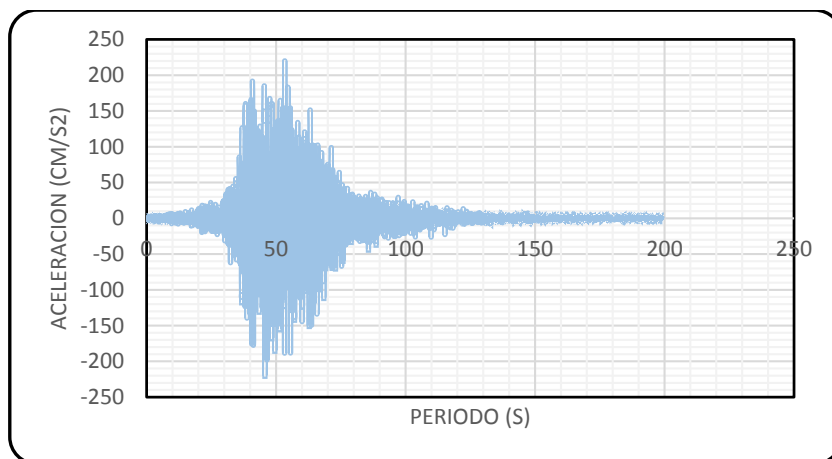


Figura N° 24: Acelerograma al movimiento del terreno (MOQ. N-S)  
Fuente: Elaboración propia



Figura N° 25: Espectro de Pseudo Aceleración (MOQ. N-S)  
Fuente: Elaboración propia

Huaraz 31 de mayo De 1970

|              |            |
|--------------|------------|
| FECHA:       | 31/05/1970 |
| Hora:        | 15:23:00   |
| Latitud:     | -9-36      |
| Longitud:    | -78.87     |
| Magnitud:    | 6.6 Mb     |
| Profundidad: | 64 km      |

| Datos del Acelerograma E-O |         |
|----------------------------|---------|
| PGA                        | 104.872 |
| Duración                   | 45.08   |
| Intervalo                  | 0.02    |

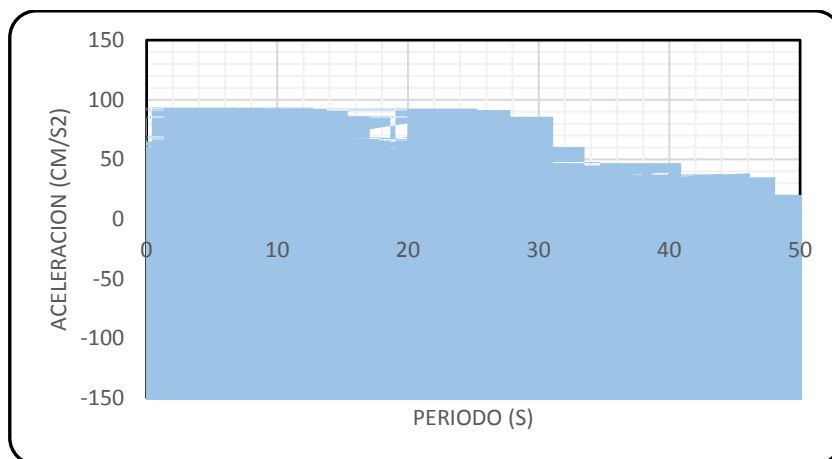


Figura N° 26: Acelerograma al movimiento del terreno (HUARAZ E-O)  
Fuente: Elaboración propia

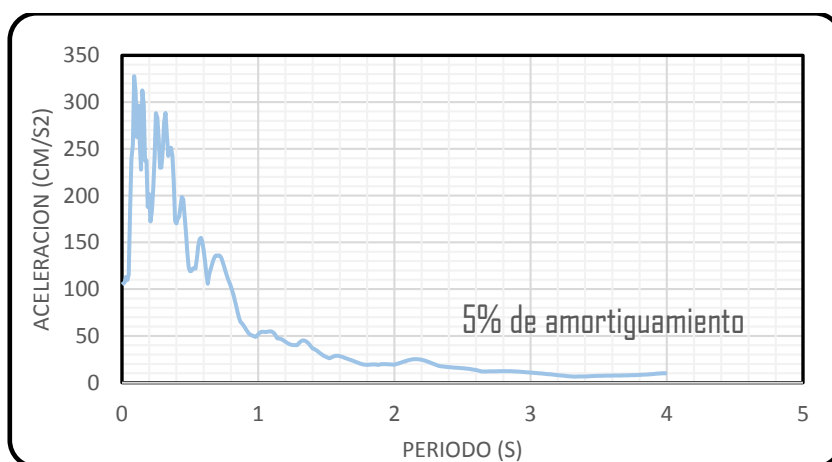


Figura N° 27: Espectro de Pseudo Aceleración (HUARAZ. E-O)  
Fuente: Elaboración propia

| Datos Del Acelerograma N-S |        |
|----------------------------|--------|
| PGA                        | 96.763 |
| Duración                   | 45.08  |
| Intervalo                  | 0.02   |



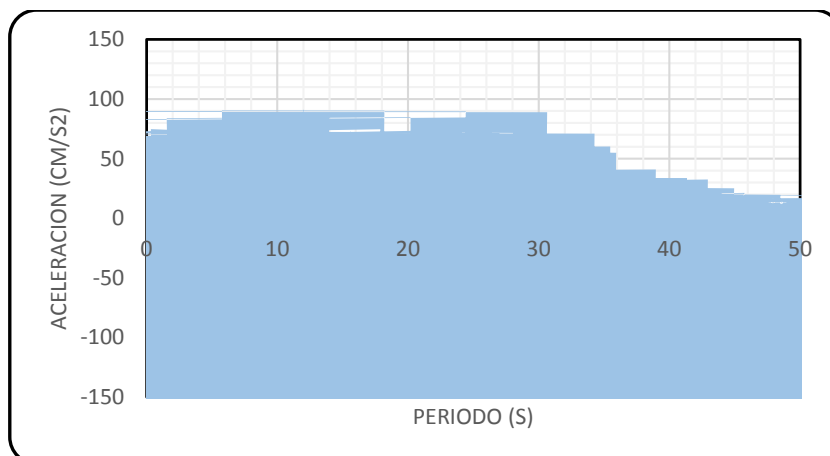


Figura N° 28: Acelerograma al movimiento del terreno (HUARAZ S-N)  
Fuente: Elaboración propia

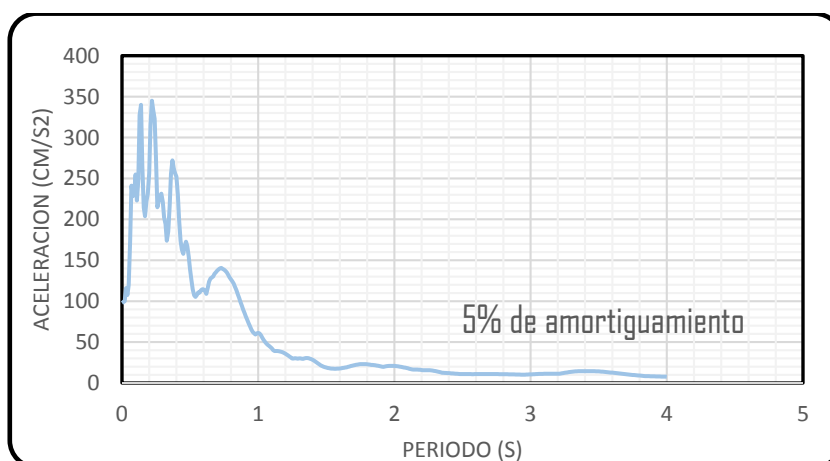


Figura N° 29: Espectro de Pseudo Aceleración (HUARAZ. N-S)  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.5 Escalado de Sismo

Para el desarrollo del escalamiento se pasó a determinar el escaldo con la ayuda del software SeismoMatch que se muestra en la figura siguiente de los 3 pares de registros sísmicos, teniendo un resultado, de la siguiente imagen:

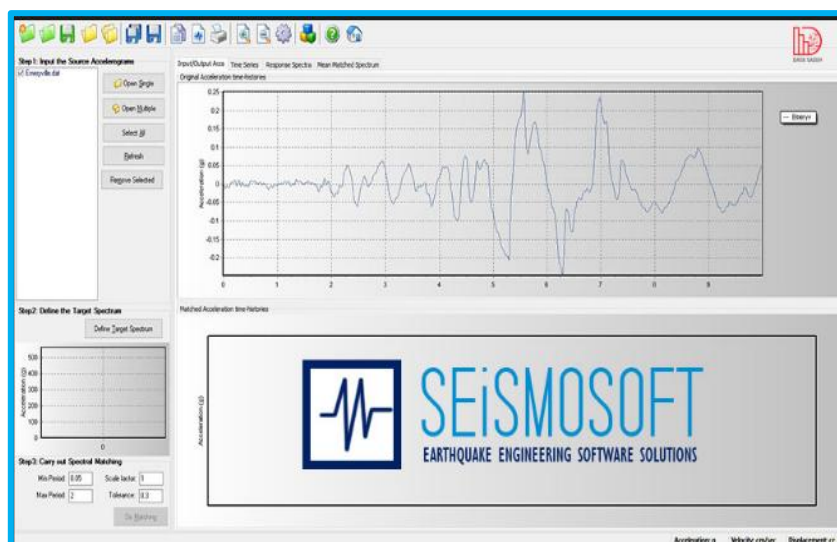


Figura N° 30: Software de **SeismoMatch**  
Fuente: SEISMOSOFT

### 3.3 MODELO DE ESTRUCTURA CONVENCIONAL

#### 3.3.1 Sector A

##### 3.3.1.1 Descripción

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 32: Elementos Estructurales (A)

| Elementos Estructurales | Secciones:                                      |
|-------------------------|---|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm                                   |
| Viga                    | V-01 30x70 cm<br>V-02 30x60 cm<br>V-03 30x40 cm |
| Columna:                | C-01 50x50 cm<br>C-02 60x60 cm                  |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm                                  |

Fuente: Elaboración Propia

##### 3.3.1.2 Análisis Estático y Dinámico

Para el análisis Estático e Dinámico, se define los siguientes parámetros de diseño, estos de acuerdo a las solicitaciones de categoría de edificación, suelo, sistema estructural e irregularidades.

Tabla 33: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| ZONA:                    | 3                     |
| Categoría:               | AII                   |
| Suelo:                   | SII                   |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual             |
| Irregularidad en Altura: | No es irregular       |
| Irregularidad en Planta: | Esquinas<br>Entrantes |

Fuente: Elaboración Propia

Los factores de la tabla anterior se obtuvieron en base a la ubicación, este mostrado en la tabla N°28 y en tabla N° 2 se determinó “Z”, la estructura se ubica de análisis es categoría AII debido a que el mega laboratorio se ubica dentro de edificación esenciales por lo tanto en la tabla N°6, determinando el valor del factor (U), el tipo de suelo con el cual se especifico es SII el cual nos ayuda a determinar con las tablas N°4 el factor de suelo (S) y N°5 los periodos ( $T_p$ , y  $T_L$ ), en base al dibujo del modelo, el factor  $R_0$  se determina de acuerdo a la tabla N° 7 y se sabe que los muros toma una fuerza cortante de 68% en la estructura modelada, es así que con la tabla N° 8 determinamos el coeficiente de reducción. frente a la acción sísmica “ $R_0$ ”, las irregularidades se determinaron en base a las tablas N° 9 y tabla N° 10 con un resultado de esquina entrante y el factor de amplificación sísmica se determina de acuerdo a lo especificado al ítem 2.6.1.1(d). Es así que se tiene factores, se tiene los siguientes valores:

Tabla 34: Parámetros E-030 (A)

|       |      |
|-------|------|
| Z:    | 0.35 |
| U     | 1.5  |
| S     | 1.15 |
| $T_p$ | 0.6  |
| $T_L$ | 2    |
| $R_0$ | 7    |
| $I_a$ | 1    |
| $I_p$ | 0.9  |
| C     | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia

Con estos factores se pasa a reemplazar en la siguiente ecuación para determinar el coeficiente de fuerza estática.

$$C_{cortante} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.2396$$

Por lo tanto: Se muestra el factor estático, este será igual, tanto para las direcciones "X" e "Y".

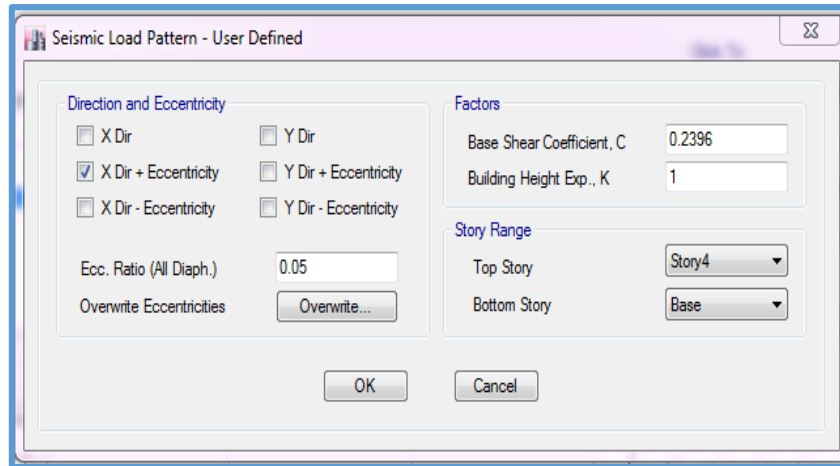


Figura N° 31: Asignación de Coeficiente de Cortante  
Fuente: software ETABS

Luego se pasa a determinar el espectro, ver tabla N°A-2 del anexo en donde se especifica los datos para la gráfica siguiente:

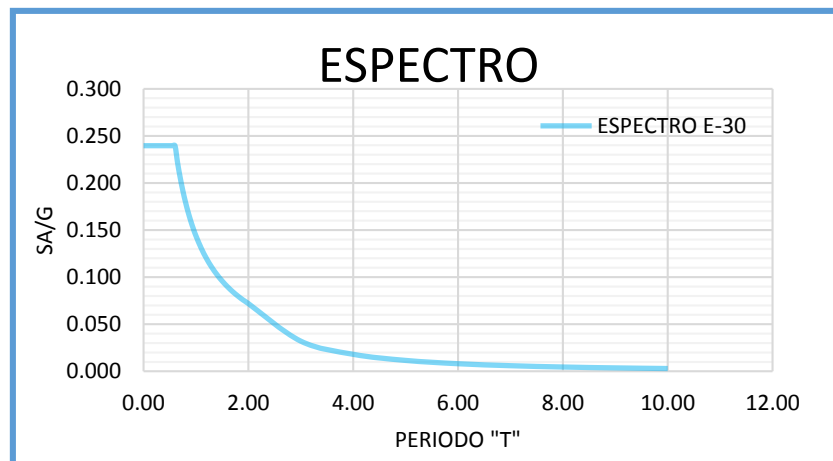


Figura N° 32: Espectro E-030 (A)  
Fuente: Elaboración Propia

Así mismo se realizará el análisis dinámico espectral también se realizará el análisis dinámico, tiempo historia aplicado al modelo anterior, como se especificó anteriormente

los acelerogramas a usar se tiene el espectro escalado que se aplicara en el modelo. El periodo Objetivo se define según lo especifica en el anexo en la tabla A-01

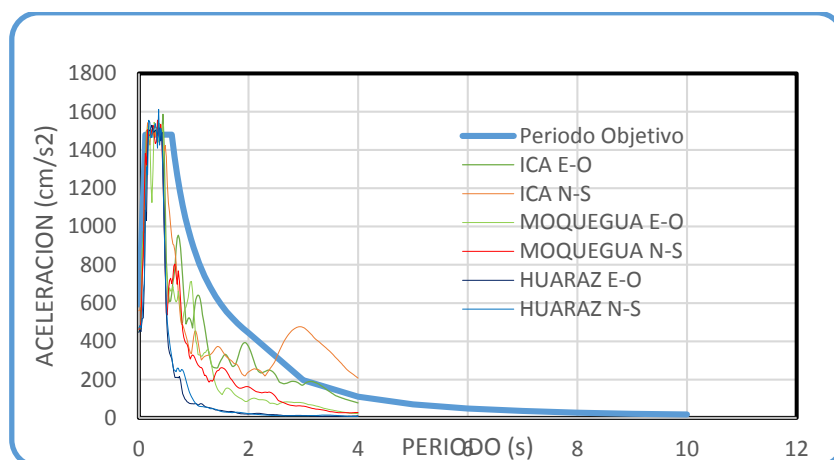


Figura N° 33: Escalado de Acelerogramas (A)  
Fuente: Software ETABS

Luego de ser escalado, se combinará de la siguiente manera, para eso ver la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

Tabla 35: Combinación de registros sísmicos

| Registro Sísmico | Valor            |
|------------------|------------------|
| Ica              | 100% NS+ 100% EO |
|                  | 100% EO+ 100% NS |
| Moquegua         | 100% NS+ 100% EO |
|                  | 100% EO+ 100% NS |
| Huaraz           | 100% NS+ 100% EO |
|                  | 100% EO+ 100% NS |

Fuente: Elaboración Propia.

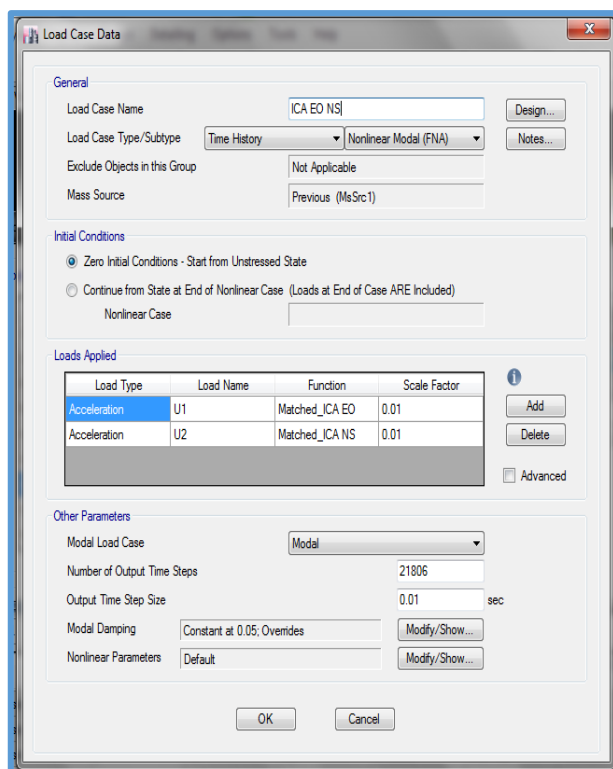


Figura N° 34: Asignación de Caso de carga de Acelerograma (A)  
Fuente: Software ETABS

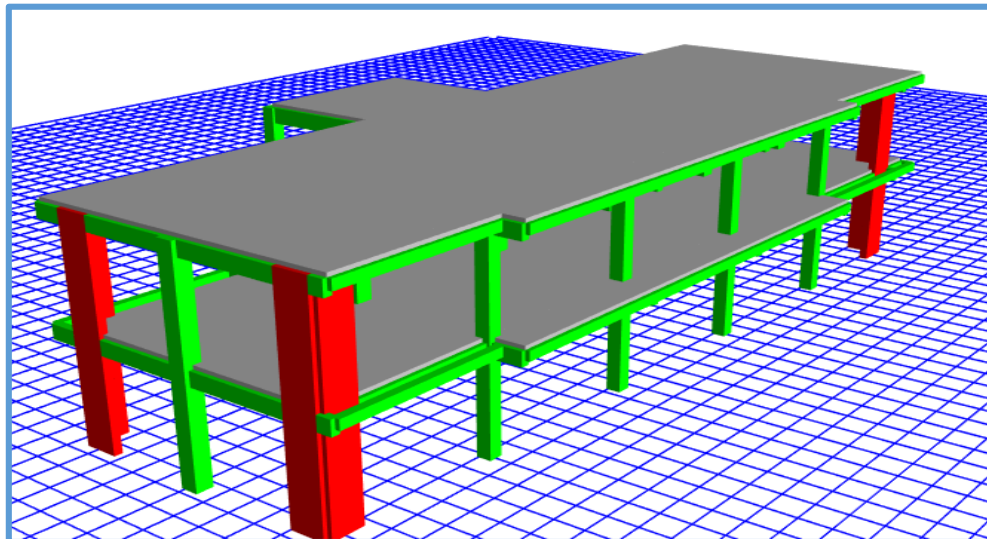


Figura N° 35: Dibujo de Modelo (A)  
Fuente: Software ETABS

### 3.3.2 Sector B

#### 3.3.2.1 Descripción

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 36: Elementos Estructurales (B)

| Elementos Estructurales | Secciones:                                      |
|-------------------------|---|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm                                   |
| Viga                    | V-01 30x70 cm<br>V-02 40x80 cm<br>V-03 30x60 cm |
| Columna:                | C-01 60x60 cm<br>C-02 70x70 cm                  |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm                                  |

Fuente: Elaboración Propia.

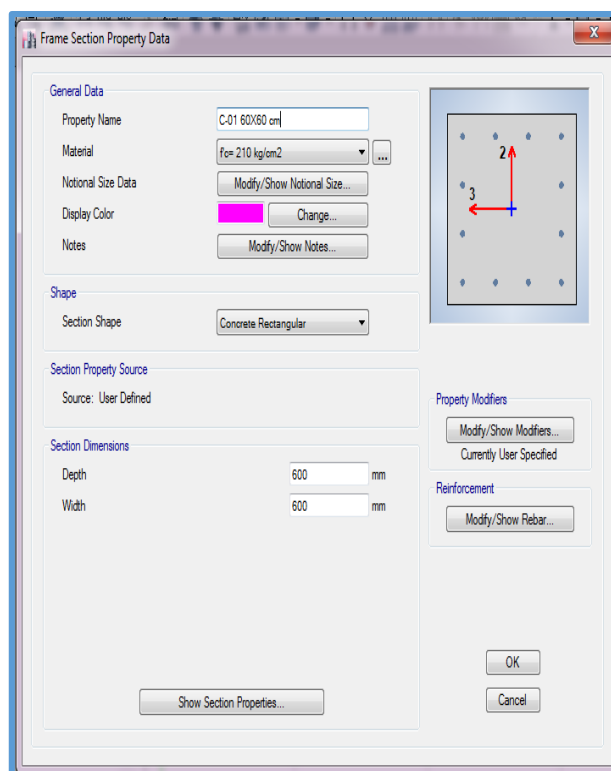


Figura N° 36: Definición de Secciones Estructurales (B)

Fuente: Software ETABS

### 3.3.2.2 Análisis Estático y Dinámico

Así también, se vuelve a definir los siguientes parámetros de diseño para el sector B, estos de acuerdo a las solicitaciones de categoría de edificación, suelo, sistema estructural e irregularidades.

Tabla 37: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Zona:                    | 3               |
| Categoría:               | AII             |
| Suelo:                   | SII             |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual       |
| Irregularidad En Altura: | No es irregular |
| Irregularidad En Planta: | No es irregular |

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de la determinación de los parámetros de la tabla N°37, se definirá los siguientes coeficientes como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38: Parámetros E-030 (B)

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 6    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 1    |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de la determinación de factores anteriores se pasará a definir el coeficiente de fuerza cortante, este se asignará de la siguiente manera, ver la figura siguiente, la asignación será para las dos direcciones “X” e “Y”.

Así mismo, con los anteriores coeficientes ya definidos se elabora el espectro sísmico, la valores para la elaboración se muestra en la tabla del anexo A-02, el espectro se muestra en la figura N° 39.



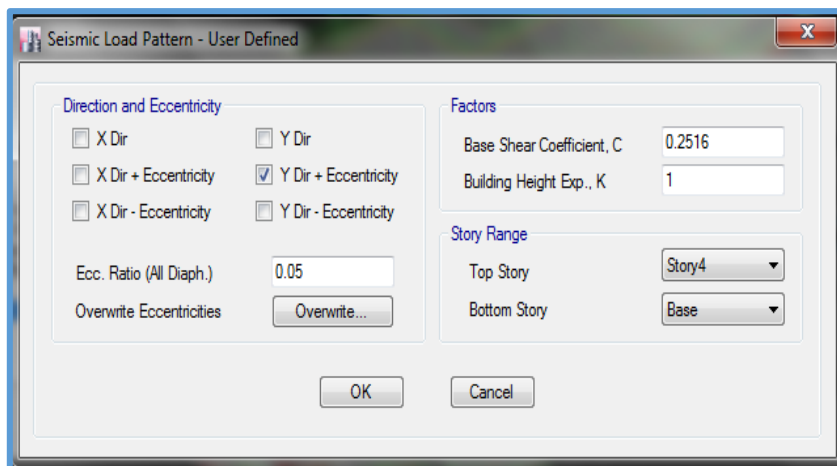


Figura N° 37: Asignación de Coeficiente de Cortante (B)  
Fuente: software ETABS

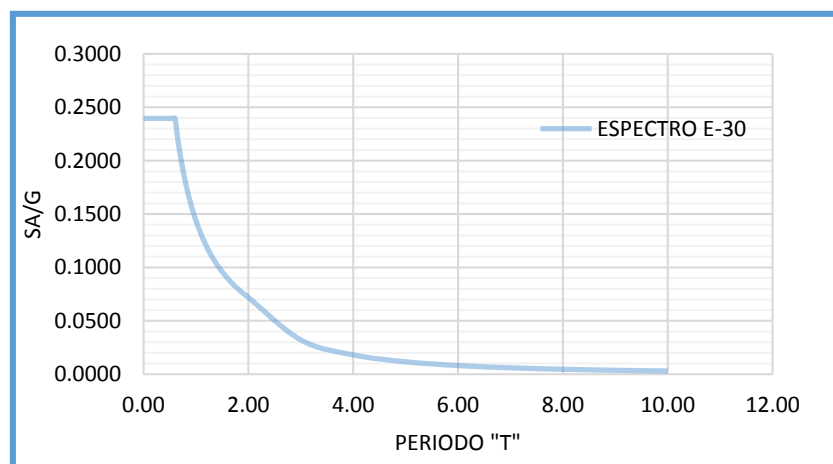


Figura N° 38: Espectro E-030 (B)  
Fuente: Elaboración Propia

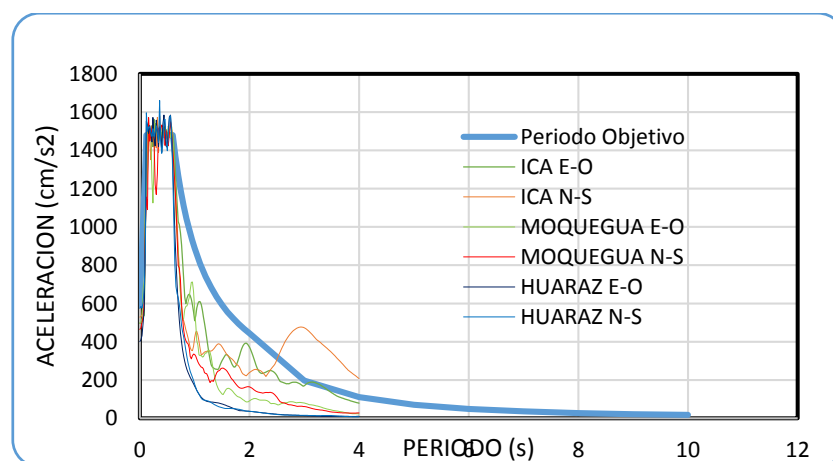


Figura N° 39: Escalado de Acelerogramas (A)  
Fuente: Software ETABS

Luego de ser escalado, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

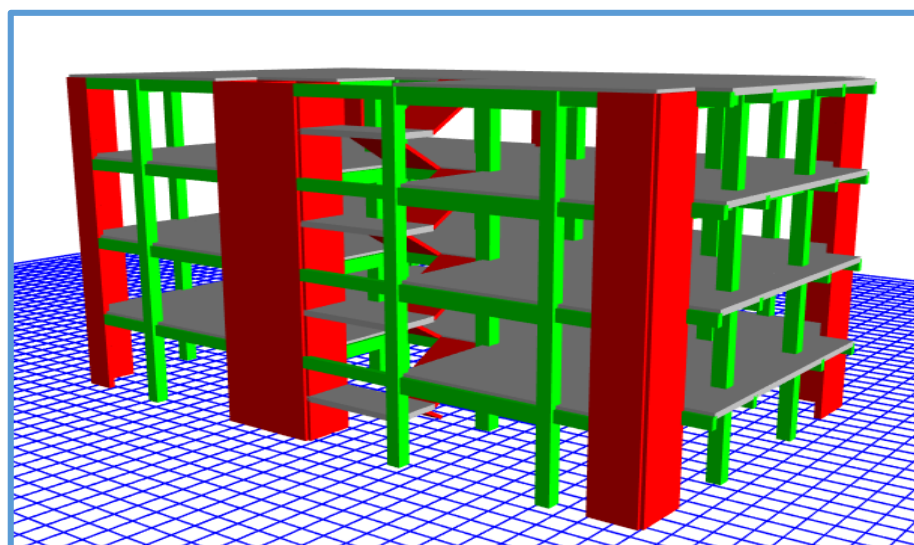


Figura N° 40: Dibujo de Modelo (B)  
Fuente: Software ETABS

### 3.3.3 Sector C

#### 3.3.3.1 Descripción

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 39: Elementos Estructurales (C)

| Elementos Estructurales | Secciones:  |
|-------------------------|---|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm   |
| Viga                    | V-01 35x70 cm<br>V-02 30x60 cm                            |
| Columna:                | C-01 T 90x90x35 cm<br>C-02 35x70 cm<br>C-03 L 80x80x35 cm |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm  |

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3.2 Análisis Estático y Dinámico

Tabla 40: Factores de Análisis Estático e Dinámico (C)

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Zona:                    | 3                |
| Categoría:               | AII              |
| Suelo:                   | SII              |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual        |
| Irregularidad En Altura: | No es irregular  |
| Irregularidad En Planta: | Esquina Entrante |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41: Parámetros E-030 (C)

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 7    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 0.9  |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia

Para la asignación del coeficiente de fuerza cortante, se realizará de la forma como se ve en la siguiente figura.

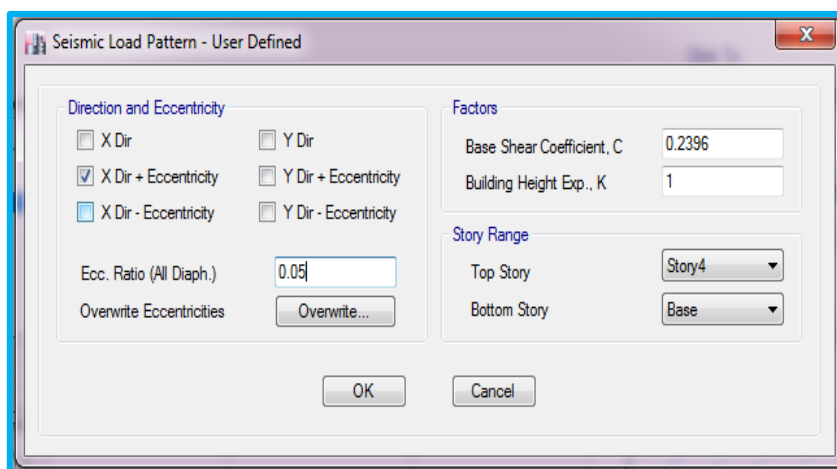


Figura N° 41: Asignación de Fuerza Cortante (C)

Fuente: Software ETABS

El dato para la elaboración del espectro se muestra en el anexo, ver la tabla del anexo N° A-4.

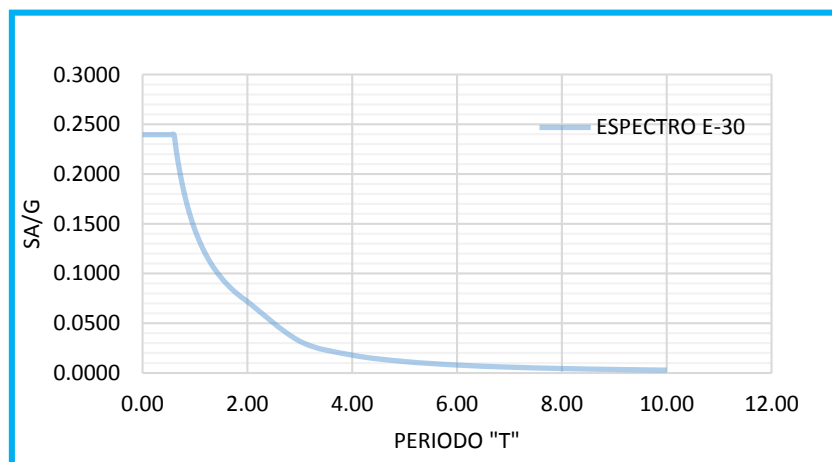


Figura N° 42: Espectro E-030 (C)  
Fuente: software ETABS

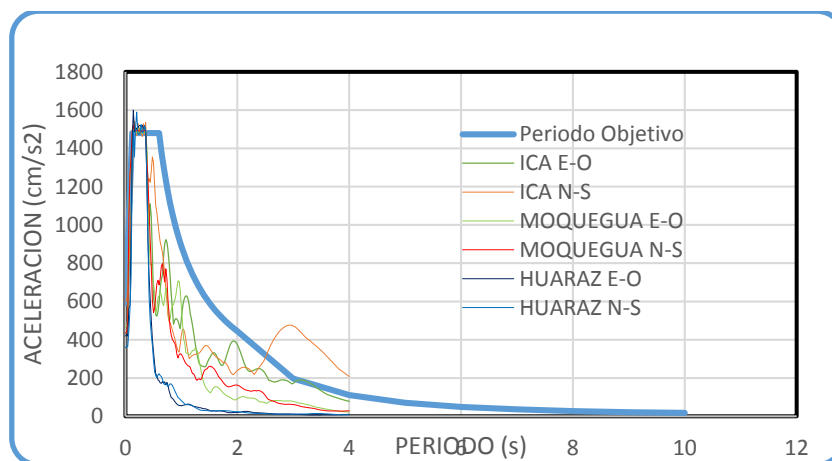


Figura N° 43: Escalado de Acelerograma (C)  
Fuente: software ETABS

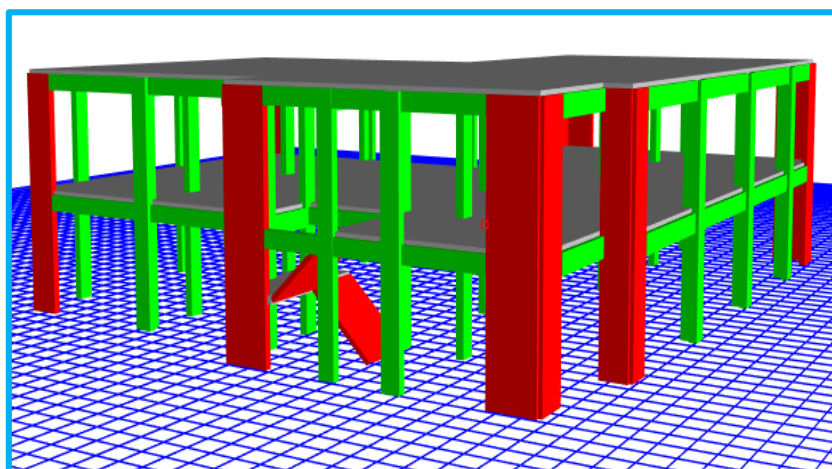


Figura N° 44: Dibujo de Modelo (C)  
Fuente: software ETABS

Al igual que en los sectores anteriores, luego de ser escalado, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

**3.3.4 Sector D**

**3.3.4.1 Descripción**

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 42: Elementos Estructurales (A)

| Elementos Estructurales | Secciones:   |
|-------------------------|--|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm  |
| Viga                    | V-01 35x70 cm<br>V-02 30x60 cm                           |
| Columna:                | C-01 70x70 cm<br>C-02 40x1.20 cm<br>C-03 L 40X120X120 cm |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm   |

Fuente: Elaboración Propia

**3.3.4.2 Análisis Estático y Dinámico**

Para el análisis Estático e Dinámico, se define los siguientes parámetros de diseño, estos de acuerdo a las solicitaciones de categoría de edificación, suelo, sistema estructural e irregularidades.

Tabla 43: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| ZONA:                    | 3                  |
| Categoría:               | AII                |
| Suelo:                   | SII                |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual          |
| Irregularidad en Altura: | No es irregular    |
| Irregularidad en Planta: | Esquinas Entrantes |

Fuente: Elaboración Propia

Luego de tener definidos los factores, se tiene los siguientes valores:

Tabla 44: Parámetros E-030

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 7    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 0.9  |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia

Con estos factores se pasa a reemplazar en la siguiente ecuación:

$$C_{cortante} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.2396$$

Por lo tanto: Se muestra el factor estático, este será igual, tanto para la dirección “X” e “Y”.

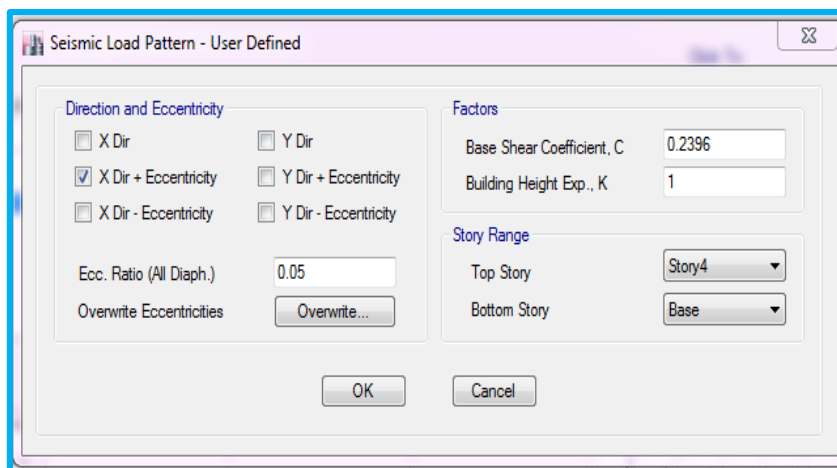


Figura N° 45: Asignación de Coeficiente de Cortante

Fuente: software ETABS

Luego de determinar el coeficiente de cortante estática, también se define el espectro para el análisis dinámico. ver tabla A-05, así también se observa el modelo Ver figura A-1. En la figura siguiente se observa los diferentes acelerogramas respecto al espectro objetivo, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

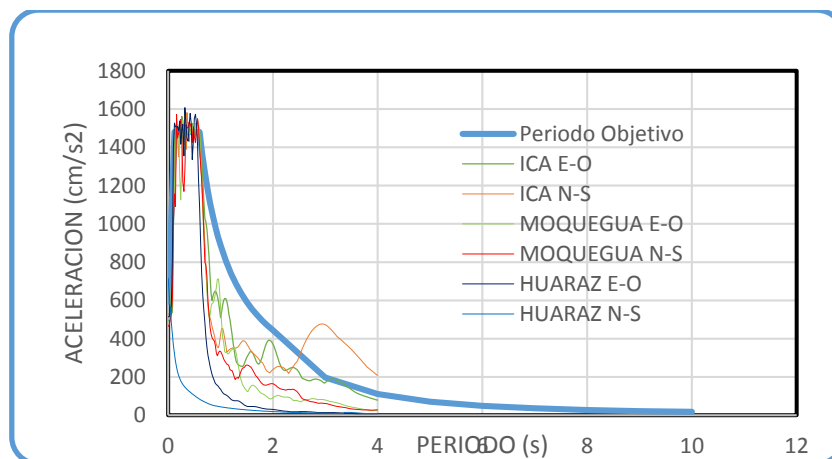


Figura N° 46: Escalado de Acelerograma (D)  
Fuente: software ETABS

**3.3.5 Sector E**

**3.3.5.1 Descripción**

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 45: Elementos Estructurales (E)

| Elementos Estructurales | Secciones:                                      |
|-------------------------|---|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm                                   |
| Viga                    | V-01 30x70 cm<br>V-02 40x80 cm<br>V-03 30x60 cm |
| Columna:                | C-01 60x60 cm<br>C-02 70x70 cm                  |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm                                  |

Fuente: Elaboración Propia.

**3.3.5.2 Análisis Estático y Dinámico**

Tabla 46: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Zona:                    | 3               |
| Categoría:               | AII             |
| Suelo:                   | SII             |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual       |
| Irregularidad En Altura: | No es irregular |
| Irregularidad En Planta: | No es irregular |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 47: Parámetros E-030

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 7    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 1    |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia.

Con los valores anteriores pasamos a determinar el valor de la siguiente ecuación:

$$C_{cortante} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.2156$$

Este coeficiente anteriormente determinado, será asignado, que en lugar del valor 0.2396 será reemplazado por 0.2156 en la figura N° 46, luego de determinar el coeficiente de cortante estática, también se define el espectro para el análisis dinámico, ver tabla N° 206, siendo este espectro ver figura A-3. La figura siguiente se observa los diferentes acelerogramas respecto al espectro objetivo, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.



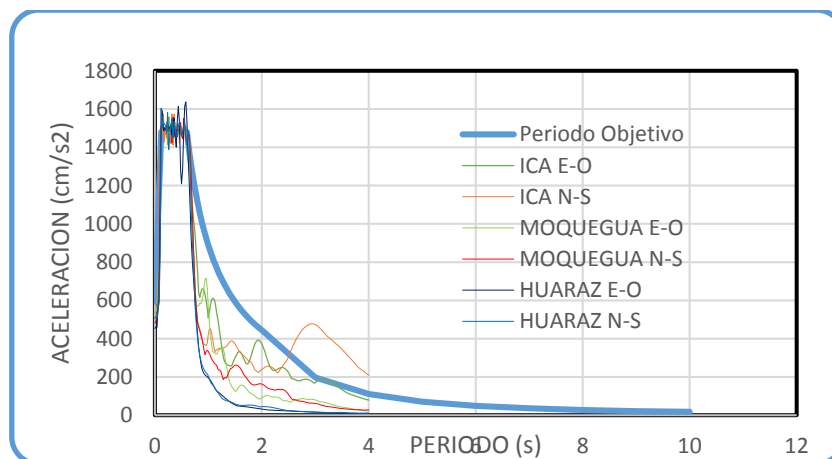


Figura N° 47: Escalado de Acelerograma (E)  
Fuente: software ETABS

### 3.3.6 Sector E-F

#### 3.3.6.1 Descripción

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 48: Elementos Estructurales (E-F)

| Elementos Estructurales | Secciones:                     |
|-------------------------|--------------------------------|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm                  |
| Viga                    | V-02 40x80 cm<br>V-03 30x60 cm |
| Columna:                | C-01 40x50 cm                  |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm                 |

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.3.6.2 Análisis Estático Y Dinámico

Tabla 49: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Zona:                    | 3               |
| Categoría:               | AII             |
| Suelo:                   | SII             |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual       |
| Irregularidad En Altura: | No es irregular |
| Irregularidad En Planta: | No es irregular |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 50: Parámetros E-030

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 7    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 1    |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto: Se muestra el factor estático, este será igual, tanto para las direcciones “X” e “Y”.

$$C_{cortante} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.2156$$

Este coeficiente anteriormente determinado, será asignado, que en lugar del valor 0.2396 será reemplazado por 0.2156 en la figura N° 46, también se define el espectro para el análisis dinámico, ver tabla A-7 del anexo, siendo este espectro ver figura A-5. La figura siguiente se observa los diferentes acelerogramas respecto al espectro objetivo, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

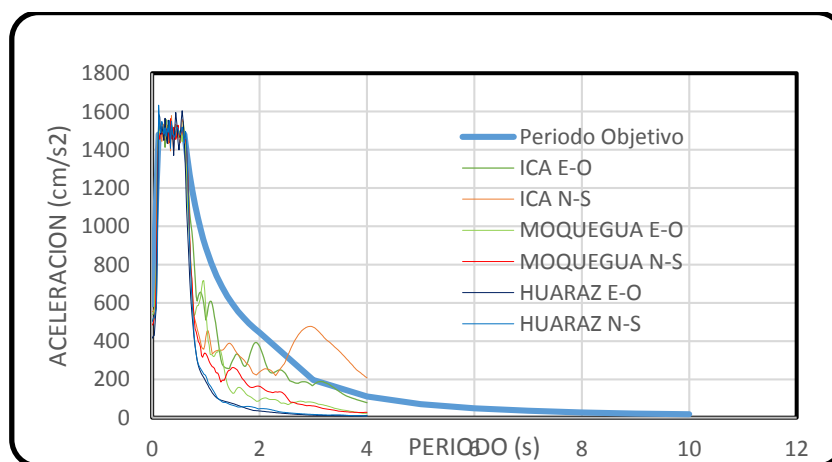


Figura N° 48: Escalado de Acelerograma (E-F)  
Fuente: software ETABS

**3.3.7 Sector F**

**3.3.7.1 Descripción**

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 51: Elementos Estructurales (F)

| Elementos Estructurales | Secciones:                     |
|-------------------------|--------------------------------|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm                  |
| Viga                    | V-01 30x50 cm<br>V-02 30x60 cm |
| Columna:                | C-01 40x40 cm<br>C-02 60X40 cm |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm                 |

Fuente: Elaboración Propia.

**3.3.7.2 Análisis Estático y Dinámico**

Tabla 52: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Zona:                    | 3                |
| Categoría:               | AII              |
| Suelo:                   | SII              |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual        |
| Irregularidad En Altura: | No es irregular  |
| Irregularidad En Planta: | Esquina Entrante |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 53: Parámetros E-030

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 7    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 0.9  |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto: Se muestra el factor estático, este será igual, tanto para las direcciones “X” e “Y”.

$$C_{cortante} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.2396$$

Este coeficiente anteriormente determinado, será asignado, que en lugar del valor 0.2396 será reemplazado por 0.2156 en la figura N° 46, también se define el espectro para el análisis dinámico, ver tabla A-8, siendo este espectro ver figura A-7. La figura siguiente se observa los diferentes acelerogramas respecto al espectro objetivo, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

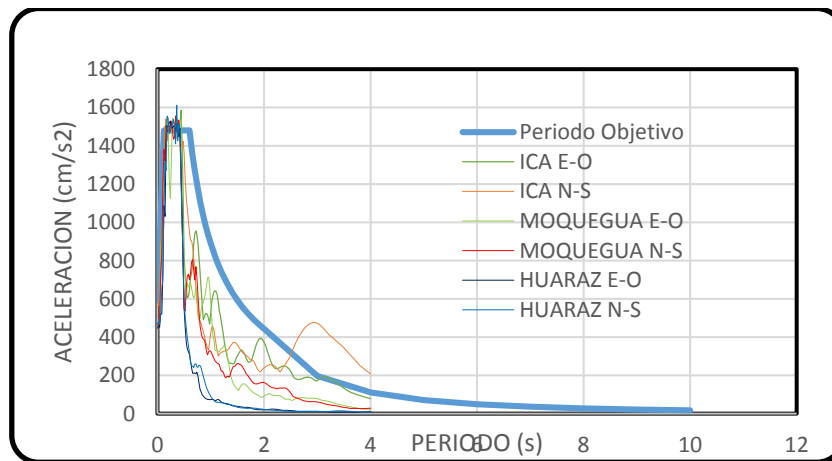


Figura N° 49: Escalado de Acelerograma (F)  
Fuente: software ETABS

### 3.3.8 Sector G

#### 3.3.8.1 Descripción

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 54: Elementos Estructurales (G)

| Elementos Estructurales | Secciones:                     |
|-------------------------|--------------------------------|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm                  |
| Viga                    | V-01 40x80 cm<br>V-02 30x60 cm |
| Columna:                | C-01 40X40 cm                  |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm                 |

Fuente: Elaboración Propia.

**3.3.8.2 Análisis Estático y Dinámico**

Tabla 55: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Zona:                    | 3               |
| Categoría:               | AII             |
| Suelo:                   | SII             |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual       |
| Irregularidad En Altura: | No es Irregular |
| Irregularidad En Planta: | No es Irregular |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 56: Parámetros E-030

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 8    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 1    |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto: Se muestra el factor estático, este será igual, tanto para la dirección “X” e “Y”.

$$C_{cortante} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.1887$$

Este coeficiente anteriormente determinado, será asignado, que en lugar del valor 0.2396 será reemplazado por 0.2156 en la figura N° 46, también se define el espectro para el análisis dinámico, ver tabla A-9, siendo este espectro ver figura A-9 del anexo. La figura siguiente se observa los diferentes acelerogramas respecto al espectro objetivo, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

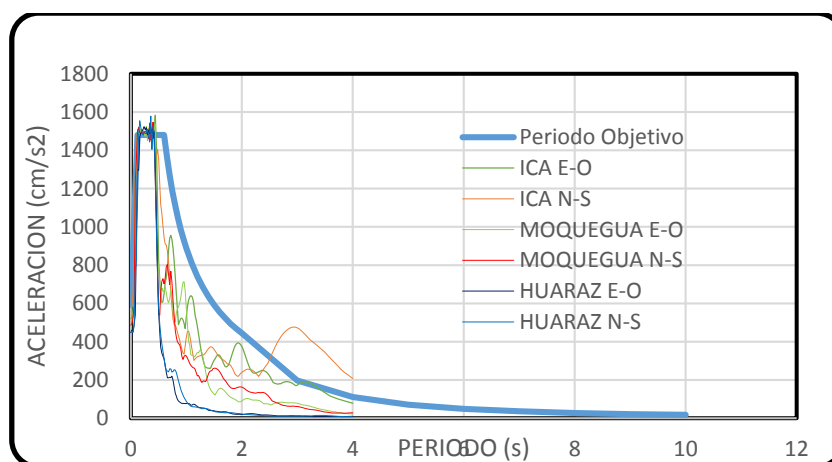


Figura N° 50: Escalado de Acelerograma (G)  
Fuente: software ETABS

### 3.3.9 Sector H

#### 3.3.9.1 Descripción

- ✓ Sistema Estructural: Concreto Armado
- ✓ Secciones:

Tabla 57: Elementos Estructurales (H)

| Elementos Estructurales | Secciones:   |
|-------------------------|--|
| Losa Aligerada :        | Espesor 25 cm  |
| Viga                    | V-01 45X20 cm<br>V-02 45X30 cm<br>V-03 55X20 cm<br>V-04 25X25 cm |
| Columna:                | C-01 50X60 cm<br>C-02 40X50 cm<br>C-03 40X60 cm                  |
| Muro Cortante           | Espesor= 30 cm   |

Fuente: Elaboración Propia.

#### 3.3.9.2 Análisis Estático y Dinámico

Tabla 58: Factores de Análisis Estático e Dinámico

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Zona:                    | 3                |
| Categoría:               | AII              |
| Suelo:                   | SII              |
| Sistema Estructural:     | C°A°-Dual        |
| Irregularidad En Altura: | No es Irregular  |
| Irregularidad En Planta: | Esquina Entrante |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 59: Parámetros E-030

|                |      |
|----------------|------|
| Z:             | 0.35 |
| U              | 1.5  |
| S              | 1.15 |
| T <sub>p</sub> | 0.6  |
| T <sub>L</sub> | 2    |
| R <sub>0</sub> | 7    |
| I <sub>a</sub> | 1    |
| I <sub>p</sub> | 0.9  |
| C              | 2.5  |

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto: Se muestra el factor estático, este será igual, tanto para la dirección “X” e “Y”.

$$C_{cortante} = \frac{Z * U * C * S}{R} = 0.2396$$

Este coeficiente anteriormente determinado, será asignado, que en lugar del valor 0.2396 será reemplazado por 0.2156 en la figura N° 46, también se define el espectro para el análisis dinámico, ver tabla A-10, siendo este espectro ver figura A-11 del anexo. La figura siguiente se observa los diferentes acelerogramas respecto al espectro objetivo, se asignará como un caso de carga, combinado este como se muestra en la tabla N°35, luego este será asignado en el software ETABS, ver figura N°35.

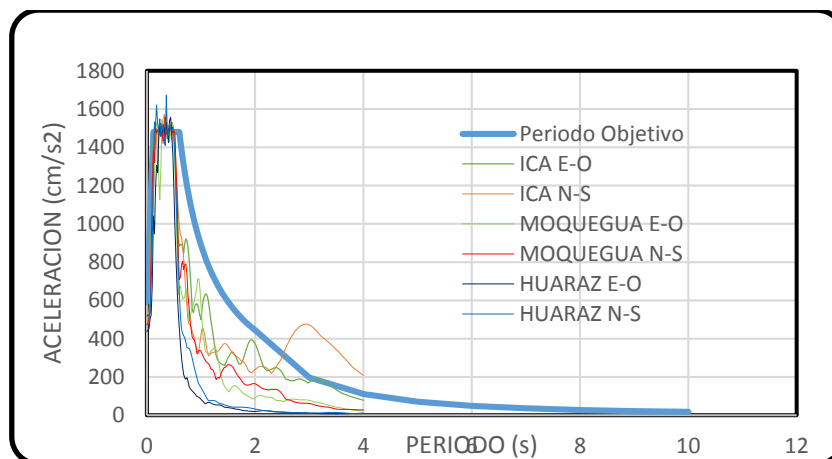


Figura N° 51: Escalado de Acelerograma (H)  
Fuente: software ETABS

### 3.4 MODELO DE ESTRUCTURA CON AISLAMIENTO EN LA BASE

#### 3.4.1 Generalidades

##### 3.4.1.1 Estudio de Peligro Sísmico

Para la determinación de factores del estudio de peligro sísmico se utilizó la referencia la tesis titulada, “Nuevas Fuentes Sismogénicas para la evaluación del Peligro Sísmico y Generación de Espectros de Peligro Uniforme en el Perú”. Gamarra (2009)

##### Sismo De Diseño:

Es equivalente del 10% de ser excedida en 50 años, en un periodo de retorno de 475 años.

##### Sismo Máximo Esperado:

Tiene una probabilidad de excedencia de 2% en 50 años, con un periodo de retorno de 2475 años, este valor será determinado según el estudio de peligro sísmico, como se realizó mediante la aplicación del software CRISIS.



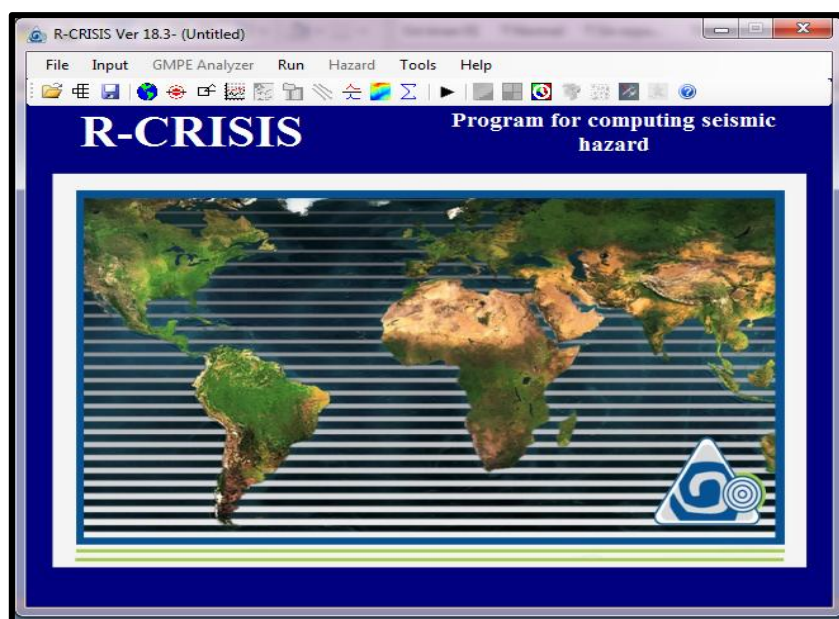


Figura N° 52: Software CRISIS  
FUENTE: Program for computing seismic hazard

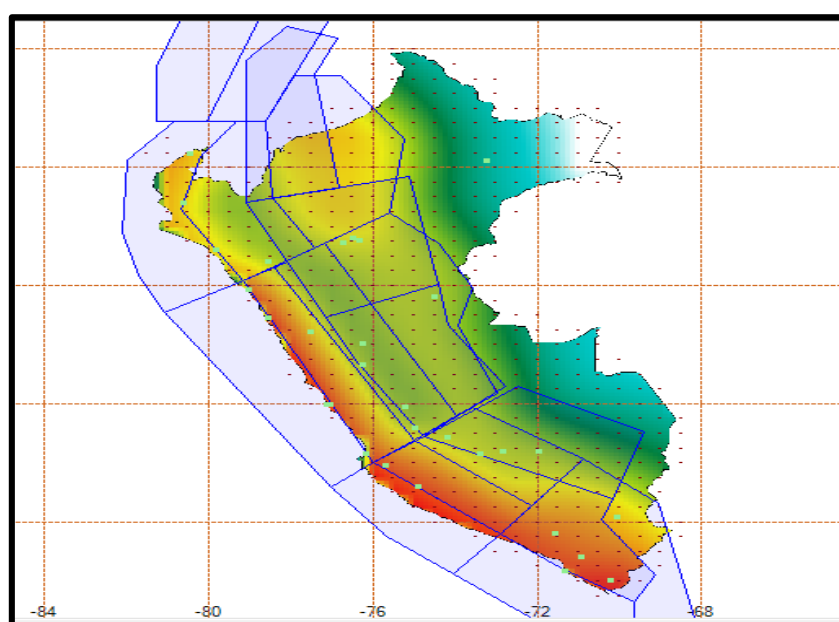


Figura N° 53: Fuente sismológica de corteza, Interface, Intraplaca y continental  
Fuentes Software CRISIS

Mediante el trabajo que se desarrolló, respecto al peligroso sísmico, nos ayudó en determinar los factores  $S_5$  y  $S_1$ , periodo cortos a 0.2 s y para periodos largos a 1 s respectivamente, según las especificaciones para un 2% en 50 teniendo un periodo de retorno de 2475 años.

Los valores determinados son:

$$S_5 = 1.08 \text{ s} \text{ y } S_1 = 0.51 \text{ s}$$

Diferencia

**3.4.1.2 Determinación de Factores a Nivel de Diseño:**

El suelo con el que se desarrollara el proyecto de tesis es un suelo S2(E-030-2016) especificado en el Item 3.1.2, y para la aplicación de esta en la norma ASCE 7-10 (2010), se realiza una comparación entre la tabla 3, y la tabla 13, en donde las tablas muestran la clasificación de suelo de la norma E-030(2016) y ASCE 7-10(2010) respectivamente, es así que en la comparación de características de suelo se puede apreciar que se tiene un resultado de suelo tipo D (Suelo Rígido).

El factor uso de norma peruana E-030 (2016) es igual a la norma ASCE 7-10 (2010), siendo este el valor de 1.

De acuerdo a la Norma ASCE se determinó que el proyecto corresponde a la categoría II (ver tabla 14).

Luego en base a los parámetros determinados, se calculará los datos necesarios para la aplicación de la norma ASCE 7-10.

|                                     |                                     |   |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| $F_a = 1.068$<br><i>tabla N° 15</i> | $S_{MS} = S_S \times F_a = 1.153 s$ | $S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = 0.769 s$ |
| $F_v = 1.5$<br><i>tabla N° 16</i>   | $S_{M1} = S_1 \times F_v = 0.765 s$ | $S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = 0.51 s$  |

**3.4.2 Diseño de Aisladores**

Para los diferentes tipos de diseño de aislador, se siguió el siguiente procedimiento de diseño de aisladores sísmicos basados en la tesis “Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en el ETABS Lema (2013)

**3.4.3 Sector A**

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector A, se utilizará este para su aplicación en este ítem, en base a lo anterior se determinará el peso de la estructura, la norma FEMA 451 (2006), nos muestra mediante la siguiente la suma de 100% de carga muerta y 50% de carga viva, para determinar el peso máximo y mínimo nos vamos al ítem. 2.6.4., los coeficientes de sitio se determinaron en el ítem 3.4.1.2. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 21.

Tabla 60: Datos para diseño del Aislador (A)

| Descripción                                  | Símbolo             | Valor              |
|--|---------------------|--------------------|
| Peso de Estructura                           | $W$                 | 13192.68 <i>kN</i> |
| Número de apoyos                             | N                   | 20                 |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$           | 1190.46 <i>kN</i>  |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$           | 682.76 <i>kN</i>   |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$            | 0.765 <i>s</i>     |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$            | 0.51 <i>s</i>      |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$               | 2.5 <i>s</i>       |
| Amortiguamiento Efectivo                     | $\beta_D = \beta_M$ | 19 %               |
| Deformación de corte                         | $\gamma$            | 1.5                |
| Módulo de Elasticidad                        | K                   | 2000 MPa           |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61: Resultados HDRB (A)

| Características          | Valor          |
|--------------------------|----------------|
| Numero de Aisladores     | 20             |
| Altura Total             | 30 cm          |
| Diámetro Exterior        | 40 cm          |
| Diámetro Interior        | 10 cm          |
| Numero de Capas de Goma  | 29             |
| Altura de Capas de Goma  | 17.4 cm        |
| Numero de Capas de acero | 28             |
| Altura de Capas de Acero | 8.4cm          |
| Módulo de Corte          | 80 psi         |
| Rigidez Vertical         | 297969.97 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 1005.21 kN/m   |

Fuente Elaboración Propia

Tabla 62: Resumen de datos para Diseño HDRB (A)

| Descripción              | Valor          |
|--------------------------|----------------|
| Rigidez Vertical         | 297969.97 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 427.35 kN/m    |
| Rigidez Inicial          | 1005.21 KN/m   |
| Fuerza de Fluencia       | 17.49 kN       |
| Ratio                    | 0.3742         |
| Amortiguamiento Efectivo | 23.8 skN/m     |

Fuente Elaboración Propia

Luego del procesamiento de información, con referencia a la tabla 21 con los valores de la tabla N° 60, se tendrá el resultado como se muestra en la tabla N° 62, este resultado se ingresa al software. ETABS, como se muestra a continuación:

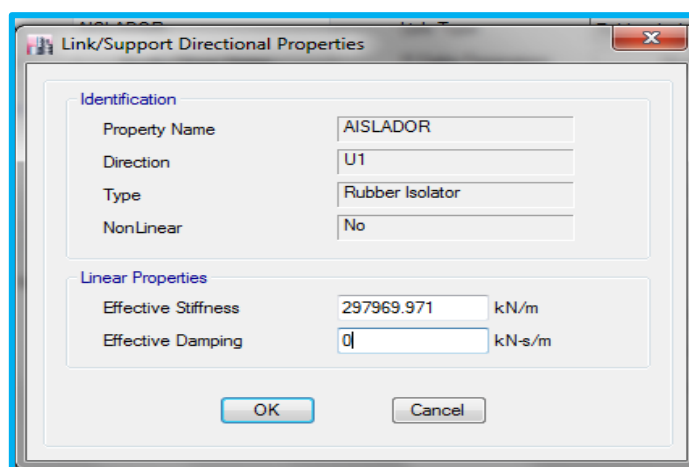


Figura N° 54: Definición de Parámetros del aislador U1 (A)  
Fuente: software ETABS

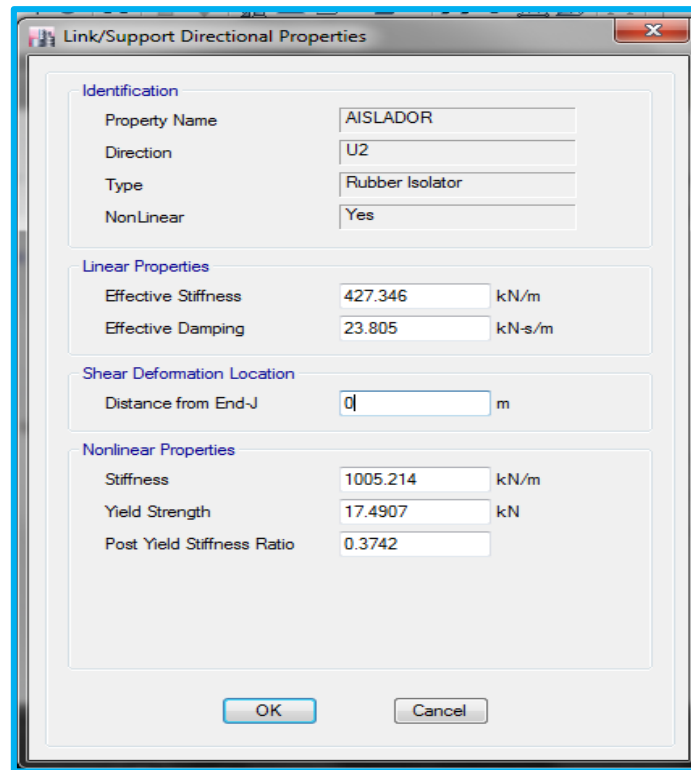


Figura N° 55: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (A)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.3.1 Análisis Estático de sector A

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{13192.68}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.5} \right)^2 = 8494.616 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 8494.616 = 11043.001 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.5}{4\pi^2 \times 1.48} = 0.214 m$$

$$D_{TD} = 1.1D_D = 0.235m$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 1181.99 kN$$

Una vez determinados la fuerza cortante este se distribuirá según el nivel, como se muestra acentuación:

Tabla 63: Distribución de las fuerzas reducidas sísmica de diseño

| Piso     | Peso (Wi) | Σ Altura (hx) | Wi*hx    | Wi*hx/(Σ Wi*hx) | Fuerza    |
|----------|-----------|---------------|----------|-----------------|-----------|
| 2do Piso | 3725.024  | 9.5           | 35387.73 | 0.576733585     | 681.69506 |
| 1ro Piso | 4719.407  | 5             | 23597.03 | 0.384573986     | 454.56376 |
| PT       | 4748.249  | 0.5           | 2374.124 | 0.038692429     | 45.73418  |
|          | 13192.68  |               | 61358.89 | 1               | 1181.99   |

Fuente: Elaboración Propia

También determinaremos el desplazamiento máximo del sismo máximo esperado:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.5}{4\pi^2 \times 1.48} = 0.321 \text{ m}$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.321 = 0.3532 \text{ m}$$

### 3.4.3.2 Análisis Dinámico de sector A

Para realizar el análisis dinámico se escalará aquellos registros sísmicos mencionados en el ítem 3.2.4., con la ayuda del espectro objetivo cuyos valores se muestra en el anexo, en la tabla A-16, es así que se escaló con el apoyo del software SeismoMatch, en la figura siguiente se muestra el escalado.

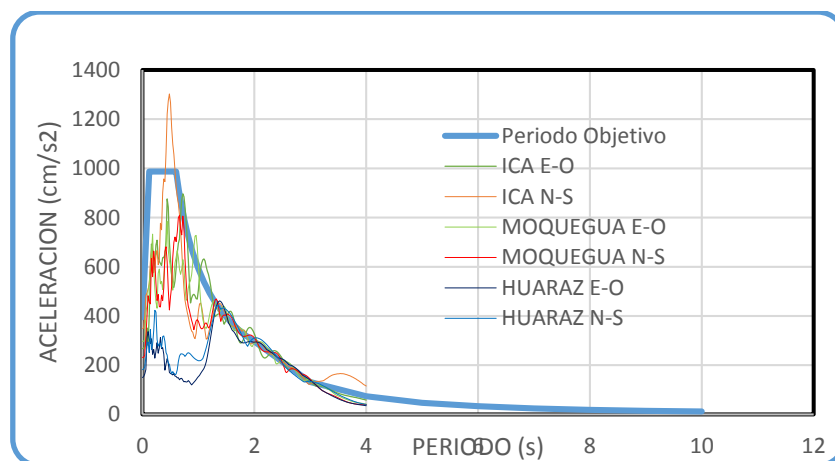


Figura N° 56: Escalado de Acelerogramas (A)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura de anexo A-13, se muestra la asignación del acelerograma escalada en el software ETABS, luego de los 6 acelerogramas asignados se realiza la creación de casos de carga manteniendo la relación establecida en la tabla N° 35, la asignación se muestra en la figura de anexo N° A-14.

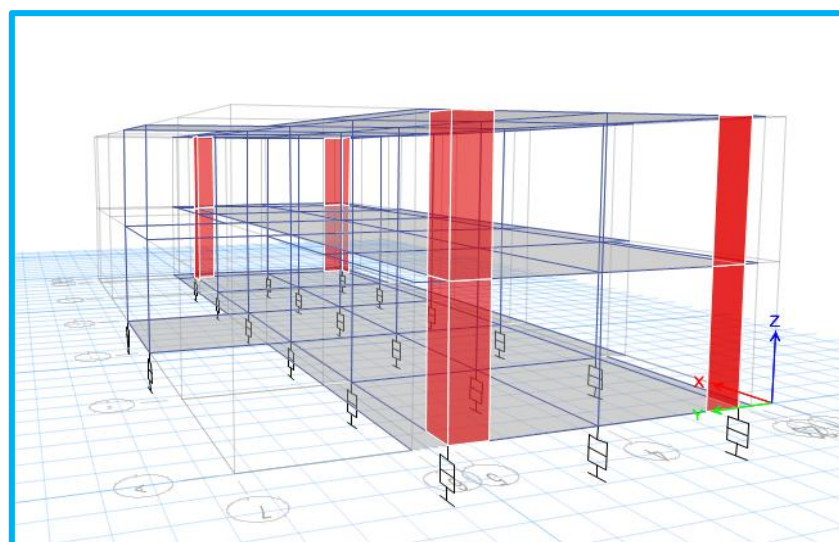


Figura N° 57: Modelo Aislado (A)  
Fuente software ETABS

### 3.4.4 Sector B

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector B se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 23.

Tabla 64: Datos para el diseño de Aislador HDRB y LRB

| Descripción                                  | Símbolo         | Valor       |
|--|-----------------|-------------|
| Peso de Estructura                           | $W$             | 32865.831kN |
| Número de apoyos                             | $N$             | 28          |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$       | 2377.30 kN  |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$       | 1809.97kN   |
| Número de Aisladores HDRB                    | $N_{HDRB}$      | 24          |
| Número de Aisladores LRB                     | $N_{LRB}$       | 4           |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$        | 0.765 s     |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$        | 0.51 s      |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$           | 2.6 s       |
| Amortiguamiento Efectivo de HDRB             | $\beta_{DHDRB}$ | 18 %        |
| Amortiguamiento Efectivo de LRB              | $\beta_{DLRB}$  | 19 %        |
| Deformación de corte                         | $\gamma$        | 1.5         |
| Módulo de Elasticidad                        | $K$             | 2000 MPa    |

Fuente: Elaboración Propia

Luego del procesamiento de información, con referencia a la tabla 23 con los valores anteriormente mencionado, se determina las dimensiones del aislador HDRB y LRB.

Tabla 65: Resultado de Diseño HDRB

| Características          | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Número de Aisladores     | 24              |
| Altura Total             | 30 cm           |
| Diámetro Exterior        | 50 cm           |
| Diámetro Interior        | 10 cm           |
| Numero de Capas de Goma  | 27              |
| Altura de Capas de Goma  | 17.4 cm         |
| Número de Capas de acero | 28              |
| Altura de Capas de Goma  | 8.4cm           |
| Módulo de Corte          | 80 psi          |
| Rigidez Vertical         | 1072854.81 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 755.75 kN/m     |

Fuente Elaboración Propia

Tabla 66: Resultados de diseño de Aislador LRB

| Características          | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Número de Aisladores     | 4               |
| Altura Total             | 28.9 cm         |
| Diámetro Exterior        | 50 cm           |
| Diámetro Interior        | 10 cm           |
| Número de Capas de Goma  | 29              |
| Altura de Capas de Goma  | 16.8 cm         |
| Número de Capas de acero | 28              |
| Altura de Capas de acero | 8.1 cm          |
| Módulo de Corte          | 80 psi          |
| Rigidez Vertical         | 1514444.14 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 869.15 kN/m     |

Fuente Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla siguiente N° 67 los diferentes factores de diseño del aislador, se definirá en el software ETABS, el cual se muestra en las figuras, ver la figura N° 59 Y figura N° 60



Tabla 67: Resultado Bilineal de HDRB

| Descripción              | Valor             |
|--------------------------|-------------------|
| Rigidez Vertical         | 1072854.8148 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 755.7833 kN/m     |
| Rigidez Inicial          | 1793.66 kN/M      |
| Fuerza de Fluencia       | 42.1 kN           |
| Ratio                    | 0.371             |
| Amortiguamiento Efectivo | 42.1 s*kN/m       |

Fuente Elaboración Propia

Tabla 68: Resultado Bilineal de LRB

| Descripción              | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Rigidez Vertical         | 1514444.14 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 869.15 kN/m     |
| Rigidez Inicial          | 4015.51 kN/M    |
| Fuerza de Fluencia       | 88.054 kN       |
| Ratio                    | 0.125           |
| Amortiguamiento Efectivo | 210.52 s*kN/m   |

Fuente Elaboración Propia

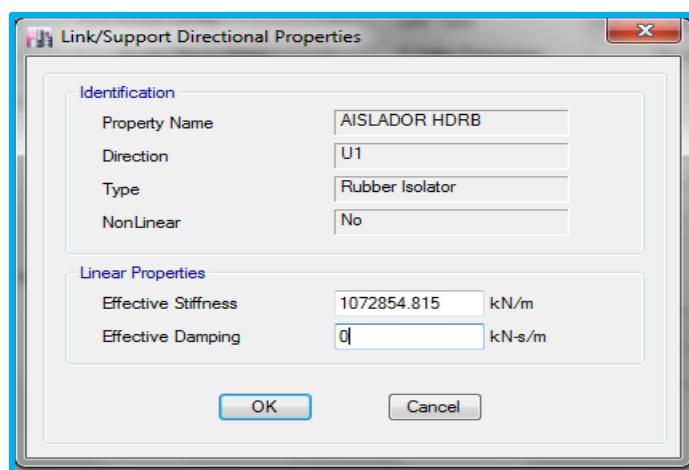


Figura N° 58: Definición de parámetros del Aislador HDRB U1 (B)

Fuente: Software ETABS

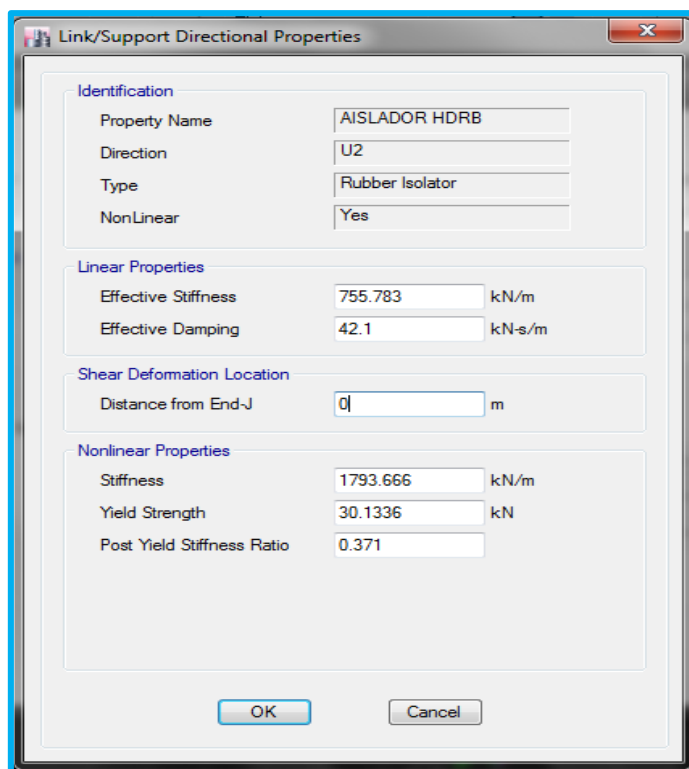


Figura N° 59: Definición de Parámetros del aislador HDRB U2 y U3 (B)  
Fuente: Software ETABS

Como se muestra en la tabla N° 67 los diferentes factores de diseño del aislador HDRB, se definirá en el software ETABS, el cual se muestra en las figuras, ver la figura N° 59 y figura N° 60, la tabla N° 68 los diferentes factores de diseño del aislador LRB, se definirá en el software ETABS, el cual se muestra en las figuras, ver la figura N° 61 y figura N° 62.

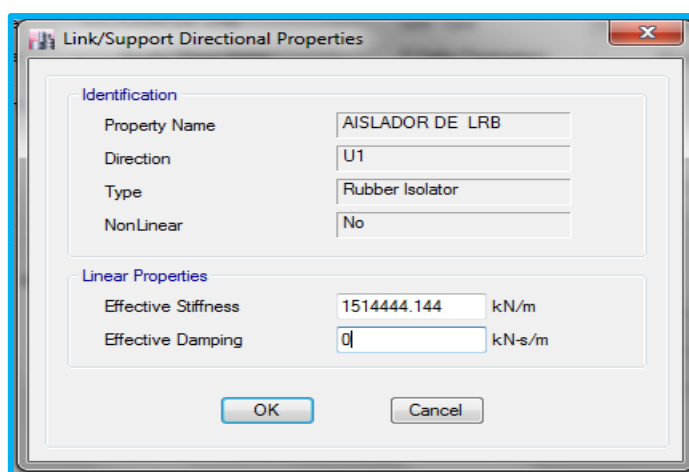


Figura N° 60: Asignación de Parámetros U1 LRB (B)  
Fuente: Software ETABS

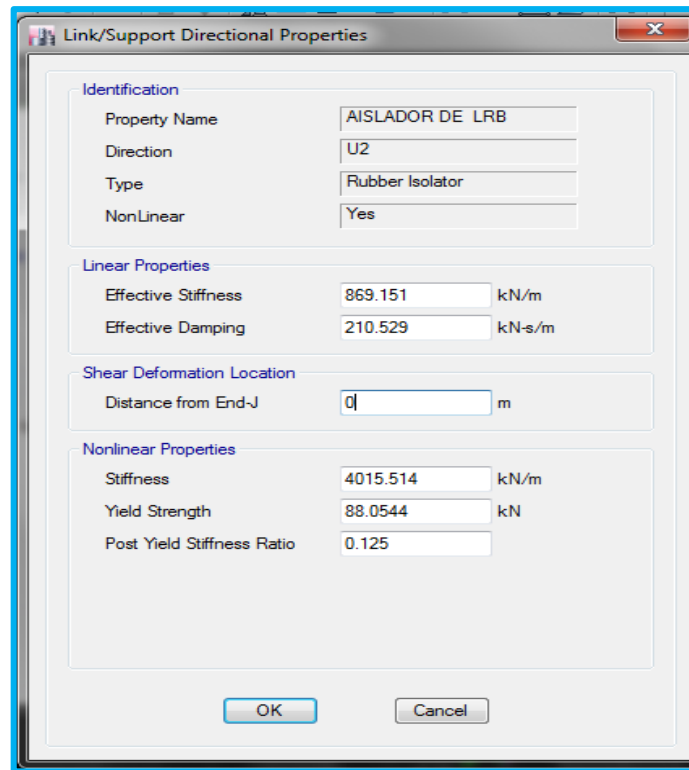


Figura N° 61: Asignación de parámetros U2 y U3 LRB (B)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.4.1 Análisis Estático de sector B

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones, pero como este diseño comprende de la combinación de dos tipos de aisladores, antes se realizará la determinación de amortiguamiento efectivo, como se muestra a continuación:

$$\beta_T = \frac{N_{HDRB} \times \beta_{DHDRB} + N_{LRB} \times \beta_{DLRB}}{28}$$

$$\beta_T = \frac{24 \times 19 + 4 \times 20}{28}$$

$$\beta_T = 19.143$$

Por lo tanto el amortiguamiento efectivo será:  $B_D = 1.479$

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{32865.831}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.6} \right)^2 = 19565.396 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 19565.396 = 25435.015 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.6}{4\pi^2 \times 1.483} = 0.22 \text{ cm}$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 2825.619 \text{ kN}$$

Una vez determinados la fuerza cortante este se distribuirá según el nivel, como se muestra acentuación:

Tabla 69: Distribución de Fuerzas Laterales

| Piso         | Peso (Wi)   | Σ Altura (hx) | Wi*hx    | Wi*hx/(Σ Wi*hx) | Fuerza     |
|--------------|-------------|---------------|----------|-----------------|------------|
| 4to Piso     | 4518.627264 | 18            | 81335.29 | 0.037628569     | 106.323999 |
| 3ro Piso     | 7254.443988 | 13.5          | 97934.99 | 0.045308176     | 128.023643 |
| 2do Piso     | 7257.965778 | 9             | 65321.69 | 0.030220114     | 85.3905292 |
| 1ro Piso     | 7254.443988 | 4.5           | 32645    | 0.015102725     | 42.6745475 |
| Piso Técnico | 6503.051799 | 0.5           | 3251.526 | 0.00150427      | 4.25049488 |
|              | 32788.53282 |               | 2161530  | 1               | 2825.619   |

Fuente: Elaboración Propia

También se puede asignar de la siguiente manera las fuerzas laterales, este coeficiente se asignará también en cada dirección de análisis.

$$C = \frac{V_b}{W} = 0.08597$$

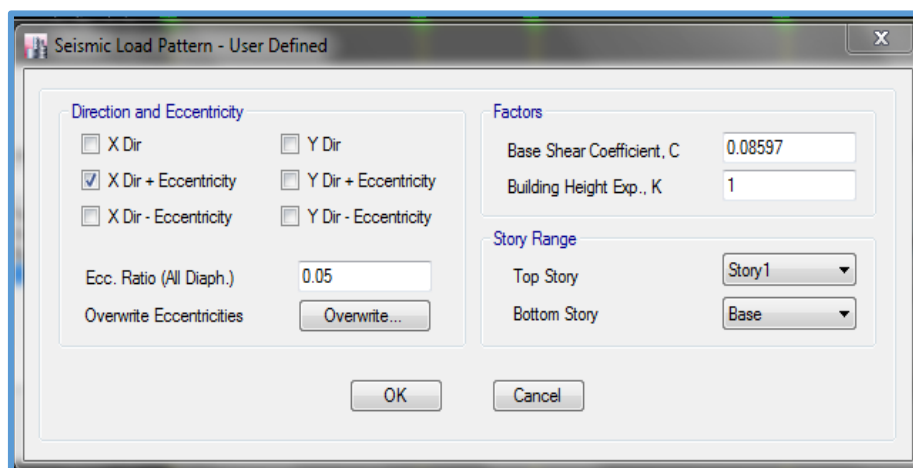


Figura N° 62: Asignación de Coeficiente Cortante de Aislador HDRB y LRB (B)  
Fuente: Software ETABS

También determinaremos el desplazamiento máximo del sismo máximo esperado:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.6}{4\pi^2 \times 1.483} = 0.33 \text{ m}$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.33 = 0.36 \text{ m}$$

### 3.4.4.2 Análisis Dinámico de sector B

En la figura de anexo A-15, se muestra la asignación del acelerograma escalada en el software ETABS, luego de los 6 acelerogramas asignados se realiza la creación de casos de carga manteniendo la relación establecida en la tabla N° 35, la asignación se muestra en la figura de anexo A-14.

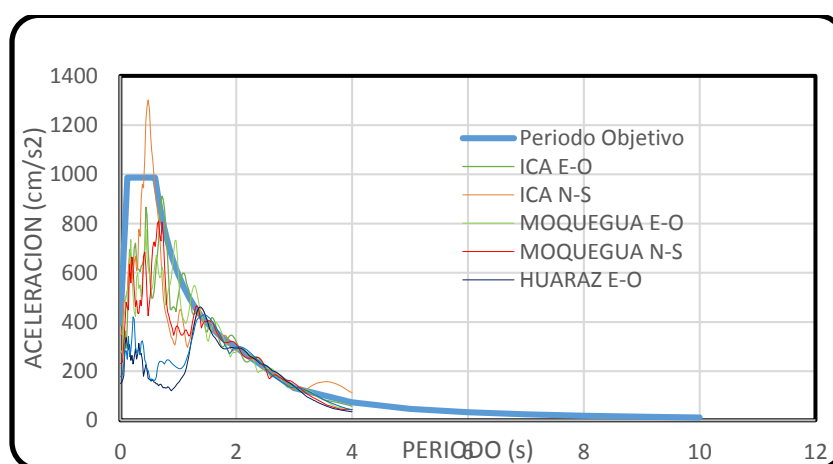


Figura N° 63: Escalado de Acelerogramas (B)

Fuente: Elaboración Propia

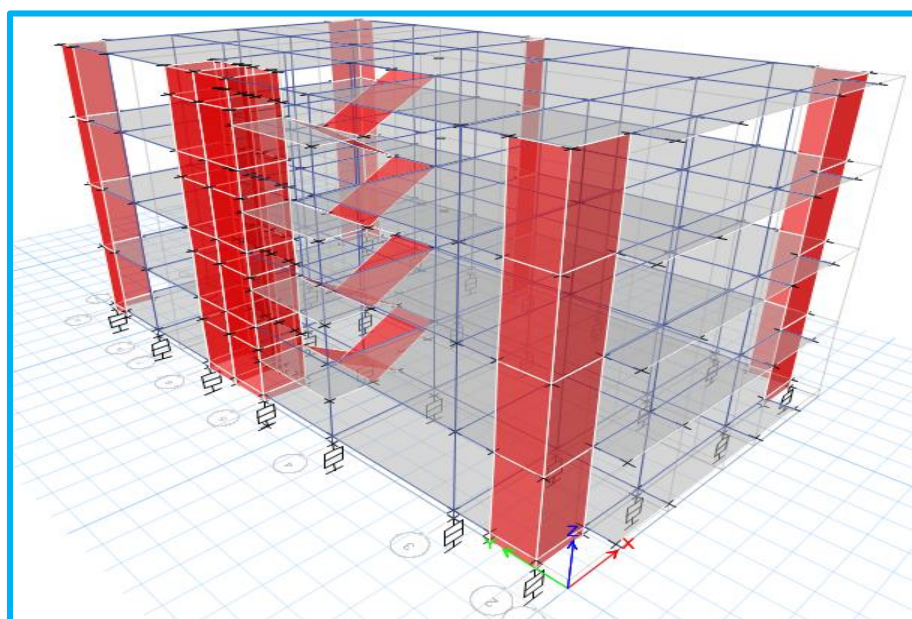


Figura N° 64: Modelo Aislado (B)

Fuente: Software ETABS

### 3.4.5 Sector C

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector C se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 25.

Tabla 70 : Parámetros de Diseño del Aislador (C)

| Descripción                                  | Símbolo   | Valor      |
|--|-----------|------------|
| Peso de Estructura                           | $W$       | 23717.9332 |
| Número de apoyos                             | $N$       | 33         |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$ | 1835.13 kN |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$ | 973.72 kN  |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$  | 0.765 s    |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$  | 0.51 s     |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$     | 2.5 s      |
| Amortiguamiento Efectivo                     | $\beta_D$ | 31.93 %    |
| Deformación de corte                         | $\gamma$  | 1.5        |
| Módulo de Elasticidad                        | $K$       | 2000 MPa   |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 71: Resultados del Diseño

| Características                     | Valor   |
|-------------------------------------|---------|
| Número de Aisladores                | 33      |
| Altura Total                        | 27.5 cm |
| Radio de Curvatura                  | 3 m     |
| Diámetro del deslizador articulado  | 18.4    |
| Altura de Capas de Goma             | 17.4 cm |
| Dimensión representativa Horizontal | 61.6 cm |

Fuente Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla siguiente N° 72 los diferentes factores de diseño del aislador, se definirá en el software ETABS, el cual se muestra en las figuras, ver la figura N° 66 Y figura N° 67

Tabla 72: Resultados del diseño Bilineal

| Descripción              | Valor             |
|--------------------------|-------------------|
| Rigidez Vertical         | 3365306.3648 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 480.7581kN/m      |
| Rigidez Inicial          | 16977.7618 Kn/M   |
| Fuerza de Fluencia       | 43.1235 kN        |
| Ratio                    | 0.014             |
| Amortiguamiento Efectivo | 119.9356s*kN/m    |
| Coefficiente de Fricción | 0.06              |
| Radio de Curvatura       | 3 m               |

Fuente Elaboración Propia

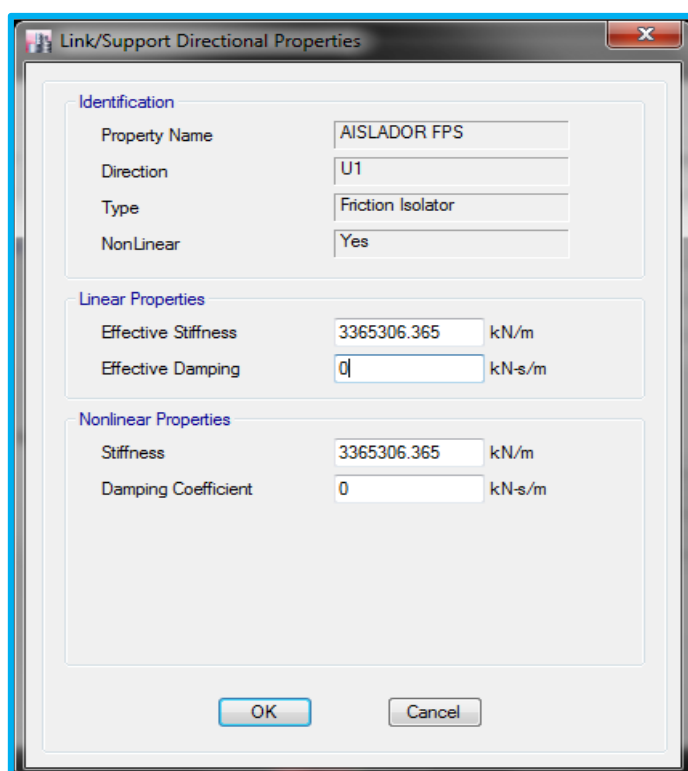


Figura N° 65: Definición de parámetros del Aislador FPS U1 (C)  
Fuente: Software ETABS

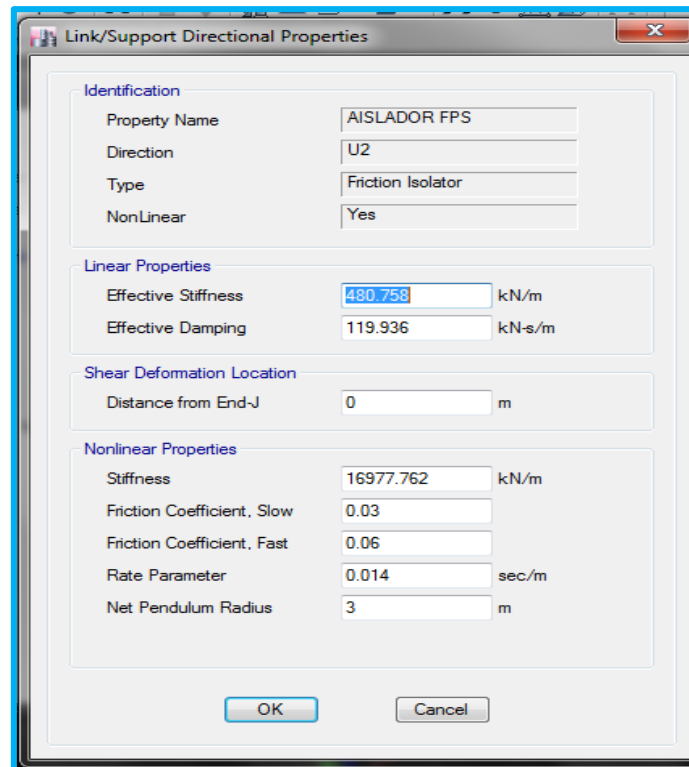


Figura N° 66: Definición de Parámetros del aislador FPS U2 y U3 (C)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.5.1 Análisis Estático de sector C

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{23717.9332}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.5} \right)^2 = 15271.70 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 15271.70 = 19853.218 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.5}{4\pi^2 \times 1.738} = 0.182 \text{ cm}$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 1809.55 \text{ kN}$$



Tabla 73: Distribución de Fuerza Lateral

| Piso         | Peso (Wi) | Σ Altura (hx) | Wi*hx    | Wi*hx/(Σ Wi*hx) | Fuerza     |
|--------------|-----------|---------------|----------|-----------------|------------|
| 2do Piso     | 6304.98   | 9.5           | 59897.31 | 0.549295696     | 993.472675 |
| 1ro Piso     | 8986.678  | 5             | 44933.39 | 0.412067207     | 745.277112 |
| Piso Técnico | 8426.275  | 0.5           | 4213.137 | 0.038637097     | 69.8802134 |
|              | 15291.66  |               | 109043.8 | 1               | 1809.55    |

Fuente Elaboración Propia

También se puede asignar mediante la siguiente manera, para las direcciones, tanto la dirección “X”, como en la dirección “Y”.

$$C = \frac{V_b}{W} = 0.0762$$

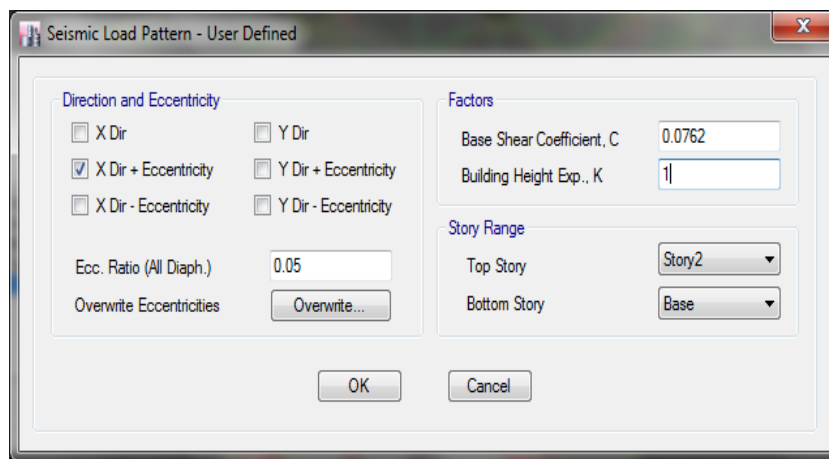


Figura N° 67: Asignación de Coeficiente de fuerza Cortante del Aislador FPS (C)  
Fuente: Software ETABS

También determinaremos el desplazamiento máximo del sismo máximo esperado:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.5}{4\pi^2 \times 1.738} = 0.273 \text{ m}$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.33 = 0.30 \text{ m}$$

### 3.4.5.2 Análisis Dinámico de sector C

En la figura de anexo A-17, se muestra la asignación del acelerograma escalada en el software ETABS, luego de los 6 acelerogramas asignados se realiza la creación de casos de carga manteniendo la relación establecida en la tabla N° 35, la asignación se muestra en la figura de anexo A-18.

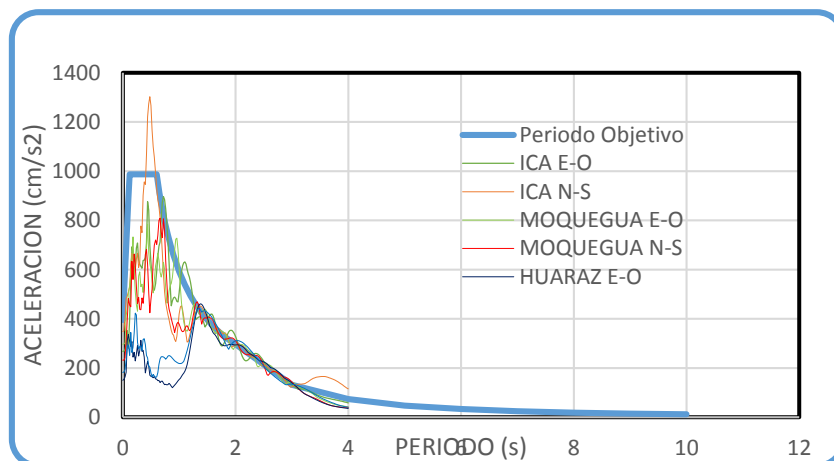


Figura N° 68: Escalado de Acelerograma (C)  
Fuente: Elaboración Propia

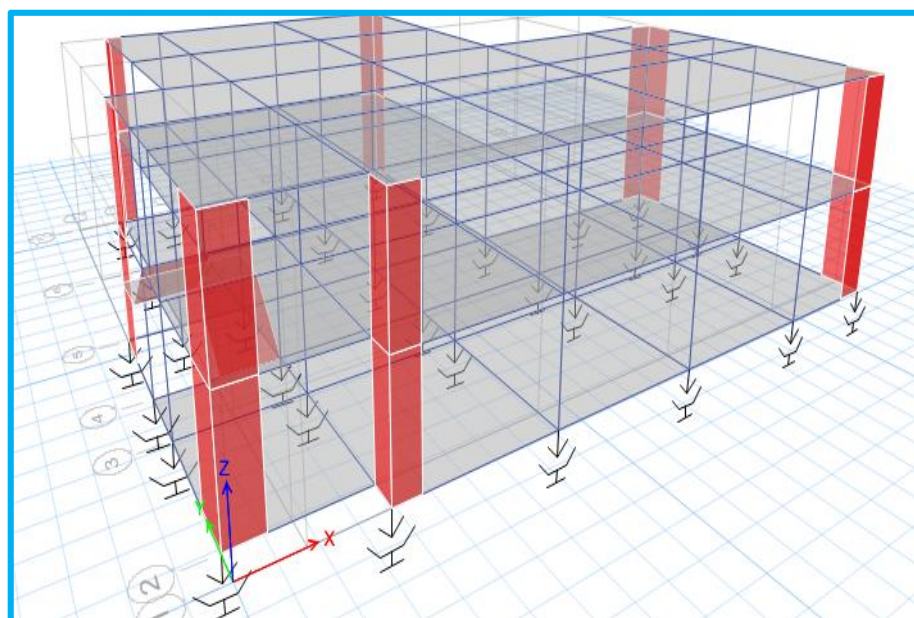


Figura N° 69: Modelo Aislado (C)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.6 Sector D

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector D se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 21.

Tabla 74: Datos para diseño del Aislador (D)

| Descripción                                  | Símbolo             | Valor         |
|--|---------------------|---------------|
| Peso de Estructura                           | $W$                 | 27407.3684 kN |
| Número de apoyos                             | N                   | 37            |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$           | 1002.70 kN    |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$           | 1685.23 kN    |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$            | 0.765 s       |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$            | 0.51 s        |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$               | 2.55 s        |
| Amortiguamiento Efectivo                     | $\beta_D = \beta_M$ | 18 %          |
| Deformación de corte                         | $\gamma$            | 1.5           |
| Módulo de Elasticidad                        | K                   | 2000 MPa      |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75: Resultados HDRB

| Características          | Valor            |
|--------------------------|------------------|
| Número de Aisladores     | 37               |
| Altura Total             | 36 cm            |
| Diámetro Exterior        | 40 cm            |
| Diámetro Interior        | 10 cm            |
| Número de Capas de Goma  | 35               |
| Altura de Capas de Goma  | 21 cm            |
| Número de Capas de acero | 34               |
| Altura de Capas de Acero | 10.2 cm          |
| Módulo de Corte          | 132.54 psi       |
| Rigidez Vertical         | 289292.8597 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 484.827 kN/m     |

Fuente Elaboración Propia

Tabla 76: Resumen de datos para Diseño (HDRB)

| Descripción              | Valor            |
|--------------------------|------------------|
| Rigidez Vertical         | 289292.8597 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 484.827 kN/m     |
| Rigidez Inicial          | 1046.489 Kn/M    |
| Fuerza de Fluencia       | 21.9763 kN       |
| Ratio                    | 0.407            |
| Amortiguamiento Efectivo | 27.547 s*kN/m    |

Fuente Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla siguiente N° 76 los diferentes factores de diseño del aislador, se definirá en el software ETABS, el cual se muestra en las figuras, ver la figura N° 71 Y figura N° 72

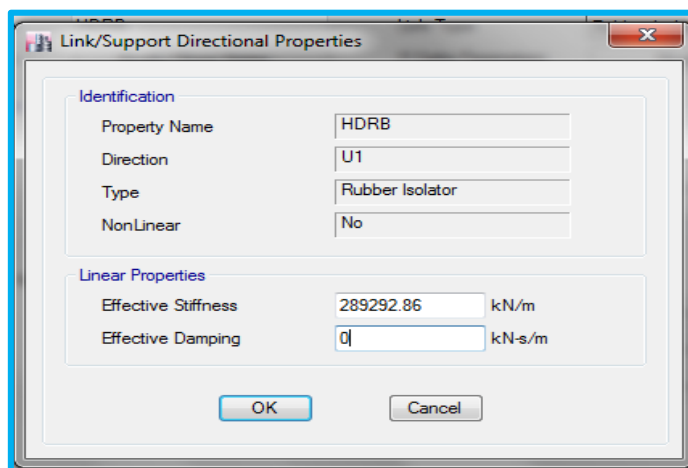


Figura N° 70: Definición de Parámetros del aislador U1 (D)

Fuente: software ETABS

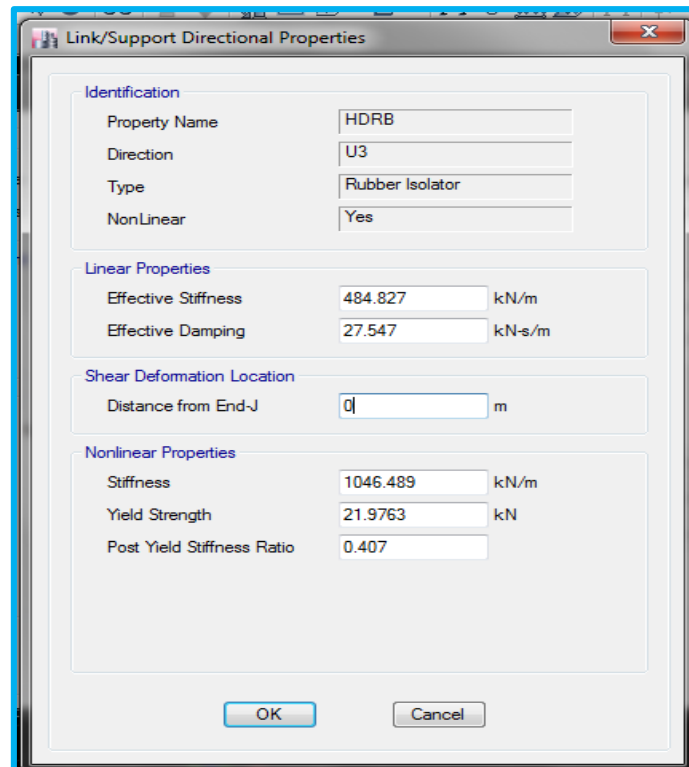


Figura N° 71: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (D)  
Fuente: software ETABS

### 3.4.6.1 Análisis Estático de sector D

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{27407.368}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.55} \right)^2 = 16962.025 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 16962.025 = 22050.633 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.55}{4\pi^2 \times 1.46} = 0.221 m$$

$$D_{TD} = 1.1D_D = 0.243 m$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 2440.382 kN$$

$$C = \frac{V_b}{W} = 0.089$$

Este coeficiente será asignado en el software ETABS, de la misma manera que se asignó en los anteriores sectores.

También determinaremos el desplazamiento máximo del sismo máximo esperado:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.55}{4\pi^2 \times 1.46} = 0.332 \text{ m}$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.332 = 0.365 \text{ m}$$

### 3.4.6.2 Análisis Dinámico de sector D

Luego para realizar el análisis dinámico se escalará aquellos registros sísmicos como se muestra en la siguiente figura, los registros sísmicos son mencionados en el ítem 3.2.4., se asignará del mismo modo que en estructuras de base fija, el caso de carga se asignará de la tabla N° 35, este se definirá como se muestra en la figura N° 20, el dibujo del modelo se puede apreciar en el anexo figura N° A-21 en el anexo.

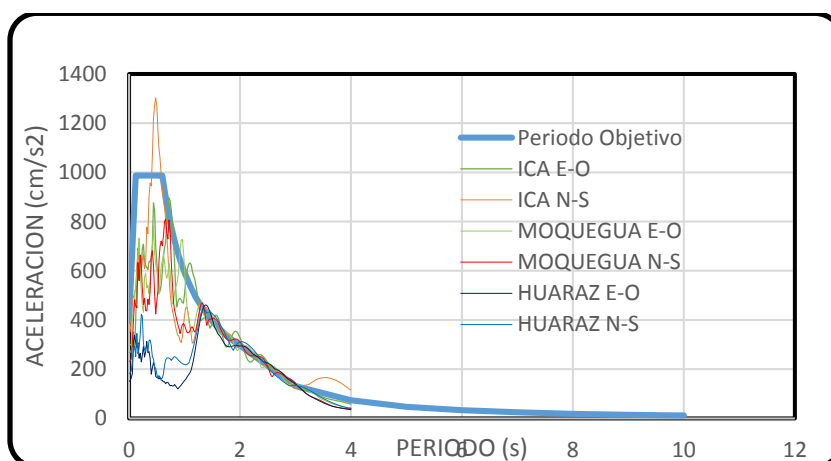


Figura N° 72: Escalado de acelerogramas (D)  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.7 Sector E

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector H se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 23.

Tabla 77: Datos para el diseño de Aislador HDRB y LRB

| Descripción                                  | Símbolo         | Valor        |
|--|-----------------|--------------|
| Peso de Estructura                           | $W$             | 18757.081 kN |
| Número de apoyos                             | $N$             | 32           |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$       | 937.491 kN   |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$       | 554.615 kN   |
| Número de Aisladores HDRB                    | $N_{HDRB}$      | 28           |
| Número de Aisladores LRB                     | $N_{LRB}$       | 4            |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$        | 0.765 s      |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$        | 0.51 s       |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$           | 2.6 s        |
| Amortiguamiento Efectivo de HDRB             | $\beta_{DHDRB}$ | 19 %         |
| Amortiguamiento Efectivo de LRB              | $\beta_{DLRB}$  | 20 %         |
| Deformación de corte                         | $\gamma$        | 1.5          |
| Módulo de Elasticidad                        | $K$             | 2000 MPa     |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78: Resultado de Diseño HDRB

| Características          | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Número de Aisladores     | 28              |
| Altura Total             | 32 cm           |
| Diámetro Exterior        | 40 cm           |
| Diámetro Interior        | 10 cm           |
| Número de Capas de Goma  | 30              |
| Altura de Capas de Goma  | 18 cm           |
| Número de Capas de acero | 29              |
| Altura de Capas de Goma  | 8.7 cm          |
| Módulo de Corte          | 84.858 psi      |
| Rigidez Vertical         | 249029.548 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 362.765 kN/m    |

Fuente Elaboración Propia

Tabla 79: Resultados de diseño de Aislador LRB

| Características          | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Número de Aisladores     | 4               |
| Altura Total             | 28.9 cm         |
| Diámetro Exterior        | 40 cm           |
| Diámetro Interior        | 10 cm           |
| Número de Capas de Goma  | 29              |
| Altura de Capas de Goma  | 16.8 cm         |
| Número de Capas de acero | 28              |
| Altura de Capas de acero | 8.1 cm          |
| Módulo de Corte          | 84.858 psi      |
| Rigidez Vertical         | 690618.876 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 417.18 kN/m     |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 80: Resultado Bilineal de HDRB

| Descripción              | Valor            |
|--------------------------|------------------|
| Rigidez Vertical         | 249029.5477 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 362.7652 kN/m    |
| Rigidez Inicial          | 890.4716 kN/M    |
| Fuerza de Fluencia       | 14.9599 kN       |
| Ratio                    | 0.3589           |
| Amortiguamiento Efectivo | 21.0159 skN/m    |

Fuente Elaboración Propia

Con los datos anteriores determinados, pasamos a definir el aislador tipo HDRB en el software ETABS.



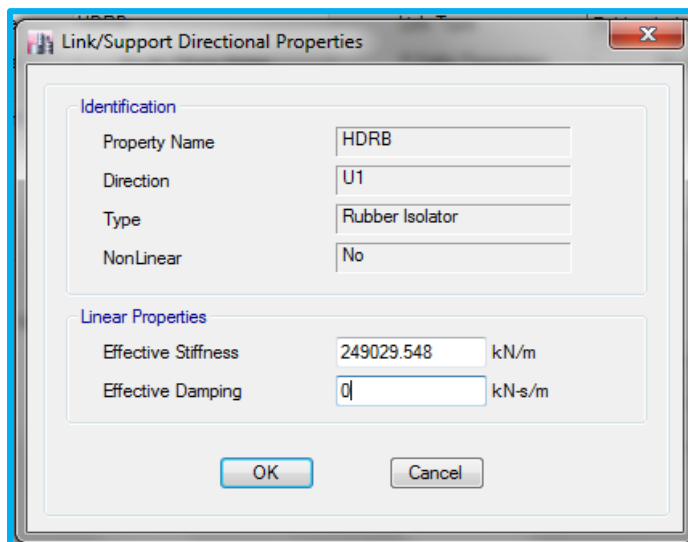


Figura N° 73: Definición de parámetros del Aislador HDRB U1 (E)  
Fuente: Software ETABS

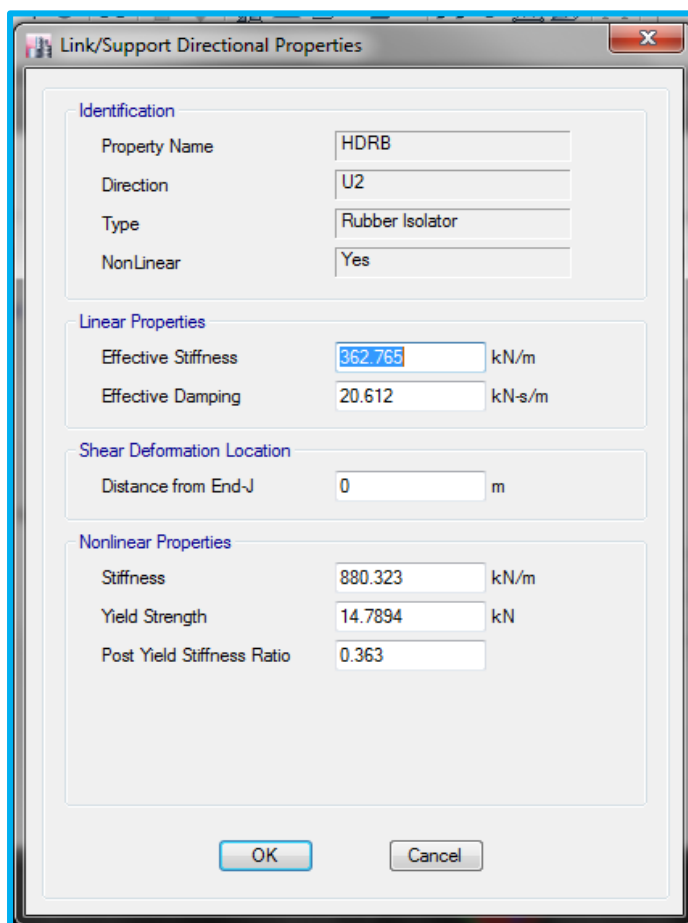


Figura N° 74: Definición de Parámetros del aislador HDRB U2 y U3 (E)  
Fuente: Software ETABS

Tabla 81: Resultado Bilineal de LRB

| Descripción              | Valor            |
|--------------------------|------------------|
| Rigidez Vertical         | 690618.8765 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 417.18 kN/m      |
| Rigidez Inicial          | 564.1788 kN/M    |
| Fuerza de Fluencia       | 88.0544 kN       |
| Ratio                    | 0.125            |
| Amortiguamiento Efectivo | 201.3193 skN/m   |

Fuente Elaboración Propia

Con los datos anteriores determinados, pasamos a definir el aislador LRB en el software ETABS.

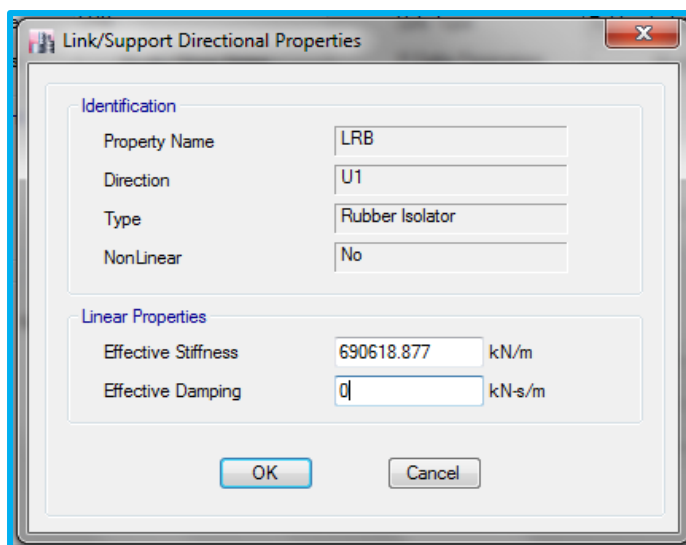


Figura N° 75: Asignación de Parámetros U1 LRB (E)  
Fuente: Software ETABS

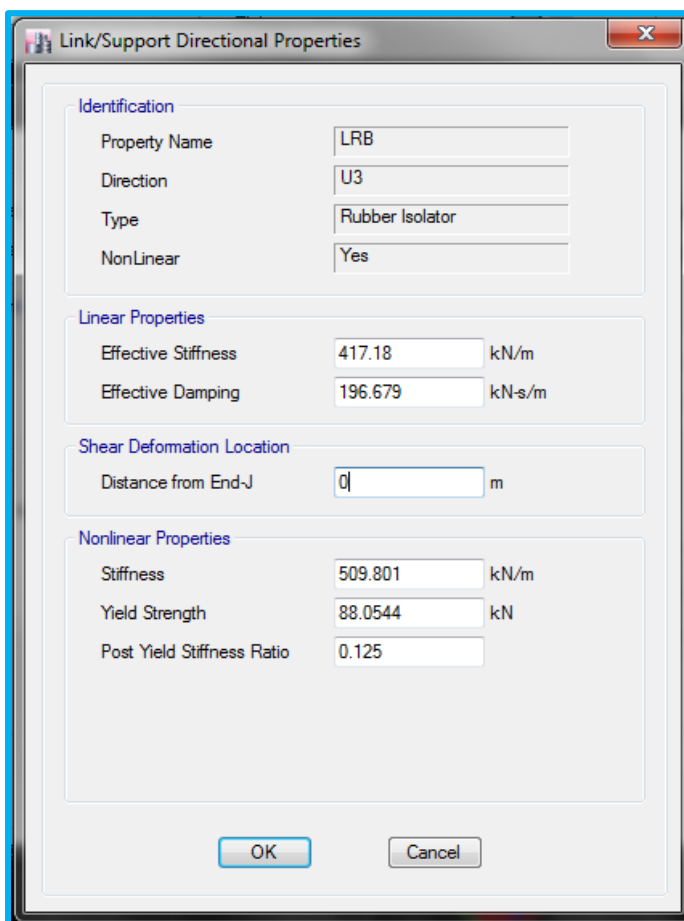


Figura N° 76: Asignación de parámetros U2 y U3 LRB (E)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.7.1 Análisis Estático de sector E

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

Promedio de Amortiguamiento:

$$\beta_T = \frac{N_{HDRB} \times \beta_{DHDRB} + N_{LRB} \times \beta_{DLRB}}{28}$$

$$\beta_T = \frac{28 \times 19 + 4 \times 20}{32}$$

$$\beta_T = 19.125$$

Por lo tanto el amortiguamiento efectivo será:  $B_D = 1.4825$

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{18757.081}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.6} \right)^2 = 11166.3 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 11166.3 = 14516.19 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.6}{4\pi^2 \times 1.4825} = 0.222 cm$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 1613.172 kN$$

$$C = \frac{V_b}{W} = 0.086$$

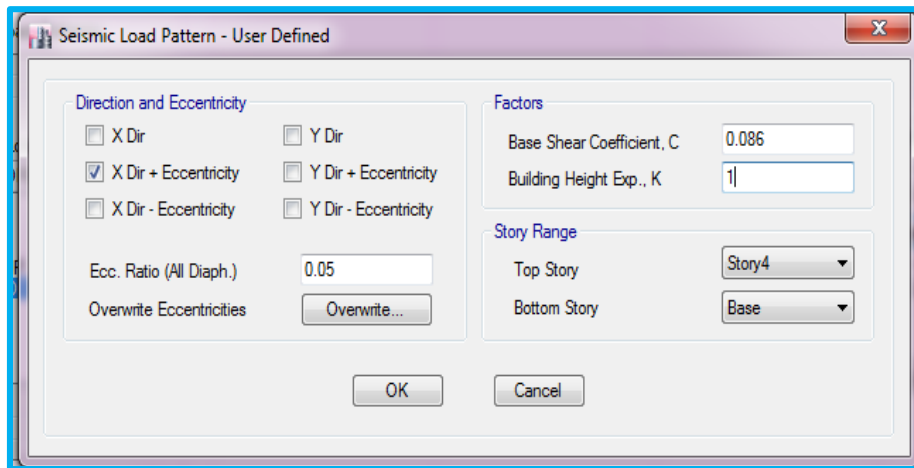


Figura N° 77: Asignación de Coeficiente Cortante de Aislador HDRB y LRB (E)  
Fuente: Software ETABS

También determinaremos el desplazamiento máximo del sismo máximo esperado:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.6}{4\pi^2 \times 1.4825} = 0.333 m$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.333 = 0.366 m$$

### 3.4.7.2 Análisis Dinámico de sector E

En la figura de anexo A-22, se muestra la asignación del acelerograma escalada en el software ETABS, luego de los 6 acelerogramas asignados se realiza la creación de casos de carga manteniendo la relación establecida en la tabla N° 35, la asignación se muestra en la figura de anexo A-23. El dibujo del modelo se puede apreciar en el anexo figura N° A-24

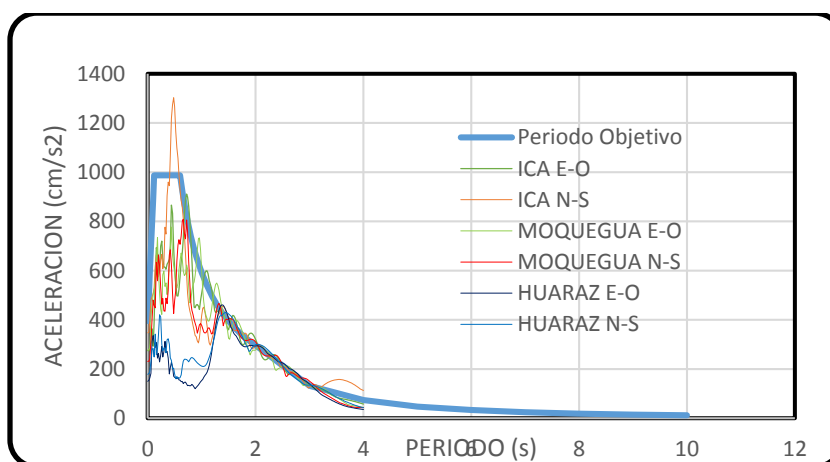


Figura N° 78: Escalado de Acelerogramas (E)  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.8 Sector E-F

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector E-F se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 25.

Tabla 82 : Parámetros de Diseño del Aislador (E-F)

| Descripción                                  | Símbolo   | Valor      |
|--|-----------|------------|
| Peso de Estructura                           | $W$       | 22315.023  |
| Número de apoyos                             | $N$       | 36         |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$ | 858.083 kN |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$ | 493.34 kN  |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$  | 0.765 s    |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$  | 0.51 s     |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$     | 2.6 s      |
| Amortiguamiento Efectivo                     | $\beta_D$ | 34.1 %     |
| Deformación de corte                         | $\gamma$  | 1.5        |
| Módulo de Elasticidad                        | $K$       | 2000 MPa   |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 83: Resultados del Diseño

| Características                     | Valor |
|-------------------------------------|-------|
| Número de Aisladores                | 36    |
| Altura Total                        | 30 cm |
| Radio de Curvatura                  | 3.5 m |
| Diámetro del deslizador articulado  | 15.6  |
| Dimensión representativa Horizontal | 65 cm |

Fuente Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla siguiente N° 84 los diferentes factores de diseño del aislador, se definirá en el software ETABS, el cual se muestra en las figuras, ver la figura N° 80 Y figura N° 81

Tabla 84: resultados del diseño Bilineal

| Descripción              | Valor            |
|--------------------------|------------------|
| Rigidez Vertical         | 2673324.4637kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 381.9035 kN/m    |
| Rigidez Inicial          | 14642.4035 Kn/M  |
| Fuerza de Fluencia       | 37.1917 kN       |
| Ratio                    | 0.0121           |
| Amortiguamiento Efectivo | 106.0579 skN/m   |
| Coefficiente de Fricción | 0.06             |
| Radio de Curvatura       | 3.5m             |

Fuente Elaboración Propia

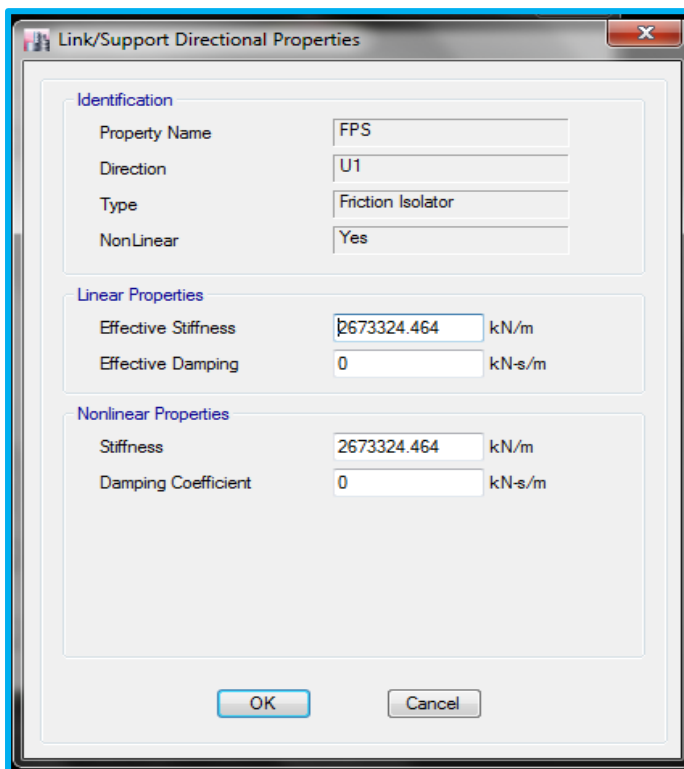


Figura N° 79: Definición de parámetros del Aislador FPS U1 (E-F)  
Fuente: Software ETABS

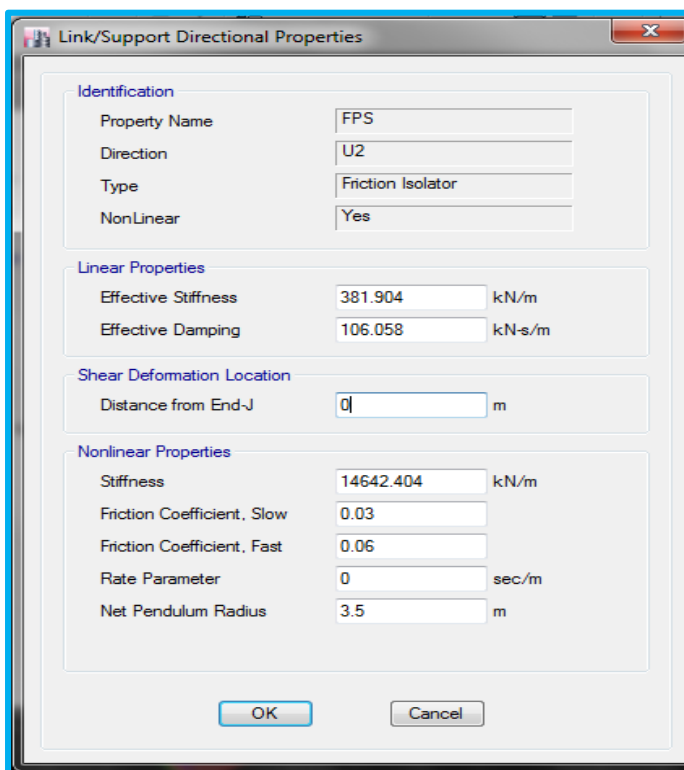


Figura N° 80: Definición de Parámetros del aislador FPS U2 y U3 (E-F)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.8.1 Análisis Estático de sector E-F

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{22315.023}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.6} \right)^2 = 13284.383 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 13284.383 = 17269.697 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.5}{4\pi^2 \times 1.783} = 0.185 m$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 1595.718 kN$$

$$C = \frac{V_b}{W} = 0.0715$$

Ahora determinaremos el desplazamiento máximo:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.6}{4\pi^2 \times 1.783} = 0.277 m$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.333 = 0.305 m$$

### 3.4.8.2 Análisis Dinámico de sector E-F

Luego para realizar el análisis dinámico se escalará aquellos registros sísmicos como se muestra en la siguiente figura, los registros sísmicos son mencionados en el ítem 3.2.4., se asignará del mismo modo que en estructuras de base fija, el caso de carga se asignará de la tabla N° 35, este se definirá como se muestra en la figura N° A-26. El dibujo del modelo se puede apreciar en el anexo figura N° A-27.



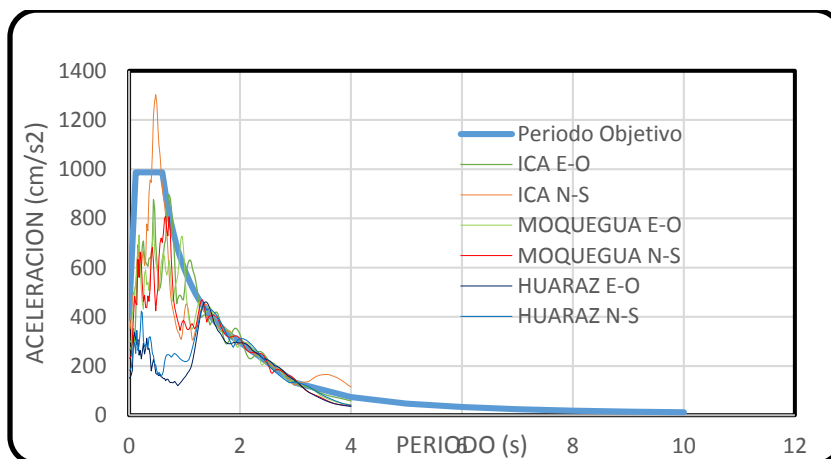


Figura N° 81: Escalado de Acelerograma (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.9 Sector F

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector F se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 21.

Tabla 85: Datos para diseño del Aislador (F)

| Descripción                                  | Símbolo             | Valor       |
|--|---------------------|-------------|
| Peso de Estructura                           | $W$                 | 5111.836 kN |
| Número de apoyos                             | N                   | 39          |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$           | 169.97 kN   |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$           | 104.5 kN    |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$            | 0.765 s     |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$            | 0.51 s      |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$               | 2.6 s       |
| Amortiguamiento Efectivo                     | $\beta_D = \beta_M$ | 18 %        |
| Deformación de corte                         | $\gamma$            | 1.5         |
| Módulo de Elasticidad                        | K                   | 2000 MPa    |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 86: Resultados HDRB

| Características          | Valor         |
|--------------------------|---------------|
| Número de Aisladores     | 39            |
| Altura Total             | 36 cm         |
| Diámetro Exterior        | 30 cm         |
| Diámetro Interior        | 10 cm         |
| Número de Capas de Goma  | 35            |
| Altura de Capas de Goma  | 21 cm         |
| Número de Capas de acero | 34            |
| Altura de Capas de Acero | 10.2 cm       |
| Módulo de Corte          | 130.9 psi     |
| Rigidez Vertical         | 27036.40 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 81.15 kN/m    |

Fuente Elaboración Propia

Para el modelo bilineal se diseñó mediante las ecuaciones de la tabla 37, teniendo el siguiente resultado.

Tabla 87: Resumen de datos para Diseño (HDRB)

| Descripción              | Valor         |
|--------------------------|---------------|
| Rigidez Vertical         | 27036.40 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 81.15 kN/m    |
| Rigidez Inicial          | 175.16 Kn/M   |
| Fuerza de Fluencia       | 3.67 kN       |
| Ratio                    | 0.407         |
| Amortiguamiento Efectivo | 4.61 s*kN/m   |

Fuente Elaboración Propia

Con los datos anteriores determinados, asignamos en el software ETABS.

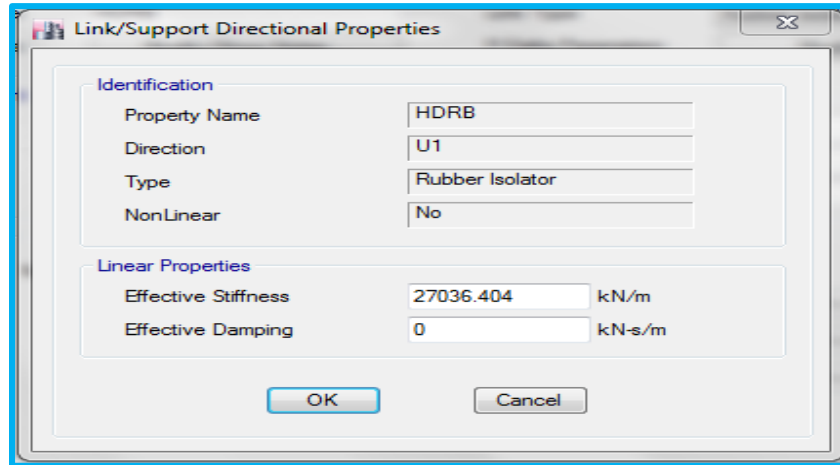


Figura N° 82: Definición de Parámetros del aislador U1 (F)  
Fuente: software ETABS

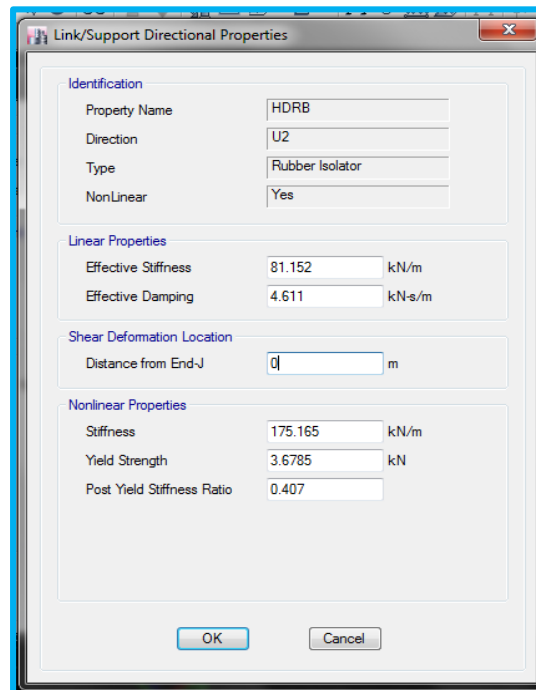


Figura N° 83: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (F)  
Fuente: software ETABS

### 3.4.9.1 Análisis Estático de sector F

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{5111.836}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.6} \right)^2 = 3043.133 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 3043.133 = 3956.073 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.6}{4\pi^2 \times 1.46} = 0.226 \text{ m}$$

$$D_{TD} = 1.1D_D = 0.2486 \text{ m}$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 446.41 \text{ kN}$$

Una vez determinados la fuerza cortante este se distribuirá según el nivel, como se muestra acentuación:

Para Sismo Máximo Esperado:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.6}{4\pi^2 \times 1.46} = 0.338 \text{ m}$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.332 = 0.372 \text{ m}$$

### 3.4.9.2 Análisis Dinámico de sector F

Se utilizará los registros mencionados anteriormente escalados, para su escalado se realizará con el espectro objetivo (E-030) norma peruana.

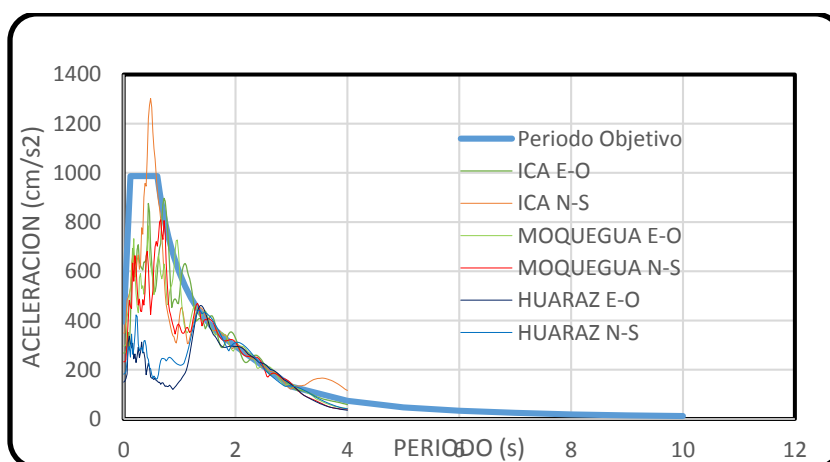


Figura N° 84: Escalado de acelerogramas (F)  
Fuente: Elaboración Propia

Luego del escalado de los sismos, luego se asigna en el programa los 3 registros sísmicos cada uno de estas dividido en norte-sur y este-oeste.

Para la asignación de estos en el software ETABS, se procederá según especifica la norma ASCE 7-10.

### 3.4.10 Sector G

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector B se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 23.

Tabla 88: Datos para el diseño de Aislador HDRB y LRB

| Descripción                                  | Símbolo         | Valor      |
|--|-----------------|------------|
| Peso de Estructura                           | $W$             | 2793.03 kN |
| Número de apoyos                             | N               | 20         |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$       | 263.48 kN  |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$       | 105.52 kN  |
| Número de Aisladores HDRB                    | $N_{HDRB}$      | 16         |
| Número de Aisladores LRB                     | $N_{LRB}$       | 4          |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$        | 0.765 s    |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$        | 0.51 s     |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$           | 2.55 s     |
| Amortiguamiento Efectivo de HDRB             | $\beta_{DHDRB}$ | 19 %       |
| Amortiguamiento Efectivo de LRB              | $\beta_{DLRB}$  | 20 %       |
| Deformación de corte                         | $\gamma$        | 1.5        |
| Módulo de Elasticidad                        | K               | 2000 MPa   |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 89: Resultado de Diseño HDRB

| Características          | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Número de Aisladores     | 16              |
| Altura Total             | 32 cm           |
| Diámetro Exterior        | 30 cm           |
| Diámetro Interior        | 10 cm           |
| Número de Capas de Goma  | 30              |
| Altura de Capas de Goma  | 18 cm           |
| Número de Capas de acero | 29              |
| Altura de Capas de Goma  | 8.7 cm          |
| Módulo de Corte          | 59.95 psi       |
| Rigidez Vertical         | 32303.1014 kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 86.428 kN/m     |

Fuente Elaboración Propia

Tabla 90: Resultados de diseño de Aislador LRB

| Características          | Valor              |
|--------------------------|--------------------|
| Número de Aisladores     | 4                  |
| Altura Total             | 25.2 cm            |
| Diámetro Exterior        | 30 cm              |
| Diámetro Interior        | 10 cm              |
| Número de Capas de Goma  | 25                 |
| Altura de Capas de Goma  | 15 cm              |
| Número de Capas de acero | 24                 |
| Altura de Capas de acero | 7.2 cm             |
| Módulo de Corte          | 59.95 psi          |
| Rigidez Vertical         | 550962.266<br>kN/m |
| Rigidez Horizontal       | 99.392 kN/m        |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 91: Resultado Bilineal de HDRB

| Descripción              | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Rigidez Vertical         | 32303.1014 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 86.4283 kN/m    |
| Rigidez Inicial          | 234.2478 kN/M   |
| Fuerza de Fluencia       | 3.2795 kN       |
| Ratio                    | 0.3256          |
| Amortiguamiento Efectivo | 4.9107 skN/m    |

Fuente Elaboración Propia

Con los datos anteriores determinados, pasamos a definir el aislador tipo HDRB en el software ETABS.

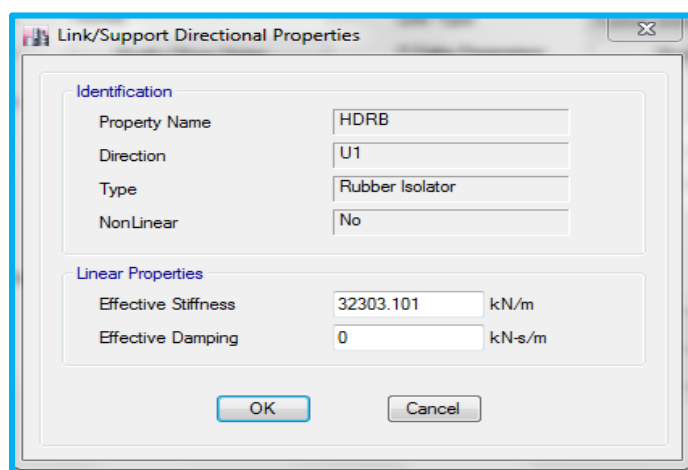


Figura N° 85: Definición de parámetros del Aislador HDRB U1 (G)  
Fuente: Software ETABS

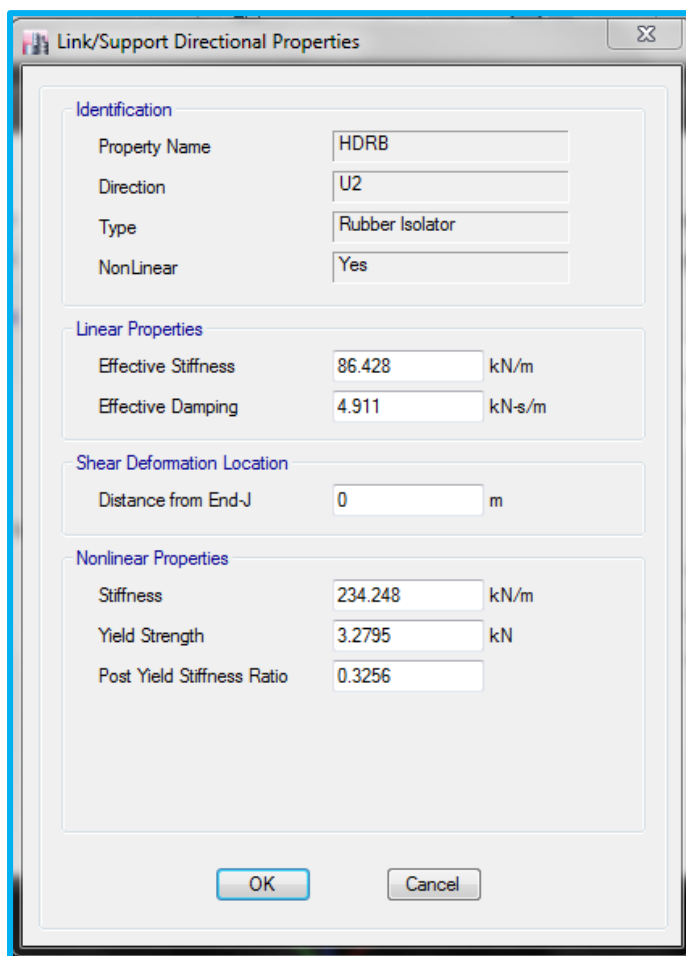


Figura N° 86: Definición de Parámetros del aislador U2 y U3 (G)  
Fuente: Software ETABS

Tabla 92: Resultado Bilineal de LRB

| Descripción              | Valor           |
|--------------------------|-----------------|
| Rigidez Vertical         | 550962.266 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 99.3925 kN/m    |
| Rigidez Inicial          | 100 kN/M        |
| Fuerza de Fluencia       | 88.0544 kN      |
| Ratio                    | 0.125           |
| Amortiguamiento Efectivo | 181.8799 skN/m  |

Fuente Elaboración Propia

Con los datos anteriores determinados, pasamos a definir el aislador LRB en el software ETABS.



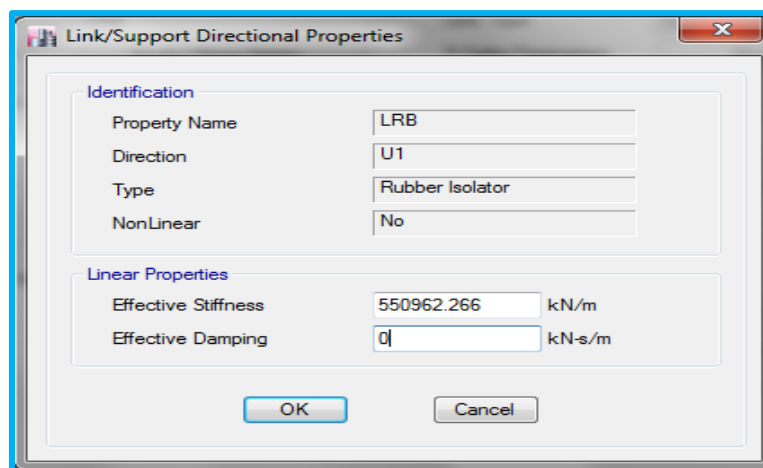


Figura N° 87: Asignación de Parámetros U1 LRB (G)  
Fuente: Software ETABS

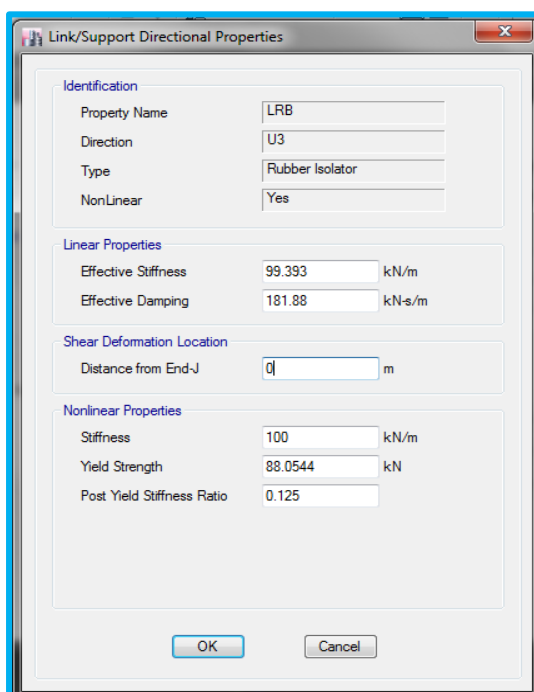


Figura N° 88: Asignación de parámetros U2 y U3 LRB (G)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.10.1 Análisis Estático de sector G

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

Promedio de Amortiguamiento:

$$\beta_T = \frac{N_{HDRB} \times \beta_{DHDRB} + N_{LRB} \times \beta_{DLRB}}{20}$$

$$\beta_T = \frac{16 \times 19 + 4 \times 20}{20}$$

$$\beta_T = 19.2$$

Por lo tanto el amortiguamiento efectivo será:  $B_D = 1.484$

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{2793.03}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.55} \right)^2 = 1728.56 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 1728.56 = 2247.14 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.55}{4\pi^2 \times 1.484} = 0.218cm$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 244.67 kN$$

También se puede asignar de la siguiente manera las fuerzas laterales.

$$C = \frac{V_b}{W} = 0.0876$$

### 3.4.10.2 Análisis Dinámico de sector G

Se utilizará los registros mencionados anteriormente escalados, para su escalado se realizará con el espectro objetivo (E-030) norma peruana.

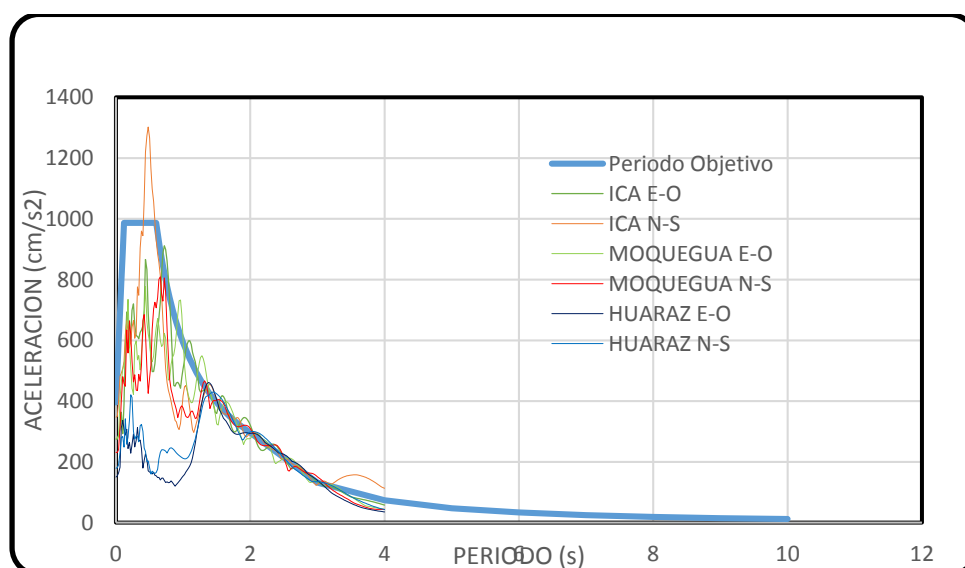


Figura N° 89: Escalado de Acelerogramas (G)

Fuente: Elaboración Propia

Luego del escalado se pasará a la asignación de estos sismos al software ETABS.

### 3.4.11 Sector H

Luego de tener el modelo analizado de base fija del sector H se utilizará este para su aplicación en este ítem, los diferentes pesos y coeficientes de sitio se realizarán en referencia igual del ítem 3.4.3. Acerca de los demás factores asumirá en un inicio, para luego ser analizados en el diseño del aislador que se ven en la tabla N° 25.

Tabla 93 : Parámetros de Diseño del Aislador (H)

| Descripción                                  | Símbolo   | Valor       |
|--|-----------|-------------|
| Peso de Estructura                           | $W$       | 6273.796 kN |
| Número de apoyos                             | N         | 15          |
| Peso máxima en Columna                       | $W_{max}$ | 706.45 kN   |
| Peso mínima en Columna                       | $W_{min}$ | 469.25 kN   |
| Ajuste por clase de sitio en periodos largos | $S_{M1}$  | 0.765 s     |
| Ajuste a nivel de diseño en periodos largos  | $S_{D1}$  | 0.51 s      |
| Periodo Efectivo                             | $T_D$     | 2.7 s       |
| Amortiguamiento Efectivo                     | $\beta_D$ | 34.13 %     |
| Deformación de corte                         | $\gamma$  | 1.5         |
| Módulo de Elasticidad                        | K         | 2000 MPa    |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 94: Resultados del Diseño

| Características                     | Valor   |
|-------------------------------------|---------|
| Número de Aisladores                | 15      |
| Altura Total                        | 20.1 cm |
| Radio de Curvatura                  | 350 cm  |
| Diámetro del deslizador articulado  | 16      |
| Altura de Capas de Goma             | 15.2 cm |
| Dimensión representativa Horizontal | 50.5 cm |

Fuente Elaboración Propia

Como se muestra en la tabla siguiente N° 100 los diferentes factores de diseño del aislador, se definirá en el software ETABS, el cual se muestra en las figuras, ver la figura N° 66 Y figura N° 67

Tabla 95: resultados del diseño Bilineal

| Descripción              | Valor             |
|--------------------------|-------------------|
| Rigidez Vertical         | 1803831.5078 kN/m |
| Rigidez Efectiva Lineal  | 257.6902 kN/m     |
| Rigidez Inicial          | 9879.99 Kn/M      |
| Fuerza de Fluencia       | 25.095 kN         |
| Ratio                    | 0.0121            |
| Amortiguamiento Efectivo | 71.56 skN/m       |
| Coficiente de Fricción   | 0.06              |
| Radio de Curvatura       | 3.50              |

Fuente Elaboración Propia

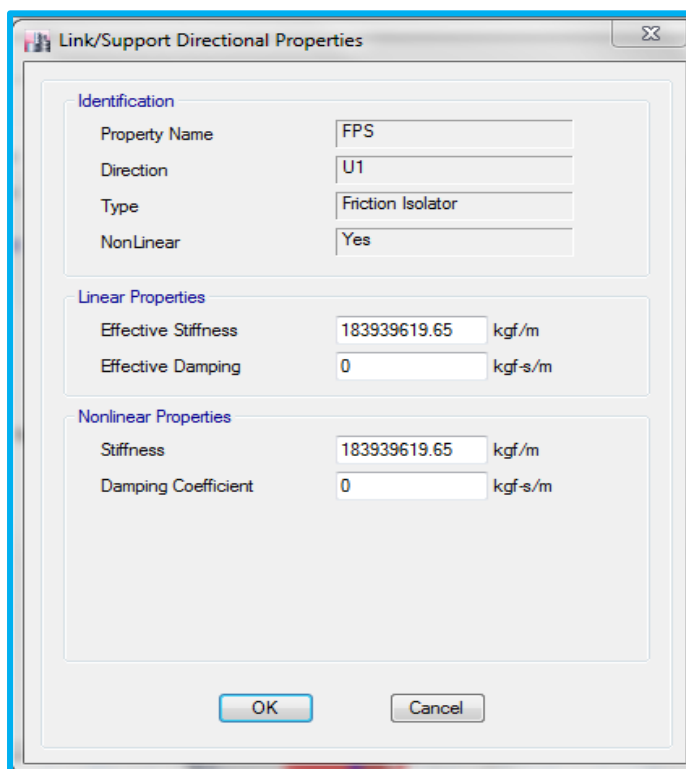


Figura N° 90: Definición de parámetros del Aislador FPS U1 (H)  
Fuente: Software ETABS

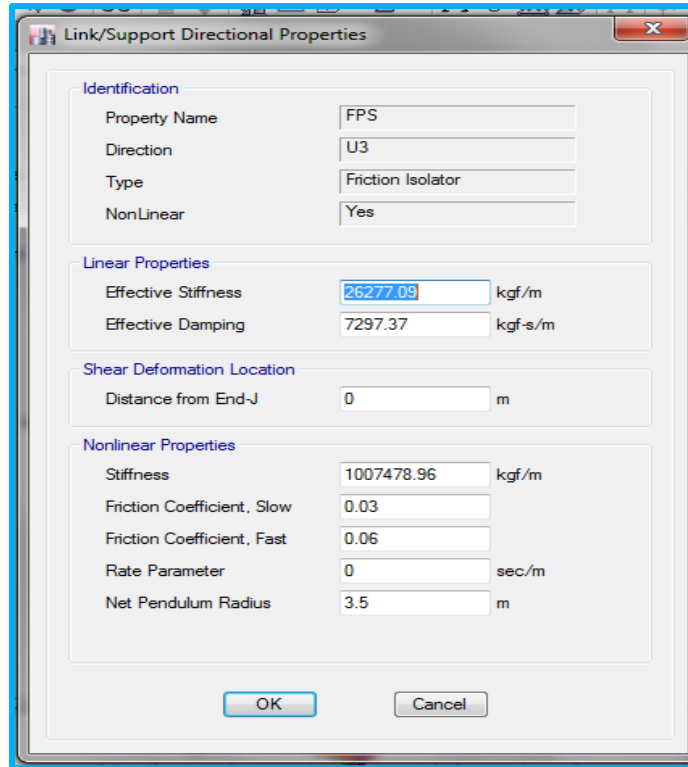


Figura N° 91: Definición de Parámetros del aislador FPS U2 y U3 (H)  
Fuente: Software ETABS

### 3.4.11.1 Análisis Estático de sector H

El coeficiente de fuerza cortante para modelos aislados se determinará en consecuencia de las siguientes ecuaciones:

$$K_{min} = \frac{W}{g} \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 = \frac{6273.796}{9.81} \left( \frac{2\pi}{2.7} \right)^2 = 3463.328 \frac{kN}{m}$$

$$K_{max} = 1.3 \times K_{min} = 1.3 \times 3463.328 = 4502.326 \frac{kN}{m}$$

$$D_D = \frac{g \times S_{D1} \times T_D}{4\pi^2 \times B_D} = \frac{9.81 \times 0.51 \times 2.7}{4\pi^2 \times 1.448} = 0.236 \text{ cm}$$

$$V_b = \frac{K_{max} \times D_D}{2} = 531.963 \text{ kN}$$

Se determina el máximo desplazamiento:

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4\pi^2 \times B_M} = \frac{9.81 \times 0.765 \times 2.7}{4\pi^2 \times 1.448} = 0.354 \text{ m}$$

$$D_{TM} = 1.1 \times 0.354 = 0.389 \text{ m}$$

### 3.4.11.2 Análisis Dinámico de sector H

Se utilizará los registros mencionados anteriormente escalados, para su escalado se realizará con el espectro objetivo (E-030) norma peruana.

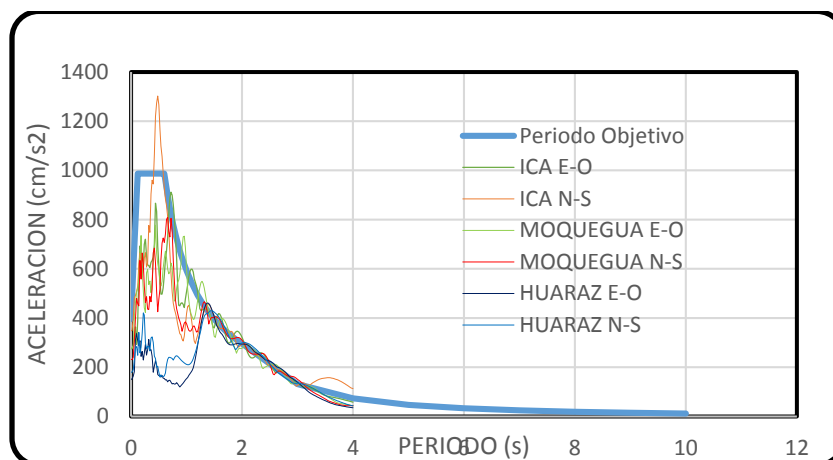


Figura N° 92: Escalado de Acelerograma (H)

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 SE ANALIZÓ LOS DIFERENTES SECTORES QUE COMPONEN EL MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA SIN AISLADORES CON LA NORMA E-030 VIGENTE.

##### 4.1.1 Sector A

##### 4.1.1.1 Participación Modal

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 96: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX       | UY     |
|-------|-------------|----------|--------|
| 1     | 0.295       | 0.0001   | 0.8176 |
| 2     | 0.292       | 0.8199   | 0.0001 |
| 3     | 0.215       | 1.45E-05 | 0.0021 |
| 4     | 0.071       | 0.1715   | 0.0085 |
| 5     | 0.071       | 0.0085   | 0.1715 |
| 6     | 0.047       | 0        | 0.0002 |

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.1.1.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia.

##### Mediante el Espectro de Respuesta

Tabla 98: Deriva en base fija (X)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 2 | 0.00554 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00346 | 0.007  |
| Base   | 0       | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 97: Deriva base fija (Y)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 2 | 0.00601 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00372 | 0.007  |
| Base   | 0       | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Mediante Análisis de Tiempo Historia

Tabla 99: Deriva en base Fija (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO - NS | NS - EO | EO - NS | NS - EO | EO - NS  | NS- EO  |               |
| 2do Piso | 0.00533 | 0.00583 | 0.00672 | 0.00570 | 0.00569  | 0.00546 | 0.00583       |
| 1er Piso | 0.00340 | 0.00363 | 0.00349 | 0.00359 | 0.00357  | 0.00342 | 0.00363       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 100: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO - NS | NS - EO | EO - NS | NS - EO | EO - NS  | NS - EO |               |
| 2do Piso | 0.00636 | 0.00568 | 0.00612 | 0.00619 | 0.00585  | 0.00618 | 0.00636       |
| 1er Piso | 0.00393 | 0.00359 | 0.00381 | 0.00374 | 0.00364  | 0.00384 | 0.00393       |

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que se tienen 6 casos de aceleraciones, se determinó la máxima deriva, así como lo especifica el reglamento RNE E-030(2016), se puede verificar que las derivas de respuesta espectral son menores con respecto al análisis dinámico tiempo historia.

#### 4.1.2 Sector B

##### 4.1.2.1 Participación Modal

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 101: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX     | UY     |
|-------|-------------|--------|--------|
| 1     | 0.453       | 0.2126 | 0.7307 |
| 2     | 0.447       | 0.821  | 0.1037 |
| 3     | 0.356       | 0.0266 | 0.2338 |
| 4     | 0.103       | 0.0129 | 0.1168 |
| 5     | 0.095       | 0.1524 | 0.0043 |
| 6     | 0.069       | 0.0009 | 0.0477 |

Fuente: Elaboración Propia



**4.1.2.2 Verificación de Derivas**

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia,

**Mediante el Espectro de Respuesta:**

Tabla 103: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva   | Limite |
|--------|----------|--------|
| Piso 4 | 0.003618 | 0.007  |
| Piso 3 | 0.004131 | 0.007  |
| Piso 2 | 0.003942 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.002097 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 102: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva    | Limite |
|--------|-----------|--------|
| Piso 4 | 0.003159  | 0.007  |
| Piso 3 | 0.003735  | 0.007  |
| Piso 2 | 0.0036675 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.001989  | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Mediante Análisis de Tiempo Historia

Tabla 104: Deriva en base Fija (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 4to Piso | 0.00355 | 0.00353 | 0.00464 | 0.00568 | 0.00360  | 0.00441 | 0.00568       |
| 3er Piso | 0.00406 | 0.00401 | 0.00549 | 0.00657 | 0.00419  | 0.00519 | 0.00657       |
| 2do Piso | 0.00384 | 0.00381 | 0.00539 | 0.00626 | 0.00404  | 0.00507 | 0.00626       |
| 1er Piso | 0.00200 | 0.00204 | 0.00280 | 0.00322 | 0.00209  | 0.00270 | 0.00322       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 105: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO- NS  | NS- EO  | EO- NS  | NS - EO | EO- NS   | NS- EO  |               |
| 4to Piso | 0.00330 | 0.00335 | 0.00447 | 0.00368 | 0.00472  | 0.00317 | 0.00472       |
| 3er Piso | 0.00390 | 0.00398 | 0.00525 | 0.00437 | 0.00564  | 0.00380 | 0.00564       |
| 2do Piso | 0.00378 | 0.00389 | 0.00506 | 0.00428 | 0.00556  | 0.00380 | 0.00556       |
| 1er Piso | 0.00205 | 0.00206 | 0.00268 | 0.00232 | 0.00303  | 0.00211 | 0.00303       |

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que se tienen 6 casos de aceleraciones, se determinó la máxima deriva, así como lo especifica el reglamento RNE E-030(2016), también se puede verificar que las

derivadas de respuesta espectral son menores con respecto al análisis dinámico tiempo historia.

### 4.1.3 Sector C

#### 4.1.3.1 Participación Modal

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente

Tabla 106: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX     | UY     |
|-------|-------------|--------|--------|
| 1     | 0.252       | 0.0556 | 0.745  |
| 2     | 0.228       | 0.7641 | 0.0495 |
| 3     | 0.168       | 0.0149 | 0.0042 |
| 4     | 0.066       | 0.1497 | 0.0136 |
| 5     | 0.058       | 0.0114 | 0.1847 |
| 6     | 0.041       | 0.0016 | 0.0005 |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.3.2 Verificación de Derivas

A continuación, se muestra las derivas determinadas mediante análisis dinámico, siendo estas mediante respuesta espectral y tiempo historia,

#### Mediante el Espectro de Respuesta:

Tabla 108: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva    | Limite |
|--------|-----------|--------|
| Piso 2 | 0.0035406 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.0024255 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 107: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva    | Limite |
|--------|-----------|--------|
| Piso 2 | 0.0042084 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.0024318 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

#### Tiempo Historia

Tabla 109: Deriva en base Fija (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO - NS | NS - EO | EO - NS | NS - EO | EO - NS  | NS - EO |               |
| 2do Piso | 0.00381 | 0.00338 | 0.00381 | 0.00378 | 0.00346  | 0.00382 | 0.00382       |
| 1er Piso | 0.00272 | 0.00249 | 0.00264 | 0.00271 | 0.00244  | 0.00271 | 0.00272       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 110: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO -NS  | NS - EO | EO- NS  | NS- EO  | EO- NS   | NS- EO  |               |
| 2do Piso | 0.00452 | 0.00478 | 0.00442 | 0.00402 | 0.00543  | 0.00423 | 0.00543       |
| 1er Piso | 0.00263 | 0.00286 | 0.00256 | 0.00244 | 0.00316  | 0.00246 | 0.00316       |

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que se analizó con 6 casos de aceleraciones, también se determinó la máxima deriva en el caso de tiempo historia, así como lo especifica el reglamento RNE E-030(2016), también se puede verificar que las derivas de respuesta espectral son menores con respecto al análisis dinámico tiempo historia.

#### 4.1.4 Sector D

##### 4.1.4.1 Participación Modal

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente

Tabla 111: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX     | UY     |
|-------|-------------|--------|--------|
| 1     | 0.412       | 0.8465 | 0.0003 |
| 2     | 0.38        | 0.0001 | 0.6922 |
| 3     | 0.326       | 0.0008 | 0.0736 |
| 4     | 0.122       | 0.1216 | 0      |
| 5     | 0.095       | 0.0001 | 0.1278 |
| 6     | 0.077       | 0.0001 | 0.0604 |

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.1.4.2 Verificación de Derivas

Mediante el espectro de respuesta:

Tabla 112: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 3 | 0.00467 | 0.007  |
| Piso 2 | 0.00676 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00530 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 113: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 3 | 0.00689 | 0.007  |
| Piso 2 | 0.00695 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00459 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

**Mediante Análisis de Tiempo Historia**

+Tabla 114: Deriva en base Fija (X)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima<br>Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|------------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO -NS  | NS -EO  | EO -NS   | NS -EO  |                  |
| Piso 3 | 0.00551 | 0.00584 | 0.00532 | 0.00569 | 0.00544  | 0.00553 | 0.00584          |
| Piso 2 | 0.00782 | 0.00758 | 0.00746 | 0.00777 | 0.00763  | 0.00792 | 0.00792          |
| Piso 1 | 0.00553 | 0.00517 | 0.00539 | 0.00535 | 0.00543  | 0.00572 | 0.00572          |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 115: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima<br>Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|------------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO -NS  | NS -EO  | EO -NS   | NS -EO  |                  |
| Piso 3 | 0.00744 | 0.00758 | 0.00747 | 0.00756 | 0.00735  | 0.00735 | 0.00758          |
| Piso 2 | 0.00757 | 0.00813 | 0.00793 | 0.00814 | 0.00785  | 0.00785 | 0.00814          |
| Piso 1 | 0.00421 | 0.00463 | 0.00445 | 0.00464 | 0.00442  | 0.00442 | 0.00464          |

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que se analizó con 6 casos de aceleraciones, también se determinó la máxima deriva en el caso de tiempo historia, así como lo especifica el reglamento RNE E-030(2016), también se puede verificar que las derivas de respuesta espectral son menores con respecto al análisis dinámico tiempo historia

**4.1.5 Sector E****4.1.5.1 Participación Modal**

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente

Tabla 116: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX     | UY     |
|-------|-------------|--------|--------|
| 1     | 0.44        | 0      | 0.7889 |
| 2     | 0.338       | 0.8109 | 0      |
| 3     | 0.307       | 0.0034 | 0      |
| 4     | 0.118       | 0      | 0.149  |
| 5     | 0.099       | 0.1298 | 0      |
| 6     | 0.084       | 0.0001 | 0      |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.5.2 Verificación de Derivas

Mediante el espectro de respuesta:

Tabla 117: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 3 | 0.00384 | 0.007  |
| Piso 2 | 0.00514 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00314 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 118: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 3 | 0.00686 | 0.007  |
| Piso 2 | 0.00693 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00459 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

#### Mediante Análisis de Tiempo Historia

Tabla 119: Deriva en base Fija (X)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO -NS  | NS -EO  | EO -NS  | NS - O  | EO -NS   | NS -EO  |               |
| Piso 3 | 0.00405 | 0.00423 | 0.00419 | 0.00375 | 0.00411  | 0.00430 | 0.00430       |
| Piso 2 | 0.00549 | 0.00563 | 0.00568 | 0.00534 | 0.00572  | 0.00591 | 0.00591       |
| Piso 1 | 0.00333 | 0.00338 | 0.00348 | 0.00351 | 0.00358  | 0.00369 | 0.00369       |

Tabla 120: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO - NS | NS - EO | EO - NS  | NS - EO |               |
| Piso 3 | 0.00765 | 0.00817 | 0.00810 | 0.00789 | 0.00764  | 0.00764 | 0.00817       |
| Piso 2 | 0.00922 | 0.00984 | 0.00937 | 0.00907 | 0.00920  | 0.00920 | 0.00984       |
| Piso 1 | 0.00518 | 0.00555 | 0.00509 | 0.00493 | 0.00514  | 0.00514 | 0.00555       |

Debido a que también se analizó con 6 casos de aceleraciones, también se determinó la máxima deriva en el caso de tiempo historia, así como lo especifica el reglamento RNE E-030(2016), también se puede verificar que las derivas de respuesta espectral son menores con respecto al análisis dinámico tiempo historia

#### 4.1.6 Sector E-F

##### 4.1.6.1 Participación Modal

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente

Tabla 121: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY        |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1     | 0.426       | 0.7163    | 0.0533    |
| 2     | 0.424       | 0.0503    | 0.7571    |
| 3     | 0.334       | 1.974E-05 | 0         |
| 4     | 0.123       | 1.049E-05 | 0.1314    |
| 5     | 0.106       | 0.173     | 1.022E-05 |
| 6     | 0.089       | 1.791E-05 | 0.0001    |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.6.2 Verificación de Derivas

Mediante el espectro de respuesta:

Tabla 122: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 3 | 0.00602 | 0.007  |
| Piso 2 | 0.00624 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00327 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 123: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 3 | 0.00479 | 0.007  |
| Piso 2 | 0.00639 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.00395 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Mediante Análisis de Tiempo Historia

Tabla 124: Deriva en base Fija (X)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO -NS  | NS -EO  | EO -NS   | NS -EO  |               |
| Piso 3 | 0.00823 | 0.00772 | 0.00065 | 0.00850 | 0.00769  | 0.00815 | 0.00850       |
| Piso 2 | 0.00861 | 0.00814 | 0.00083 | 0.00868 | 0.00819  | 0.00837 | 0.00868       |
| Piso 1 | 0.00453 | 0.00430 | 0.00103 | 0.00448 | 0.00442  | 0.00432 | 0.00453       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 125: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO -NS  | NS -EO  | EO -NS   | NS -EO  |               |
| Piso 3 | 0.00615 | 0.00643 | 0.00040 | 0.00651 | 0.00634  | 0.00634 | 0.00651       |
| Piso 2 | 0.00830 | 0.00872 | 0.00075 | 0.00851 | 0.00860  | 0.00860 | 0.00872       |
| Piso 1 | 0.00513 | 0.00547 | 0.00137 | 0.00521 | 0.00529  | 0.00529 | 0.00547       |

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que también se analizó con 6 casos de aceleraciones, también se determinó la máxima deriva en el caso de tiempo historia, así como lo especifica el reglamento RNE E-030(2016), también se puede verificar que las derivas de respuesta espectral son menores con respecto al análisis dinámico tiempo historia

**4.1.7 Sector F**

**4.1.7.1 Participación Modal**

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente

Tabla 126: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX     | UY     |
|-------|-------------|--------|--------|
| 1     | 0.212       | 0.750  | 0.2042 |
| 2     | 0.191       | 0.2613 | 0.7039 |
| 3     | 0.163       | 0.3397 | 0.032  |
| 4     | 0.002       | 0      | 0      |
| 5     | 0.001       | 0      | 0      |
| 6     | 0.001       | 0      | 0      |

Fuente: Elaboración Propia

**4.1.7.2 Verificación de Derivas**

**Mediante el espectro de respuesta espectral:**

Tabla 128: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 1 | 0.00609 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 127: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 1 | 0.00570 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

**Mediante Tiempo Historia**

Tabla 129: Deriva en base Fija (X)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO-NS   | NS- EO  | EO- NS   | NS- EO  |               |
| Piso 1 | 0.00465 | 0.00468 | 0.00533 | 0.00612 | 0.00671  | 0.00538 | 0.00671       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 130: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO- NS  | NS- EO  | EO- NS   | NS- EO  |               |
| Piso 1 | 0.00597 | 0.00567 | 0.00667 | 0.00685 | 0.00623  | 0.00623 | 0.00685       |

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que también se analizó con 6 casos de aceleraciones, también se determinó la máxima deriva en el caso de tiempo historia, así como lo especifica el reglamento RNE E-030(2016), también se puede verificar que las derivas de respuesta espectral son menores con respecto al análisis dinámico tiempo historia

#### 4.1.8 Sector G

##### 4.1.8.1 Participación Modal

Se puede distinguir la considerable diferencia entre el análisis del modelo Convencional y el modelo con aisladores de base.

Tabla 131: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX     | UY        |
|-------|-------------|--------|-----------|
| 1     | 0.216       | 0.9999 | 2.791E-05 |
| 2     | 0.196       | 0.0001 | 0.9504    |
| 3     | 0.153       | 0.0001 | 0.0496    |

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.1.8.2 Verificación de Derivas

**Mediante el espectro de respuesta espectral:**

Tabla 133: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 1 | 0.00514 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 132: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva  | Limite |
|--------|---------|--------|
| Piso 1 | 0.00527 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

##### **Mediante Análisis de Tiempo Historia**



Tabla 134: Deriva en base Fija (X)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO -NS  | NS - EO | EO -NS   | NS - EO |               |
| Piso 1 | 0.00689 | 0.00631 | 0.00692 | 0.00692 | 0.00732  | 0.00738 | 0.00738       |

Tabla 135: Deriva en base Fija (Y)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO -NS  | NS -EO  | EO -NS  | NS -EO  | EO -NS   | NS -EO  |               |
| Piso 1 | 0.00673 | 0.00673 | 0.00672 | 0.00700 | 0.00673  | 0.00712 | 0.00712       |

#### 4.1.9 Sector H

##### 4.1.9.1 Participación Modal

El resultado obtenido del modelo de base fija, se muestran en la tabla siguiente

Tabla 136: Modal de Modelo Convencional

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY        |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1     | 0.31        | 0.86      | 0.001     |
| 2     | 0.28        | 0.001     | 0.8421    |
| 3     | 0.216       | 0.0002    | 0.0001    |
| 4     | 0.072       | 0.1388    | 3.61E-06  |
| 5     | 0.059       | 7.169E-06 | 0.1568    |
| 6     | 0.04        | 1.433E-05 | 3.356E-05 |

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.1.9.2 Verificación De Derivas

**Mediante el espectro de respuesta espectral:**

Tabla 138: Deriva en Base Fija (X)

| Nivel  | Deriva    | Limite |
|--------|-----------|--------|
| Piso 2 | 0.0068418 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.0042084 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 137: Deriva en Base Fija (Y)

| Nivel  | Deriva    | Limite |
|--------|-----------|--------|
| Piso 2 | 0.0062118 | 0.007  |
| Piso 1 | 0.0034272 | 0.007  |

Fuente: Elaboración Propia

**Mediante Análisis de Tiempo Historia**

Tabla 139: Deriva en base Fija (X)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO - NS | NS - EO | EO - NS  | NS - EO |               |
| Piso 2 | 0.00622 | 0.00559 | 0.00642 | 0.00637 | 0.00644  | 0.00621 | 0.00644       |
| Piso 1 | 0.00385 | 0.00347 | 0.00405 | 0.00404 | 0.00404  | 0.00392 | 0.00405       |

Tabla 140: Deriva en base Fija (X)

| Nivel  | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|        | EO - NS | NS - EO | EO - NS | NS - EO | EO - NS  | NS - EO |               |
| Piso 2 | 0.00655 | 0.00630 | 0.00647 | 0.00622 | 0.00563  | 0.00563 | 0.00655       |
| Piso 1 | 0.00357 | 0.00343 | 0.00359 | 0.00340 | 0.00313  | 0.00313 | 0.00359       |

Las diferentes tablas anteriormente mencionadas, hacen referencia a los diferentes sectores analizados, es así que los resúmenes de las derivas máximas obtenidas son de las derivas de e tiempo historia.

Tabla 142: Deriva de Base Fija (x-x)

| Sector | Base Fija |
|--------|-----------|
| A      | 0.00583   |
| B      | 0.00821   |
| C      | 0.00382   |
| D      | 0.00792   |
| E      | 0.00591   |
| E-F    | 0.00868   |
| F      | 0.00671   |
| G      | 0.00738   |
| H      | 0.00644   |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 141: Derivas de Base Fija (Y-Y)

| Sector | Base Fija |
|--------|-----------|
| A      | 0.00636   |
| B      | 0.00705   |
| C      | 0.00543   |
| D      | 0.00814   |
| E      | 0.00984   |
| E-F    | 0.00872   |
| F      | 0.00685   |
| G      | 0.00715   |
| H      | 0.00655   |

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar las diferentes derivas son menores al valor límite de deriva especificado para tiempo historia.

**4.1.10 Refuerzo Estructural**

**4.1.10.1 Sector A**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

**Viga**, la viga a diseñar que se opto es de sección 30x70 cm, entre ejes 4D y eje 4E.

Tabla 143: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (A)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                                | Refuerzo de Acero Central                    | Refuerzo de Acero lado Derecho                         |
|---|--|--|
| $A = 3\phi 3/4" + 1\phi 1$<br>= 13.62 cm <sup>2</sup>           | $B = 2\phi 3/4"$<br>= 5.68 cm <sup>2</sup>   | $C = 3\phi 3/4" + 1\phi 1$<br>= 13.62 cm               |
| $D = 2\phi 3/4" + 1\phi 1/2"$<br>= 6.97cm <sup>2</sup>          | $E = 4\phi 3/4"+$<br>= 11.36 cm <sup>2</sup> | $F = 2\phi 3/4" + 1\phi 1/2"$<br>= 6.97cm <sup>2</sup> |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 14\phi 10 + R\text{to}\phi 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

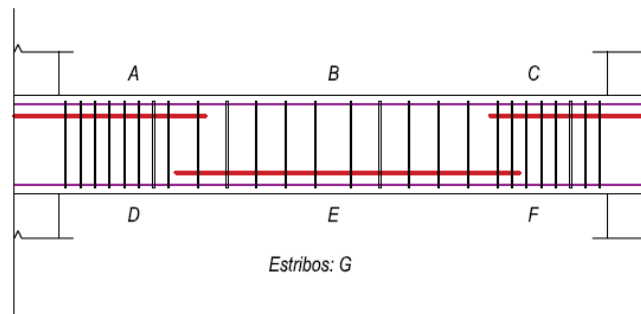


Figura N° 93: Detalle de Refuerzo en Viga

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 60x60 cm de primer nivel 4D, el cual es el que recibe mayor carga.

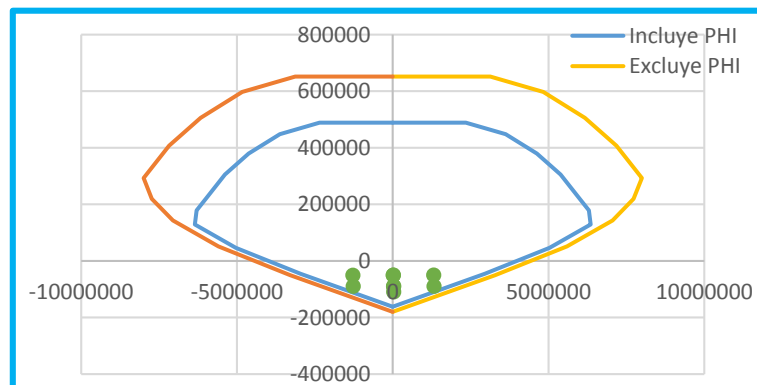


Figura N° 94: Diagrama de Interacción Base Fija (A)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 144: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (A)

|   |
|---|
| $Refuerzo\ Longitudinal = 12\phi 3/4" + 4\phi 5/8" = 42.04$             |
| $Refuerzo\ Transversal = G = Estribos: 1\phi 5 + 8\phi 10 + Rto\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

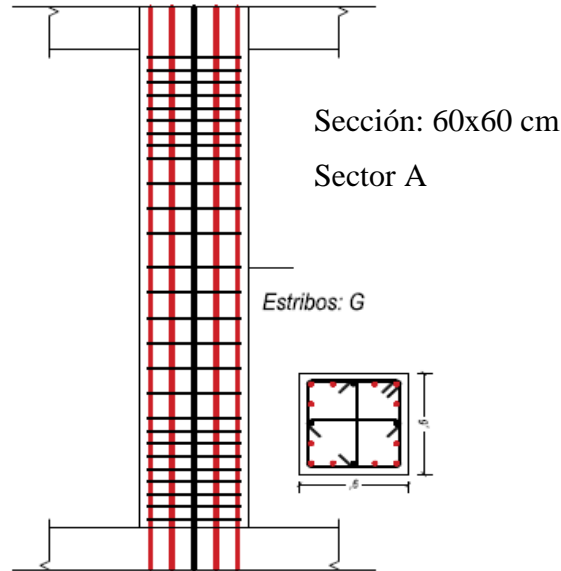


Figura N° 95: Detalle de Columna en Base Fija (A)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.1.10.2 Sector B**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se optó es de sección 40x80 cm, entre ejes 3D y eje 4D.

Tabla 145: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (B)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                     | Refuerzo de Acero Central                | Refuerzo de Acero lado Derecho                       |
|--|--|--|
| <i>A</i>   | <i>B</i>                                 | <i>C</i>   |
| $= 2\phi 5/8" + 2\phi 3/4" + 2\phi 1" = 19.86\ cm^2$ | $= 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4" = 7.67\ cm^2$ | $= 2\phi 5/8" + 2\phi 3/4" + 2\phi 1" = 19.86\ cm^2$ |
| $D = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4" = 10.51\ cm^2$          | $E = 4\phi 3/4" + = 11.36\ cm^2$         | $F = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4" = 10.51\ cm^2$          |
| $G = Estribos: 1\phi 5 + 16\phi 10 + Rto\phi 25$     |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 132, se pasará a ver el dibujo 81, para su mejor interpretación.

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 70X70 cm de primer nivel 4D.

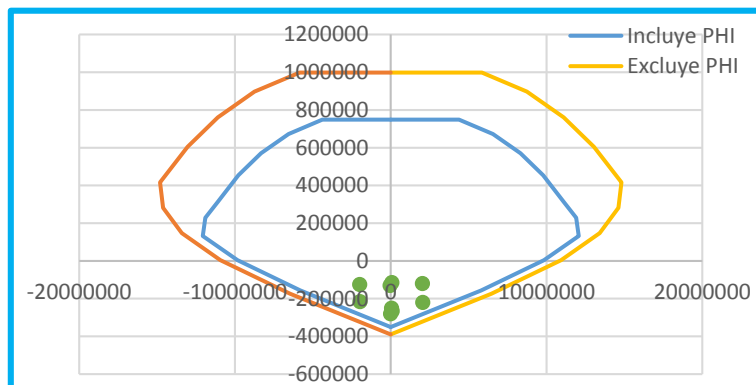


Figura N° 96: Diagrama de Interacción Base Fija (B)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 146: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (B)

|   |
|---|
| $Refuerzo\ Longitudinal = 12\phi 1 + 4\phi 3/4 = 72.56\ cm^2$           |
| $Refuerzo\ Transversal = G = Estribos: 1\phi 5 + 8\phi 10 + Rto\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

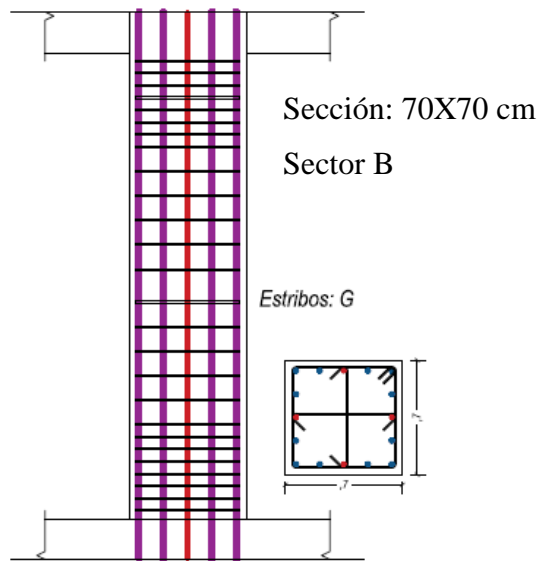


Figura N° 97: Detalle de Columna en Base Fija (B)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.1.10.3 Sector C**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 35x70 cm, entre ejes 4D y eje 4E.

Tabla 147: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (C)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo  | Refuerzo de Acero Central                         | Refuerzo de Acero lado Derecho                                |
|---|---|---|
| $A = 1\phi 1/2" + 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4" + 2\phi 1" = 22 \text{ cm}^2$ | $B = 1\phi 1/2" + 2\phi 3/4" = 6.97 \text{ cm}^2$ | $C = 1\phi 1/2" + 3\phi 3/4" + 2\phi 1" = 20.01 \text{ cm}^2$ |
| $D = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4" = 10.51 \text{ cm}^2$                      | $E = 6\phi 3/4" = 17.04 \text{ cm}^2$             | $F = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4" = 10.51 \text{ cm}^2$            |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 1\phi 10 + R\phi 25$                   |   |   |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 134, se pasará a ver el dibujo 81, para su mejor interpretación.

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X70 cm de primer nivel 4D.

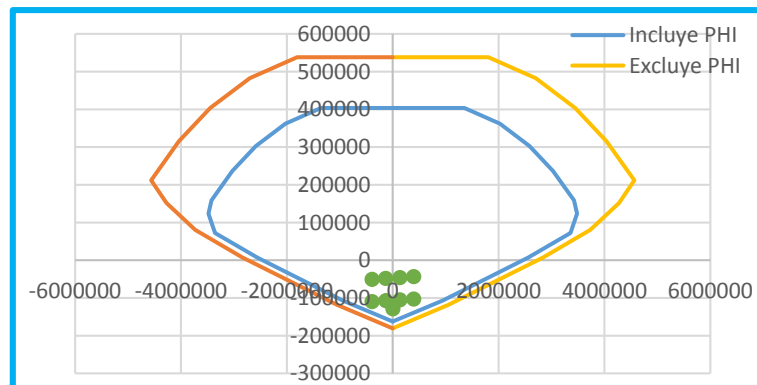


Figura N° 98: Diagrama de Interacción Base Fija (C)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 148: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (C)

|   |
|---|
| $\text{Refuerzo Longitudinal} = 12\phi 3/4" + 4\phi 5/8" = 42.04 \text{ cm}^2$      |
| $\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 7\phi 10 + R\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

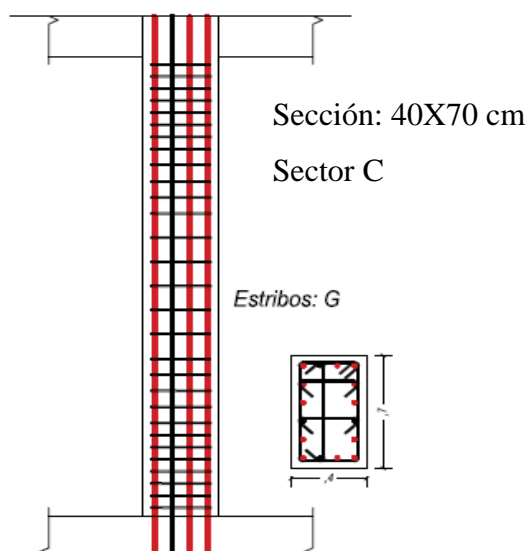


Figura N° 99: Detalle de Columna en Base Fija (C)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.1.10.4 Sector D**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40x80 cm, entre ejes 4D y eje 4E.

Tabla 149: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (D)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                        | Refuerzo de Acero Central                 | Refuerzo de Acero lado Derecho                          |
|---|---|---|
| $A = 5\phi 3/4"$<br>$= 14.20 \text{ cm}^2$              | $B = 2\phi 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$ | $C = 5\phi 3/4"$<br>$= 14.20 \text{ cm}^2$              |
| $D = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4"$<br>$= 10.51 \text{ cm}^2$ | $E = 3\phi 3/4"$<br>$= 8.52 \text{ cm}^2$ | $F = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4"$<br>$= 10.51 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 14\phi 10 + R\phi 25$  |   |   |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X120 cm de primer nivel 4D.

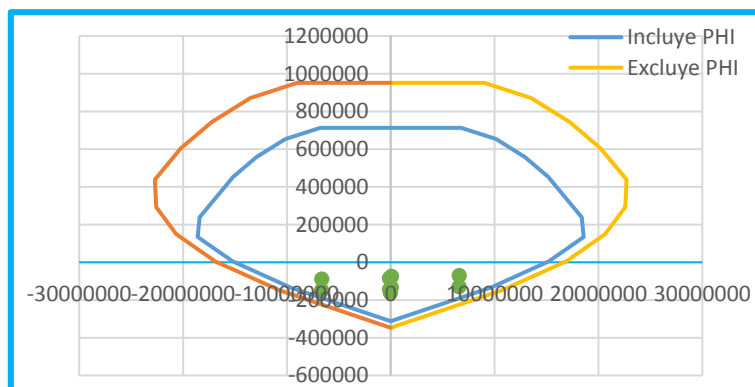


Figura N° 100: Diagrama de Interacción Base Fija (D)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 150: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (D)

|   |
|---|
| <i>Refuerzo Longitudinal = 14Ø1+4Ø3/4 = 82.76 cm<sup>2</sup></i>  |
| <i>Refuerzo Transversal = G = Estribos: 1Ø 5 + 12Ø10 + RtoØ25</i> |

Fuente: Elaboración Propia

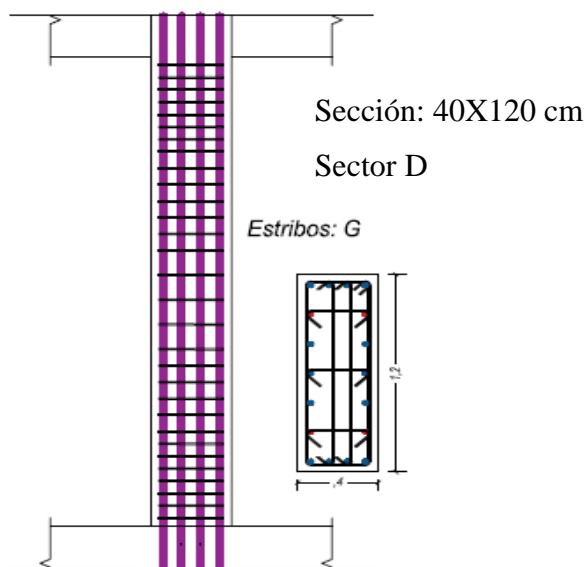


Figura N° 101: Detalle de Columna en Base Fija (D)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.1.10.5 Sector E**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40x80 cm, entre ejes 6C y eje 6D.



Tabla 151: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (E)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo   | Refuerzo de Acero Central  | Refuerzo de Acero lado Derecho                                    |
|--|--|---|
| $A = 1\emptyset 5/8" + 3\emptyset 3/4"$<br>$= 10.51 \text{ cm}^2$              | $B = 1\emptyset 5/8" + 2\emptyset 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$ | $C = 1\emptyset 5/8" + 6\emptyset 3/4"$<br>$= 10.51 \text{ cm}^2$ |
| $D = 1\emptyset 5/8" + 2\emptyset 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$               | $E = 2\emptyset 5/8" + 2\emptyset 3/4"$<br>$= 9.66 \text{ cm}^2$ | $F = 1\emptyset 5/8" + 3\emptyset 3/4"$<br>$= 10.51 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 16\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |  |   |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X70 cm de primer nivel 8B.

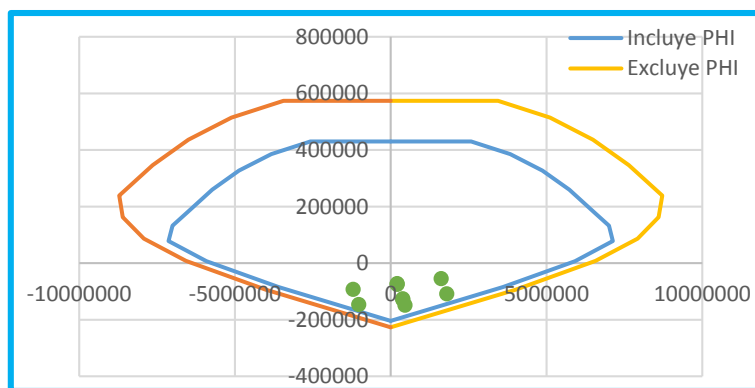


Figura N° 102: Diagrama de Interacción Base Fija (E)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 152: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (E)

|  |
|--|
| $\text{Refuerzo Longitudinal} = 4\emptyset 1 + 10\emptyset 3/4 + 4\emptyset 5/8 = 56.76 \text{ cm}^2$        |
| $\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 70\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

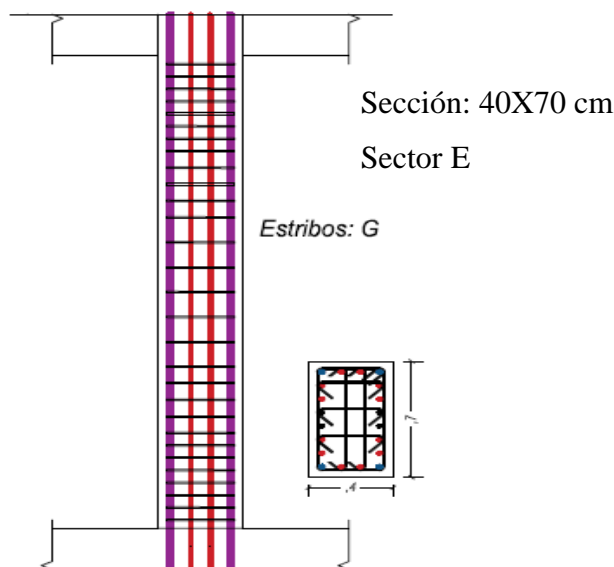


Figura N° 103: Detalle de Columna en Base Fija (E)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.1.10.6 Sector E-F**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40x80 cm, entre ejes 1E y eje 2E.

Tabla 153: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (E-F)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                                       | Refuerzo de Acero Central                               | Refuerzo de Acero lado Derecho                          |
|--|---|---|
| $A$<br>$= 2\phi 1 + 2\phi 3/4'' + 1\phi 5/8''$<br>$= 17.87\text{cm}^2$ | $B = 2\phi 3/4'' + 1\phi 5/8''$<br>$= 7.67\text{cm}^2$  | $C = 3\phi 3/4'' + 1\phi 5/8''$<br>$= 10.51\text{cm}^2$ |
| $D = 3\phi 3/4'' + 1\phi 5/8''$<br>$= 10.51\text{cm}^2$                | $E = 3\phi 3/4'' + 1\phi 5/8''$<br>$= 10.51\text{cm}^2$ | $F = 2\phi 3/4'' + 1\phi 5/8''$<br>$= 7.67\text{cm}^2$  |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 16\phi 10 + R\text{to}\phi 25$        |   |   |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X50 cm de primer nivel 2E.

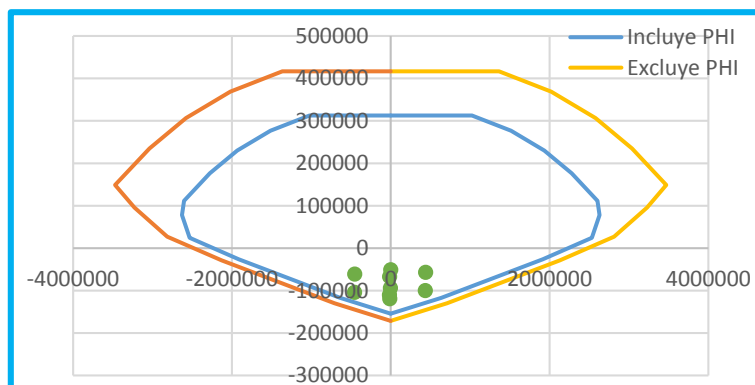


Figura N° 104: Diagrama de Interacción Base Fija (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 154: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (E-F)

|   |
|---|
| $Refuerzo\ Longitudinal = 4\phi 1 + 10\phi 5/8 = 40.30\ cm^2$           |
| $Refuerzo\ Transversal = G = Estribos: 1\phi 5 + 5\phi 10 + Rto\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

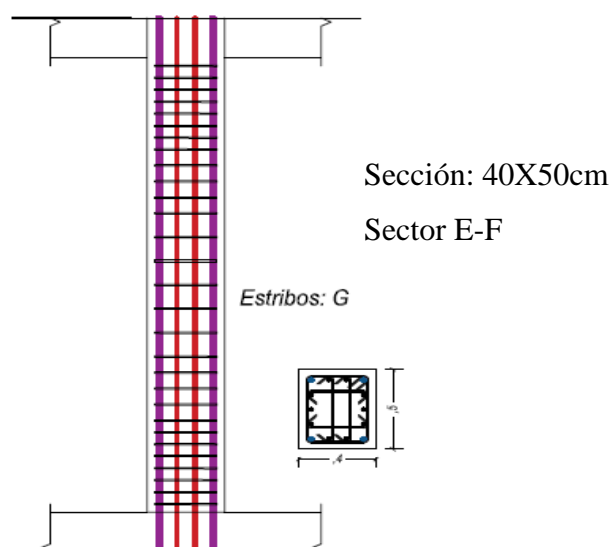


Figura N° 105: Detalle de Columna en Base Fija (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.10.7 Sector F

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 30x60 cm, entre ejes 1B y eje 2B.

Tabla 155: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (F)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo   | Refuerzo de Acero Central                      | Refuerzo de Acero lado Derecho                 |
|--|--|--|
| $A = 1\emptyset 5/8" + 2\emptyset 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$               | $B = 2\emptyset 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$ | $C = 2\emptyset 3/4" = 5.68 \text{ cm}^2$      |
| $D = 2\emptyset 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$                                 | $E = 2\emptyset 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$ | $F = 2\emptyset 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 12\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X60 cm de primer nivel 2C.

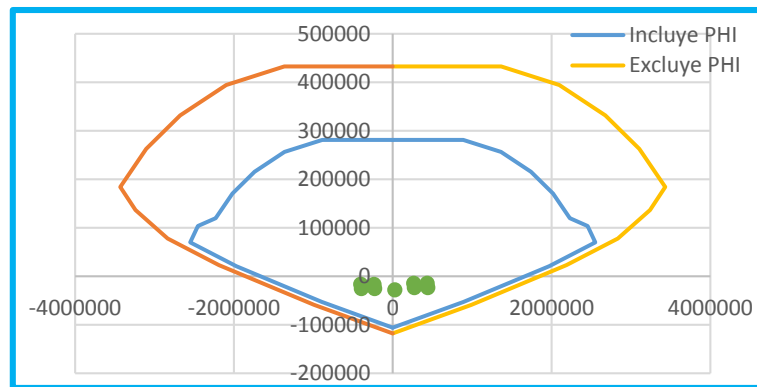


Figura N° 106: Diagrama de Interacción Base Fija (F)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 156: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (F)

|   |
|---|
| $\text{Refuerzo Longitudinal} = 10\emptyset 3/4 = 28.40 \text{ cm}^2$                                       |
| $\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 6\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

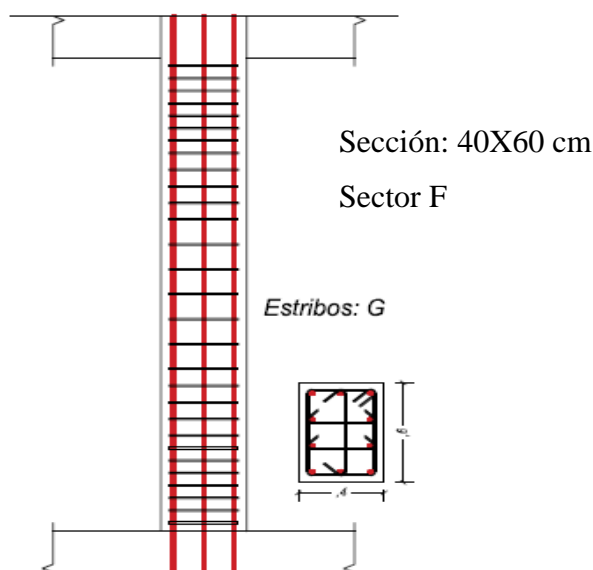


Figura N° 107: Detalle de Columna en Base Fija (F)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.1.10.8 Sector G**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40x80 cm, entre ejes 3C y eje 2C.

Tabla 157: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (G)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                                | Refuerzo de Acero Central                              | Refuerzo de Acero lado Derecho                         |
|---|--|--|
| $A = 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$          | $B = 2\phi 3/4" = 5.68 \text{ cm}^2$                   | $C = 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$ |
| $D = 2\phi 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$                       | $E = 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$ | $F = 2\phi 3/4" = 5.68 \text{ cm}^2$                   |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 16\phi 10 + R\text{to}\phi 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X40 cm de primer nivel 2C.

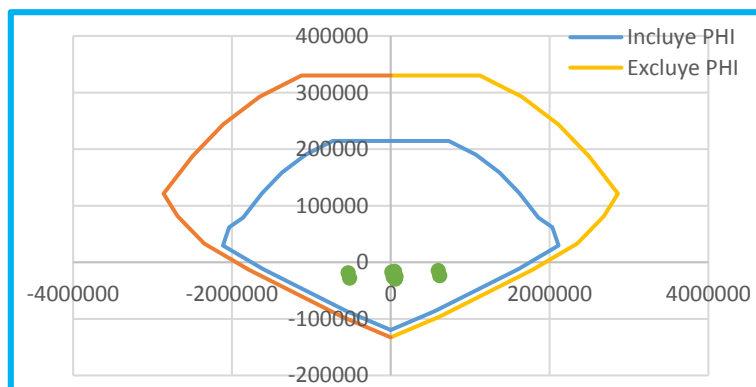


Figura N° 108: Diagrama de Interacción Base Fija (G)  
Fuente: Elaboración Propia

|   |
|---|
| <p>Tabla 158: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (G)</p> <p><i>Refuerzo Longitudinal</i> = <math>4\phi 3/4" + 4\phi 5/8" = 19.32 \text{ cm}^2</math></p> <p><i>Refuerzo Transversal</i> = <math>G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 5\phi 10 + R \text{ to } \phi 25</math></p> |
|---|

Fuente: Elaboración Propia

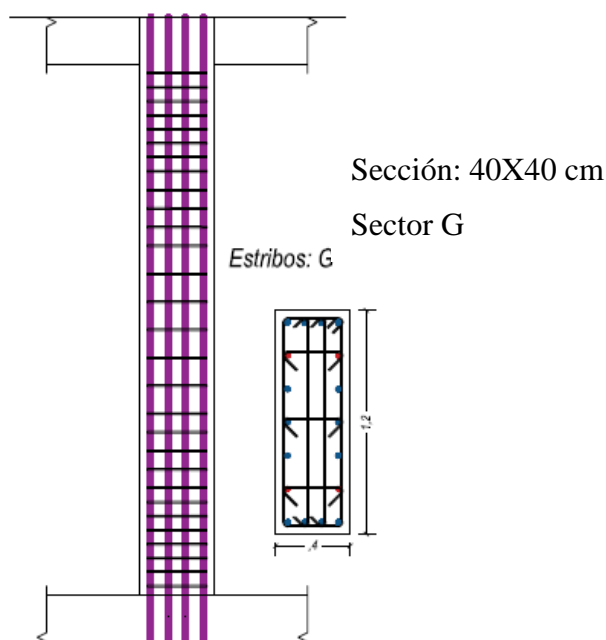


Figura N° 109: Detalle de Columna en Base Fija (G)  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.10.9 Sector H

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga, la viga a diseñar que se optó es de sección 30x70 cm, entre ejes 2A y 2B.

Tabla 159: Detalle de Refuerzo de Viga Base Fija (H)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                                | Refuerzo de Acero Central                              | Refuerzo de Acero lado Derecho                         |
|---|--|--|
| $A = 1\phi 1/2" + 3\phi 5/8"$<br>$= 7.26 \text{ cm}^2$          | $B = 1\phi 1/2" + 2\phi 5/8"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ | $C = 1\phi 1/2" + 3\phi 5/8"$<br>$= 7.26 \text{ cm}^2$ |
| $D = 1\phi 1/2" + 2\phi 5/8"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$          | $E = 1\phi 1/2" + 3\phi 5/8"$<br>$= 7.26 \text{ cm}^2$ | $F = 1\phi 1/2" + 2\phi 5/8"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 14\phi 10 + R\text{to}\phi 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 50x60 cm de primer nivel 2D.

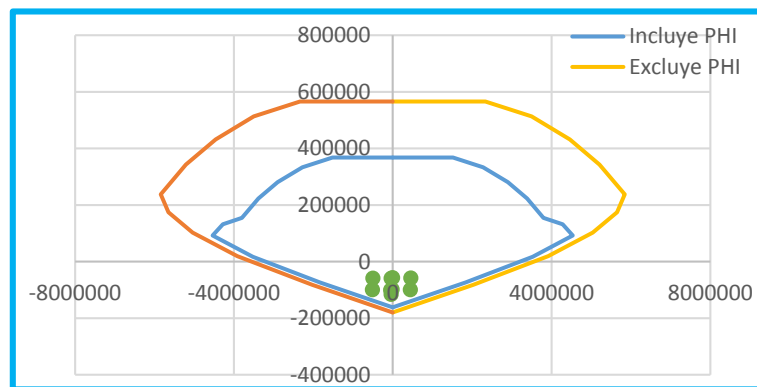


Figura N° 110: Diagrama de Interacción Base Fija (H)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 160: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (H)

|  |
|--|
| $\text{Refuerzo Longitudinal} = 4\phi 1" + 8\phi 3/4 = 43.12 \text{ cm}^2$                   |
| $\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 6\phi 10 + R\text{to}\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

Luego de verificar el análisis, pasamos al diseño de

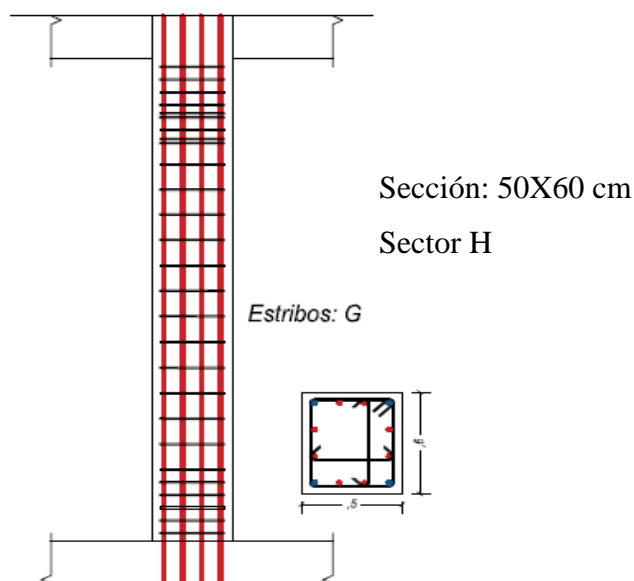


Figura N° 111: Detalle de Columna en Base Fija (H)  
Fuente: Elaboración Propia

Luego de terminar con el análisis de los diferentes sectores del mega laboratorio, con las combinaciones de cargas del ítem 2.8.1., se determinó el refuerzo de una viga y una columna de cada sector, eligiendo aquel que disponga de mayor carga de momento y carga axial. Respecto al diseño del acero longitudinal de vigas se diseñó teniendo en cuenta la cuantía mínima y en otras el refuerzo necesario según los momentos, el diseño de refuerzos transversal se optó de acuerdo a la RNE E-60 (2009), así mismo también el acero transversal de las columnas, respecto al acero longitudinal se cumplió con los requisitos de la norma citada, cumpliendo con las cuantías de diseño, teniendo de esta un resumen:

- a) Sector A se obtuvo un refuerzo de 1.2% de área de sección.
- b) Sector B se obtuvo un refuerzo de 1.5% de área de sección.
- c) Sector C se obtuvo un refuerzo de 1.5% de área de sección.
- d) Sector D se obtuvo un refuerzo de 1.7% de área de sección.
- e) Sector E se obtuvo un refuerzo de 2.0% de área de sección.
- f) Sector E-F se obtuvo un refuerzo de 2.0% de área de sección.
- g) Sector F se obtuvo un refuerzo de 1.2% de área de sección.
- h) Sector G se obtuvo un refuerzo de 1.7% de área de sección.
- i) Sector H se obtuvo un refuerzo de 1.5% de área de sección.



## 4.2 SE ANALIZÓ LOS DIFERENTES SECTORES QUE COMPONEN EL MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA CON AISLADORES.

### 4.2.1 Sector A

#### 4.2.1.1 Participación Modal

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 161: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY       |
|-------|-------------|-----------|----------|
| 1     | 2.56        | 0.634     | 0.1832   |
| 2     | 2.513       | 0.2207    | 0.779    |
| 3     | 2.328       | 0.1451    | 0.0376   |
| 4     | 0.256       | 0         | 0.0002   |
| 5     | 0.245       | 0.0001    | 0        |
| 6     | 0.203       | 5.823E-07 | 5.51E-07 |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.1.2 Verificación de Derivas

Análisis dinámico de Tiempo Historia

Tabla 162: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 2do Piso | 0.00053 | 0.00073 | 0.00082 | 0.00061 | 0.00056  | 0.00058 | 0.00082       |
| 1er Piso | 0.00061 | 0.00085 | 0.00096 | 0.00070 | 0.00065  | 0.00068 | 0.00096       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 163: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 2do Piso | 0.00083 | 0.00071 | 0.00069 | 0.00091 | 0.00071  | 0.00067 | 0.00091       |
| 1er Piso | 0.00098 | 0.00082 | 0.00079 | 0.00106 | 0.00083  | 0.00078 | 0.00106       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

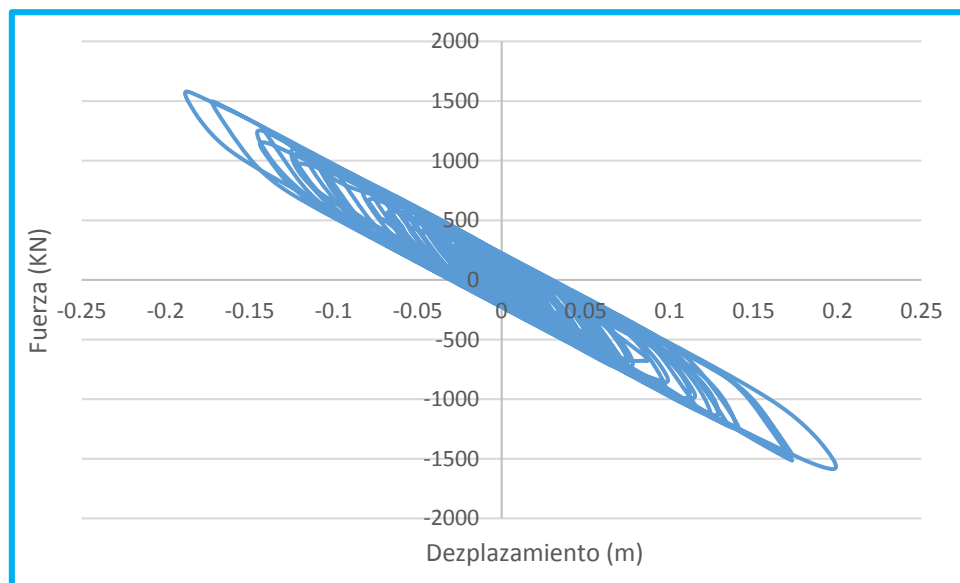


Figura N° 112: Diagrama Histéresis ICA NS - EO(HDRB)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 164: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño         | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|-----------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.235 \text{ m}$  | 0.19           | 0.242          | 0.24        | 0.216      | 0.187         | 0.203        |
| $D_{TM} = 0.3532 \text{ m}$ | 0.33           | 0.414          | 0.429       | 0.33       | 0.286         | 0.363        |
| $V_S = 1181.99 \text{ kN}$  | 1316.22        | 1805           | 1810.63     | 1585.9     | 1478.13       | 1575.18      |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 60%            | 60.2%          | 66.5%       | 65.6%      | 62%           | 62.2%        |

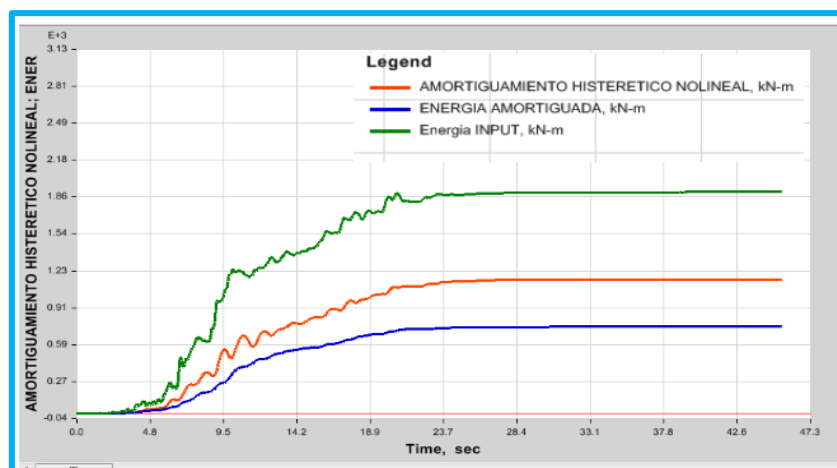


Figura N° 113: Disipación de Energía HUARAZ EO - NS (HDRB)  
Fuente: Software ETABS

Se muestra en los diferentes cálculos que es una estructura eficiente, teniendo un periodo adecuado, derivas mínimas, desplazamiento de diseño variables, que se asemejan al desplazamiento de diseño.

#### 4.2.2 Sector B

##### 4.2.2.1 Participación Modal

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

.Tabla 165: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY        |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1     | 2.537       | 0.6714    | 0.2497    |
| 2     | 2.505       | 0.2668    | 0.7327    |
| 3     | 2.267       | 0.0615    | 0.0172    |
| 4     | 0.299       | 0.0001    | 0.0002    |
| 5     | 0.267       | 0.0002    | 0.0001    |
| 6     | 0.217       | 1.123E-06 | 2.685E-05 |

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.2.2.2 Verificación de Derivas

Mediante las Acelerogramas:

Tabla 166: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 4to Piso | 0.00056 | 0.00064 | 0.00050 | 0.00060 | 0.00064  | 0.00062 | 0.00064       |
| 3er Piso | 0.00070 | 0.00080 | 0.00065 | 0.00080 | 0.00081  | 0.00079 | 0.00081       |
| 2do Piso | 0.00084 | 0.00093 | 0.00072 | 0.00092 | 0.00097  | 0.00094 | 0.00097       |
| 1er Piso | 0.00087 | 0.00096 | 0.00073 | 0.0013  | 0.00099  | 0.00096 | 0.0013        |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 167: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 4to Piso | 0.00067 | 0.00058 | 0.00063 | 0.00055 | 0.00057  | 0.00059 | 0.00067       |
| 3er Piso | 0.00085 | 0.00073 | 0.00080 | 0.00069 | 0.00071  | 0.00071 | 0.00085       |
| 2do Piso | 0.00104 | 0.00091 | 0.00098 | 0.00084 | 0.00085  | 0.00085 | 0.00104       |
| 1er Piso | 0.00108 | 0.00094 | 0.00100 | 0.00086 | 0.00087  | 0.00087 | 0.00108       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

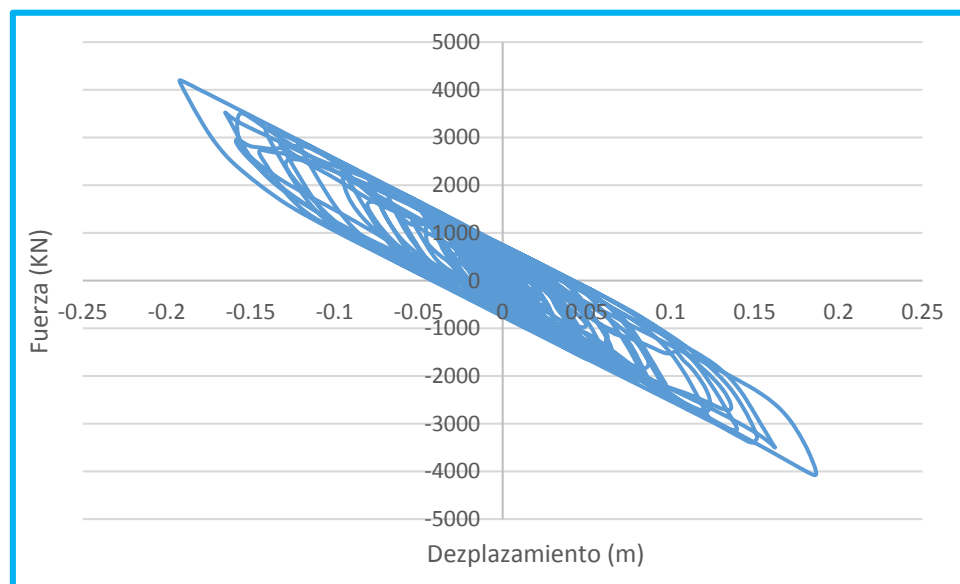


Figura N° 114: Diagrama Histéresis ICA EO – NS

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 168: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|---------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.218\ m$ | 0.2247         | 0.2838         | 0.1923      | 0.23       | 0.198         | 0.204        |
| $D_{TM} = 0.363\ m$ | 0.393          | 0.5258         | 0.403       | 0.397      | 0.374         | 0.459        |
| $V_S = 2775.095$    | 4725.379       | 4243.8084      | 4200        | 4844.76    | 4135.61       | 3880.29      |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 71%            | 72%            | 69%         | 68%        | 72.5%         | 71.2%        |

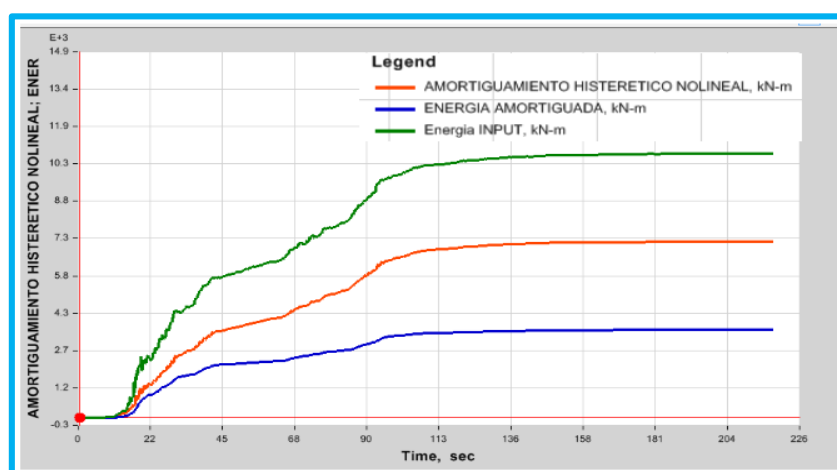


Figura N° 115: Disipación de Energía ICA EO- NS  
Fuente: Software ETABS

**4.2.3 Sector C**

**4.2.3.1 Participación Modal**

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 169: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY       |
|-------|-------------|-----------|----------|
| 1     | 2.476       | 0.0836    | 0.8966   |
| 2     | 2.465       | 0.9102    | 0.0883   |
| 3     | 2.235       | 0.0062    | 0.015    |
| 4     | 0.23        | 0         | 0.0001   |
| 5     | 0.185       | 4.677E-05 | 0        |
| 6     | 0.161       | 5.209E-07 | 9.78E-07 |

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.3.2 Verificación de Derivas**

Mediante el los diferentes acelerogramas:

Tabla 170: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 2do Piso | 0.00029 | 0.00026 | 0.00029 | 0.00035 | 0.00025  | 0.00025 | 0.00035       |
| 1er Piso | 0.00032 | 0.00032 | 0.00045 | 0.00051 | 0.00027  | 0.00027 | 0.00051       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 171: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 2do Piso | 0.00050 | 0.00047 | 0.00066 | 0.00055 | 0.00054  | 0.00054 | 0.00066       |
| 1er Piso | 0.00055 | 0.00047 | 0.00072 | 0.00060 | 0.00055  | 0.00055 | 0.00072       |

Fuente: Elaboración Propia

Respuestas de Modelo Histórico de los Acelerogramas

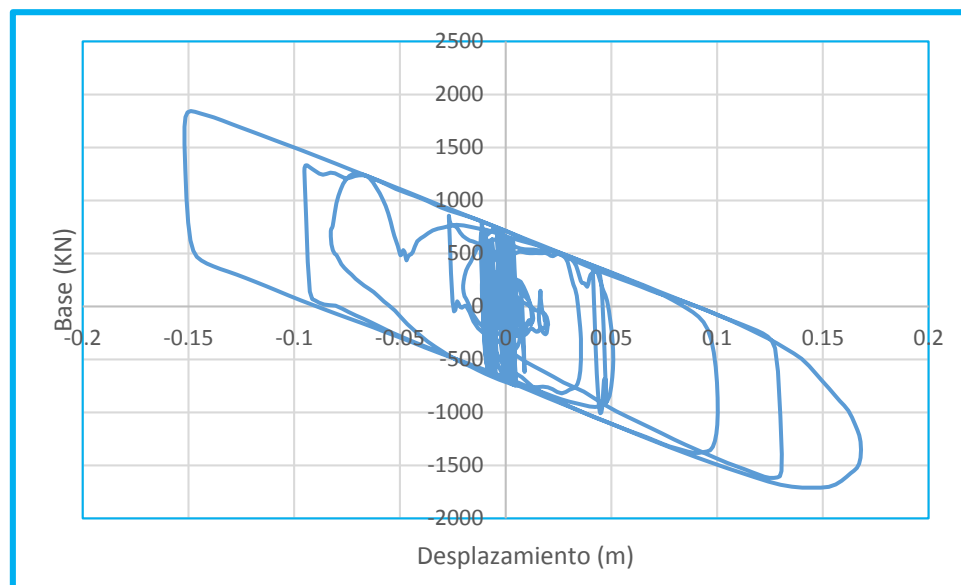


Figura N° 116: Diagrama Histéresis HUARAZ EO – NS  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 172: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño       | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|---------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.20 \text{ m}$ | 0.165          | 0.143          | 0.165       | 0.21       | 0.165         | 0.11         |
| $D_{TM} = 0.33 \text{ m}$ | 0.248          | 0.223          | 0.253       | 0.326      | 0.256         | 0.171        |
| $V_S = 1808.63$           | 1844.4         | 1668.15        | 1899.8      | 2203.6     | 1920.4        | 1522.2       |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 84%            | 83%            | 85.6 %      | 84 %       | 83 %          | 85.6 %       |

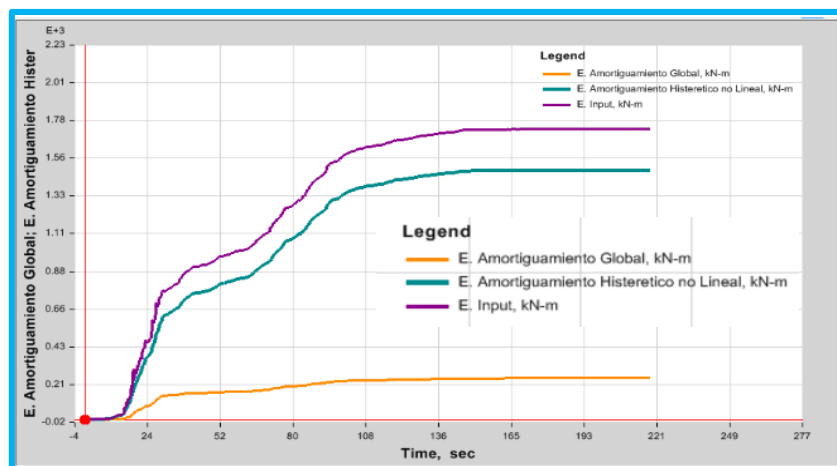


Figura N° 117: Disipación de Energía MOQUEGUA NS- EO (FPS)  
Fuente: Software ETABS

#### 4.2.4 Sector D

##### 4.2.4.1 Participación Modal

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 173: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY       |
|-------|-------------|-----------|----------|
| 1     | 2.553       | 0.6       | 0.3822   |
| 2     | 2.549       | 0.3901    | 0.6094   |
| 3     | 2.385       | 0.0096    | 0.0078   |
| 4     | 0.261       | 7.255E-07 | 0.0005   |
| 5     | 0.222       | 0.0001    | 2.27E-06 |
| 6     | 0.218       | 0.0002    | 0        |

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver la diferencia de periodos entre el modelo convencional y base aislada.



4.2.4.2 Verificación de Derivas

Tabla 174: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 3er Piso | 0.00056 | 0.00046 | 0.00032 | 0.00042 | 0.00046  | 0.00085 | 0.00085       |
| 2do Piso | 0.00123 | 0.00121 | 0.00106 | 0.00131 | 0.00113  | 0.00109 | 0.00131       |
| 1er Piso | 0.00143 | 0.00152 | 0.00134 | 0.00142 | 0.00135  | 0.00122 | 0.00152       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 175: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 3er Piso | 0.00083 | 0.00079 | 0.00093 | 0.00085 | 0.00063  | 0.00096 | 0.00096       |
| 2do Piso | 0.00110 | 0.00105 | 0.00120 | 0.00136 | 0.00112  | 0.00104 | 0.00136       |
| 1er Piso | 0.00123 | 0.00135 | 0.00136 | 0.00143 | 0.00124  | 0.00113 | 0.00143       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

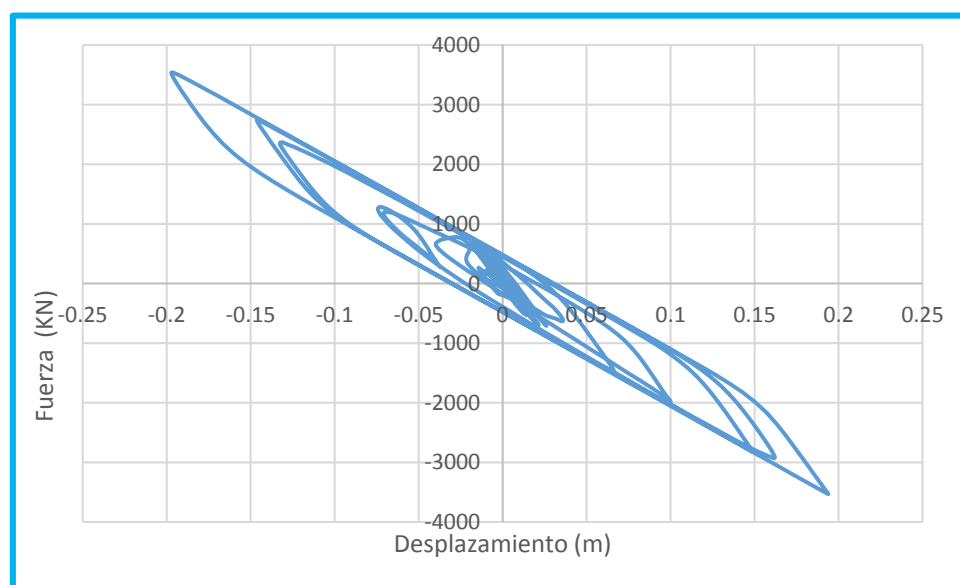


Figura N° 118: Diagrama Histéresis MOQUEGUA EO – NS (HDRB)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 176: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño  | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.231\ m$  | 0.251          | 0.217          | 0.218       | 0.221      | 0.226         | 0.226        |
| $D_{TM} = 0.3652\ m$ | 0.4            | 0.389          | 0.343       | 0.332      | 0.332         | 0.331        |
| $V_S = 2440.38\ kN$  | 4056.589       | 3541.057       | 3549.341    | 3090.947   | 3491.003      | 3680.077     |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 58.8%          | 58.8%          | 65.6%       | 65.7%      | 61.7%         | 61.9.2%      |

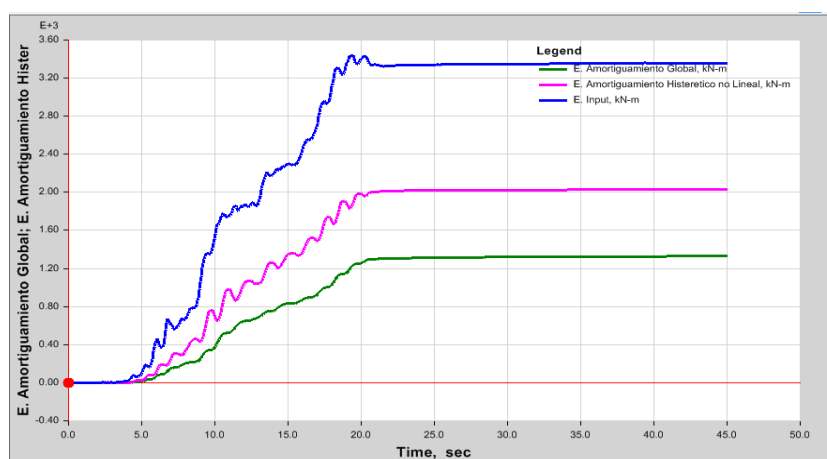


Figura N° 119: Disipación de Energía HDRB (HUARAZ EO NS)  
Fuente: Software ETABS

**4.2.5 Sector E**

**4.2.5.1 Participación Modal**

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 177: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY        |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1     | 2.65        | 0.7592    | 0.0003    |
| 2     | 2.621       | 0.0002    | 0.9992    |
| 3     | 2.394       | 0.2404    | 9.055E-06 |
| 4     | 0.262       | 0         | 0.0005    |
| 5     | 0.195       | 0.0001    | 0         |
| 6     | 0.187       | 3.175E-06 | 0         |

Fuente: Elaboración Propia

**4.2.5.2 Verificación De Derivas**

Mediante las Acelero gramas:

Tabla 178: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz   |          | Ica      |          | Moquegua |          | Máxima Deriva |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
|          | EO-NS    | NS-EO    | EO-NS    | NS-EO    | EO-NS    | NS-EO    |               |
| 3er Piso | 0.000324 | 0.000374 | 0.000297 | 0.000281 | 0.000326 | 0.000349 | 0.000374      |
| 2do Piso | 0.000645 | 0.000712 | 0.00081  | 0.000698 | 0.000769 | 0.00817  | 0.00817       |
| 1er Piso | 0.00101  | 0.000998 | 0.00109  | 0.000987 | 0.00105  | 0.000999 | 0.00109       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 179: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz   |          | Ica     |          | Moquegua |          | Máxima Deriva |
|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------------|
|          | EO-NS    | NS-EO    | EO-NS   | NS-EO    | EO-NS    | NS-EO    |               |
| 3er Piso | 0.000889 | 0.000789 | 0.00071 | 0.000763 | 0.000763 | 0.000764 | 0.000764      |
| 2do Piso | 0.001287 | 0.00117  | 0.00101 | 0.00137  | 0.00107  | 0.00113  | 0.00137       |
| 1er Piso | 0.00153  | 0.00132  | 0.00125 | 0.00161  | 0.00132  | 0.00146  | 0.00161       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

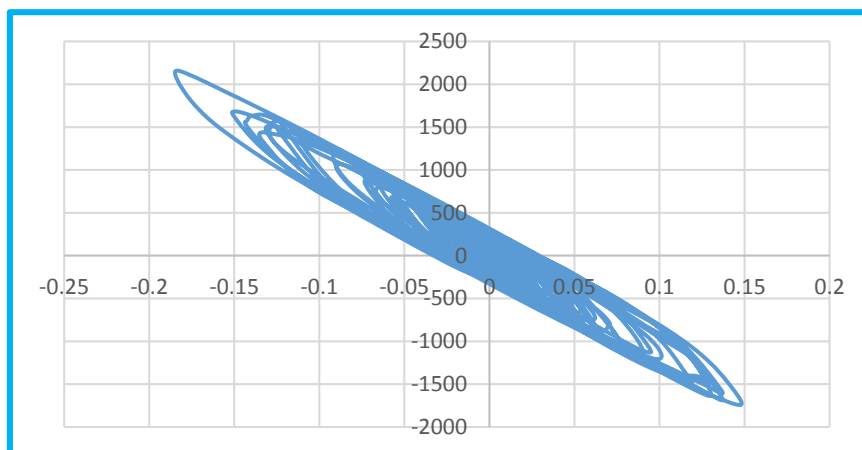


Figura N° 120: Diagrama Histéresis ICA EO – NS  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 180: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño  | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.244\ m$  | 0.208          | 0.250          | 0.202       | 0.209      | 0.232         | 0.206        |
| $D_{TM} = 0.366\ m$  | 0.317          | 0.387          | 0.309       | 0.323      | 0.370         | 0.298        |
| $V_S = 1613.172\ kN$ | 2223.454       | 2610.967       | 2159.577    | 2079.593   | 2268.180      | 2182.798     |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 59.6%          | 58.9%          | 65.3%       | 65 %       | 63.1%         | 63 %         |

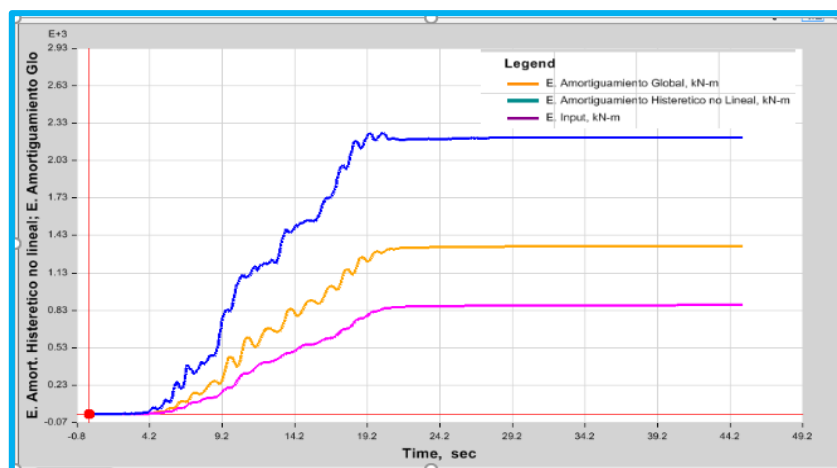


Figura N° 121: Disipación de Energía HDRB (HUARAZ EO - NS)  
Fuente: Software ETABS

#### 4.2.6 Sector E-F

##### 4.2.6.1 Participación Modal

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 181: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY        |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1     | 2.647       | 3.101E-05 | 0.9502    |
| 2     | 2.638       | 0.9995    | 2.966E-05 |
| 3     | 2.439       | 0         | 0.0495    |
| 4     | 0.261       | 0.0005    | 0         |
| 5     | 0.229       | 0         | 0.0003    |
| 6     | 0.206       | 0         | 1.454E-06 |

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver la diferencia de periodos entre el modelo convencional y base aislada.

##### 4.2.6.2 Verificación de Derivas

Tabla 182: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 3er Piso | 0.00054 | 0.00062 | 0.00065 | 0.00074 | 0.00065  | 0.00058 | 0.00074       |
| 2do Piso | 0.00072 | 0.00081 | 0.00083 | 0.00095 | 0.00078  | 0.00070 | 0.00095       |
| 1er Piso | 0.00092 | 0.00104 | 0.00103 | 0.00121 | 0.00097  | 0.00089 | 0.00121       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 183: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 3er Piso | 0.00038 | 0.00032 | 0.00040 | 0.00036 | 0.00042  | 0.00042 | 0.00042       |
| 2do Piso | 0.00064 | 0.00057 | 0.00075 | 0.00064 | 0.00059  | 0.00059 | 0.00075       |
| 1er Piso | 0.00106 | 0.00098 | 0.00137 | 0.00107 | 0.00105  | 0.00105 | 0.00137       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

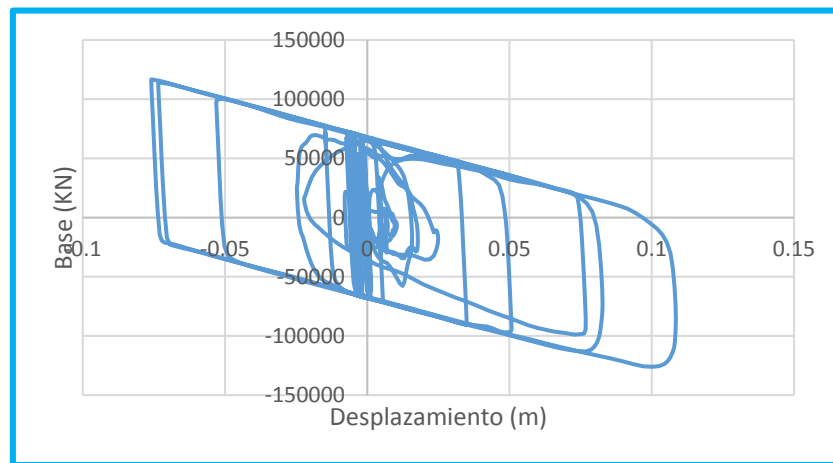


Figura N° 122: Diagrama Histéresis HUARAZ EO – NS

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 184: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño        | Huaraz   | Huaraz   | Ica      | Ica      | Moq..    | Moq.     |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                            | EO - NS  | NS - EO  | EO - NS  | NS -EO   | EO - NS  | NS - EO  |
| $D_{TD} = 0.203 \text{ m}$ | 0.163    | 0.161    | 0.152    | 0.195    | 0.172    | 0.174    |
| $D_{TM} = 0.305 \text{ m}$ | 0.245    | 0.252    | 0.237    | 0.331    | 0.262    | 0.229    |
| $V_S = 1597.447$           | 1145.484 | 1336.887 | 1264.919 | 1755.690 | 1403.701 | 1194.036 |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

|         |         |         |        |         |         |
|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Huaraz  | Huaraz  | Ica     | Ica    | Moq..   | Moq.    |
| EO - NS | NS - EO | EO - NS | NS -EO | EO - NS | NS - EO |
| 84%     | 84%     | 85%     | 85%    | 83%     | 80%     |

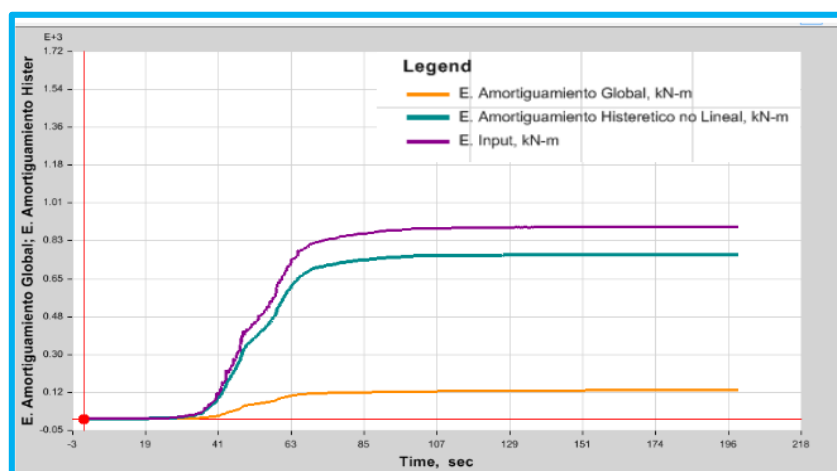


Figura N° 123: Disipación de Energía ICA NS – EO (FPS)  
Fuente: Software ETABS

#### 4.2.7 Sector F

##### 4.2.7.1 Participación Modal

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 185: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY        |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1     | 2.622       | 0.0028    | 0.7865    |
| 2     | 2.602       | 0.9438    | 0.0496    |
| 3     | 2.591       | 0.0534    | 0.6638    |
| 4     | 0.145       | 0.0001    | 0.0001    |
| 5     | 0.141       | 0.0001    | 0.0001    |
| 6     | 0.133       | 8.056E-07 | 1.534E-05 |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.7.2 Verificación de Derivas

Mediante las Acelero gramas:

Tabla 186: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica      |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 1er Piso | 0.00123 | 0.00112 | 0.000997 | 0.00103 | 0.00126  | 0.00136 | 0.00136       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 187: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz  |         | Ica     |         | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 1er Piso | 0.00118 | 0.00105 | 0.00099 | 0.00111 | 0.00129  | 0.00112 | 0.00129       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

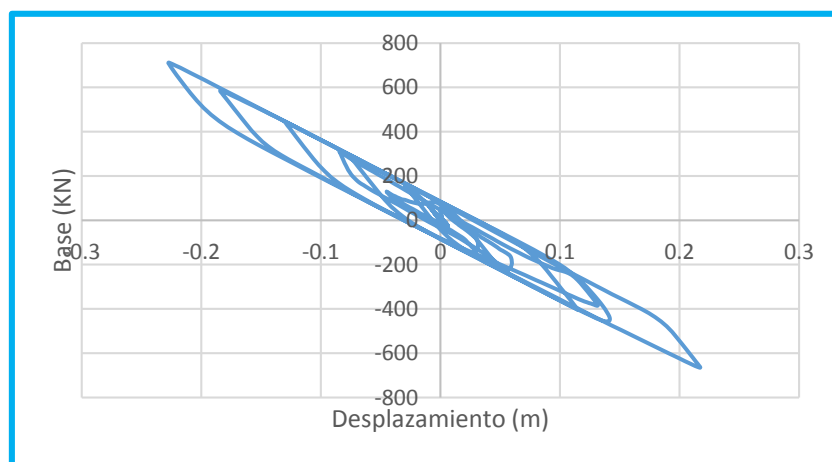


Figura N° 124: Diagrama Histéresis MOQUEGUA NS – EO  
Fuente: Elaboración Propia



Tabla 188: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|---------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.248\ m$ | 0.203          | 0.217          | 0.184       | 0.193      | 0.220         | 0.185        |
| $D_{TM} = 0.373\ m$ | 0.360          | 0.362          | 0.289       | 0.301      | 0.370         | 0.311        |
| $V_S = 446.41\ kN$  | 641.082        | 712.075        | 582.999     | 571.409    | 657.141       | 598.373      |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 58.7%          | 58.7%          | 66%         | 66.1%      | 63%           | 63.1%        |

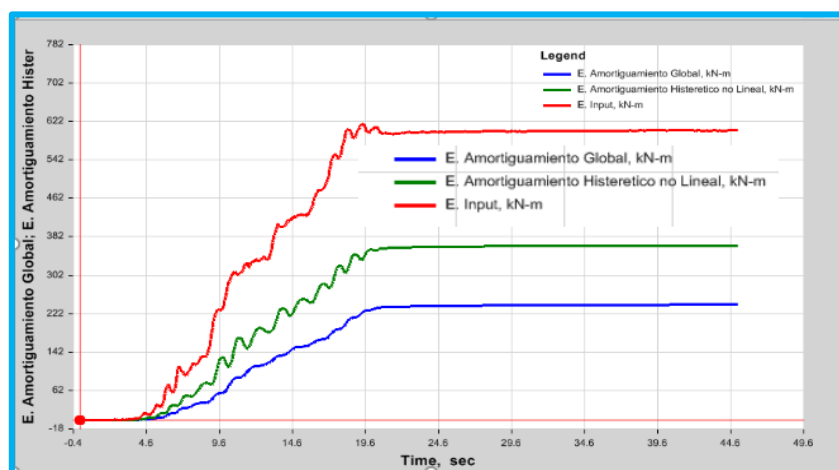


Figura N° 125: Disipación de Energía HDRB (HUARAZ EO - NS)

Fuente: Software ETABS

#### 4.2.8 Sector G

##### 4.2.8.1 Participación Modal

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 189: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX     | UY     |
|-------|-------------|--------|--------|
| 1     | 2.576       | 0.0792 | 0.8937 |
| 2     | 2.574       | 0.9205 | 0.078  |
| 3     | 2.334       | 0.0001 | 0.0282 |
| 4     | 0.138       | 0.0001 | 0      |
| 5     | 0.132       | 0      | 0.0001 |
| 6     | 0.129       | 0      | 0      |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.8.2 Verificación de Derivas

Mediante las Acelero gramas:

Tabla 190: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz  |          | Ica     |         | Moquegua |          | Máxima Deriva |
|----------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO    | EO-NS   | NS-EO   | EO-NS    | NS-EO    |               |
| 1er Piso | 0.00109 | 0.000986 | 0.00119 | 0.00109 | 0.000998 | 0.000952 | 0.00119       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 191: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz  |          | Ica      |          | Moquegua |         | Máxima Deriva |
|----------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|---------------|
|          | EO-NS   | NS-EO    | EO-NS    | NS-EO    | EO-NS    | NS-EO   |               |
| 1er Piso | 0.00111 | 0.001009 | 0.000963 | 0.000978 | 0.00107  | 0.00103 | 0.00111       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

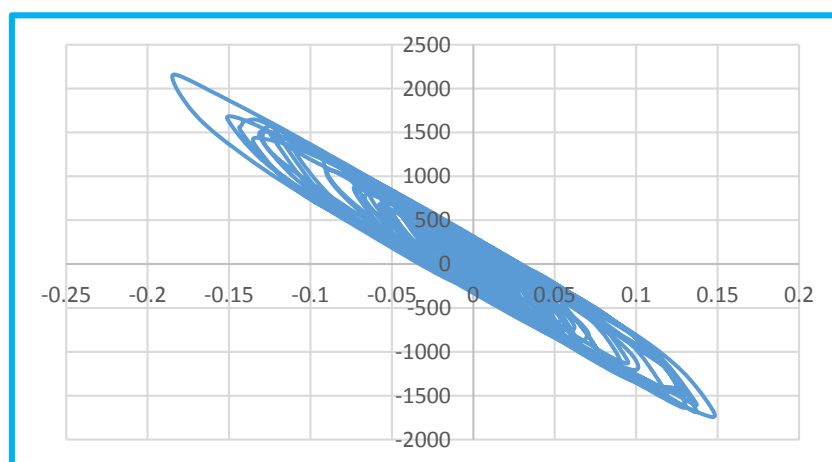


Figura N° 126: Diagrama Histéresis ICA EO – NS

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 192: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|---------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.24\ m$  | 0.244          | 0.235          | 0.229       | 0.233      | 0.233         | 0.227        |
| $D_{TM} = 0.36\ m$  | 0.386          | 0.380          | 0.358       | 0.369      | 0.378         | 0.354        |
| $V_S = 244.67\ kN$  | 422.808        | 398.596        | 365.623     | 335.808    | 385.309       | 366.377      |

Fuente: Elaboración Propia

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 50.4%          | 50.2%          | 59.8%       | 59.7 %     | 56.9 %        | 56.9 %       |

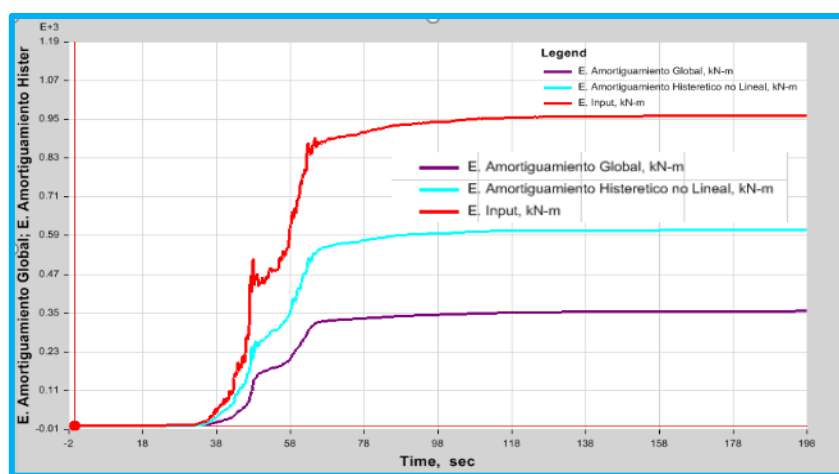


Figura N° 127: Disipación de Energía HDRB (ICA NS EO)

Fuente: Software ETABS

#### 4.2.9 Sector H

##### 4.2.9.1 Participación Modal

Como se puede ver, el periodo de la estructura es considerable, esto debido al uso de aisladores de base.

Tabla 193: Modal de Modelo de Base Aislada

| Modal | Periodo (s) | UX        | UY        |
|-------|-------------|-----------|-----------|
| 1     | 2.768       | 0.0244    | 0.5893    |
| 2     | 2.623       | 0.9627    | 0.0368    |
| 3     | 2.421       | 0.0125    | 0.3735    |
| 4     | 0.224       | 5.613E-06 | 0.0004    |
| 5     | 0.218       | 0.0004    | 4.704E-06 |
| 6     | 0.183       | 1.642E-06 | 0         |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.9.2 Verificación de Derivas

Mediante las Acelero gramas:

Tabla 194: Deriva en Base Aislada (X)

| Nivel    | Huaraz       |              | Ica          |              | Moquegua     |              | Máxima Deriva |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|          | EO-NS        | NS-EO        | EO-NS        | NS-EO        | EO-NS        | NS-EO        |               |
| 2do Piso | 0.00063<br>2 | 0.00056      | 0.00053      | 0.00053      | 0.00053<br>1 | 0.00059<br>3 | 0.00063       |
| 1er Piso | 0.00092<br>1 | 0.00083<br>1 | 0.00089<br>7 | 0.00078<br>6 | 0.00086<br>3 | 0.00079<br>3 | 0.00092       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 195: Deriva en Base Aislada (Y)

| Nivel    | Huaraz       |              | Ica          |             | Moquegua     |              | Máxima Deriva |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|
|          | EO-NS        | NS-EO        | EO-NS        | NS-EO       | EO-NS        | NS-EO        |               |
| 2do Piso | 0.00061<br>2 | 0.00052<br>6 | 0.00063<br>1 | 0.0006<br>3 | 0.00076<br>3 | 0.00069<br>2 | 0.00076       |
| 1er Piso | 0.00080<br>7 | 0.00080<br>6 | 0.00076<br>1 | 0.0008<br>3 | 0.00090<br>3 | 0.00086<br>9 | 0.00090       |

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de Histéresis

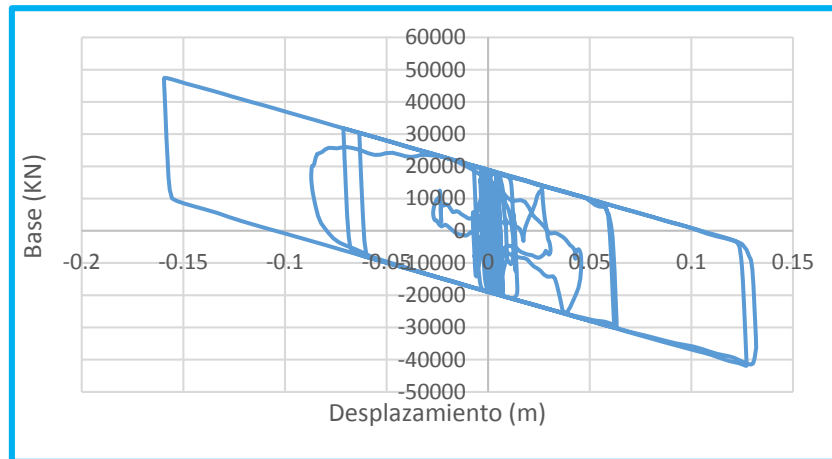


Figura N° 128: Diagrama Histéresis HUARAZ NS - EO  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 196: Determinación de Parámetros del Aislador

| Parámetro de Diseño        | Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------------------|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| $D_{TD} = 0.26 \text{ m}$  | 0.110          | 0.161          | 0.174       | 0.207      | 0.132         | 0.121        |
| $D_{TM} = 0.389 \text{ m}$ | 0.216          | 0.248          | 0.317       | 0.378      | 0.200         | 0.290        |
| $V_S = 531.96$             | 354.279        | 455.527        | 433.641     | 512.264    | 358.626       | 350.676      |

Fuente: Elaboración Propia

El desplazamiento  $D_{TD}$ , se determinara según los diferentes acelerogramas aplicada al aislador, se obtiene al multiplicar  $1.1 \times D_D$ ,  $D_{TM}$  se determinó multiplicando el factor de diseño por 1.5 para llevar al sismo máximo esperado, al igual que el anterior valor este será igual a  $1.1 \times D_M$ , este valor se determina con el fin de verificar los aisladores sísmicos.

Ahora determinaremos cuanto de energía es filtrado por los diferentes sismos aplicados en la estructura:

| Huaraz EO - NS | Huaraz NS - EO | Ica EO - NS | Ica NS -EO | Moq.. EO - NS | Moq. NS - EO |
|----------------|----------------|-------------|------------|---------------|--------------|
| 86%            | 86.1%          | 85.5 %      | 85.5 %     | 84.9 %        | 84.9%        |

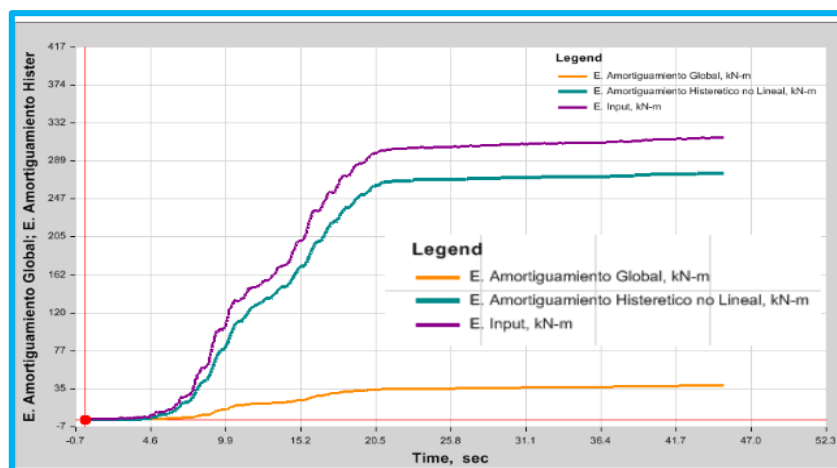


Figura N° 129: Disipación de Energía HUARAZ EO – NS (FPS)  
Fuente: Software ETABS

Las diferentes estructuras mostraron un comportamiento adecuado respecto al periodo, se puede observar que en la figura se puede observar N°148 , los diferentes periodos superan el valor de 2.5 segundos tal como lo recomienda la norma Federal Emergency Management of the Department of Homeland Security (2006).

Las diferentes tablas anteriormente mencionadas, hacen referencia a los diferentes sectores analizados, es así que el resumen de las derivas máximas obtenidas son los siguientes:

Tabla 198: Deriva de Base Aislada (x-x)

| Sector | Base Fija |
|--------|-----------|
| A      | 0.00096   |
| B      | 0.0013    |
| C      | 0.00051   |
| D      | 0.00152   |
| E      | 0.00109   |
| E-F    | 0.00121   |
| F      | 0.00136   |
| G      | 0.00119   |
| H      | 0.000921  |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 197: Derivas de Base Aislada (Y-Y)

| Sector | Base Fija |
|--------|-----------|
| A      | 0.00106   |
| B      | 0.0011    |
| C      | 0.00072   |
| D      | 0.00143   |
| E      | 0.00161   |
| E-F    | 0.00137   |
| F      | 0.00129   |
| G      | 0.00111   |
| H      | 0.000903  |

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en las anteriores tablas de resumen de derivas se obtuvo un excelente comportamiento ante las diferentes acelerogramas, como así también se verifica

estos valores de acuerdo con la norma ASCE (2010), mediante el cual determinamos la deriva  $0.015h_{sx}$ , pero a pesar de ello, otros autores mencionan que no ha de superar de 0.0035, por lo cual aún cumplimos con este requerimiento último.

Como se puede observar también en las tablas N° 196, podemos observar que los diferentes valores determinados respecto al desplazamiento total de diseño varían según las diferentes acelerogramas aplicados, es así que se elige el de mejor trabajo del aislador, estos son verificados de acuerdo con la tabla N° 20 de diseño de aislador

**4.2.10 Refuerzo Estructural**

**4.2.10.1 Sector A**

Refuerzo estructural de Viga. Sección 30x70 cm

Tabla 199: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (A)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                       | Refuerzo de Acero Central                                | Refuerzo de Acero lado Derecho                         |
|--|--|--|
| $A = 4\phi 3/4"$<br>= 11.68 cm <sup>2</sup>            | $B = 2\phi 3/4"$<br>= 5.68 cm <sup>2</sup>               | $C = 3\phi 3/4" + 1\phi 1"$<br>= 13.62 cm              |
| $D = 2\phi 3/4" + 1\phi 1/2"$<br>= 6.97cm <sup>2</sup> | $E = 3\phi 3/4" + 1\phi 5/8"$<br>= 10.51 cm <sup>2</sup> | $F = 2\phi 3/4" + 1\phi 1/2"$<br>= 6.97cm <sup>2</sup> |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 14\phi 10 + R\phi 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 199, se pasará a ver la figura 94, para su mejor interpretación.

Para el análisis se analizó la columna de 60x60 cm de primer nivel 4D.

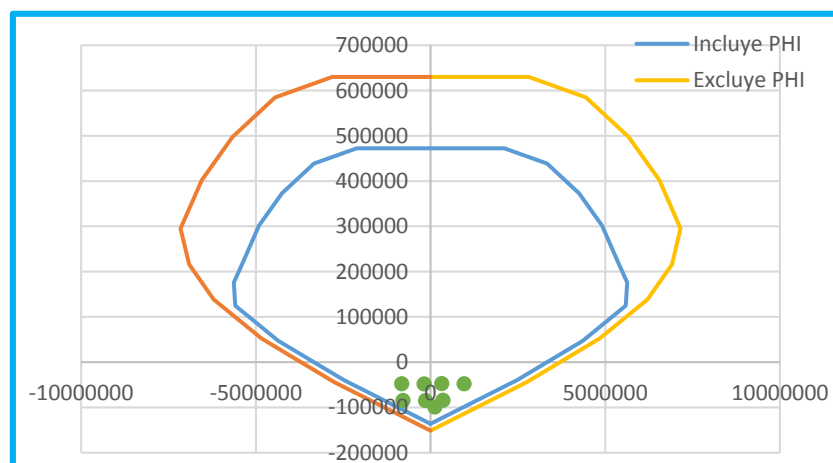


Figura N° 130: Diagrama de Interacción Base Aislada (A)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 200: Detalle de Refuerzo de Columna Base Fija (A)

|   |
|---|
| $Refuerzo\ Longitudinal = 4\phi 1" + 4\phi 5/8" + 4\phi 1/2" = 38.68\ cm^2$ |
| $Refuerzo\ Transversal = G = Estribos: 1\phi 5 + 8\phi 10 + Rto\phi 25$     |

Fuente: Elaboración Propia

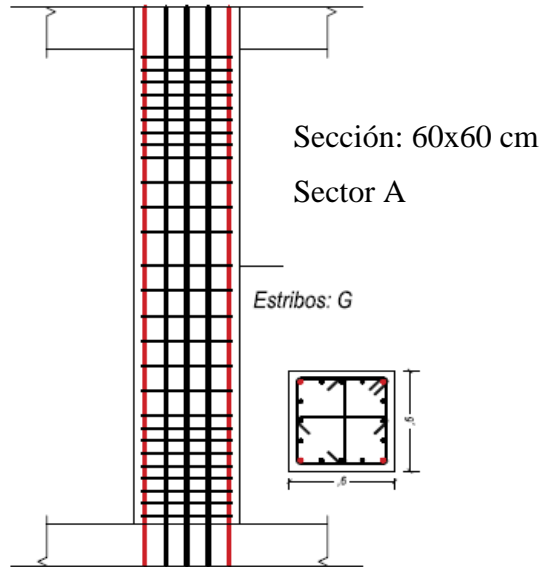


Figura N° 131: Detalle de Columna en Base Aislada (A)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.2.10.2 Sector B**

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40x80 cm, entre ejes 3D y eje 4D

Tabla 201: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (B)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                       | Refuerzo de Acero Central        | Refuerzo de Acero lado Derecho                         |
|--|----------------------------------|--|
| $A = 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4" + 2\phi 1" = 17.87\ cm^2$ | $B = 2\phi 3/4" = 5.68\ cm^2$    | $C = 2\phi 5/8" + 1\phi 3/4" + 2\phi 1" = 17.02\ cm^2$ |
| $D = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4" = 10.51\ cm^2$            | $E = 4\phi 3/4" + = 11.36\ cm^2$ | $F = 1\phi 5/8" + 3\phi 3/4" = 10.51\ cm^2$            |
| $G = Estribos: 1\phi 5 + 16\phi 10 + Rto\phi 25$       |                                  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 201, se pasará a ver la figura 94, para su mejor interpretación.

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 70X70 cm de primer nivel 4D



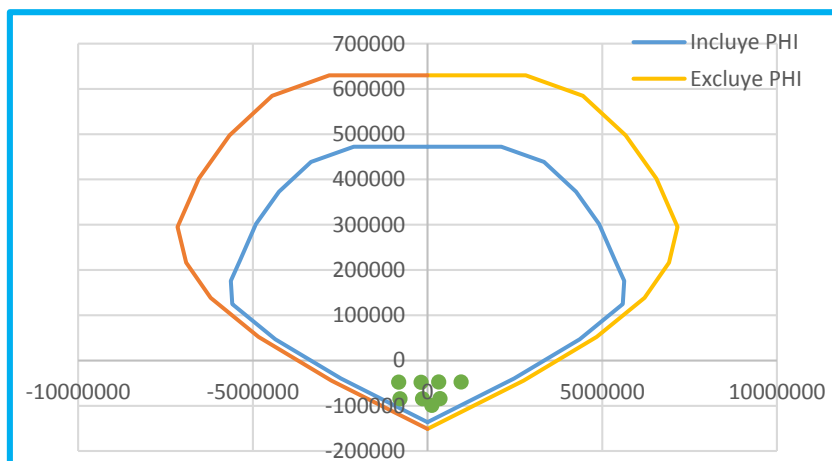


Figura N° 132: Diagrama de Interacción Base Aislada (B)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 202: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (B)

|   |
|---|
| $Refuerzo\ Longitudinal = 12\phi 3/4" + 8\phi 5/8" = 50\text{ cm}^2$    |
| $Refuerzo\ Transversal = G = Estribos: 1\phi 5 + 8\phi 10 + Rto\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

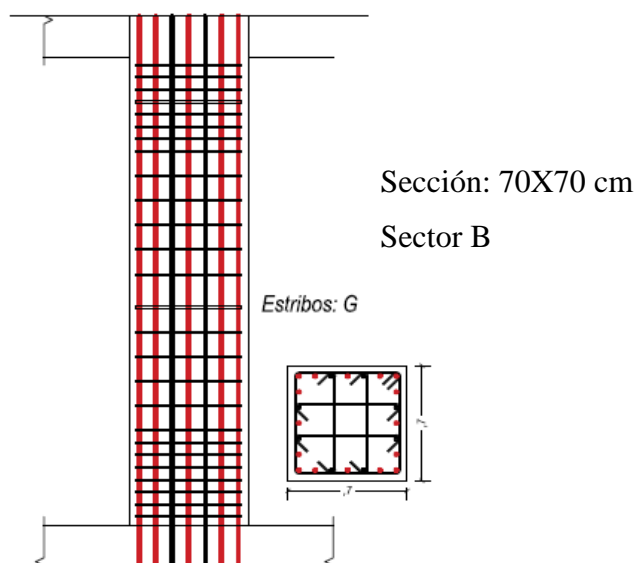


Figura N° 133: Detalle de Columna en Base Aislada (B)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.2.10.3 Sector C**

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 35x70 cm, entre ejes 4D y eje 4E.

Tabla 203: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (C)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                                 | Refuerzo de Acero Central                          | Refuerzo de Acero lado Derecho                                   |
|--|--|--|
| A<br>$= 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4" + 2\phi 1" = 13.35 \text{ cm}^2$ | B = $2\phi 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$          | C<br>$= 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4" + 2\phi 1" = 13.35 \text{ cm}^2$ |
| D = $1\phi 5/8" + 2\phi 3/4" = 7.67 \text{ cm}^2$                | E = $1\phi 1/2" + 4\phi 3/4" = 12.65 \text{ cm}^2$ | F = $1\phi 5/8" + 2\phi 3/4" = 7.67 \text{ cm}^2$                |
| G = Estribos: $1\phi 5 + 14\phi 10 + R\phi 25$                   |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 203, se pasará a ver la figura 94, para su mejor interpretación.

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X70 cm<sup>2</sup> de 4D.

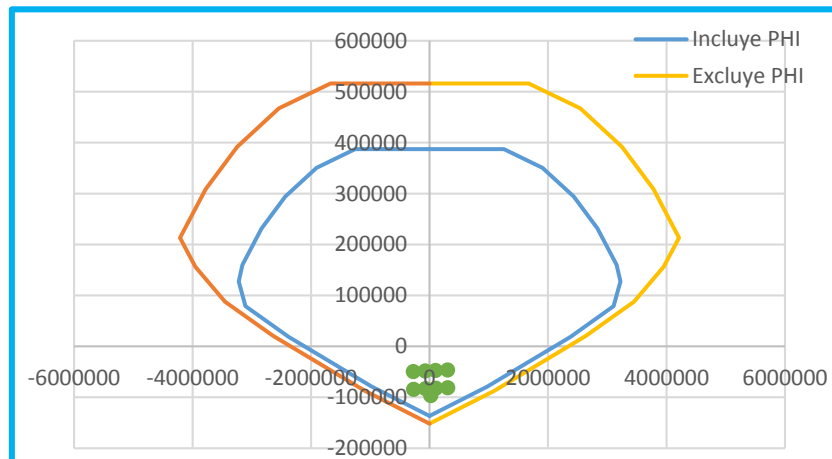


Figura N° 134: Diagrama de Interacción Base Aislada (C)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 204: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (C)

|   |
|---|
| <i>Refuerzo Longitudinal</i> = $12\phi 3/4" = 34.08 \text{ cm}^2$           |
| <i>Refuerzo Transversal</i> = G = Estribos: $1\phi 5 + 7\phi 10 + R\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

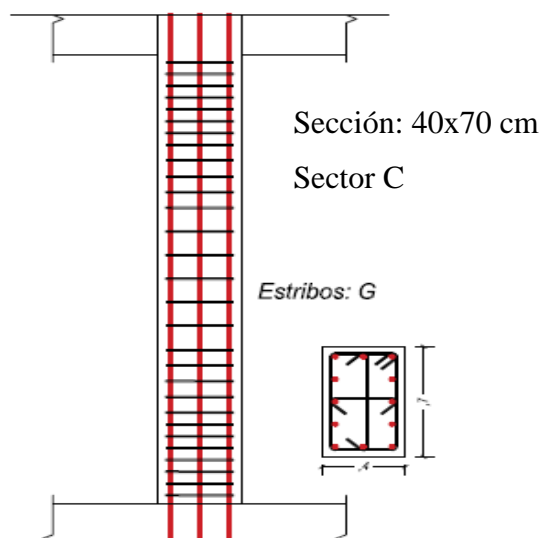


Figura N° 135: Detalle de Columna en Base Aislada (C)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.2.10.4 Sector D**

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40X80 cm, entre ejes 4D y eje 4E.

Tabla 205: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (D)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                                | Refuerzo de Acero Central                              | Refuerzo de Acero lado Derecho                         |
|---|--|--|
| $A = 4\phi 3/4"$<br>$= 11.36 \text{ cm}^2$                      | $B = 2\phi 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$              | $C = 4\phi 3/4"$<br>$= 11.36 \text{ cm}^2$             |
| $D = 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$          | $E = 2\phi 5/8" + 2\phi 3/4"$<br>$= 9.66 \text{ cm}^2$ | $F = 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 14\phi 10 + R\text{to}\phi 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 201, se pasará a ver la figura 94, para su mejor interpretación.

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X120 cm de primer nivel 4D.

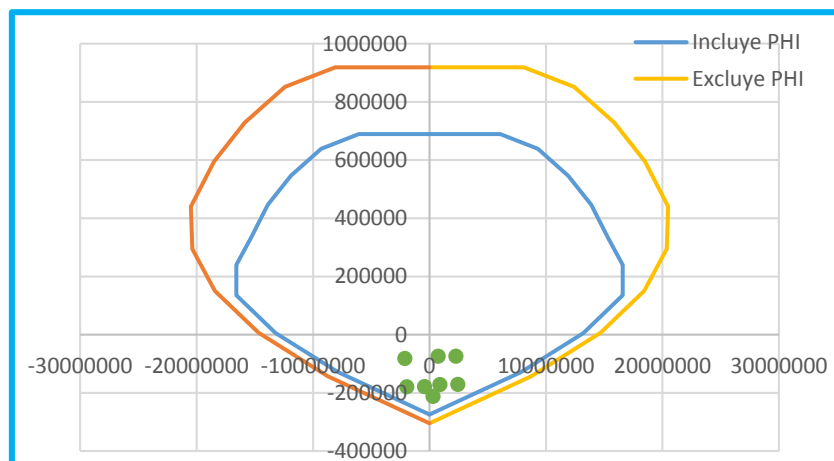


Figura N° 136: Diagrama de Interacción Base Aislada (D)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 206: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (D)

|   |
|---|
| $Refuerzo\ Longitudinal = 8\phi 1" + 10\phi 3/4" + 2\phi 5/8" = 73.18\text{cm}^2$ |
| $Refuerzo\ Transversal = G = Estribos: 1\phi 5 + 11\phi 10 + Rto\phi 25$          |

Fuente: Elaboración Propia

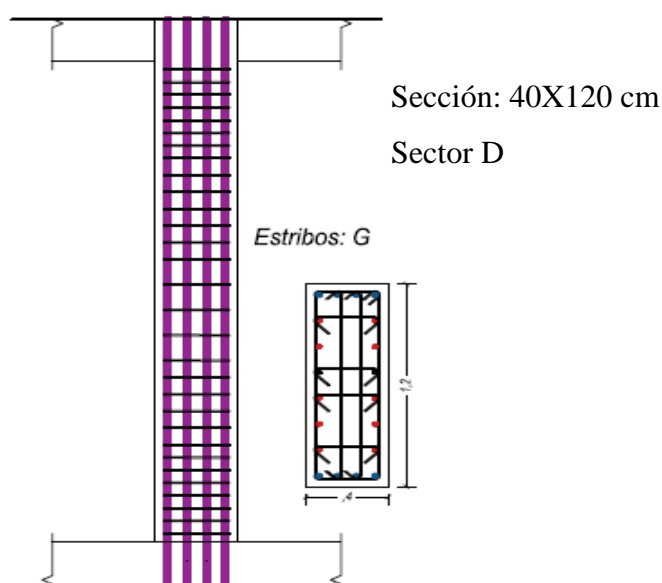


Figura N° 137: Detalle de Columna en Base Aislada (D)  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.10.5 Sector E

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40x80 cm, entre ejes 6C y eje 6D.

Tabla 207: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (E)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo   | Refuerzo de Acero Central  | Refuerzo de Acero lado Derecho                                   |
|--|--|--|
| $A = 1\emptyset 5/8" + 3\emptyset 3/4"$<br>$= 10.51 \text{ cm}^2$              | $B = 2\emptyset 3/4" = 5.68 \text{ cm}^2$                        | $C = 4\emptyset 3/4"$<br>$= 11.36 \text{ cm}^2$                  |
| $D = 2\emptyset 3/4"$<br>$= 5.68 \text{ cm}^2$                                 | $E = 2\emptyset 5/8" + 2\emptyset 3/4"$<br>$= 9.66 \text{ cm}^2$ | $F = 1\emptyset 5/8" + 2\emptyset 3/4"$<br>$= 7.67 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 16\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 207, se pasará a ver la figura 94, para su mejor interpretación.

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X70 cm de primer nivel 8B.

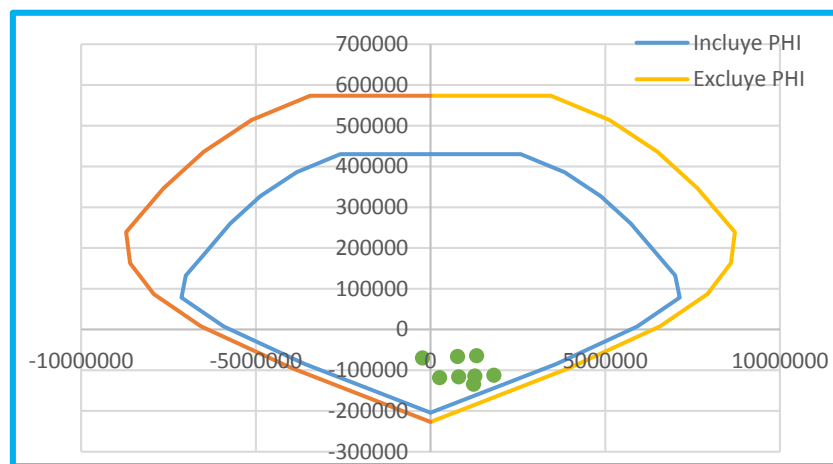


Figura N° 138: Diagrama de Interacción Base Aislada (E)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 208: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (E)

|   |
|---|
| $\text{Refuerzo Longitudinal} = 10\emptyset 1" = 71 \text{ cm}^2$   |
| $\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 7\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

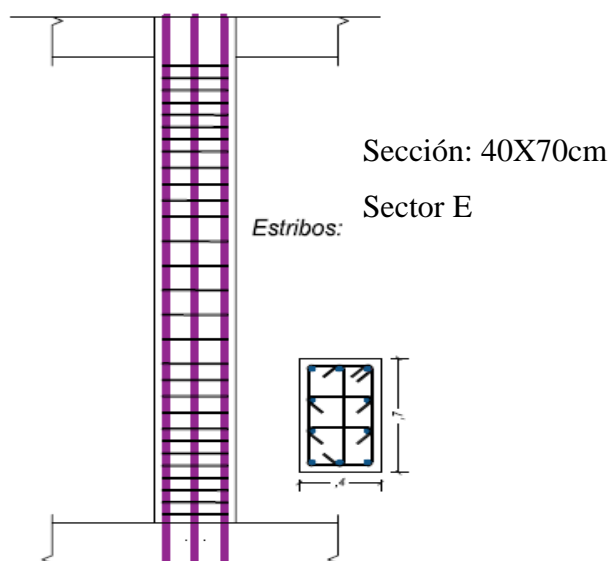


Figura N° 139: Detalle de Columna en Base Aislada (E)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.2.10.6 Sector E-F**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se optó es de sección 40x80 cm, entre ejes 1E y eje 2E.

Tabla 209: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (E-F)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                              | Refuerzo de Acero Central                         | Refuerzo de Acero lado Derecho                    |
|---|---|---|
| $A = 2\phi 1" + 2\phi 3/4" + 1\phi 5/8" = 17.87 \text{ cm}^2$ | $B = 2\phi 3/4" + 1\phi 5/8" = 7.67 \text{ cm}^2$ | $C = 2\phi 3/4" + 2\phi 5/8" = 9.66 \text{ m}^2$  |
| $D = 2\phi 3/4" + 2\phi 5/8" = 9.66 \text{ cm}^2$             | $E = 2\phi 3/4" + 2\phi 5/8" = 9.66 \text{ cm}^2$ | $F = 1\phi 5/8" + 2\phi 3/4" = 7.67 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 16\phi 10 + R\phi 25$        |   |   |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 209, se pasará a ver la figura 94, para su mejor interpretación.

Columna Para el análisis se analizó la columna de 40X50 cm de primer nivel 2E.

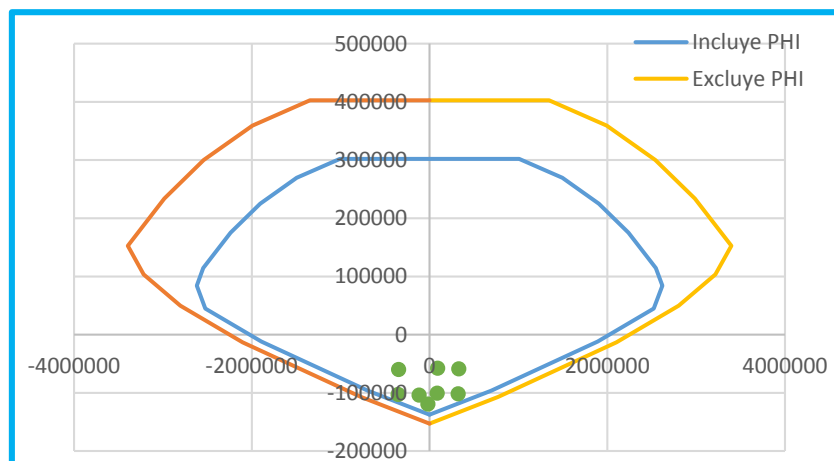


Figura N° 140: Diagrama de Interacción Base Aislada (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 210: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (E-F)

|  |
|--|
| $Refuerzo\ Longitudinal = 4\phi 1'' + 80\phi 5/8'' = 736.32\text{ cm}^2$ |
| $Refuerzo\ Transversal = G = Estribos: 1\phi 5 + 5\phi 10 + Rto\phi 25$  |

Fuente: Elaboración Propia

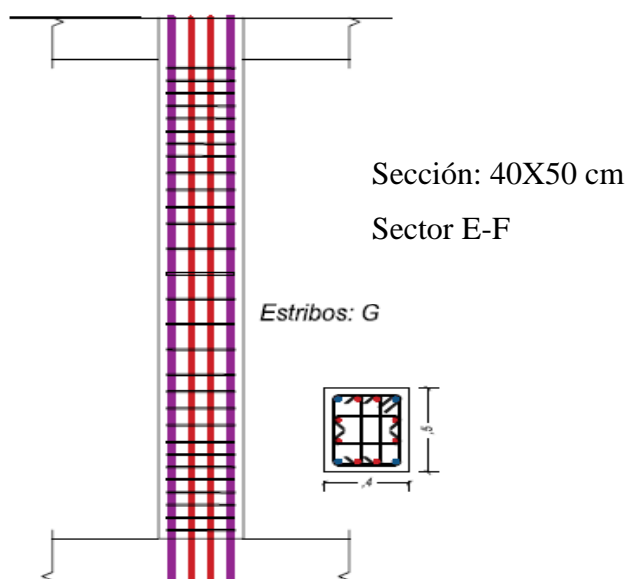


Figura N° 141: Detalle de Columna en Base Aislada (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.10.7 Sector F

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se optó es de sección 30x60 cm, entre ejes 1B y eje 2B.

Tabla 211: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (F)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                         | Refuerzo de Acero Central                               | Refuerzo de Acero lado Derecho                          |
|--|---|---|
| $A = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>= 5.27 cm <sup>2</sup>  | $B = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>= 5.27 cm <sup>2</sup> | $C = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>= 5.27 cm <sup>2</sup> |
| $D = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>= 5.27 cm <sup>2</sup>  | $E = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>= 5.27 cm <sup>2</sup> | $F = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>= 5.27 cm <sup>2</sup> |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 12\phi 10 + Rto\phi 25$ |   |   |

Fuente: Elaboración Propia

Para ver la distribución de la tabla 201, se pasará a ver la figura 94, para su mejor interpretación.

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X60 cm de primer nivel 2C.

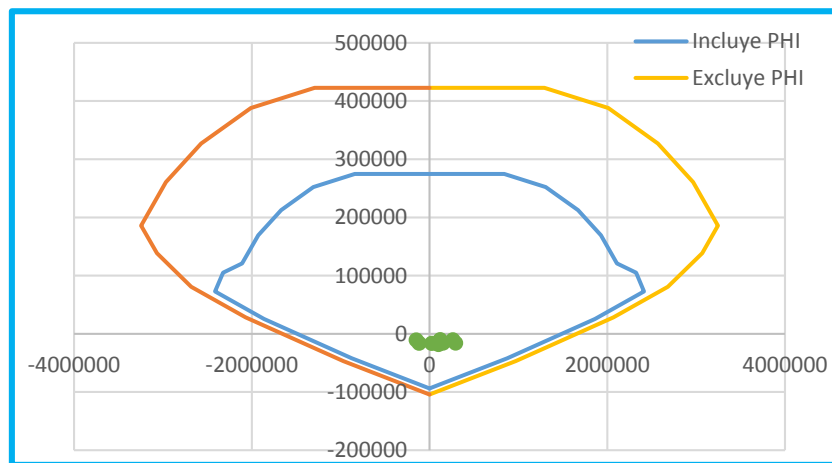


Figura N° 142: Diagrama de Interacción Base Aislada (F)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 212: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (F)

|   |
|---|
| $\text{Refuerzo Longitudinal} = 6\phi 3/4" + 4\phi 5/8" = 25 \text{ cm}^2$            |
| $\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 6\phi 10 + Rto\phi 25$ |

Fuente: Elaboración Propia



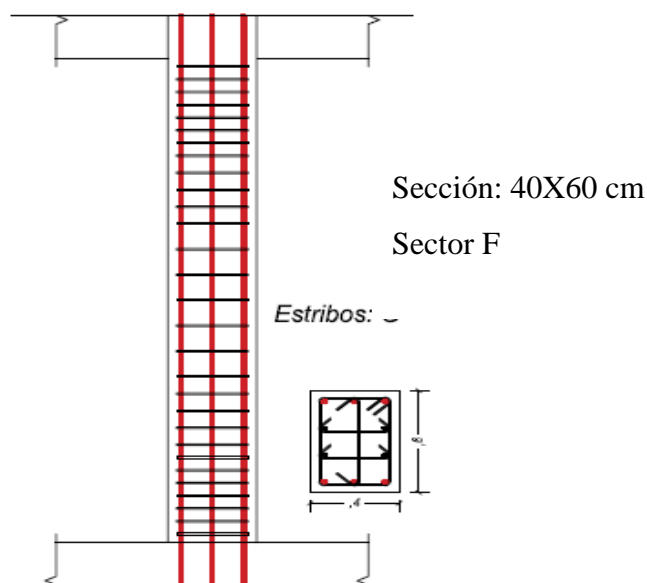


Figura N° 143: Detalle de Columna en Base Aislada (F)  
Fuente: Elaboración Propia

**4.2.10.8 Sector G**

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se opto es de sección 40x80 cm, entre ejes 3C y eje 2C.

Tabla 213: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (G)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo                       | Refuerzo de Acero Central                              | Refuerzo de Acero lado Derecho                         |
|--|--|--|
| $A = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ | $B = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ | $C = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ |
| $D = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ | $E = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ | $F = 2\phi 5/8" + 1\phi 1/2"$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ |
| $G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 16\phi 10 + R\phi 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 40X40 cm de primer nivel 2C.

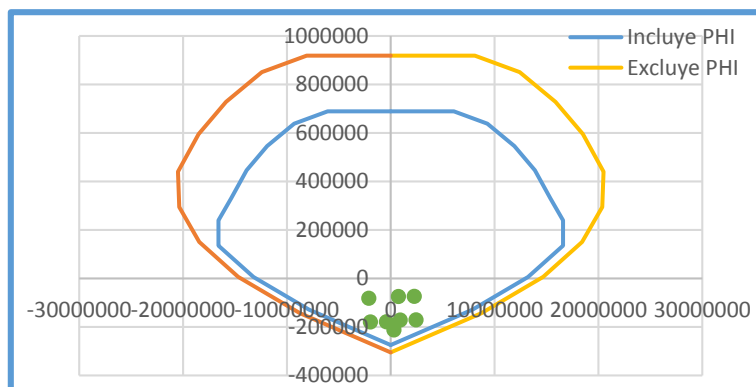


Figura N° 144: Diagrama de Interacción Base Aislada (G)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 214: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (G)

$$\text{Refuerzo Longitudinal} = 8\phi 3/4" + 10\phi 3/4" + 2\phi 5/8" = 73.18\text{cm}^2$$

$$\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\phi 5 + 5\phi 10 + R\phi 25$$

Fuente: Elaboración Propia

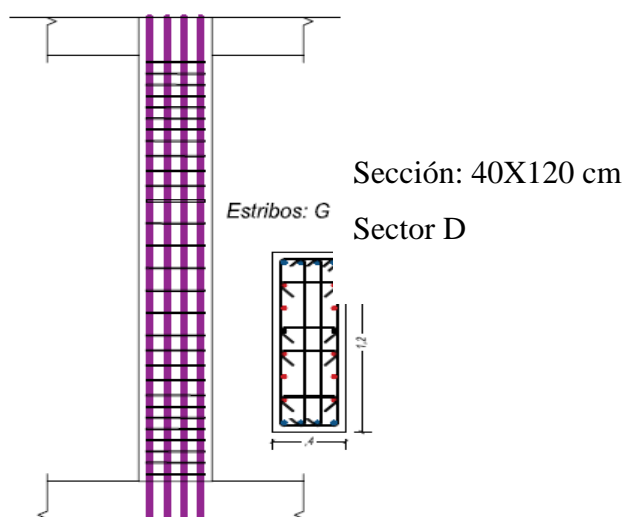


Figura N° 145: Detalle de Columna en Base Aislada (G)  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.10.9 Sector H

Para el detalle de refuerzo se optó por la viga de mayor carga

Viga: La viga a diseñar que se optó es de sección 30x70 cm, entre ejes 2A y 2B.

Tabla 215: Detalle de Refuerzo de Viga Base Aislada (H)

| Refuerzo de Acero lado Izquierdo   | Refuerzo de Acero Central  | Refuerzo de Acero lado Derecho                                     |
|--|--|--|
| $A = 1\emptyset 1/2'' + 2\emptyset 5/8''$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$             | $B = 2\emptyset 5/8''$<br>$= 3.98 \text{ cm}^2$                    | $C = 1\emptyset 1/2'' + 2\emptyset 5/8''$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ |
| $D = 2\emptyset 5/8''$<br>$= 3.98 \text{ cm}^2$                                | $E = 1\emptyset 1/2'' + 2\emptyset 5/8''$<br>$= 5.27 \text{ cm}^2$ | $F = 2\emptyset 5/8''$<br>$= 3.98 \text{ cm}^2$                    |
| $G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 14\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |  |  |

Fuente: Elaboración Propia

Columna: Para el análisis se analizó la columna de 50x60 cm de primer nivel 2D.

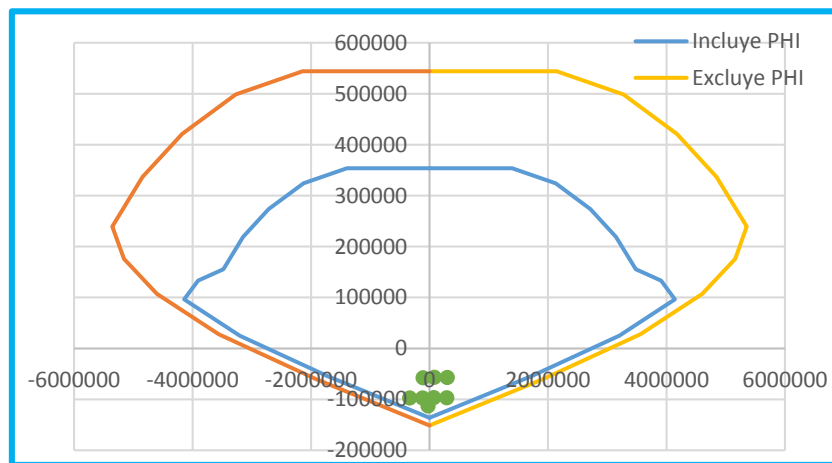


Figura N° 146: Diagrama de Interacción Base Aislada (H)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 216: Detalle de Refuerzo de Columna Base Aislada (H)

|   |
|---|
| $\text{Refuerzo Longitudinal} = 10\emptyset 3/4'' + 4\emptyset 5/8'' = 36.36 \text{ cm}^2$                  |
| $\text{Refuerzo Transversal} = G = \text{Estribos: } 1\emptyset 5 + 6\emptyset 10 + R\text{to}\emptyset 25$ |

Fuente: Elaboración Propia

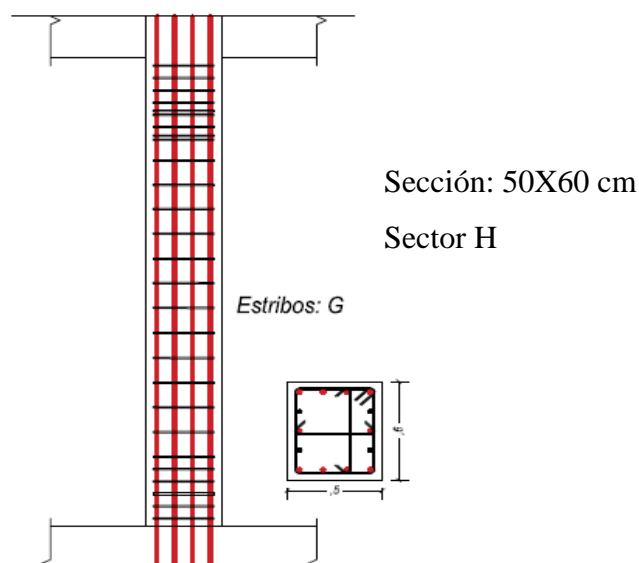


Figura N° 147: Detalle de Columna en Base Aislada (H)

Fuente: Elaboración Propia

Entonces, luego de concluir con el análisis de los diferentes sectores del mega laboratorio, con las combinaciones de cargas del ítem 2.8.2., se determinó el refuerzo de una viga y una columna de cada sector, eligiendo aquel que disponga de mayor carga de momento y carga axial. Respecto al diseño del acero longitudinal de vigas se diseñó teniendo en cuenta la cuantía mínima y en otras el refuerzo necesario según los momentos, el diseño de refuerzos transversal se optó de acuerdo a la RNE E-60 (2009), así mismo también el acero transversal de las columnas, respecto al acero longitudinal se cumplió con los requisitos de la norma citada, cumpliendo con las cuantías de diseño, teniendo de esta un resumen:

- a) Sector A se obtuvo un refuerzo de 1% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- b) Sector B se obtuvo un refuerzo de 1.2% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- c) Sector C se obtuvo un refuerzo de 1.2% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- d) Sector D se obtuvo un refuerzo de 1.5% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- e) Sector E se obtuvo un refuerzo de 1.8% en Estructura diseñada en Base Aislada.

- f) Sector E-F se obtuvo un refuerzo de 1.8% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- g) Sector F se obtuvo un refuerzo de 1.0% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- h) Sector G se obtuvo un refuerzo de 1.5% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- i) Sector H se obtuvo un refuerzo de 1.2% en Estructura diseñada en Base Aislada.

### 4.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE SECTORES DEL MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA CON AISLADORES Y SIN AISLADORES.

Para cumplir el siguiente objetivo, nos basamos con la respuesta determinada en los dos anteriores objetivos.

#### 4.3.1 Análisis de Derivas

En la siguiente tabla se puede observar las diferentes derivas determinadas, de los sectores que componen el mega laboratorio de salud humana.

Tabla 217: Comparación Deriva "X"

| SECTOR | BASE FIJA | BASE AISLADA | % REDUCCION |
|--------|-----------|--------------|-------------|
| A      | 0.00583   | 0.00096      | 83.53%      |
| B      | 0.00821   | 0.0013       | 84.17%      |
| C      | 0.00382   | 0.00051      | 86.65%      |
| D      | 0.00792   | 0.00152      | 80.81%      |
| E      | 0.00591   | 0.00109      | 81.56%      |
| E-F    | 0.00868   | 0.00121      | 86.06%      |
| F      | 0.00671   | 0.00136      | 79.73%      |
| G      | 0.00738   | 0.00119      | 83.88%      |
| H      | 0.00644   | 0.000921     | 85.70%      |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 218: Comparación Deriva "Y"

| SECTOR | BASE FIJA | BASE AISLADA | % REDUCCION |
|--------|-----------|--------------|-------------|
| A      | 0.00636   | 0.00106      | 83.33%      |
| B      | 0.00705   | 0.0011       | 84.40%      |
| C      | 0.00543   | 0.00072      | 86.74%      |
| D      | 0.00814   | 0.00143      | 82.43%      |
| E      | 0.00984   | 0.00161      | 83.64%      |
| E-F    | 0.00872   | 0.00137      | 84.29%      |
| F      | 0.00685   | 0.00129      | 81.17%      |
| G      | 0.00715   | 0.00111      | 84.48%      |
| H      | 0.00655   | 0.000903     | 86.21%      |

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en las dos tablas anteriores, se diferencia el valor porcentual de la reducción, entre base fija y base aislada, es superior a un 80 %, esto debido que se trabajó con las secciones de base fija, aumentado así la rigidez, frente a la aplicación de aisladores sísmicos., concordando con varios proyectos de investigación como Medina y Choque (2017), comentando que las derivas se reducen.

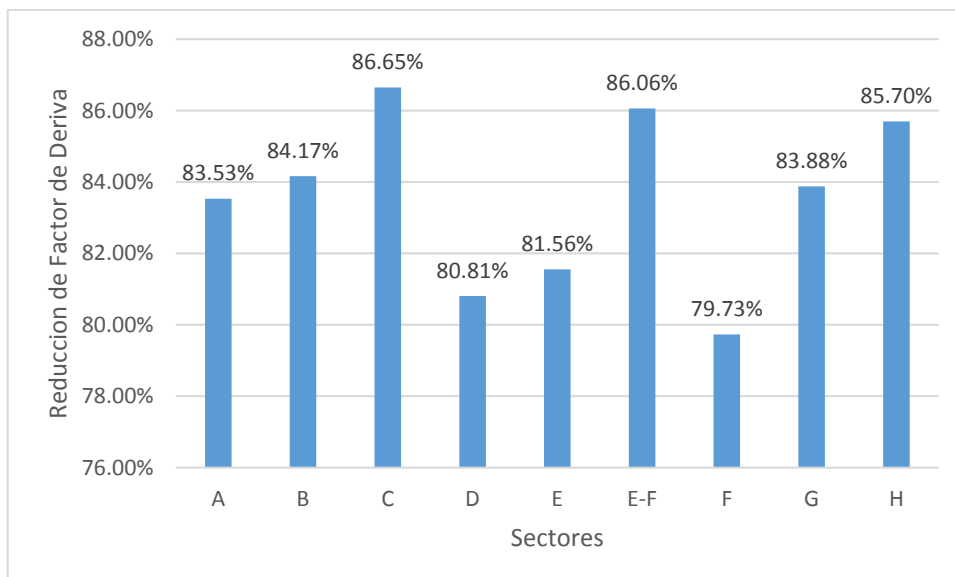


Figura N° 148: Factor de Reducción de Deriva (X-X)

Fuente: Elaboración Propia

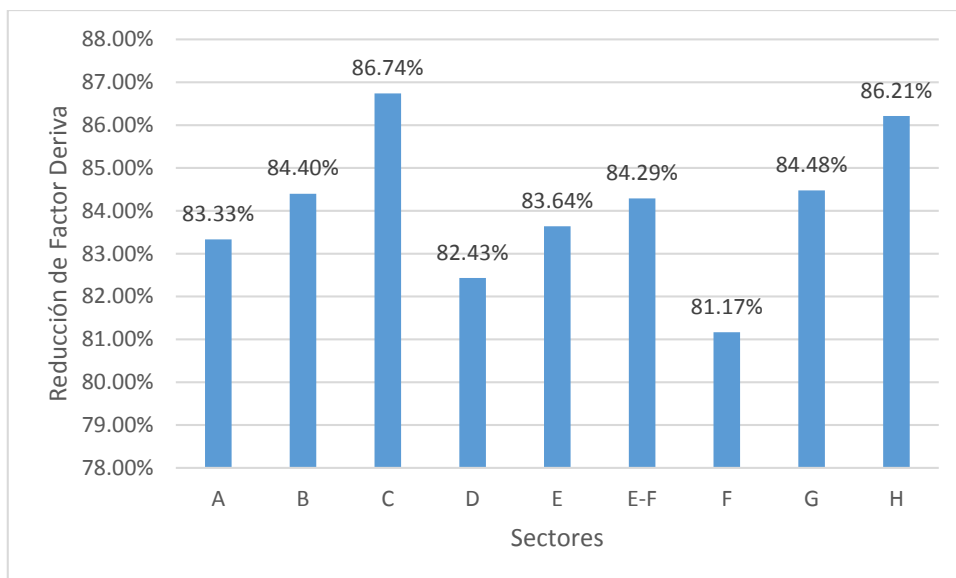


Figura N° 149: Factor de Reducción de Deriva (Y-Y)  
Fuente: Elaboración Propia

En las dos tablas anteriores se hace la comparación de las derivas en porcentaje, entre estructuras de base fija y base aislada, además se eso se puede observar la diferencia entre estas, teniendo un mejor comportamiento el de base aislada en la aplicación en estructuras.

### 4.3.2 Desplazamiento Respecto al Terreno

Mediante los siguientes gráficos, se mostrará e el desplazamiento de piso, para este caso solo se mostrará el análisis en dirección “X”.

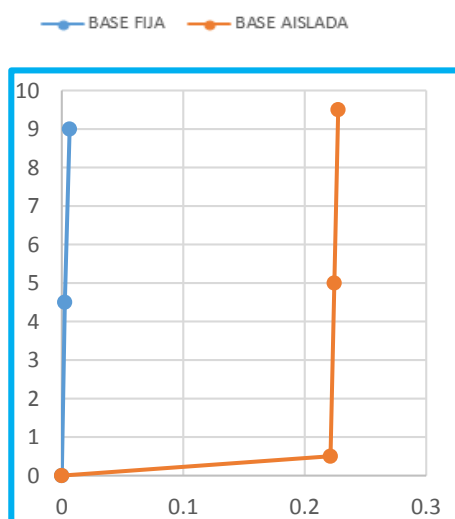


Figura N° 150: Desplazamiento de CM del Sector A  
Fuente: Elaboración Propia

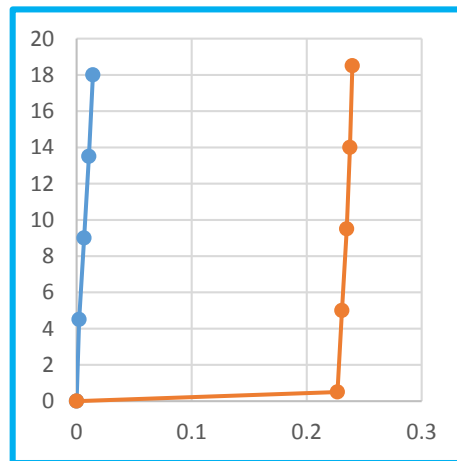


Figura N° 151: Desplazamiento de CM del Sector B  
Fuente: Elaboración Propia

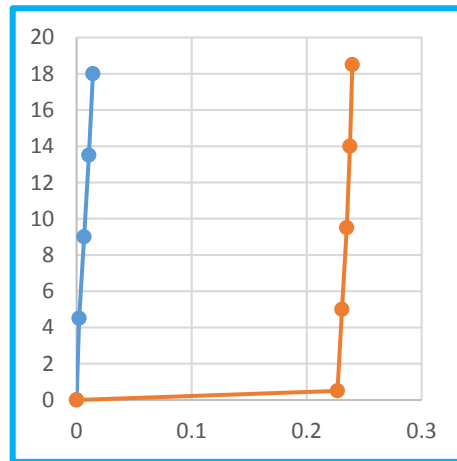


Figura N° 152: Desplazamiento de CM del Sector C  
Fuente: Elaboración Propia

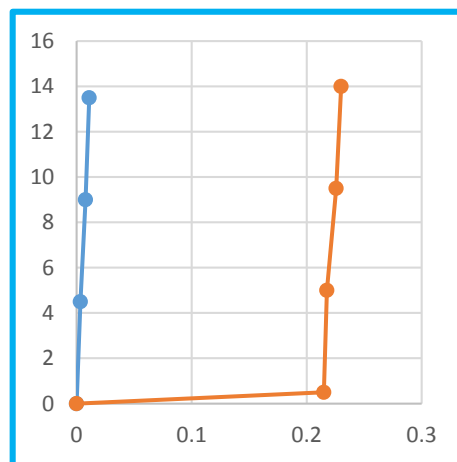


Figura N° 153: Desplazamiento de CM del Sector D  
Fuente: Elaboración Propia



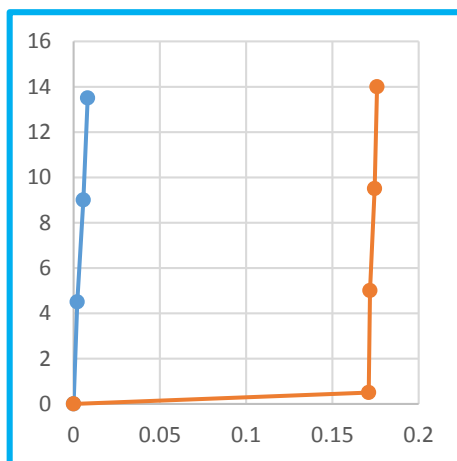


Figura N° 154: Desplazamiento de CM del Sector E  
Fuente: Elaboración Propia

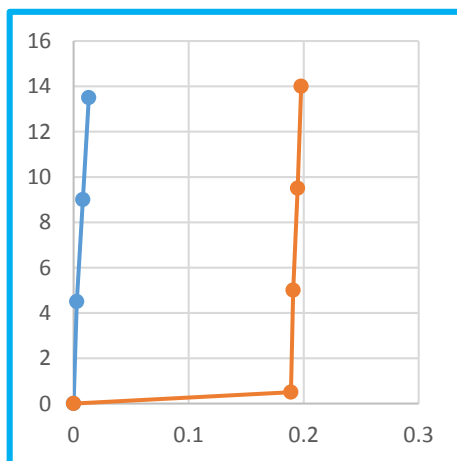


Figura N° 155: Desplazamiento de CM del Sector E-F  
Fuente: Elaboración Propia

1

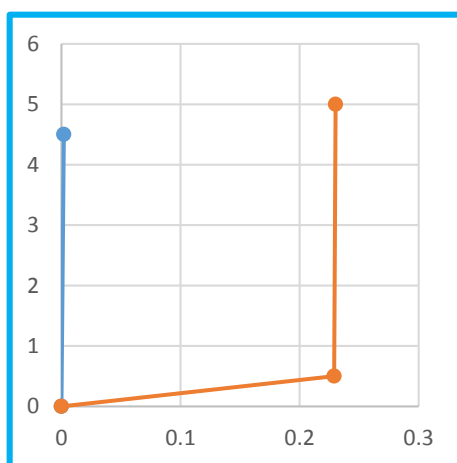


Figura N° 156: Desplazamiento de CM del Sector F  
Fuente: Elaboración Propia

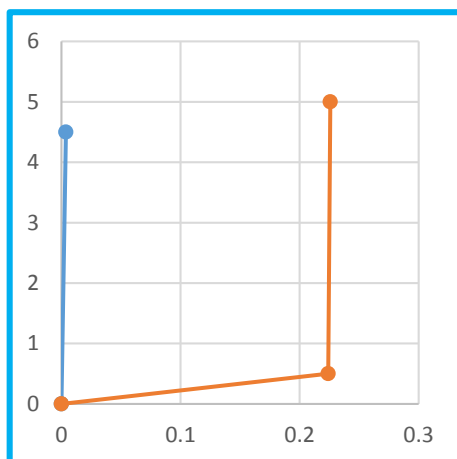


Figura N° 157: Desplazamiento de CM del Sector G  
Fuente: Elaboración Propia

1

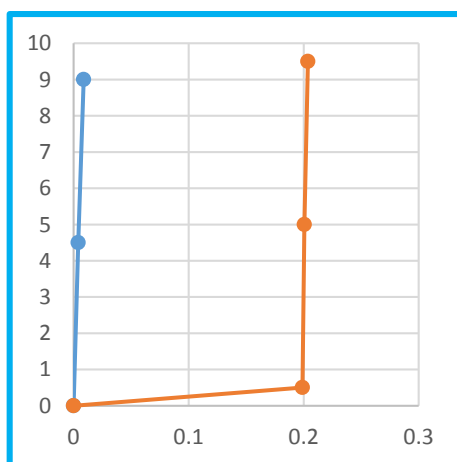


Figura N° 158: Desplazamiento de CM del Sector H  
Fuente: Elaboración Propia

En las diferentes graficas anteriores, se observa que la estructura de base aislada tiene un desplazamiento considerable, gracias a la flexibilidad que los aisladores que poseen. Es así que cada una de ellas se especifica a continuación:

- El sector A, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Moquegua EO-NS).
- El sector B, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia HUARAZ EO NS).

- El sector C, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Huaraz ENS-EO).
- El sector D, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Ica EO-NS).
- El sector E, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Moquegua EO-NS).
- El sector E-F, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Ica NS-EO).
- El sector F, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Moquegua EO-NS).
- El sector F, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Huaraz NS-EO).
- El sector G, la gráfica nos muestra el desplazamiento por piso, mediante las fuerzas Base Fija (Fuerza dinámica dirección X y Fuerza de tiempo historia Ica NS-EO).

#### 4.3.3 Periodo Efectivo

En el siguiente grafico podemos diferenciar las diferencias muestras de los diferentes periodos de los diferentes sectores, en comparación de los convencional y aislado.

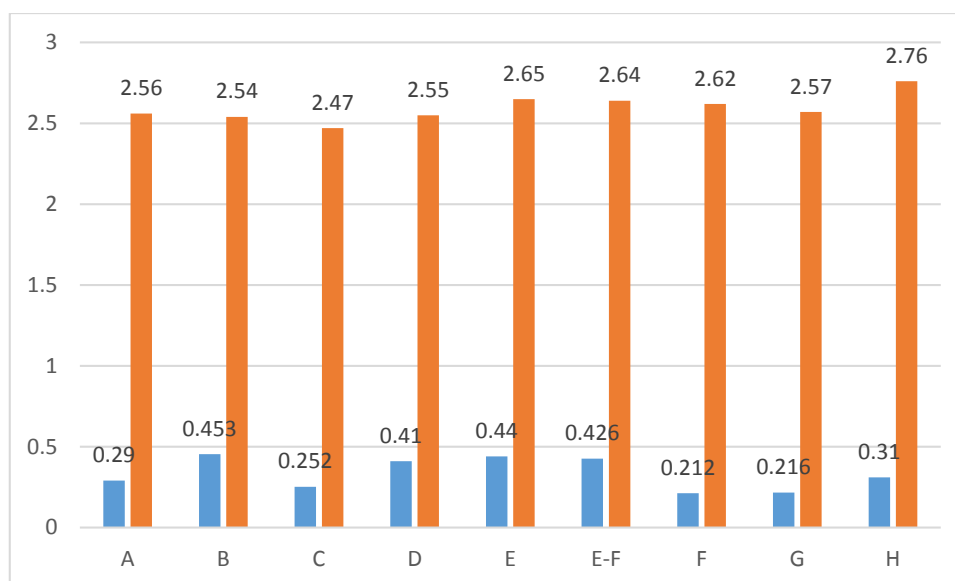


Figura N° 159: Comparación de los diferentes Sectores  
Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la gráfica anterior se tiene un periodo optimo y cumple con los requerimientos sísmicos para la aplicación de Asoladores sísmicos.

#### 4.3.4 Acero de Refuerzo

En las diferentes Vigas no se mostró diferencia considerable esto debido a las diferentes combinaciones que se aplicaron en el desarrollo del diseño, esto debido que se diseñó la misma estructura en ambos casos de análisis y diseño es así que también lo menciona Benavente & Traverso (2013), mencionando que no queda claro un ahorro de acero, esto debido a que la reducción de secciones de concreto reduciría el refuerzo.

Respecto a las columnas surge una variación de acero como se muestra:

- j) Sector A se obtuvo un refuerzo de 1.2% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- k) Sector B se obtuvo un refuerzo de 1.5% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.2% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- l) Sector C se obtuvo un refuerzo de 1.5% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.2% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- m) Sector D se obtuvo un refuerzo de 1.7% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.5% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- n) Sector E se obtuvo un refuerzo de 2.0% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.8% en Estructura diseñada en Base Aislada.

- o) Sector E-F se obtuvo un refuerzo de 2.0% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.8% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- p) Sector F se obtuvo un refuerzo de 1.2% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.0% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- q) Sector G se obtuvo un refuerzo de 1.7% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.5% en Estructura diseñada en Base Aislada.
- r) Sector H se obtuvo un refuerzo de 1.5% de área de sección en Estructura diseñada en Base Fija y 1.2% en Estructura diseñada en Base Aislada.

#### **4.4 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS (LA UTILIZACIÓN DE AISLADORES SÍSMICOS BRINDA MAYOR EFICIENCIA EN SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA ASIMISMO TAMBIÉN AL EQUIPAMIENTO INTERNO, COMPARADA CON EL DISEÑO CONVENCIONAL ANTE LOS SISMOS DEL MEGA LABORATORIO CLÍNICO UNIVERSITARIO DE SALUD HUMANA,**

Luego de ver las comparaciones entre base fija y base aislada, se presenta una consideración reducción del factor de deriva que se muestra en la tabla N° 217 y N° 218, también se puede ver el cambio de periodo a periodos superiores a 2.5 segundos cumpliendo así con la figura N° 4, así también se puede ver el desplazamiento comparado de las figuras N° 151 al N° 159, donde se ve que se cumple con el desplazamiento de diseño, y finalmente se pudo ver la comparación de acero, no es de forma considerable, debido que se trabajó con el mismo modelo en base fija y ase aislada.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

El comportamiento de los sectores modelados de forma convencional se obtuvo un periodo no superior a 0.5 segundos, respecto a las derivas se cumplió con la norma, cumpliendo que las derivas ha de ser menor que 0.007 para estructuras mediante respuesta espectral y respecto al análisis dinámico tiempo historia no superando como se especifica en el reglamento E-030, respecto al Refuerzo podemos observar que diseño de vigas se diseñó algunas con la cuantía mínima y en otras el refuerzo necesario según los momentos, así también el diseño de las columnas no llego a superar la cuantía de 2% de su sección.

Se concluyó que en las estructuras analizadas con base aislada se obtuvo un periodo superior a 2.5 segundos, siendo este una adecuada respuesta para el trabajo del aislador, así mismo también en la respuesta de derivas se vio que la deriva máxima alcanzada es de 0.00152 del sector D en la dirección “X”, y de la dirección “Y”, se obtuvo un a deriva de 0.00161 del sector E, Respecto al desplazamiento total, se cumplió que los resultados de análisis dinámico cumplan con la tabla 20, el refuerzo estructural de vigas se diseñó algunas con la cuantía mínima y en otras el refuerzo necesario según los momentos, así también el diseño de las columnas no llego a superar la cuantía de 1.8% de su sección.

Para el factor de desempeño de la deriva de piso en comparación de base fija con base aislada, en el sector A, D, F, se puede observar que en la aplicación del tipo de aislador HDRB se reduce un 83.53%, 80.81%, 79.73%, respectivamente, esta deriva fue obtenido mediante la aplicación de diferentes acelerogramas, que para la determinación de derivas se buscó determinar la máxima por piso. Para el tipo de aislador HDRB y LRB, bajo esa combinación se analizó los sectores B, E y G, que, en la verificación de derivas, se concluyó que existe una reducción notable con respecto a estructura de base fija, siendo el porcentaje de 84.17 %, 81.56% y 83.88%, respectivamente, así mismo estas derivas se obtuvieron en la aplicación de los diferentes acelerogramas en la estructura. Para el tipo de aislador FPS, se aplicó en el análisis para los sectores C, E-F y H, que, en la verificación de derivas, se concluyó que existe una reducción notable con respecto a estructura de base fija, siendo el porcentaje de 86.65%, 86.06% y 85.70%, respectivamente, así mismo estas derivas se obtuvieron en la aplicación de los diferentes acelerogramas en la estructura. Respecto a refuerzo estructural de vigas no hay variación

sustancial, esto debido que se modela la misma estructura que por consecuencia tiene las mismas cargas de diseño y así mismo las combinaciones. En columnas el refuerzo surge en un 20% a 30%, de la cuantía de la sección. esto debido a que, en el diseño, la influencia de los aisladores sísmicos influye para que las columnas se desarrollen mejor en la verificación de columna fuerte-Viga débil, y así mismo que las fuerzas aplicados en las columnas, deben estar dentro del diagrama de interacción.

Es así que los aisladores con la capacidad de la flexibilidad, son más eficientes que sin la utilización de ellos, así como se menciona en los tres párrafos anteriores, siendo una de sus principales beneficios, funcionar luego de un efecto sísmico.

## CAPITULO VI

### RECOMENDACIONES

Se recomienda el estudio de peligro sísmico con mayor información actual, esto es debido a que la tesis se basó en la tesis del Ing. Gamarra (2009)

Para zonas de alta sismicidad se recomienda diseñar las estructuras, que después de un sismo sigan teniendo la misma funcionalidad y operatividad.

Para el diseño de estructuras aisladas, el diseño arquitectónico debe considerar la idea de aisladores de base, como características geométricas en planta y altura, con la finalidad de tener una mejor distribución de ambientes y columnas que se apoyaran en estos.

Se recomienda que las estructuras aisladas superen el periodo de 2.5 s, para un mejor comportamiento del dispositivo.



## CAPITULO VII

### REFERENCIAS

- Acevedo, A. (2012). Criterios Sismológicos para seleccionar Acelerogramas Reales de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia para su uso en Análisis Dinámicos. *Revista EIA*, 14, 57–70.
- ASCE. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Published by American Society of Civil Engineers.
- Bazan, E. y Meli, R. (2012). *Diseño Sísmico de Edificios*. (L. N. Editors, Ed.). Mexico.
- Benavente, J., & Traverso, I. (2013). *COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DE SIETE PISOS CON Y SIN AISLAMIENTO EN LA BASE*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.
- Bozzo, L. y Barbat, A. (1999). *Diseño sismorresistente de Edificios*. Barcelona, España: Reverte, S.A.
- Carmona, P. y Rosas, A. (2015). *Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico Dinámico del diseño normativo sismo-resistente de un sistema dual frente al modelo con aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento ( HDR ) de un sistema aporticado , del Edificio de Oficinas Schell de s*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Chavez, S. I. (2007). *Analisis Sísmico Moderno, Etica Aplicada* (1ra Edicio). Mexico: Ed. Trillas S.A. de C.V.
- Chen, W.-F., y Scawthorn, C. (2002). *Earthquake Engineering Handbook* (Primera Ed). London: CRC Press.
- Corporación de desarrollo Tecnológico - Camara Chilena de la Construcción. (2012). *Protección Sísmica de Estructuras (Sistemas de aislacion Sísmica y Disipacion de Energia)*. Trama Impresores S.A. Retrieved from [www.cdt.cl](http://www.cdt.cl)
- Delgado, G. (2011). *Dinámica Estructural (EDICIVIL S)*. Lima, Peru.
- FEMA 451 (2006). *Federal Emergency Management of the Department of Homeland Security, NEHRP Recommended Provisions : Desing Examples. FEMA 451* (June 2004). Washington, E.E.U.U.
- Gamarra, C. (2009). *Nuevas Fuentes Sismogénicas para la evaluación del Peligro Sísmico y Generación de Espectros de Peligro Uniforme en el Perú*. Universidad Nacional de Ingenieria.
- Komodromos, P. (2000). *Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures*. USA: WIT Press.
- Lema, E. (2013). *Análisis y diseño de un edificio con aisladores sísmicos modelamiento en el ETABS*. Universidad Central del Ecuador.
- Medina, G., & Choque, J. (2017). *Análisis, Comportamiento y Diseño en Concreto Armado de un Edificio de 6 Niveles con un sótano con Aisladores Elastomericos con Núcleo de Plomo*. Universidad Nacional de San Agustín.

- Naeim, F. y Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice. Earthquake Spectra* (Vol. 16). Canada: Library of Congress Cataloging in Publication Data Naeim. <https://doi.org/10.1193/1.1586135>
- Perez, N., y Vasquez, M. (2016). *Diseño de aisladores sísmicos de base para edificio de oficinas de 10 niveles con sistema estructural de pórticos rígidos de concreto reforzado*. UNIVERSIDAD CENTROAMERICA.
- RNE E-020. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.020 Cargas. *Resolución Ministerial N° 156-2016-PRODUCE*, 1, 88. <https://doi.org/D.S 003-2008-MINAM>
- RNE E-030. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.030 Diseño Sismorresistente. *Reglamento Nacional de Edificaciones*, 32.
- RNE E-060. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.060: Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificación*.
- Morales, Roberto. 2006. *Predimensionamiento de Vigas y Columnas*.
- Ruiz, P. (2013). *Análisis y Diseño de edificios con Aisladores Sísmicos de Pendulo Friccional Doble y Triple*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., y Lucio, P. B. (2006). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION* (Cuarta Ed). McGraw-Hill Interamericana.
- San Bartolome, A. (1998). *Análisis de Edificios. PUCP-1998* (Primera Ed). Lima- Perú: Fondo Editorial de la PUCP. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Symans, M.D. 2009. Seismic Protective Systems: Seismic Isolation. In , 87.
- Skinner, R., Robinson, W. H. y McVerry, G. (1993). *An introduction to Seismic Isolation*. John Wiley & Sons (Vol. 12).
- Trujillo, E. (2017). *Diseño Integral de Estructuras con sistemas de Aislación Sísmica aplicado a un edificio de Concreto Armado*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Valerio, J. J. (2015). *Análisis Comparativo de un Edificio fijo en la base vs un Edificio Aislado utilizando 4 tipos de Aisladores Sísmicos*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Villarreal, G. y La Rosa, M. (2016). *Edificaciones con Disipadores Viscosos*. Trujillo, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L. Calle.

## **CAPITULO VIII**

### **ANEXO**

1. LISTA DE FIGURAS
2. LISTA DE TABLAS
3. ESTUDIOS DE SUELO

INDICE DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° A 1: Espectro E-030 (D).....  | 244 |
| Figura N° A 2: Dibujo de Modelo (D) .....   | 244 |
| Figura N° A 3: Espectro E-030 (E) .....   | 245 |
| Figura N° A 4: Modelo Aislado (E) .....   | 246 |
| Figura N° A 5: Espectro E-030 (E-F).....  | 247 |
| Figura N° A 6: Modelo Aislado (E-F).....  | 247 |
| Figura N° A 7: Espectro E-030 (F).....  | 249 |
| Figura N° A 8: Espectro E-030 (D).....  | 249 |
| Figura N° A 9: Espectro E-030 (G).....  | 250 |
| Figura N° A 10: Espectro E-030 (G).....   | 251 |
| Figura N° A 11: Espectro E-030 (H).....   | 252 |
| Figura N° A 12: Espectro E-030 (H).....   | 252 |
| Figura N° A 13: Definición de Acelerograma ICA NS (A) .....                               | 259 |
| Figura N° A 14: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (A) .....                   | 259 |
| Figura N° A 15: Asignación de Sismo ICA N-S (B).....                                      | 260 |
| Figura N° A 16: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (B) .....                   | 260 |
| Figura N° A 17: Asignación de Sismo MOQUEGUA E-O (C).....                                 | 261 |
| Figura N° A 18: Asignación de casos de Cargas del Acelerograma (C).....                   | 261 |
| Figura N° A 19: Definición de Acelerograma ICA NS (D) .....                               | 262 |
| Figura N° A 20: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (D) .....                   | 262 |
| Figura N° A 21: Modelo Aislado (D).....   | 263 |
| Figura N° A 22: Asignación de Sismo ICA N-S (B).....                                      | 263 |
| Figura N° A 23: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (E).....                    | 264 |
| Figura N° A 24: Modelo Aislado (E) .....  | 265 |
| Figura N° A 25: Asignación de Sismo MOQUEGUA E-O (E-O).....                               | 265 |
| Figura N° A 26: Asignación de casos de Cargas del Acelerograma ICA EO - NS (E-F)<br>..... | 266 |
| Figura N° A 27: Modelo Aislado (E-F).....   | 266 |
| Figura N° A 28: Definición de Acelerograma ICA EO (F).....                                | 267 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° A 29: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (F).....  | 267 |
| Figura N° A 30: Modelo Aislado (F) .....                                | 268 |
| Figura N° A 31: Asignación de Sismo ICA E-O (G) .....                   | 268 |
| Figura N° A 32: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (G) ..... | 269 |
| Figura N° A 33: Modelo Aislado (G).....                                 | 269 |
| Figura N° A 34: Asignación de Sismo MOQUEGUA E-O (H).....               | 270 |
| Figura N° A 35: Asignación de casos de Cargas del Acelerograma (H)..... | 270 |
| Figura N° A 36: Modelo Aislado (H).....                                 | 271 |

## INDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla N° A 1: Espectro Objetivo de Base Fija.....  | 239 |
| Tabla N° A 2: Espectro Modelo A .....  | 240 |
| Tabla N° A 3: Espectro Modelo B .....  | 241 |
| Tabla N° A 4: Espectro Modelo C .....  | 242 |
| Tabla N° A 5: Espectro Modelo D .....  | 243 |
| Tabla N° A 6: Espectro Modelo E.....   | 245 |
| Tabla N° A 7: Espectro Modelo E-F .....  | 246 |
| Tabla N° A 8: Espectro Modelo F.....   | 248 |
| Tabla N° A 9: Espectro Modelo G .....  | 250 |
| Tabla N° A 10: Espectro Modelo H .....   | 251 |
| Tabla N° A 11: Parámetros Sismológicos de las Fuentes Sismo génicas .....                  | 253 |
| Tabla N° A 12: Parámetros Sismológicos de las Fuentes Sismo génicas .....                  | 254 |
| Tabla N° A 13: Coordenadas y profundidades de las fuentes de subducción de interface ..... | 254 |
| Tabla N° A 14: Coordenadas y Profundidades de las fuentes de Subducción Intraplaca .....   | 255 |
| Tabla N° A 15: Coordenadas y profundidades de las Fuentes Continentales .....              | 256 |
| Tabla N° A 16: Espectro Objetivo.....  | 258 |

Tabla N° A 1: Espectro Objetivo de Base Fija

|      |       |      |       |
|------|-------|------|-------|
| 0    | 0.604 | 0.85 | 1.065 |
| 0.02 | 0.755 | 0.9  | 1.006 |
| 0.04 | 0.906 | 0.95 | 0.953 |
| 0.06 | 1.057 | 1    | 0.906 |
| 0.08 | 1.208 | 1.1  | 0.823 |
| 0.1  | 1.358 | 1.2  | 0.755 |
| 0.12 | 1.509 | 1.3  | 0.697 |
| 0.14 | 1.509 | 1.4  | 0.647 |
| 0.16 | 1.509 | 1.5  | 0.604 |
| 0.18 | 1.509 | 1.6  | 0.566 |
| 0.2  | 1.509 | 1.7  | 0.533 |
| 0.25 | 1.509 | 1.8  | 0.503 |
| 0.3  | 1.509 | 1.9  | 0.477 |
| 0.35 | 1.509 | 2    | 0.453 |
| 0.4  | 1.509 | 3    | 0.201 |
| 0.45 | 1.509 | 4    | 0.113 |
| 0.5  | 1.509 | 5    | 0.072 |
| 0.55 | 1.509 | 6    | 0.05  |
| 0.6  | 1.509 | 7    | 0.037 |
| 0.65 | 1.393 | 8    | 0.028 |
| 0.7  | 1.294 | 9    | 0.022 |
| 0.75 | 1.208 | 10   | 0.018 |
| 0.8  | 1.132 |      |       |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 2: Espectro Modelo A

|      |       |        |       |       |        |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| T    | C     | Sa/g   | 0.80  | 1.875 | 0.1797 |
| 0.00 | 2.500 | 0.2396 | 0.85  | 1.765 | 0.1691 |
| 0.02 | 2.500 | 0.2396 | 0.90  | 1.667 | 0.1597 |
| 0.04 | 2.500 | 0.2396 | 0.95  | 1.579 | 0.1513 |
| 0.06 | 2.500 | 0.2396 | 1.00  | 1.500 | 0.1438 |
| 0.08 | 2.500 | 0.2396 | 1.10  | 1.364 | 0.1307 |
| 0.10 | 2.500 | 0.2396 | 1.20  | 1.250 | 0.1198 |
| 0.12 | 2.500 | 0.2396 | 1.30  | 1.154 | 0.1106 |
| 0.14 | 2.500 | 0.2396 | 1.40  | 1.071 | 0.1027 |
| 0.16 | 2.500 | 0.2396 | 1.50  | 1.000 | 0.0958 |
| 0.18 | 2.500 | 0.2396 | 1.60  | 0.938 | 0.0898 |
| 0.20 | 2.500 | 0.2396 | 1.70  | 0.882 | 0.0846 |
| 0.25 | 2.500 | 0.2396 | 1.80  | 0.833 | 0.0799 |
| 0.30 | 2.500 | 0.2396 | 1.90  | 0.789 | 0.0757 |
| 0.35 | 2.500 | 0.2396 | 2.00  | 0.750 | 0.0719 |
| 0.40 | 2.500 | 0.2396 | 3.00  | 0.333 | 0.0319 |
| 0.45 | 2.500 | 0.2396 | 4.00  | 0.188 | 0.0180 |
| 0.50 | 2.500 | 0.2396 | 5.00  | 0.120 | 0.0115 |
| 0.55 | 2.500 | 0.2396 | 6.00  | 0.083 | 0.0080 |
| 0.60 | 2.500 | 0.2396 | 7.00  | 0.061 | 0.0059 |
| 0.65 | 2.308 | 0.2212 | 8.00  | 0.047 | 0.0045 |
| 0.70 | 2.143 | 0.2054 | 9.00  | 0.037 | 0.0035 |
| 0.75 | 2.000 | 0.1917 | 10.00 | 0.030 | 0.0029 |

Fuente: Elaboración Propia



Tabla N° A 3: Espectro Modelo B

| T    | C     | Sa/g  |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.00 | 2.500 | 0.252 | 0.80  | 1.875 | 0.189 |
| 0.02 | 2.500 | 0.252 | 0.85  | 1.765 | 0.178 |
| 0.04 | 2.500 | 0.252 | 0.90  | 1.667 | 0.168 |
| 0.06 | 2.500 | 0.252 | 0.95  | 1.579 | 0.159 |
| 0.08 | 2.500 | 0.252 | 1.00  | 1.500 | 0.151 |
| 0.10 | 2.500 | 0.252 | 1.10  | 1.364 | 0.137 |
| 0.12 | 2.500 | 0.252 | 1.20  | 1.250 | 0.126 |
| 0.14 | 2.500 | 0.252 | 1.30  | 1.154 | 0.116 |
| 0.16 | 2.500 | 0.252 | 1.40  | 1.071 | 0.108 |
| 0.18 | 2.500 | 0.252 | 1.50  | 1.000 | 0.101 |
| 0.20 | 2.500 | 0.252 | 1.60  | 0.938 | 0.094 |
| 0.25 | 2.500 | 0.252 | 1.70  | 0.882 | 0.089 |
| 0.30 | 2.500 | 0.252 | 1.80  | 0.833 | 0.084 |
| 0.35 | 2.500 | 0.252 | 1.90  | 0.789 | 0.079 |
| 0.40 | 2.500 | 0.252 | 2.00  | 0.750 | 0.075 |
| 0.45 | 2.500 | 0.252 | 3.00  | 0.333 | 0.034 |
| 0.50 | 2.500 | 0.252 | 4.00  | 0.188 | 0.019 |
| 0.55 | 2.500 | 0.252 | 5.00  | 0.120 | 0.012 |
| 0.60 | 2.500 | 0.252 | 6.00  | 0.083 | 0.008 |
| 0.65 | 2.308 | 0.232 | 7.00  | 0.061 | 0.006 |
| 0.70 | 2.143 | 0.216 | 8.00  | 0.047 | 0.005 |
| 0.75 | 2.000 | 0.201 | 9.00  | 0.037 | 0.004 |
|      |       |       | 10.00 | 0.030 | 0.003 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 4: Espectro Modelo C

| T    | C     | Sa/g   |       |       |        |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 0.00 | 2.500 | 0.2396 | 0.80  | 1.875 | 0.1797 |
| 0.02 | 2.500 | 0.2396 | 0.85  | 1.765 | 0.1691 |
| 0.04 | 2.500 | 0.2396 | 0.90  | 1.667 | 0.1597 |
| 0.06 | 2.500 | 0.2396 | 0.95  | 1.579 | 0.1513 |
| 0.08 | 2.500 | 0.2396 | 1.00  | 1.500 | 0.1438 |
| 0.10 | 2.500 | 0.2396 | 1.10  | 1.364 | 0.1307 |
| 0.12 | 2.500 | 0.2396 | 1.20  | 1.250 | 0.1198 |
| 0.14 | 2.500 | 0.2396 | 1.30  | 1.154 | 0.1106 |
| 0.16 | 2.500 | 0.2396 | 1.40  | 1.071 | 0.1027 |
| 0.18 | 2.500 | 0.2396 | 1.50  | 1.000 | 0.0958 |
| 0.20 | 2.500 | 0.2396 | 1.60  | 0.938 | 0.0898 |
| 0.25 | 2.500 | 0.2396 | 1.70  | 0.882 | 0.0846 |
| 0.30 | 2.500 | 0.2396 | 1.80  | 0.833 | 0.0799 |
| 0.35 | 2.500 | 0.2396 | 1.90  | 0.789 | 0.0757 |
| 0.40 | 2.500 | 0.2396 | 2.00  | 0.750 | 0.0719 |
| 0.45 | 2.500 | 0.2396 | 3.00  | 0.333 | 0.0319 |
| 0.50 | 2.500 | 0.2396 | 4.00  | 0.188 | 0.0180 |
| 0.55 | 2.500 | 0.2396 | 5.00  | 0.120 | 0.0115 |
| 0.60 | 2.500 | 0.2396 | 6.00  | 0.083 | 0.0080 |
| 0.65 | 2.308 | 0.2212 | 7.00  | 0.061 | 0.0059 |
| 0.70 | 2.143 | 0.2054 | 8.00  | 0.047 | 0.0045 |
| 0.75 | 2.000 | 0.1917 | 9.00  | 0.037 | 0.0035 |
|      |       |        | 10.00 | 0.030 | 0.0029 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 5: Espectro Modelo D

| T    | C     | Sa/g   |       |       |        |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 0.00 | 2.500 | 0.2396 | 0.80  | 1.875 | 0.1797 |
| 0.02 | 2.500 | 0.2396 | 0.85  | 1.765 | 0.1691 |
| 0.04 | 2.500 | 0.2396 | 0.90  | 1.667 | 0.1597 |
| 0.06 | 2.500 | 0.2396 | 0.95  | 1.579 | 0.1513 |
| 0.08 | 2.500 | 0.2396 | 1.00  | 1.500 | 0.1438 |
| 0.10 | 2.500 | 0.2396 | 1.10  | 1.364 | 0.1307 |
| 0.12 | 2.500 | 0.2396 | 1.20  | 1.250 | 0.1198 |
| 0.14 | 2.500 | 0.2396 | 1.30  | 1.154 | 0.1106 |
| 0.16 | 2.500 | 0.2396 | 1.40  | 1.071 | 0.1027 |
| 0.18 | 2.500 | 0.2396 | 1.50  | 1.000 | 0.0958 |
| 0.20 | 2.500 | 0.2396 | 1.60  | 0.938 | 0.0898 |
| 0.25 | 2.500 | 0.2396 | 1.70  | 0.882 | 0.0846 |
| 0.30 | 2.500 | 0.2396 | 1.80  | 0.833 | 0.0799 |
| 0.35 | 2.500 | 0.2396 | 1.90  | 0.789 | 0.0757 |
| 0.40 | 2.500 | 0.2396 | 2.00  | 0.750 | 0.0719 |
| 0.45 | 2.500 | 0.2396 | 3.00  | 0.333 | 0.0319 |
| 0.50 | 2.500 | 0.2396 | 4.00  | 0.188 | 0.0180 |
| 0.55 | 2.500 | 0.2396 | 5.00  | 0.120 | 0.0115 |
| 0.60 | 2.500 | 0.2396 | 6.00  | 0.083 | 0.0080 |
| 0.65 | 2.308 | 0.2212 | 7.00  | 0.061 | 0.0059 |
| 0.70 | 2.143 | 0.2054 | 8.00  | 0.047 | 0.0045 |
| 0.75 | 2.000 | 0.1917 | 9.00  | 0.037 | 0.0035 |
|      |       |        | 10.00 | 0.030 | 0.0029 |

Fuente: Elaboración Propia

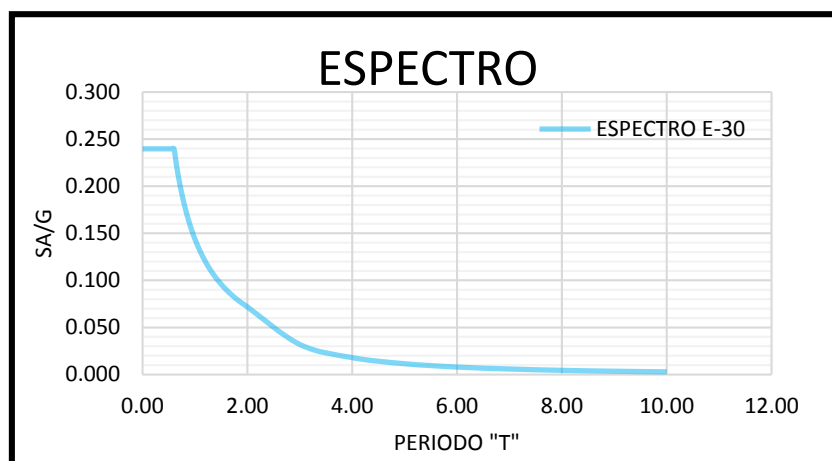


Figura N° A 1: Espectro E-030 (D)  
Fuente: Elaboración Propia

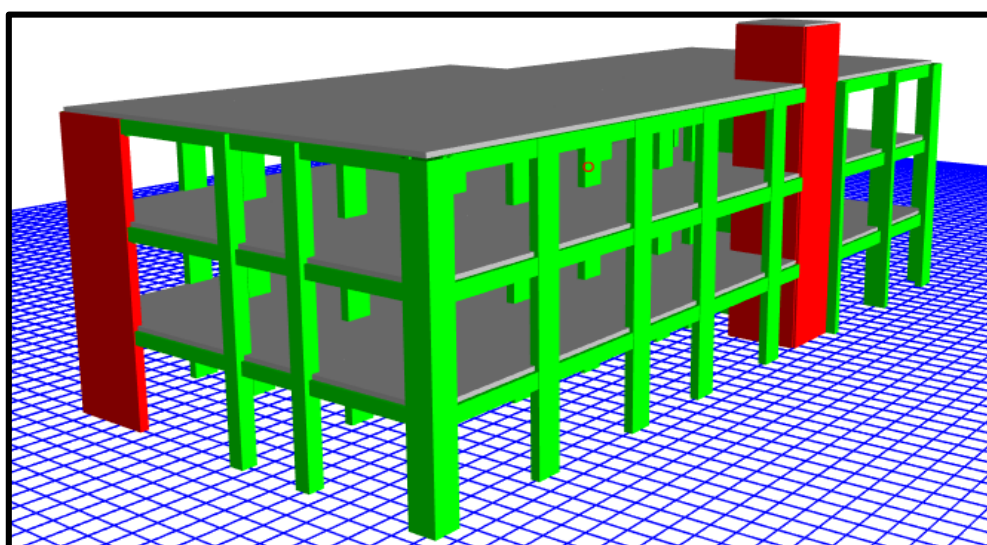


Figura N° A 2: Dibujo de Modelo (D)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 6: Espectro Modelo E

| T    | C     | Sa/g   |       |       |        |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 0.00 | 2.500 | 0.2156 | 0.80  | 1.875 | 0.1617 |
| 0.02 | 2.500 | 0.2156 | 0.85  | 1.765 | 0.1522 |
| 0.04 | 2.500 | 0.2156 | 0.90  | 1.667 | 0.1438 |
| 0.06 | 2.500 | 0.2156 | 0.95  | 1.579 | 0.1362 |
| 0.08 | 2.500 | 0.2156 | 1.00  | 1.500 | 0.1294 |
| 0.10 | 2.500 | 0.2156 | 1.10  | 1.364 | 0.1176 |
| 0.12 | 2.500 | 0.2156 | 1.20  | 1.250 | 0.1078 |
| 0.14 | 2.500 | 0.2156 | 1.30  | 1.154 | 0.0995 |
| 0.16 | 2.500 | 0.2156 | 1.40  | 1.071 | 0.0924 |
| 0.18 | 2.500 | 0.2156 | 1.50  | 1.000 | 0.0863 |
| 0.20 | 2.500 | 0.2156 | 1.60  | 0.938 | 0.0809 |
| 0.25 | 2.500 | 0.2156 | 1.70  | 0.882 | 0.0761 |
| 0.30 | 2.500 | 0.2156 | 1.80  | 0.833 | 0.0719 |
| 0.35 | 2.500 | 0.2156 | 1.90  | 0.789 | 0.0681 |
| 0.40 | 2.500 | 0.2156 | 2.00  | 0.750 | 0.0647 |
| 0.45 | 2.500 | 0.2156 | 3.00  | 0.333 | 0.0288 |
| 0.50 | 2.500 | 0.2156 | 4.00  | 0.188 | 0.0162 |
| 0.55 | 2.500 | 0.2156 | 5.00  | 0.120 | 0.0104 |
| 0.60 | 2.500 | 0.2156 | 6.00  | 0.083 | 0.0072 |
| 0.65 | 2.308 | 0.1990 | 7.00  | 0.061 | 0.0053 |
| 0.70 | 2.143 | 0.1848 | 8.00  | 0.047 | 0.0040 |
| 0.75 | 2.000 | 0.1725 | 9.00  | 0.037 | 0.0032 |
|      |       |        | 10.00 | 0.030 | 0.0026 |

Fuente: Elaboración Propia

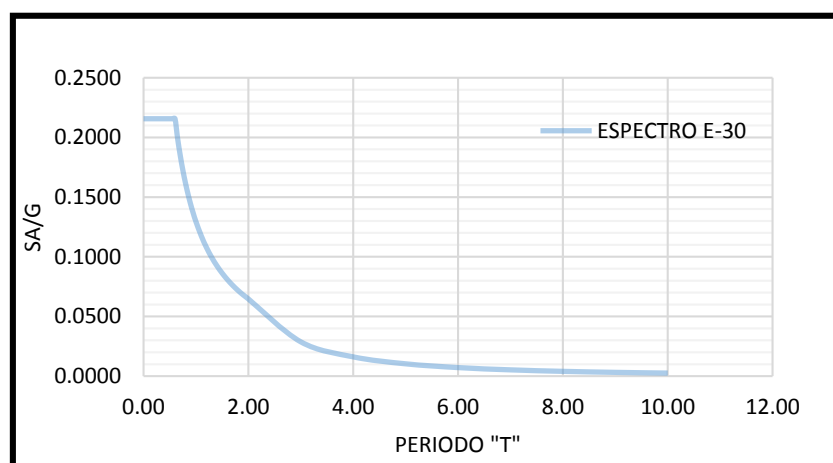


Figura N° A 3: Espectro E-030 (E)

Fuente: Elaboración Propia

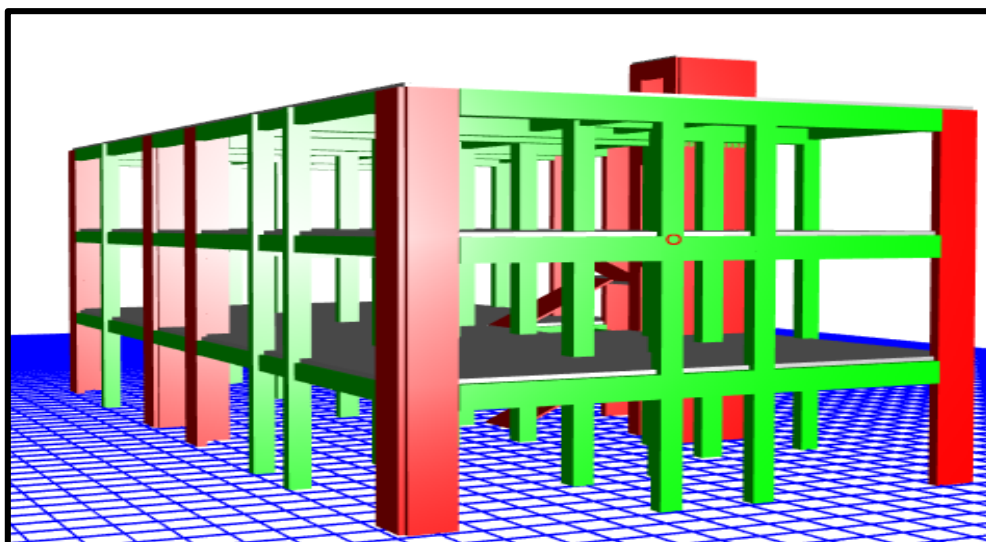


Figura N° A 4: Modelo Aislado (E)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 7: Espectro Modelo E-F

| T    | C     | Sa/g   |       |       |        |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 0.00 | 2.500 | 0.2156 | 0.80  | 1.875 | 0.1617 |
| 0.02 | 2.500 | 0.2156 | 0.85  | 1.765 | 0.1522 |
| 0.04 | 2.500 | 0.2156 | 0.90  | 1.667 | 0.1438 |
| 0.06 | 2.500 | 0.2156 | 0.95  | 1.579 | 0.1362 |
| 0.08 | 2.500 | 0.2156 | 1.00  | 1.500 | 0.1294 |
| 0.10 | 2.500 | 0.2156 | 1.10  | 1.364 | 0.1176 |
| 0.12 | 2.500 | 0.2156 | 1.20  | 1.250 | 0.1078 |
| 0.14 | 2.500 | 0.2156 | 1.30  | 1.154 | 0.0995 |
| 0.16 | 2.500 | 0.2156 | 1.40  | 1.071 | 0.0924 |
| 0.18 | 2.500 | 0.2156 | 1.50  | 1.000 | 0.0863 |
| 0.20 | 2.500 | 0.2156 | 1.60  | 0.938 | 0.0809 |
| 0.25 | 2.500 | 0.2156 | 1.70  | 0.882 | 0.0761 |
| 0.30 | 2.500 | 0.2156 | 1.80  | 0.833 | 0.0719 |
| 0.35 | 2.500 | 0.2156 | 1.90  | 0.789 | 0.0681 |
| 0.40 | 2.500 | 0.2156 | 2.00  | 0.750 | 0.0647 |
| 0.45 | 2.500 | 0.2156 | 3.00  | 0.333 | 0.0288 |
| 0.50 | 2.500 | 0.2156 | 4.00  | 0.188 | 0.0162 |
| 0.55 | 2.500 | 0.2156 | 5.00  | 0.120 | 0.0104 |
| 0.60 | 2.500 | 0.2156 | 6.00  | 0.083 | 0.0072 |
| 0.65 | 2.308 | 0.1990 | 7.00  | 0.061 | 0.0053 |
| 0.70 | 2.143 | 0.1848 | 8.00  | 0.047 | 0.0040 |
| 0.75 | 2.000 | 0.1725 | 9.00  | 0.037 | 0.0032 |
|      |       |        | 10.00 | 0.030 | 0.0026 |

Fuente: Elaboración Propia

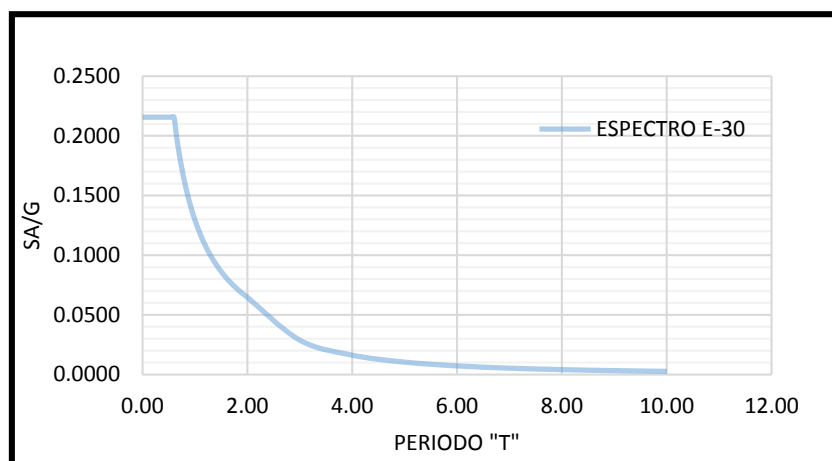


Figura N° A 5: Espectro E-030 (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

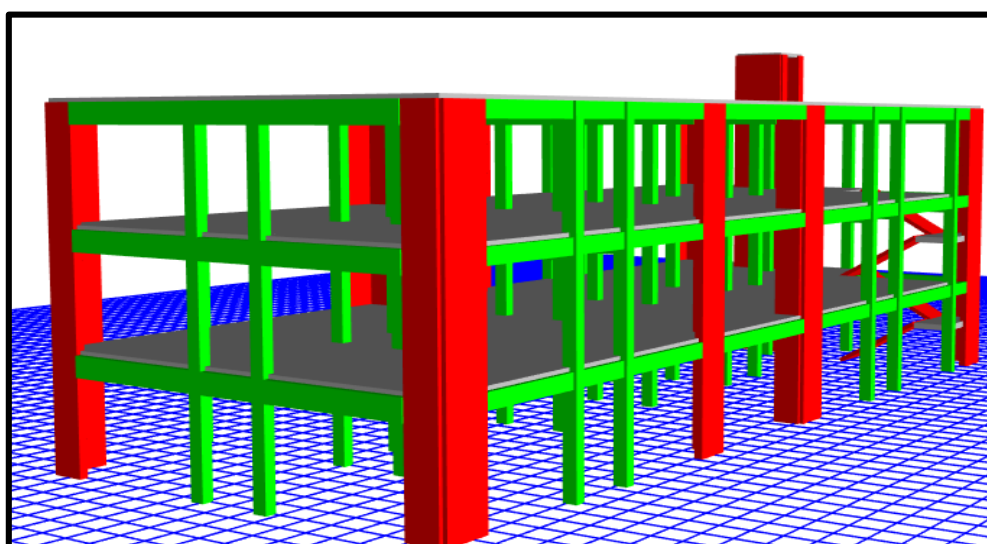


Figura N° A 6: Modelo Aislado (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 8: Espectro Modelo F

| T    | C     | Sa/g   |       |       |        |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 0.00 | 2.500 | 0.2396 | 0.80  | 1.875 | 0.1797 |
| 0.02 | 2.500 | 0.2396 | 0.85  | 1.765 | 0.1691 |
| 0.04 | 2.500 | 0.2396 | 0.90  | 1.667 | 0.1597 |
| 0.06 | 2.500 | 0.2396 | 0.95  | 1.579 | 0.1513 |
| 0.08 | 2.500 | 0.2396 | 1.00  | 1.500 | 0.1438 |
| 0.10 | 2.500 | 0.2396 | 1.10  | 1.364 | 0.1307 |
| 0.12 | 2.500 | 0.2396 | 1.20  | 1.250 | 0.1198 |
| 0.14 | 2.500 | 0.2396 | 1.30  | 1.154 | 0.1106 |
| 0.16 | 2.500 | 0.2396 | 1.40  | 1.071 | 0.1027 |
| 0.18 | 2.500 | 0.2396 | 1.50  | 1.000 | 0.0958 |
| 0.20 | 2.500 | 0.2396 | 1.60  | 0.938 | 0.0898 |
| 0.25 | 2.500 | 0.2396 | 1.70  | 0.882 | 0.0846 |
| 0.30 | 2.500 | 0.2396 | 1.80  | 0.833 | 0.0799 |
| 0.35 | 2.500 | 0.2396 | 1.90  | 0.789 | 0.0757 |
| 0.40 | 2.500 | 0.2396 | 2.00  | 0.750 | 0.0719 |
| 0.45 | 2.500 | 0.2396 | 3.00  | 0.333 | 0.0319 |
| 0.50 | 2.500 | 0.2396 | 4.00  | 0.188 | 0.0180 |
| 0.55 | 2.500 | 0.2396 | 5.00  | 0.120 | 0.0115 |
| 0.60 | 2.500 | 0.2396 | 6.00  | 0.083 | 0.0080 |
| 0.65 | 2.308 | 0.2212 | 7.00  | 0.061 | 0.0059 |
| 0.70 | 2.143 | 0.2054 | 8.00  | 0.047 | 0.0045 |
| 0.75 | 2.000 | 0.1917 | 9.00  | 0.037 | 0.0035 |
|      |       |        | 10.00 | 0.030 | 0.0029 |

Fuente: Elaboración Propia



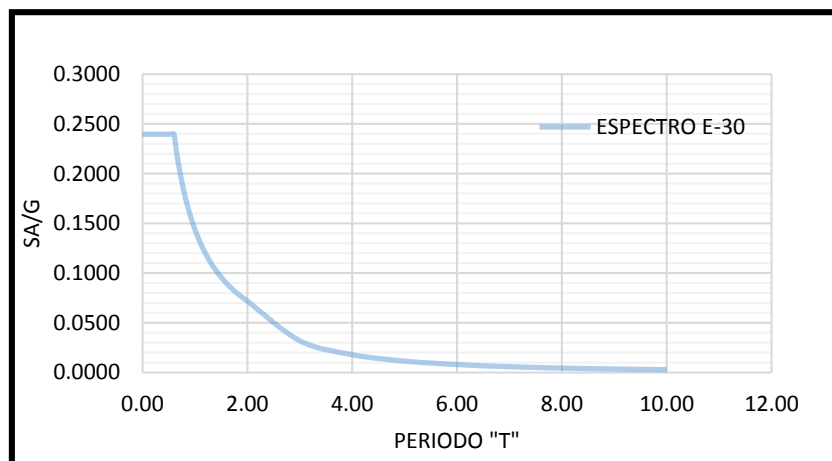


Figura N° A 7: Espectro E-030 (F)  
Fuente: Elaboración Propia

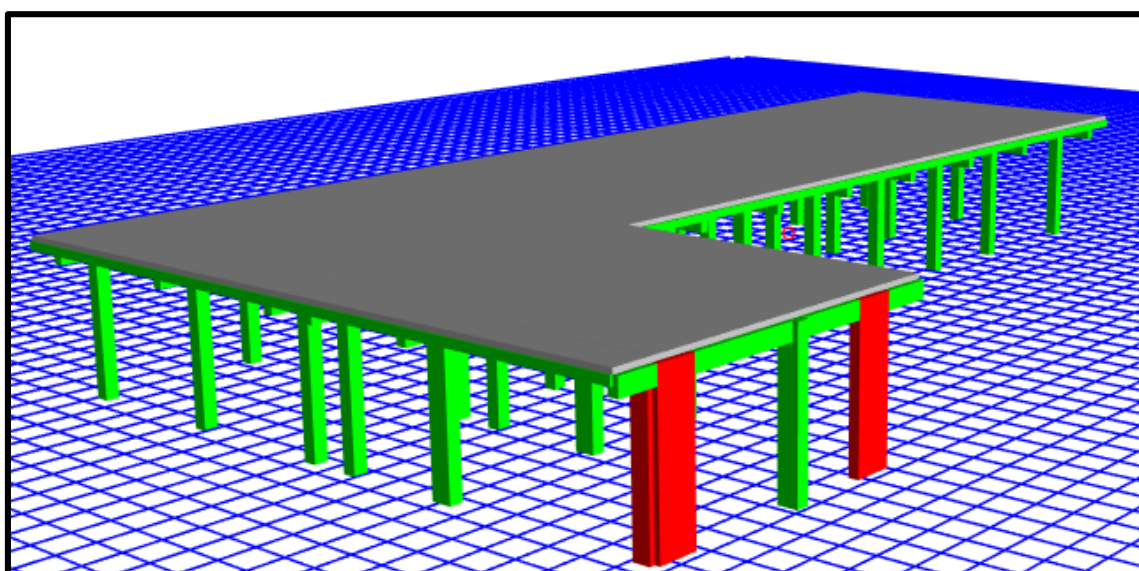


Figura N° A 8: Espectro E-030 (D)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 9: Espectro Modelo G

| T    | C     | Sa/g   |       |       |        |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
| 0.00 | 2.500 | 0.1887 | 0.80  | 1.875 | 0.1415 |
| 0.02 | 2.500 | 0.1887 | 0.85  | 1.765 | 0.1332 |
| 0.04 | 2.500 | 0.1887 | 0.90  | 1.667 | 0.1258 |
| 0.06 | 2.500 | 0.1887 | 0.95  | 1.579 | 0.1192 |
| 0.08 | 2.500 | 0.1887 | 1.00  | 1.500 | 0.1132 |
| 0.10 | 2.500 | 0.1887 | 1.10  | 1.364 | 0.1029 |
| 0.12 | 2.500 | 0.1887 | 1.20  | 1.250 | 0.0943 |
| 0.14 | 2.500 | 0.1887 | 1.30  | 1.154 | 0.0871 |
| 0.16 | 2.500 | 0.1887 | 1.40  | 1.071 | 0.0809 |
| 0.18 | 2.500 | 0.1887 | 1.50  | 1.000 | 0.0755 |
| 0.20 | 2.500 | 0.1887 | 1.60  | 0.938 | 0.0708 |
| 0.25 | 2.500 | 0.1887 | 1.70  | 0.882 | 0.0666 |
| 0.30 | 2.500 | 0.1887 | 1.80  | 0.833 | 0.0629 |
| 0.35 | 2.500 | 0.1887 | 1.90  | 0.789 | 0.0596 |
| 0.40 | 2.500 | 0.1887 | 2.00  | 0.750 | 0.0566 |
| 0.45 | 2.500 | 0.1887 | 3.00  | 0.333 | 0.0252 |
| 0.50 | 2.500 | 0.1887 | 4.00  | 0.188 | 0.0142 |
| 0.55 | 2.500 | 0.1887 | 5.00  | 0.120 | 0.0091 |
| 0.60 | 2.500 | 0.1887 | 6.00  | 0.083 | 0.0063 |
| 0.65 | 2.308 | 0.1742 | 7.00  | 0.061 | 0.0046 |
| 0.70 | 2.143 | 0.1617 | 8.00  | 0.047 | 0.0035 |
| 0.75 | 2.000 | 0.1509 | 9.00  | 0.037 | 0.0028 |
|      |       |        | 10.00 | 0.030 | 0.0023 |

Fuente: Elaboración Propia

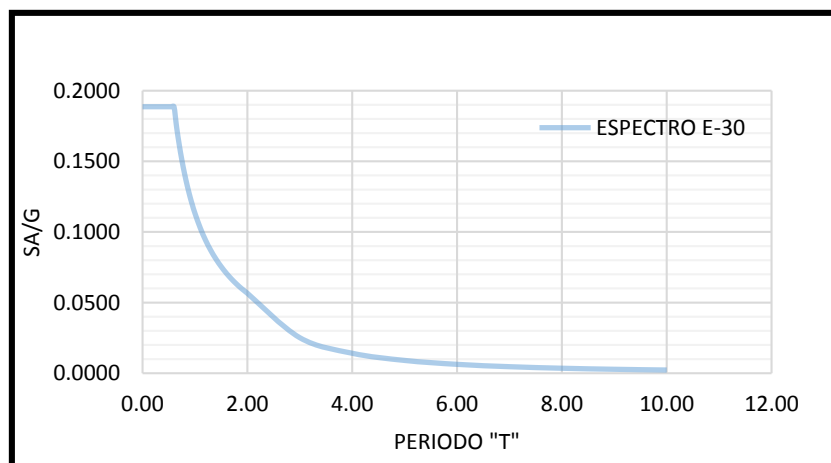


Figura N° A 9: Espectro E-030 (G)

Fuente: Elaboración Propia

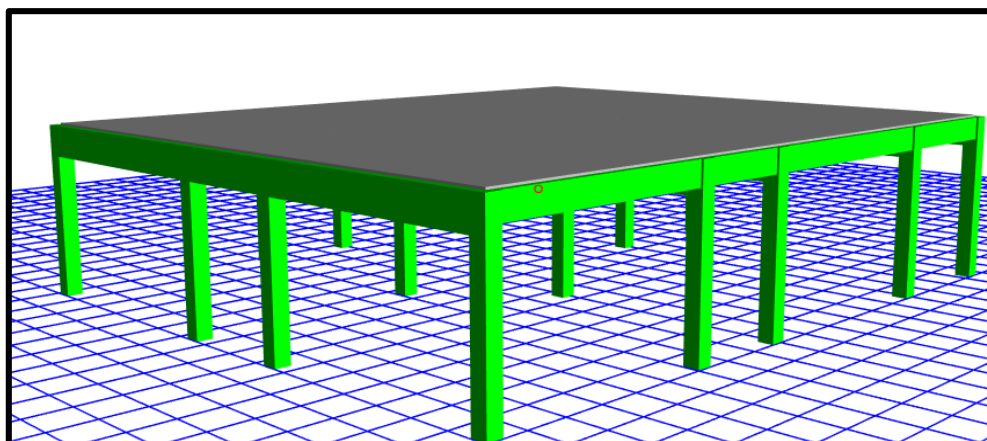


Figura N° A 10: Espectro E-030 (G)  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 10: Espectro Modelo H

|      |       |        |      |       |        |
|------|-------|--------|------|-------|--------|
| T    | C     | Sa/g   | 0.65 | 2.308 | 0.2212 |
| 0.00 | 2.500 | 0.2396 | 0.70 | 2.143 | 0.2054 |
| 0.02 | 2.500 | 0.2396 | 0.75 | 2.000 | 0.1917 |
| 0.04 | 2.500 | 0.2396 | 0.80 | 1.875 | 0.1797 |
| 0.06 | 2.500 | 0.2396 | 0.85 | 1.765 | 0.1691 |
| 0.08 | 2.500 | 0.2396 | 0.90 | 1.667 | 0.1597 |
| 0.10 | 2.500 | 0.2396 | 0.95 | 1.579 | 0.1513 |
| 0.12 | 2.500 | 0.2396 | 1.00 | 1.500 | 0.1438 |
| 0.14 | 2.500 | 0.2396 | 1.10 | 1.364 | 0.1307 |
| 0.16 | 2.500 | 0.2396 | 1.20 | 1.250 | 0.1198 |
| 0.18 | 2.500 | 0.2396 | 1.30 | 1.154 | 0.1106 |
| 0.20 | 2.500 | 0.2396 | 1.40 | 1.071 | 0.1027 |
| 0.25 | 2.500 | 0.2396 | 1.50 | 1.000 | 0.0958 |
| 0.30 | 2.500 | 0.2396 | 1.60 | 0.938 | 0.0898 |
| 0.35 | 2.500 | 0.2396 | 1.70 | 0.882 | 0.0846 |
| 0.40 | 2.500 | 0.2396 | 1.80 | 0.833 | 0.0799 |
| 0.45 | 2.500 | 0.2396 | 1.90 | 0.789 | 0.0757 |
| 0.50 | 2.500 | 0.2396 | 2.00 | 0.750 | 0.0719 |
| 0.55 | 2.500 | 0.2396 | 3.00 | 0.333 | 0.0319 |
| 0.60 | 2.500 | 0.2396 | 4.00 | 0.188 | 0.0180 |

|      |       |        |
|------|-------|--------|
| 5.00 | 0.120 | 0.0115 |
| 6.00 | 0.083 | 0.0080 |
| 7.00 | 0.061 | 0.0059 |

|       |       |        |
|-------|-------|--------|
| 8.00  | 0.047 | 0.0045 |
| 9.00  | 0.037 | 0.0035 |
| 10.00 | 0.030 | 0.0029 |

Fuente: Elaboración Propia

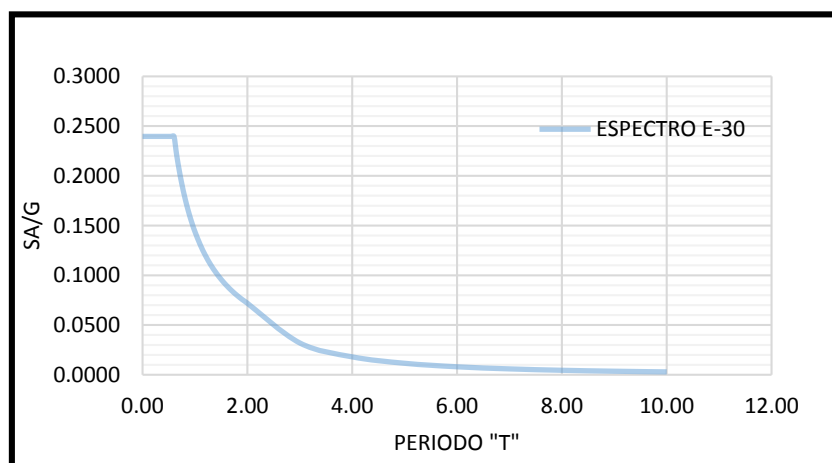


Figura N° A 11: Espectro E-030 (H)

Fuente: Elaboración Propia

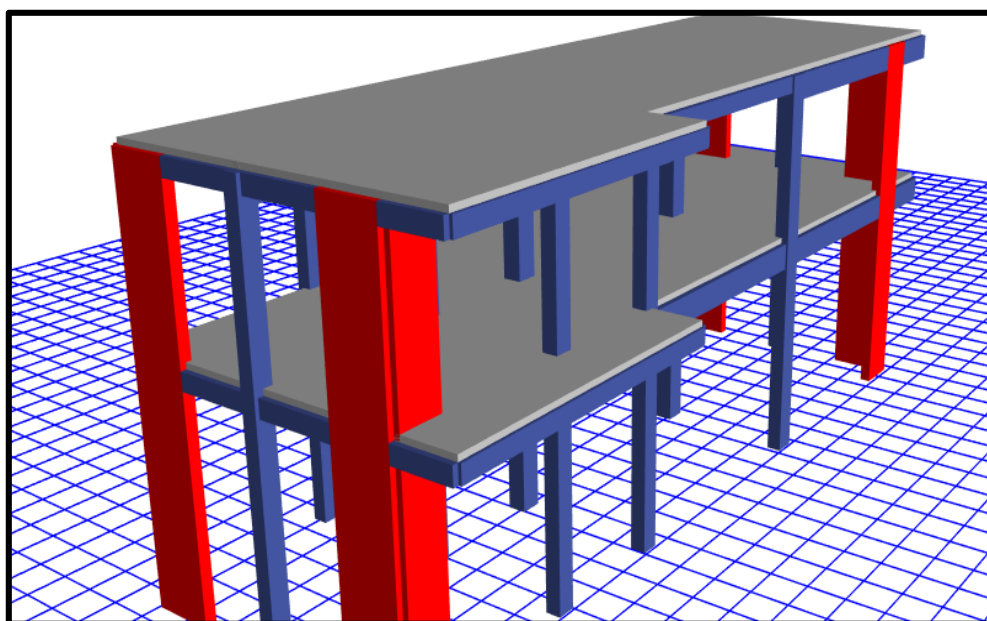


Figura N° A 12: Espectro E-030 (H)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° A 11: Parámetros Sismológicos de las Fuentes Sismo génicas

| Fuente | $M_W$     |           |         |        |
|--------|-----------|-----------|---------|--------|
|        | $M_{min}$ | $M_{max}$ | $\beta$ | Tasa   |
| F 1    | 4.2       | 8.3       | 1.492   | 3.014  |
| F 2    | 4.5       | 8.2       | 2.128   | 4.750  |
| F 3    | 4.6       | 8.4       | 1.292   | 8.683  |
| F 4    | 4.5       | 8.4       | 1.672   | 7.132  |
| F 5    | 4.5       | 8.4       | 1.973   | 8.320  |
| F 6    | 4.4       | 6.5       | 2.001   | 1.104  |
| F 7    | 4.3       | 7.1       | 2.220   | 2.722  |
| F 8    | 4.3       | 7.1       | 1.879   | 3.754  |
| F 9    | 4.5       | 7.8       | 2.070   | 3.591  |
| F 10   | 4.9       | 7.8       | 2.022   | 11.211 |
| F 11   | 4.5       | 7.5       | 1.271   | 4.421  |
| F 12   | 4.1       | 7.1       | 1.962   | 3.099  |
| F 13   | 4.6       | 7.5       | 2.079   | 2.145  |
| F 14   | 4.8       | 7.3       | 1.810   | 4.650  |
| F 15   | 4.4       | 6.3       | 2.385   | 0.782  |
| F 16   | 4.8       | 6.9       | 2.977   | 1.890  |
| F 17   | 4.6       | 7.5       | 1.842   | 1.966  |
| F 18   | 4.6       | 7.4       | 1.881   | 2.220  |
| F 19   | 4.8       | 7.2       | 2.450   | 2.589  |
| F 20   | 4.3       | 6.9       | 2.010   | 1.409  |

Fuente: Gamarra, Carlos

0

Tabla N° A 12: Parámetros Sismológicos de las Fuentes Sismo génicas

| Fuente | $M_W$     |           |         |        |
|--------|-----------|-----------|---------|--------|
|        | $M_{min}$ | $M_{max}$ | $\beta$ | Tasa   |
| F 1    | 4.2       | 8.3       | 1.492   | 3.014  |
| F 2    | 4.5       | 8.2       | 2.128   | 4.750  |
| F 3    | 4.6       | 8.4       | 1.292   | 8.683  |
| F 4    | 4.5       | 8.4       | 1.672   | 7.132  |
| F 5    | 4.5       | 8.4       | 1.973   | 8.320  |
| F 6    | 4.4       | 6.5       | 2.001   | 1.104  |
| F 7    | 4.3       | 7.1       | 2.220   | 2.722  |
| F 8    | 4.3       | 7.1       | 1.879   | 3.754  |
| F 9    | 4.5       | 7.8       | 2.070   | 3.591  |
| F 10   | 4.9       | 7.8       | 2.022   | 11.211 |
| F 11   | 4.5       | 7.5       | 1.271   | 4.421  |
| F 12   | 4.1       | 7.1       | 1.962   | 3.099  |
| F 13   | 4.6       | 7.5       | 2.079   | 2.145  |
| F 14   | 4.8       | 7.3       | 1.810   | 4.650  |
| F 15   | 4.4       | 6.3       | 2.385   | 0.782  |
| F 16   | 4.8       | 6.9       | 2.977   | 1.890  |
| F 17   | 4.6       | 7.5       | 1.842   | 1.966  |
| F 18   | 4.6       | 7.4       | 1.881   | 2.220  |
| F 19   | 4.8       | 7.2       | 2.450   | 2.589  |
| F 20   | 4.3       | 6.9       | 2.010   | 1.409  |

Fuente: Gamarra, Carlos

Tabla N° A 13: Coordenadas y profundidades de las fuentes de subducción de interface

| Fuente | Coordenadas Geográficas |         | Profundidad (km) |
|--------|-------------------------|---------|------------------|
|        | Longitud                | Latitud |                  |
| F1     | -80,323                 | 2,000   | 25               |
| F1     | -78,408                 | 2,000   | 60               |
| F1     | -80,044                 | -2,448  | 60               |
| F1     | -81.284                 | -2,448  | 25               |
| F1     | -81,284                 | -0,595  | 25               |
| F2     | -80,821                 | -2,448  | 25               |
| F2     | -79,310                 | -2,448  | 50               |
| F2     | -80,214                 | -3,622  | 50               |
| F2     | -80,670                 | -5,420  | 50               |
| F2     | -79,156                 | -7,834  | 60               |
| F2     | -81,050                 | -8,931  | 25               |
| F2     | -81,693                 | -7,632  | 25               |
| F2     | -82,088                 | -6,198  | 25               |
| F2     | -82,000                 | -3,760  | 25               |
| F3     | -81,050                 | -8,931  | 30               |
| F3     | -79,156                 | -7,834  | 75               |
| F3     | -75,998                 | -13,999 | 75               |
| F3     | -77,028                 | -14,811 | 30               |

|    |         |         |    |
|----|---------|---------|----|
| F4 | -77,028 | -14,811 | 30 |
| F4 | -75,998 | -13,999 | 75 |
| F4 | -72,914 | -16,397 | 75 |
| F4 | -74,063 | -17,768 | 30 |
| F4 | -75,684 | -16,501 | 30 |
| F5 | -74,063 | -17,768 | 30 |
| F5 | -72,914 | -16,397 | 60 |
| F5 | -71,427 | -17,553 | 60 |
| F5 | -69,641 | -18,721 | 70 |
| F5 | -69,627 | -22,000 | 70 |
| F5 | -71,586 | -22,000 | 30 |
| F5 | -71,617 | -19,680 | 30 |

Fuente: Gamarra, Carlos

0

Tabla N° A 14: Coordenadas y Profundidades de las fuentes de Subducción Intraplaca

| Fuente | Coordenadas Geográficas |         | Profundidad (km) |
|--------|-------------------------|---------|------------------|
|        | Longitud                | Latitud |                  |
| F6     | -78,408                 | 2,000   | 60               |
| F6     | -76,644                 | 2,000   | 135              |
| F6     | -78,593                 | -2,448  | 150              |
| F6     | -80,044                 | -2,448  | 60               |
| F7     | -79,310                 | -2,448  | 50               |
| F7     | -78,593                 | -2,448  | 100              |
| F7     | -78,449                 | -5,045  | 125              |
| F7     | -77,429                 | -6,720  | 125              |
| F7     | -79,156                 | -7,834  | 60               |
| F7     | -80,670                 | -5,420  | 50               |
| F7     | -80,214                 | -3,622  | 50               |
| F8     | -79,156                 | -7,834  | 80               |
| F8     | -78,427                 | -7,363  | 100              |
| F8     | -74,996                 | -13,218 | 115              |
| F8     | -75,998                 | -13,999 | 80               |
| F9     | -75,998                 | -13,999 | 80               |
| F9     | -74,996                 | -13,218 | 110              |
| F9     | -72,160                 | -15,453 | 130              |
| F9     | -72,914                 | -16,397 | 80               |
| F10    | -72,914                 | -16,397 | 95               |
| F10    | -70,892                 | -13,863 | 245              |
| F10    | -69,055                 | -15,365 | 275              |
| F10    | -68,013                 | -19,959 | 200              |
| F10    | -67,868                 | -22,000 | 165              |
| F10    | -69,627                 | -22,000 | 100              |
| F10    | -69,641                 | -18,721 | 100              |
| F10    | -71,427                 | -17,553 | 110              |

|     |         |         |     |
|-----|---------|---------|-----|
| F11 | -77,923 | -0,918  | 200 |
| F11 | -76,785 | -0,918  | 200 |
| F11 | -75,236 | -3,054  | 160 |
| F11 | -75,600 | -5,539  | 145 |
| F11 | -77,429 | -6,720  | 145 |
| F11 | -78,449 | -5,045  | 150 |
| F11 | -78,593 | -2,448  | 150 |
| F12 | -78.427 | -7.363  | 100 |
| F12 | -77.177 | -6.557  | 140 |
| F12 | -73.973 | -12.421 | 135 |
| F12 | -74.996 | -13.218 | 115 |
| F13 | -74.996 | -13.218 | 110 |
| F13 | -73.577 | -12.112 | 110 |
| F13 | -70.892 | -13.863 | 130 |
| F13 | -72.160 | -15.453 | 130 |
| F14 | -77.177 | -6.557  | 145 |
| F14 | -75.600 | -5.539  | 145 |
| F14 | -74.400 | -6.567  | 155 |
| F14 | -73.589 | -8.086  | 195 |
| F14 | -73.914 | -9.347  | 170 |
| F14 | -72.963 | -11.633 | 145 |
| F14 | -73.973 | -12.421 | 140 |

Fuente: Gamarra, Carlos

0

Tabla N° A 15: Coordenadas y profundidades de las Fuentes Continentales

| Fuente | Coordenadas Geográficas |         | Profundidad (km) |
|--------|-------------------------|---------|------------------|
|        | Longitud                | Latitud |                  |
| F15    | -79,156                 | -7,834  | 25               |
| F15    | -78,084                 | -7,213  | 40               |
| F15    | -76,340                 | -10,670 | 40               |
| F15    | -74,760                 | -13,130 | 40               |
| F15    | -75,998                 | -13,999 | 25               |
| F16    | -75,998                 | -13,999 | 25               |
| F16    | -74,760                 | -13,130 | 50               |
| F16    | -70,176                 | -15,201 | 50               |
| F16    | -70,434                 | -15,947 | 50               |
| F16    | -69,134                 | -17,789 | 50               |
| F16    | -69,641                 | -18,721 | 25               |
| F16    | -71,427                 | -17,553 | 25               |
| F17    | -78,100                 | 0,748   | 25               |
| F17    | -76,872                 | 0,373   | 40               |
| F17    | -77,410                 | -0,867  | 60               |
| F17    | -76,826                 | -4,705  | 60               |
| F17    | -79,100                 | -5,200  | 25               |



|      |         |         |    |
|------|---------|---------|----|
| F17  | -79,085 | -0,370  | 25 |
| F18  | -79,100 | -5,200  | 35 |
| F18  | -75,100 | -4,330  | 35 |
| F18  | -74,422 | -7,976  | 50 |
| F18  | -77,143 | -9,079  | 50 |
| F19  | -77,143 | -9,079  | 35 |
| F19  | -74,422 | -7,976  | 35 |
| F19  | -74,170 | -9,330  | 35 |
| F19  | -72,480 | -11,400 | 40 |
| F19  | -74,760 | -13,130 | 40 |
| F19  | -76,340 | -10,670 | 35 |
| F 20 | -74.760 | -13.130 | 40 |
| F20  | -72.480 | -11.400 | 40 |
| F20  | -69.400 | -12.966 | 40 |
| F20  | -70.176 | -15.201 | 40 |

Fuente: Gamarra, Carlos

Tabla N° A 16: Espectro Objetivo

|      |       |
|------|-------|
| 0    | 0.403 |
| 0.02 | 0.503 |
| 0.04 | 0.604 |
| 0.06 | 0.704 |
| 0.08 | 0.805 |
| 0.1  | 0.906 |
| 0.12 | 1.006 |
| 0.14 | 1.006 |
| 0.16 | 1.006 |
| 0.18 | 1.006 |
| 0.2  | 1.006 |
| 0.25 | 1.006 |
| 0.3  | 1.006 |
| 0.35 | 1.006 |
| 0.4  | 1.006 |
| 0.45 | 1.006 |
| 0.5  | 1.006 |
| 0.55 | 1.006 |
| 0.6  | 1.006 |
| 0.65 | 0.929 |
| 0.7  | 0.863 |
| 0.75 | 0.805 |
| 0.8  | 0.755 |

|      |       |
|------|-------|
| 0.85 | 0.71  |
| 0.9  | 0.671 |
| 0.95 | 0.636 |
| 1    | 0.604 |
| 1.1  | 0.549 |
| 1.2  | 0.503 |
| 1.3  | 0.464 |
| 1.4  | 0.431 |
| 1.5  | 0.403 |
| 1.6  | 0.377 |
| 1.7  | 0.355 |
| 1.8  | 0.335 |
| 1.9  | 0.318 |
| 2    | 0.302 |
| 3    | 0.134 |
| 4    | 0.075 |
| 5    | 0.048 |
| 6    | 0.034 |
| 7    | 0.025 |
| 8    | 0.019 |
| 9    | 0.015 |
| 10   | 0.012 |

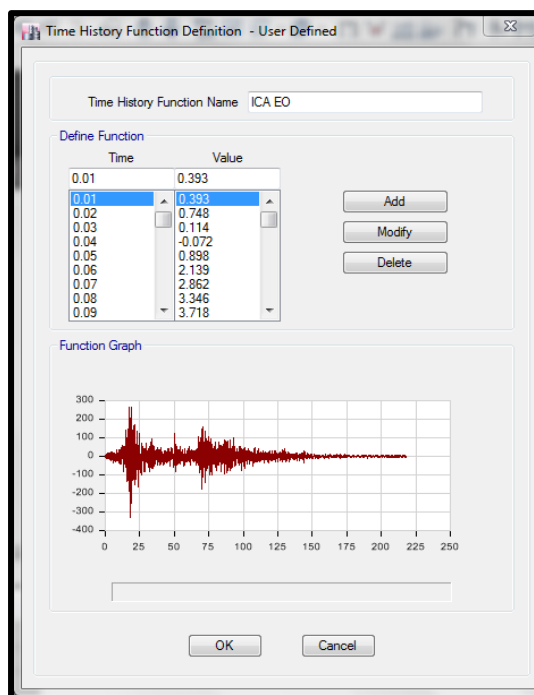


Figura N° A 13: Definición de Acelerograma ICA NS (A)  
Fuente: Elaboración Propia

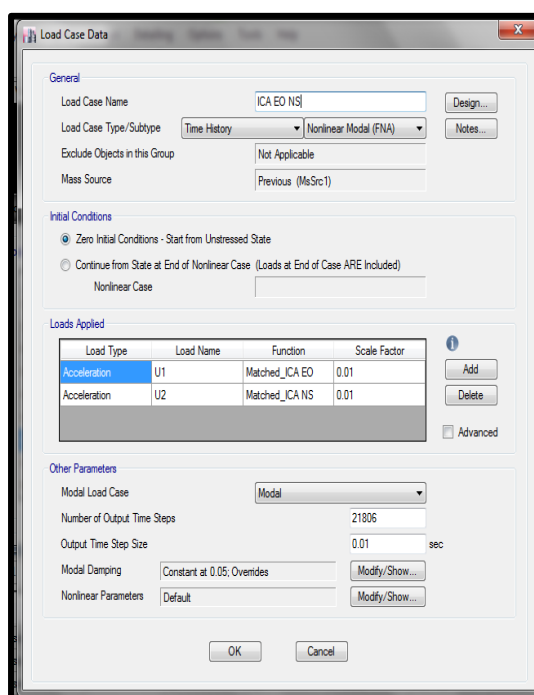


Figura N° A 14: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (A)  
Fuente: Elaboración Propia

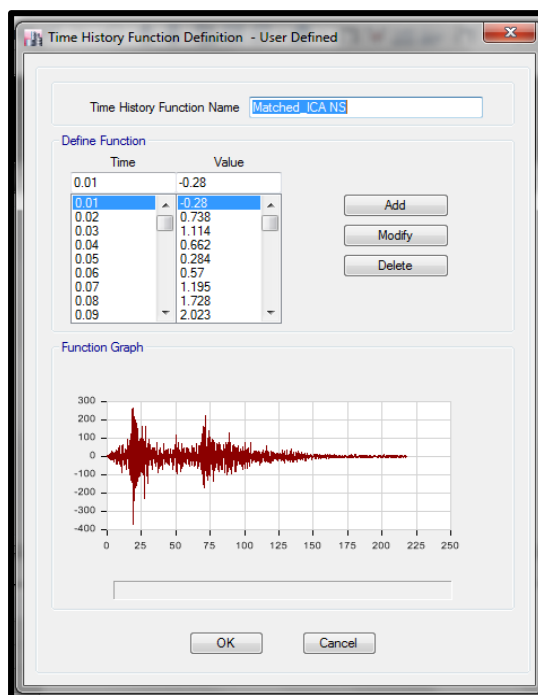


Figura N° A 15: Asignación de Sismo ICA N-S (B)  
Fuente: Elaboración Propia

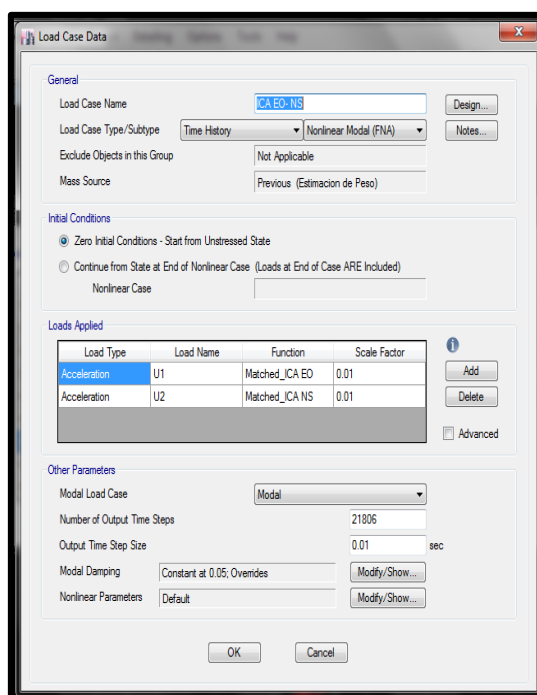


Figura N° A 16: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (B)  
Fuente: Elaboración Propia

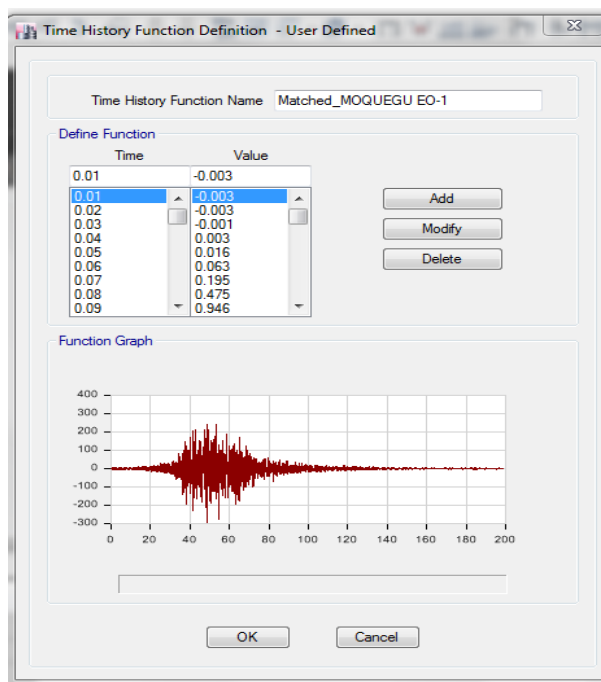


Figura N° A 17: Asignación de Sismo MOQUEGUA E-O (C)  
Fuente: Elaboración Propia

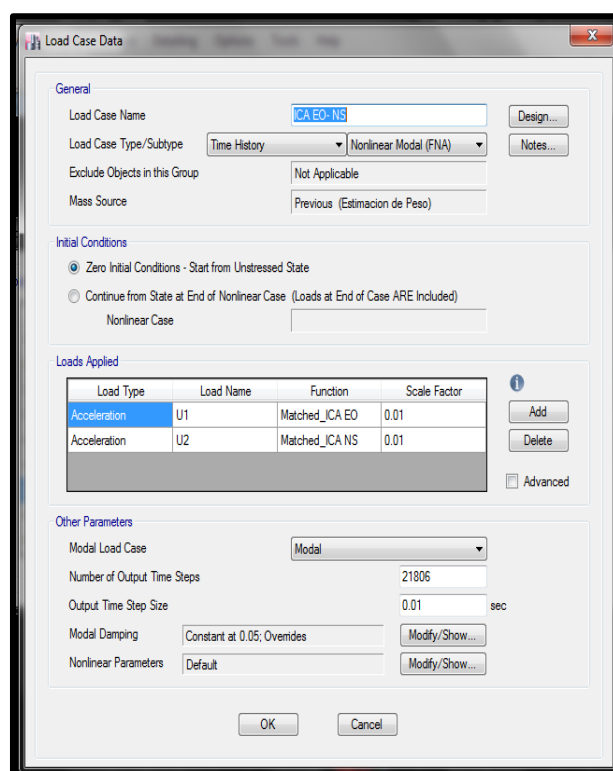


Figura N° A 18: Asignación de casos de Cargas del Acelerograma (C)  
Fuente: Elaboración Propia

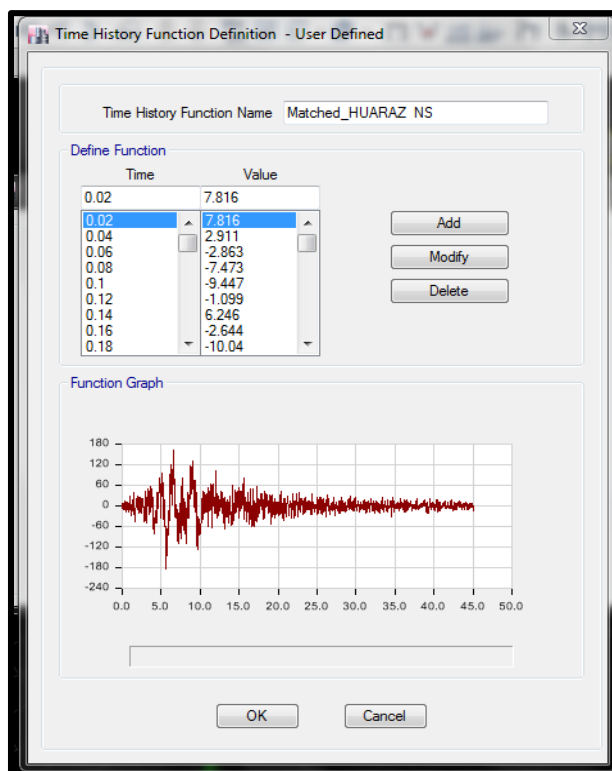


Figura N° A 19: Definición de Acelerograma ICA NS (D)  
Fuente: Elaboración Propia

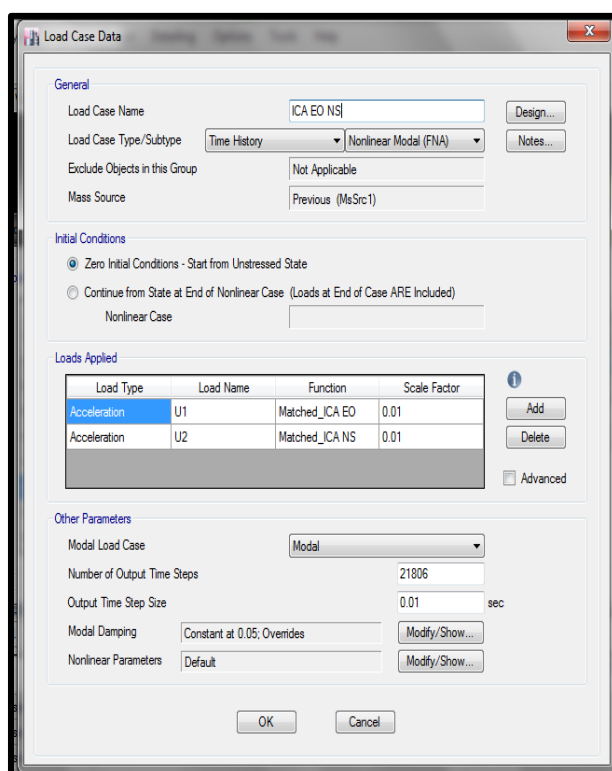


Figura N° A 20: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (D)  
Fuente: Elaboración Propia

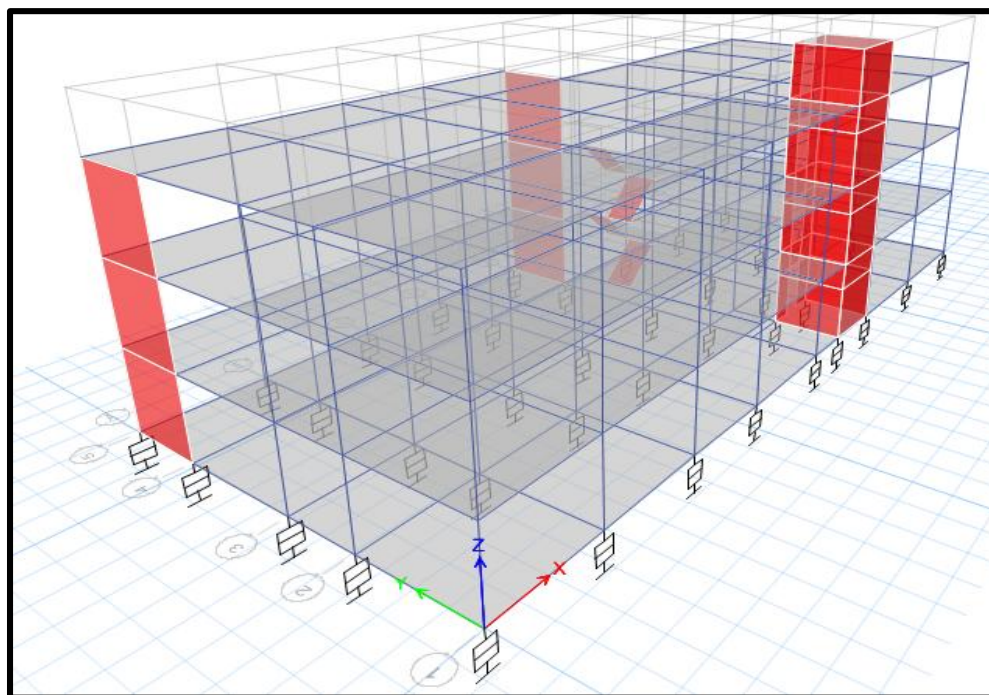


Figura N° A 21: Modelo Aislado (D)  
Fuente: Elaboración Propia

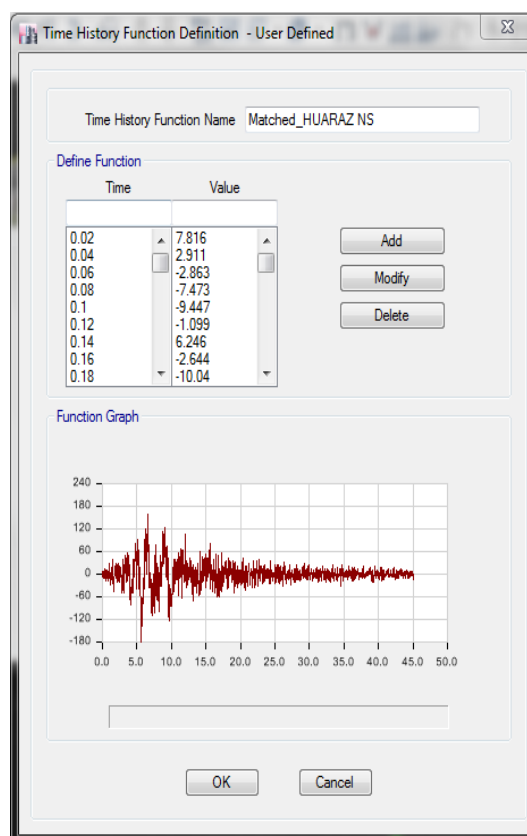


Figura N° A 22: Asignación de Sismo ICA N-S (B)  
Fuente: Elaboración Propia

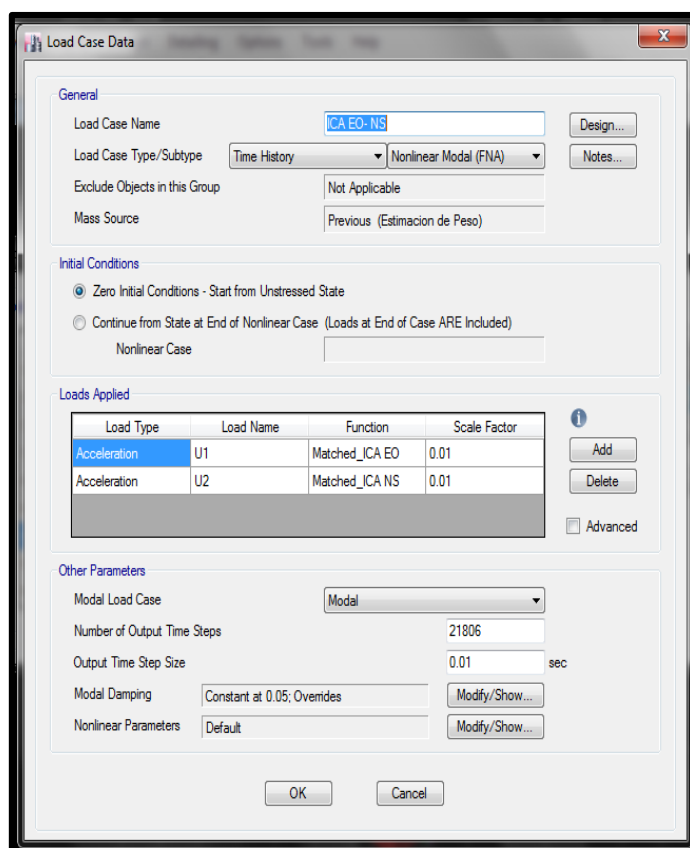


Figura N° A 23: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (E)  
Fuente: Elaboración Propia



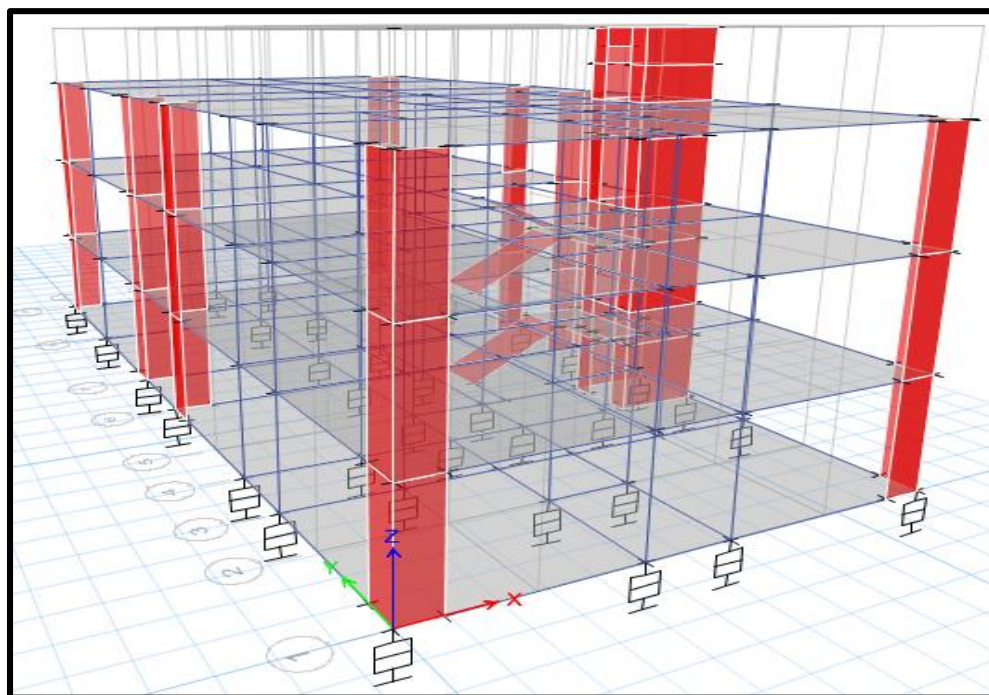


Figura N° A 24: Modelo Aislado (E)  
Fuente: Elaboración Propia

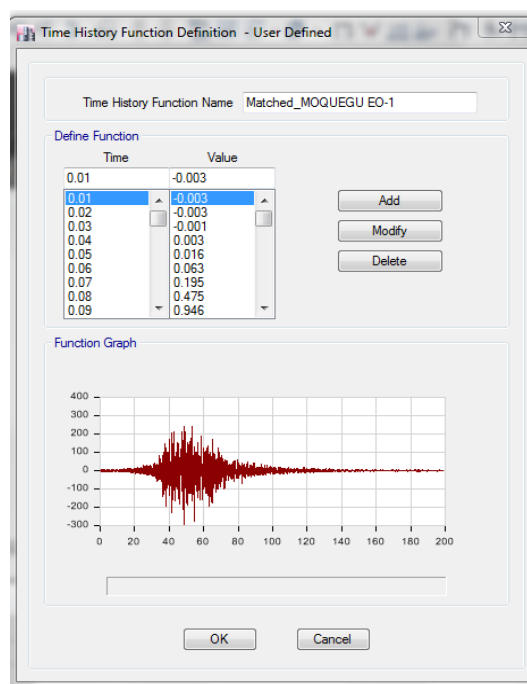


Figura N° A 25: Asignación de Sismo MOQUEGUA E-O (E-O)  
Fuente: Elaboración Propia

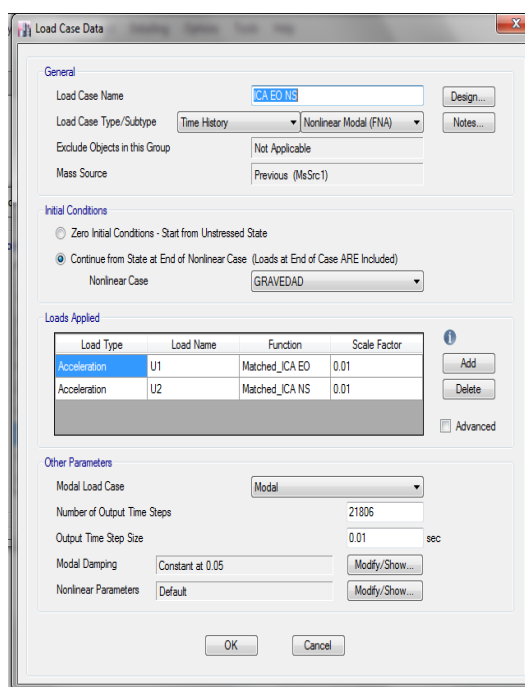


Figura N° A 26: Asignación de casos de Cargas del Acelerograma ICA EO - NS (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

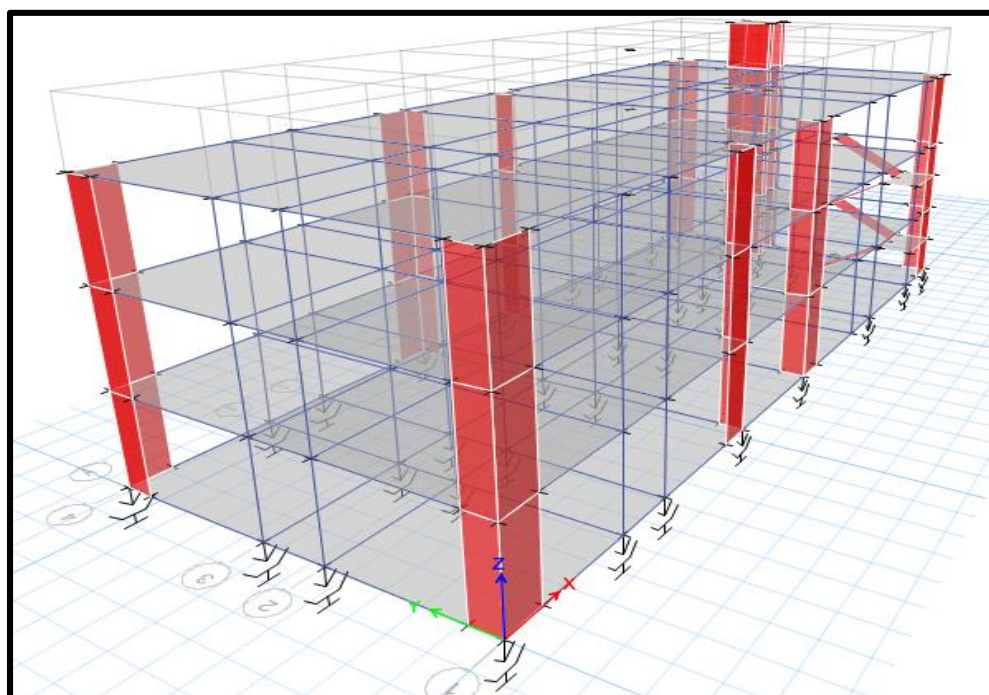


Figura N° A 27: Modelo Aislado (E-F)  
Fuente: Elaboración Propia

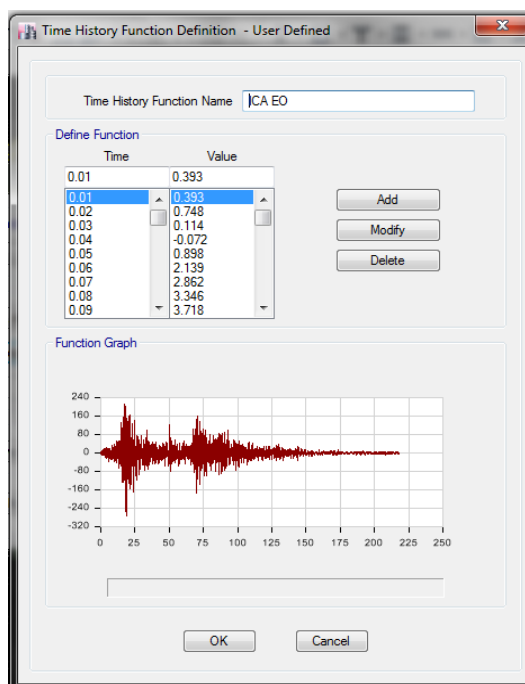


Figura N° A 28: Definición de Acelerograma ICA EO (F)  
Fuente: Elaboración Propia

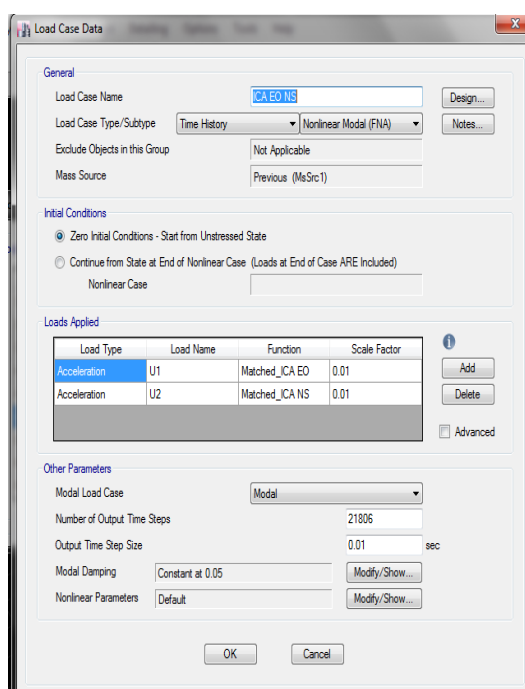


Figura N° A 29: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (F)  
Fuente: Elaboración Propia

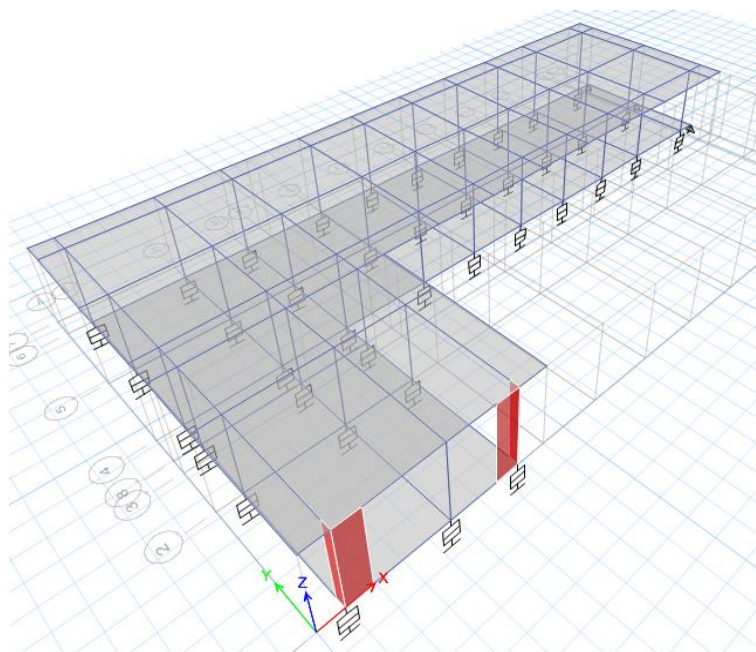


Figura N° A 30: Modelo Aislado (F)  
Fuente: Elaboración Propia

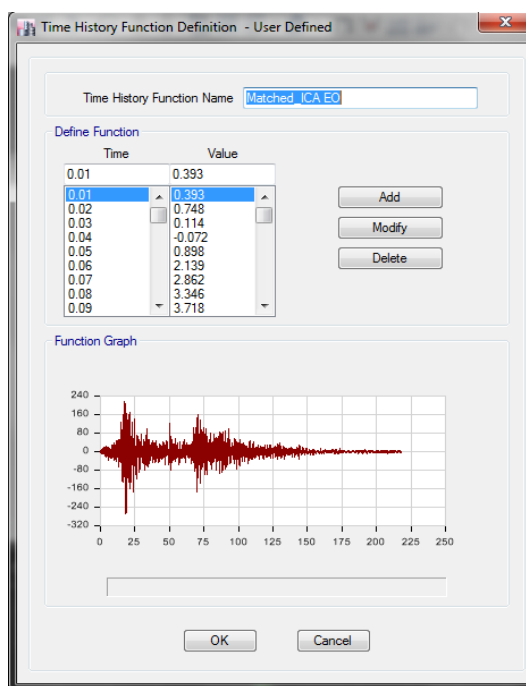


Figura N° A 31: Asignación de Sismo ICA E-O (G)  
Fuente: Elaboración Propia

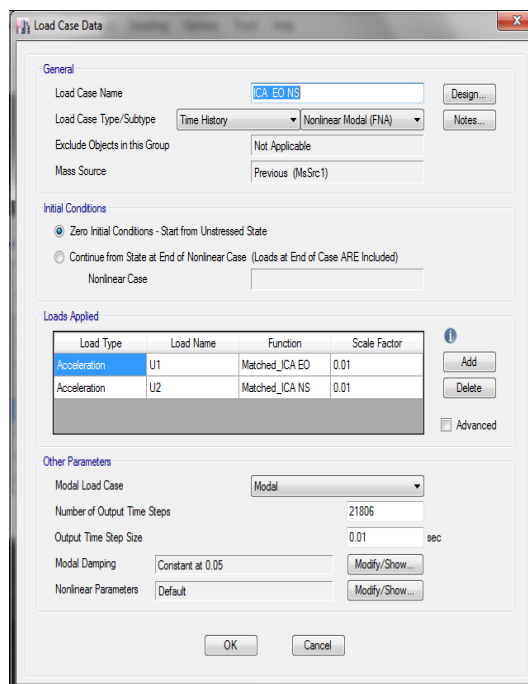


Figura N° A 32: Asignación de casos de Carga del Acelerograma (G)  
Fuente: Elaboración Propia

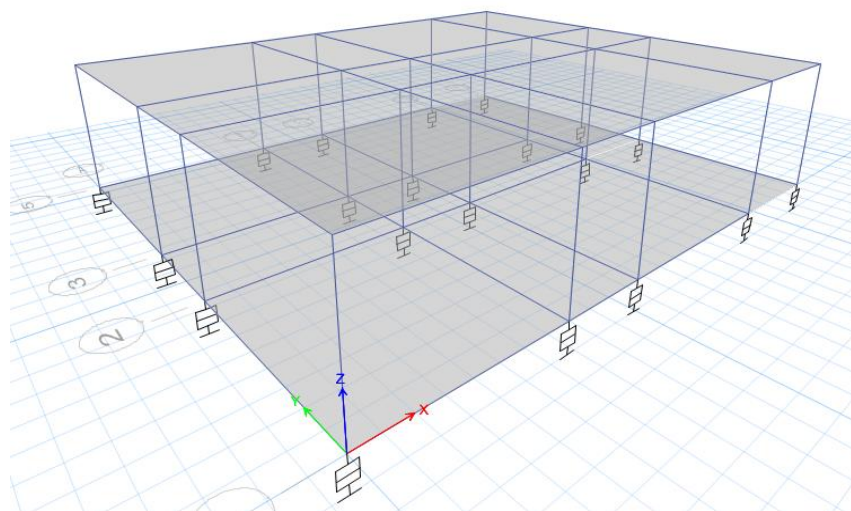


Figura N° A 33: Modelo Aislado (G)  
Fuente: Elaboración Propia

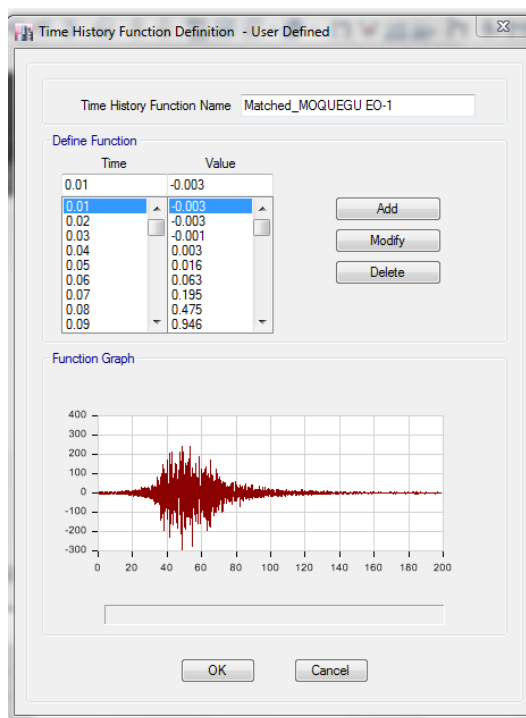


Figura N° A 34: Asignación de Sismo MOQUEGUA E-O (H)  
Fuente: Elaboración Propia

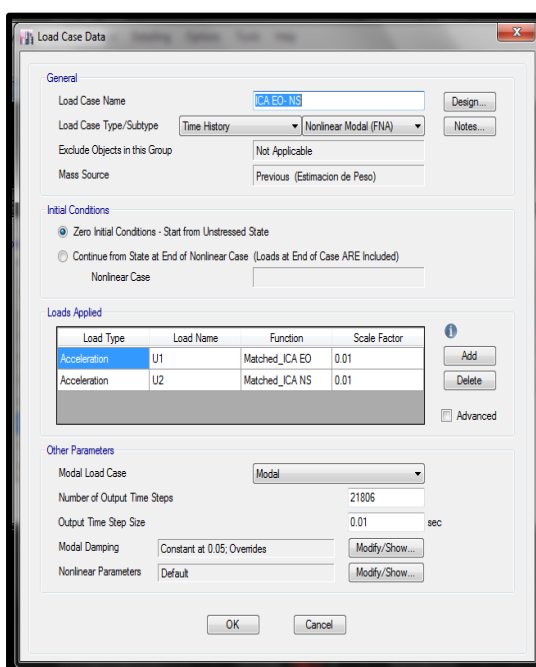


Figura N° A 35: Asignación de casos de Cargas del Acelerograma (H)  
Fuente: Elaboración Propia

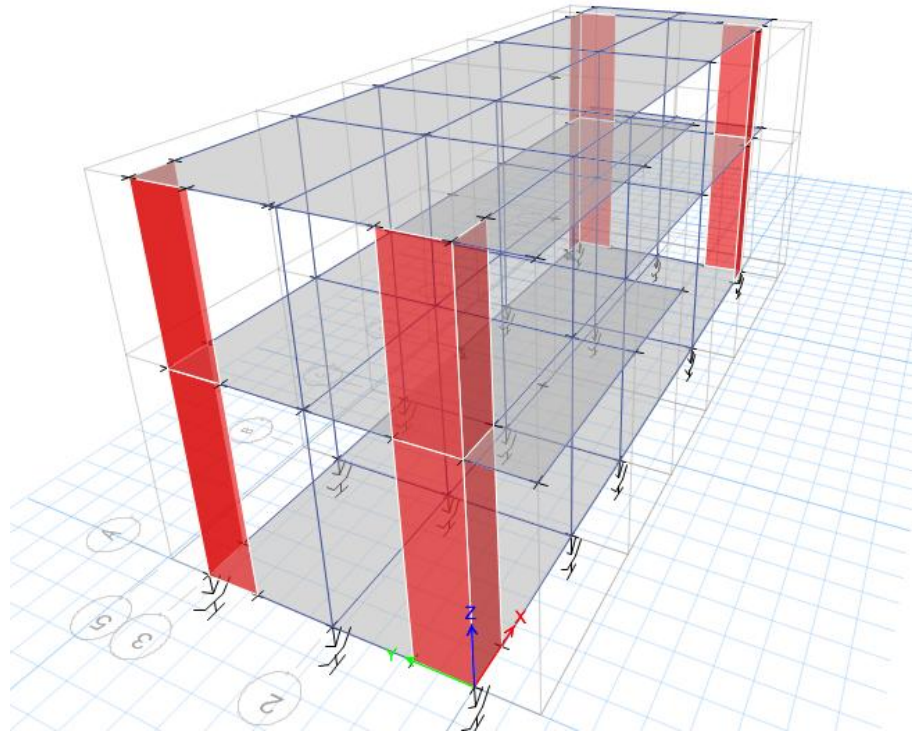


Figura N° A 36: Modelo Aislado (H)  
Fuente: Elaboración Propia