

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO  
SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE  
LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA  
METROPOLITANA**

---

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**TESISTAS:**

Bach. CASTILLO CABANILLAS, Hans Andersson

Bach. FOURNIER PAIS, Analí Del Carmen

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

---

**ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO  
SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE  
LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA  
METROPOLITANA**

---

REVISADO Y APROBADA POR:

---

Ing. LEÓN MALO, Iván Eliseo

ASESOR

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, nuestro Padre Celestial, por su continua inspiración y fortaleza en nuestra vida.

A nuestro asesor de tesis el Ing. Iván León Malo, por la guía, el apoyo y la orientación ofrecida para la realización de la presente investigación.

A los docentes universitarios de la carrera profesional de Ingeniería Civil, por las enseñanzas y experiencias brindadas para formar la base de nuestro desarrollo profesional.

## DEDICATORIA

A la memoria de mi querida Madrina Gladys Pais Lector, quien desde pequeña me quiso cual hija suya, guió mis pasos e instruyó en la Fe, me ayudó a conocer a Cristo, me brindó amor, cariño, y apoyo incondicional, porque gracias a ella soy profesional y porque con su vida iluminó la mía. Dios la tenga en su Gloria.

*Analí del Carmen Fournier Pais*

A mis amados padres, Juana Cabanillas y Silvestre Castillo, que con constante sacrificio y paciencia supieron demostrar su apoyo y amor incondicional por mí.

A mi esposa, hermanos y amigos que fueron de gran inspiración para cumplir esta meta.

*Hans Andersson Castillo Cabanillas*



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**  
**- EPIC -**

"Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

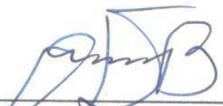
A los 02 días del mes de setiembre del año dos mil veintiuno, siendo las tres de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 307-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria) y el Ing. Iván Eliseo León Malo (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 468-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA" presentado por los Bachilleres CASTILLO CABANILLAS HANS ANDERSSON con código de matrícula N° 0200913042 y FOURNIER PAIS ANALÍ DEL CARMEN con código de matrícula N° 0200913031, quienes fueron asesorados por el Ing. Iván Eliseo León Malo, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 243-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

| BACHILLER                      | PROMEDIO VIGESIMAL | PONDERACIÓN |
|--------------------------------|--------------------|-------------|
| FOURNIER PAIS ANALÍ DEL CARMEN | 17                 | MUY BUENO   |

Siendo las cuatro de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 02 de setiembre de 2021.

  
Ms. Abner Itamar León Bobadilla  
Presidente

  
Ms. Janet Verónica Saavedra Vera  
Secretaria

  
Ing. Iván Eliseo León Malo  
Integrante

“Año del bicentenario del Perú: 200 años de independencia”

**ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS**

A los 02 días del mes de setiembre del año dos mil veintiuno, siendo las tres de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la “ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 307-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Secretaria) y el Ing. Iván Eliseo León Malo (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 468-2021-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: “ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA” presentado por los Bachilleres CASTILLO CABANILLAS HANS ANDERSSON con código de matrícula N° 0200913042 y FOURNIER PAIS ANALÍ DEL CARMEN con código de matrícula N° 0200913031, quienes fueron asesorados por el Ing. Iván Eliseo León Malo, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 243-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

| BACHILLER                          | PROMEDIO VIGESIMAL | PONDERACIÓN |
|------------------------------------|--------------------|-------------|
| CASTILLO CABANILLAS HANS ANDERSSON | 17                 | MUY BUENO   |

Siendo las cuatro de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 02 de setiembre de 2021.

  
Ms. Abner Itamar León Bobadilla  
Presidente

  
Ms. Janet Verónica Saavedra Vera  
Secretaria

  
Ing. Iván Eliseo León Malo  
Integrante

## **INTRODUCCIÓN**

La presente tesis parte del Interés de los investigadores por sosegar las inquietudes de los padres de familia y maestros de la I.E.I. N° 652-02 Santa Rosa de Lima, quienes, al percibir fisuras en algunos elementos de la edificación, presentaron quejas a la Municipalidad Distrital de Villa el Salvador con el afán de la realización de un estudio que les brinde garantías de seguridad para los menores de edad que ocupan el edificio. Es así, que, bajo la mencionada premisa, los investigadores presentan la evaluación sísmica de un bloque representativo de la edificación (bloque de aulas N° 01), empleando para ello un Análisis Estático No-Lineal.

La primera parte de la investigación está enfocada a definir los Aspectos Generales del estudio, además de detallar la importancia de la investigación, el planteamiento de la problemática, trazado de Objetivos y la presentación de la hipótesis.

En la segunda parte de la investigación se presentan los conceptos teóricos arraigados al estudio de la no-linealidad de las estructuras, orientadas al análisis de edificaciones del tipo esencial, definiendo la No-linealidad de los materiales, la no-linealidad de las secciones, la no-linealidad de los elementos, llegando así a la no-linealidad de la estructura en su conjunto. Así mismo se detallan los requisitos principales a tener en cuenta durante el análisis bajo el Marco Normativo internacional de la norma ASCE 41-13.

En la tercera parte de la investigación se detalla el proceso experimental y la metodología empleada para la realización del análisis estático no-lineal, definiendo entre los aspectos más importantes la geometría del modelo de análisis, las características lineales y no-lineales de los materiales, secciones, elementos y la estructura, la definición del análisis sísmico estático, la definición del análisis sísmico dinámico, y por último, la asignación de rótulas plásticas y el patrón de cargas laterales incrementales (Pushover). Llegando así, finalmente,

a la elaboración completa del modelo matemático para la evaluación sísmica de la estructura mediante la metodología del análisis estático no-lineal.

El cuarto apartado de la presente investigación detalla la obtención de la curva de capacidad de la edificación existente, y la verificación de los controles de acuerdo a la norma ASCE 41-13. De los resultados obtenidos, se desprende la imperante necesidad del planteamiento de una propuesta de Adecuación y Reforzamiento, misma que es estudiada y detallada dentro del mismo capítulo.

La investigación concluye con el apartado cinco donde se detalla la contrastación de la hipótesis, y el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de la investigación. Además, se plantean las recomendaciones de los Investigadores en pro del Objeto de estudio.

## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| <b>ABSTRACT</b> .....   | 16  |
| <b>RESUMEN</b> .....  | 18  |
| <b>1. CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....                                  | 19  |
| 1.1. GENERALIDADES .....  | 19  |
| 1.1.1. TÍTULO.....  | 19  |
| 1.1.2. INVESTIGADORES.....  | 19  |
| 1.1.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....   | 19  |
| 1.1.4. UBICACIÓN.....   | 19  |
| 1.2. PLAN DE INVESTIGACIÓN.....   | 20  |
| 1.2.1. PROBLEMÁTICA .....   | 20  |
| 1.2.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....                                     | 21  |
| 1.2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....                                      | 22  |
| 1.2.4. ANTECEDENTES .....   | 23  |
| 1.2.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....   | 29  |
| <b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....   | 32  |
| 2.1. DEFINICIONES GENERALES.....  | 32  |
| 2.1.1. TIPOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....                                       | 35  |
| 2.2. ANÁLISIS NO-LINEAL.....  | 37  |
| 2.2.1. TIPOS DE NO-LINEALIDAD .....   | 38  |
| 2.2.2. NO-LINEALIDAD DE MATERIALES, SECCIONES Y ELEMENTOS<br>ESTRUCTURALES..... | 39  |
| 2.3. DESEMPEÑO SÍSMICO .....  | 79  |
| 2.3.1. INTRODUCCIÓN.....  | 79  |
| 2.3.2. DISEÑO SÍSMICO BASADO EN DESEMPEÑO .....                                 | 81  |
| 2.3.3. MARCO NORMATIVO .....  | 98  |
| 2.4. INCIDENCIA DE LA ALBAÑILERÍA EN UN ANÁLISIS NO-LINEAL.....                 | 107 |
| 2.4.1. EFECTO DE COLUMNA CAUTIVA .....  | 107 |
| 2.4.2. MODELAMIENTO DE ELEMENTOS DE ALBAÑILERÍA .....                           | 110 |
| 2.5. EVALUACIÓN SÍSMICA .....   | 118 |
| 2.5.1. Definición.....  | 118 |
| 2.5.2. Informe de Evaluación Sísmica.....                                       | 120 |
| 2.5.3. Procedimiento de Evaluación Sísmica.....                                 | 122 |
| 2.5.4. Rehabilitación o Adecuación Sísmica .....                                | 122 |
| 2.5.5. Tipos de Adecuación: .....   | 123 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 2.5.6.  | Fases de una Adecuación: .....  | 124 |
| 2.5.7.  | Técnicas Constructivas De Reforzamiento Estructural .....               | 125 |
| 3.      | MATERIALES Y MÉTODOS.....   | 131 |
| 3.1.    | PROPUESTA EXPERIMENTAL .....  | 131 |
| 3.2.    | METODOLOGÍA .....   | 132 |
| 3.2.1.  | Método Inductivo .....  | 132 |
| 3.2.2.  | Método Analítico.....   | 132 |
| 3.3.    | POBLACIÓN MUESTRAL .....  | 133 |
| 3.4.    | TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES PARA OBTENER LOS DATOS<br>134          |     |
| 3.4.1.  | OBSERVACIÓN DIRECTA. - .....  | 134 |
| 3.4.2.  | EXPERIMENTACIÓN. – .....  | 135 |
| 3.4.3.  | REGISTRO FOTOGRÁFICO. – .....   | 137 |
| 3.4.4.  | DOCUMENTOS RECAUDADOS. – .....  | 138 |
| 3.5.    | MODELO ESTRUCTURAL.....   | 138 |
| 3.5.1.  | CONSIDERACIONES GENERALES DEL MODELADO.....                             | 138 |
| 3.5.2.  | DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL MODELO. ....                             | 139 |
| 3.5.3.  | DEFINICIÓN DE MATERIALES.....   | 140 |
| 3.5.4.  | DEFINICIÓN DE SECCIONES .....   | 146 |
| 3.5.5.  | ASIGNACIÓN DE SECCIONES AL MODELO.....                                  | 152 |
| 3.5.6.  | PATRONES DE CARGA .....   | 155 |
| 3.5.7.  | ASIGNACIONES DE CARGA .....   | 155 |
| 3.5.8.  | DEFINICIÓN DE LA FUENTE DE MASA .....                                   | 159 |
| 3.5.9.  | APLICACIÓN DE BRAZOS RÍGIDOS.....                                       | 160 |
| 3.5.10. | DEFINICIÓN DEL SISMO ESTÁTICO: .....                                    | 161 |
| 3.5.11. | ANÁLISIS DINÁMICO:.....   | 171 |
| 3.5.12. | ASIGNACIÓN DE DIAFRAGMAS:.....  | 174 |
| 3.5.13. | ASIGNACIÓN DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS: .....                      | 174 |
| 3.5.14. | DEFINICIÓN DE PATRONES DE CARGA LATERAL PARA<br>ANÁLISIS PUSHOVER:..... | 176 |
| 3.5.15. | DEFINICIÓN DE NODO DE CONTROL: .....                                    | 178 |
| 3.5.16. | DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE CARGA NO-LINEALES: .....                     | 179 |
| 3.5.17. | MODIFICACIÓN DE RIGIDECESES EFECTIVAS .....                             | 185 |
| 3.5.18. | ASIGNACIÓN DE RÓTULAS PLÁSTICAS .....                                   | 186 |
| 3.5.19. | DEFINICIÓN DE ESPECTROS DE DEMANDA SÍSMICA:.....                        | 196 |
| 3.6.    | PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....                                   | 202 |
| 4.      | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 204 |

|        |  |            |
|--------|--|------------|
| 4.1.   | ANÁLISIS LINEAL DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE .....                                      | 204        |
| 4.1.1. | ANÁLISIS LINEAL ESTÁTICO .....   | 204        |
| 4.1.2. | ANÁLISIS LINEAL DINÁMICO .....   | 206        |
| 4.2.   | ANÁLISIS ESTÁTICO NO-LINEAL DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE..                              | 209        |
| 4.2.1. | DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA .....                                     | 209        |
| 4.2.2. | DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESEMPEÑO .....                                      | 209        |
| 4.2.3. | OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DE LA EDIFICACIÓN<br>210                            |            |
| 4.2.4. | OBTENCIÓN DE LOS PUNTOS DE DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE<br>LA ESTRUCTURA EXISTENTE ..... | 216        |
| 4.2.5. | VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE LA<br>EDIFICACIÓN.....               | 226        |
| 4.3.   | PROPUESTA DE ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA<br>EDIFICACIÓN.....                      | 255        |
| 4.4.   | ANÁLISIS LINEAL DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA.....                                       | 261        |
| 4.4.1. | ANÁLISIS LINEAL ESTÁTICO .....   | 261        |
| 4.4.2. | ANÁLISIS LINEAL DINÁMICO .....   | 263        |
| 4.5.   | ANÁLISIS ESTÁTICO NO-LINEAL DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA                                | 266        |
| 4.5.1. | DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA .....                                     | 266        |
| 4.5.2. | DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESEMPEÑO .....                                      | 266        |
| 4.5.3. | OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DE LA EDIFICACIÓN<br>REFORZADA .....                | 267        |
| 4.5.4. | OBTENCIÓN DE LOS PUNTOS DE DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE<br>LA ESTRUCTURA REFORZADA.....  | 274        |
| 4.5.5. | VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE LA<br>EDIFICACIÓN REFORZADA.....     | 284        |
| 5.     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 313        |
|        | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>314</b> |
|        | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>322</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 2-1</i> Comportamiento No-Lineal de Estructuras, Gráfico Fuerza vs Desplazamiento.....  | 37  |
| <i>Figura 2-2</i> Curva esfuerzo- deformación para materiales dúctiles y frágiles .....   | 40  |
| <i>Figura 2-3</i> Curva esfuerzo-deformación del concreto a compresión - Modelo de Mander.....  | 41  |
| <i>Figura 2-4</i> Núcleo efectivo del concreto confinado .....  | 42  |
| <i>Figura 2-5</i> Curva Esfuerzo- Deformación del Modelo Elastoplástico para Aceros en Tensión.....   | 43  |
| <i>Figura 2-6</i> Comportamiento de las Secciones Dúctiles y Frágiles .....   | 44  |
| <i>Figura 2-7</i> Deformación de un miembro a flexión.....  | 47  |
| <i>Figura 2-8</i> Curvatura de una sección .....  | 47  |
| <i>Figura 2-9</i> Estado de Agrietamiento de Secciones Doblemente Armadas .....   | 49  |
| <i>Figura 2-10</i> Caso a – Estado de Cedencia Secciones Doblemente Armadas .....   | 50  |
| <i>Figura 2-11</i> Caso b - Estado de Cedencia Secciones Doblemente Armadas .....   | 51  |
| <i>Figura 2-12</i> Caso c - Estado de Cedencia Secciones Doblemente Armadas .....   | 52  |
| <i>Figura 2-13</i> Caso a – Estado de Agotamiento de Secciones doblemente Armadas .....   | 53  |
| <i>Figura 2-14</i> Caso b – Estado de Agotamiento de Secciones doblemente Armadas .....   | 54  |
| <i>Figura 2-15</i> Representación de un Diagrama Momento Curvatura de una Sección.....  | 55  |
| <i>Figura 2-16</i> Zonas de un diagrama de Interacción - Carga Axial-Momento (P-M).....   | 57  |
| <i>Figura 2-17</i> Diagrama de Compatibilidad en una Sección a Compresión Pura .....  | 57  |
| <i>Figura 2-18</i> Diagrama de Compatibilidad en una Sección a tracción Pura .....  | 58  |
| <i>Figura 2-19</i> Diagrama de Compatibilidad en una Sección Balanceada .....   | 59  |
| <i>Figura 2-20</i> Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para una Falla en Compresión .....   | 60  |
| <i>Figura 2-21</i> Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para una Falla en Tensión.....   | 62  |
| <i>Figura 2-22</i> Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para una Sección para el Estado de Cedencia.....   | 63  |
| <i>Figura 2-23</i> Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones – Falla Balanceada.....  | 65  |
| <i>Figura 2-24</i> Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para la Determinación de la Curvatura de una Sección en el Estado de Cedencia del Acero..... | 65  |
| <i>Figura 2-25</i> Diagrama De Interacción P-M y de Curvatura .....   | 66  |
| <i>Figura 2-26</i> Diagrama Carga Axial - Curvatura.....  | 66  |
| <i>Figura 2-27</i> Deformación por Rotación en un Elemento Estructural.....   | 67  |
| <i>Figura 2-28</i> Curvaturas por Longitud - Viga en Voladizo.....  | 68  |
| <i>Figura 2-29</i> Relaciones de Fuerza-Deformación.....  | 70  |
| <i>Figura 2-30</i> Longitud Plástica y Ubicación de Rótula Plástica .....   | 71  |
| <i>Figura 2-31</i> Formación de Rótula Plástica.....  | 72  |
| <i>Figura 2-32</i> Distancia desde la Sección Crítica al Punto de Inflexión “z” .....   | 76  |
| <i>Figura 2-33</i> Estado de Daño y Aparición de Rótulas Plásticas.....   | 82  |
| <i>Figura 2-34</i> Objetivos de Desempeño Sísmico.....  | 83  |
| <i>Figura 2-35</i> Niveles de Desempeño más comunes .....   | 92  |
| <i>Figura 2-36</i> Tipos de Curvas para Acciones Controladas por Fuerza y Deformación .....   | 105 |
| <i>Figura 2-37</i> Curvas Normalizadas y Criterios de Aceptación de Acuerdo a la norma ASCE 41-13 .....   | 106 |
| <i>Figura 2-38</i> Efecto de Columna Cautiva.....   | 108 |
| <i>Figura 2-39</i> Desplazamiento relativo en columnas.....   | 109 |
| <i>Figura 2-40</i> Esfuerzos en Columnas a Cargas Horizontales y Verticales .....   | 109 |
| <i>Figura 2-41</i> Método Del Puntal Diagonal en un Muro De Albañilería.....  | 111 |
| <i>Figura 2-42</i> Ancho del Puntal Equivalente en un Muro De Albañilería.....  | 112 |
| <i>Figura 2-43</i> Falla por Aplastamiento en muros de Albañilería.....   | 114 |
| <i>Figura 2-44</i> Falla por Tracción en muros de Albañilería.....  | 115 |
| <i>Figura 2-45</i> Falla por Tracción Diagonal en muros de Albañilería.....   | 116 |
| <i>Figura 2-46</i> Ubicación de Rótula Plástica para Puntales de Albañilería .....  | 118 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Figura 2-47</i> Elaboración de un Informe de evaluación Sísmica ASCE – 41-13 .....                      | 121 |
| <i>Figura 2-48</i> Fases de una Adecuación Sísmica.....  | 125 |
| <i>Figura 3-1</i> Propuesta Experimental de la Tesis de Investigación.....                                 | 131 |
| <i>Figura 3-2</i> Ensayos de Prismas Diamantinos – Fecha 1 .....   | 136 |
| <i>Figura 3-3</i> Ensayos de Prismas Diamantinos – Fecha 2 .....   | 137 |
| <i>Figura 3-4</i> Vista en Planta del Bloque de Aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima .....                | 139 |
| <i>Figura 3-5</i> Visualización de las Alturas del Bloque de Aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima ....    | 140 |
| <i>Figura 3-6</i> Definición de Materiales - Concreto $f_c= 378 \text{ kg/cm}^2$ .....                     | 143 |
| <i>Figura 3-7</i> Definición de Materiales - Acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ .....                        | 144 |
| <i>Figura 3-8</i> Definición de Materiales - Albañilería del Tipo IV.....                                  | 145 |
| <i>Figura 3-9</i> Cuadro Resumen de Columnas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima .....                         | 146 |
| <i>Figura 3-10</i> Creación de Columna C-4 – 1P .....  | 147 |
| <i>Figura 3-11</i> Creación de Columna C-4 – 2P .....  | 148 |
| <i>Figura 3-12</i> Creación de Viga VP1 101 (.30X.50) – A – (7-6) – 1 .....                                | 149 |
| <i>Figura 3-13</i> Creación de Columnetas .....  | 150 |
| <i>Figura 3-14</i> Creación de Vigueta Bovedilla $e=0.20\text{m}$ .....                                    | 151 |
| <i>Figura 3-15</i> Asignación de Secciones – Piso 1 y Piso 2 .....   | 152 |
| <i>Figura 3-16</i> Asignación de Secciones – Eje A-A y Eje B-B.....  | 153 |
| <i>Figura 3-17</i> Asignación de Secciones – Eje C-C y E-E .....   | 153 |
| <i>Figura 3-18</i> Asignación de Secciones – Eje D-D.....  | 154 |
| <i>Figura 3-19</i> Asignación de Secciones – Eje F-F y I-I.....  | 154 |
| <i>Figura 3-20</i> Definición de Patrones de Carga.....  | 155 |
| <i>Figura 3-21</i> Asignación de Carga: Peso Propio.....   | 157 |
| <i>Figura 3-22</i> Asignación de Carga: Sobre carga permanente SCP Piso 1 .....                            | 157 |
| <i>Figura 3-23</i> Asignación de Carga: Sobre carga permanente SCP Piso 2 .....                            | 158 |
| <i>Figura 3-24</i> Asignación de Carga: Carga Viva CV Piso 1 .....   | 158 |
| <i>Figura 3-25</i> Asignación de Carga: Carga Viva de Techo CVt Piso 2 .....                               | 159 |
| <i>Figura 3-26</i> Definición de la Fuente de Masa de la Edificación .....                                 | 159 |
| <i>Figura 3-27</i> Asignación de Brazos rígidos.....   | 160 |
| <i>Figura 3-28</i> Unión Viga Columna – Brazos Rígidos .....   | 160 |
| <i>Figura 3-29</i> Idealización de Puntales Equivalentes en Elevación A-A.....                             | 164 |
| <i>Figura 3-30</i> Asignación del Sismo Estático en la Dirección X-X e Y-Y.....                            | 169 |
| <i>Figura 3-31</i> Selección de Casos de Carga para el Análisis Sísmico Estático .....                     | 169 |
| <i>Figura 3-32</i> Fuerza Cortante Estática en la Dirección X-X .....                                      | 170 |
| <i>Figura 3-33</i> Fuerza Cortante Estática en la Dirección Y-Y.....                                       | 170 |
| <i>Figura 3-34</i> Definición del Espectro Sísmico Dinámico en la Dirección X-X.....                       | 171 |
| <i>Figura 3-35</i> Definición del Espectro Sísmico Dinámico en la Dirección Y-Y .....                      | 172 |
| <i>Figura 3-36</i> Definición del Sismo Dinámico en la Dirección X-X.....                                  | 173 |
| <i>Figura 3-37</i> Definición del Sismo Dinámico en la Dirección Y-Y .....                                 | 173 |
| <i>Figura 3-38</i> Asignación de Diafragmas rígidos – 1 y 2 Nivel.....                                     | 174 |
| <i>Figura 3-39</i> Fuerza Cortante Estática en la Dirección X-X . .....                                    | 175 |
| <i>Figura 3-40</i> Fuerza Cortante Estática en la Dirección Y-Y.....                                       | 175 |
| <i>Figura 3-41</i> Definición de Patrones de Carga para Pushover .....                                     | 177 |
| <i>Figura 3-42</i> Asignación de Patrón de Carga Lateral en la Dirección X-X – Edificación Existente ..... | 177 |
| <i>Figura 3-43</i> Asignación de Patrón de Carga Lateral en la Dirección Y-Y – Edificación Existente ..... | 178 |
| <i>Figura 3-44</i> Asignación de Nodo Control para Pushover .....  | 179 |
| <i>Figura 3-45</i> Definición de Carga Gravitacional No-Lineal .....                                       | 180 |
| <i>Figura 3-46</i> Definición de caso de Carga PUSH Modo 1 .....   | 181 |
| <i>Figura 3-47</i> Definición de caso de Carga PUSH Modo 2 .....   | 182 |
| <i>Figura 3-48</i> Definición de caso de Carga PUSH $F_x$ .....  | 183 |
| <i>Figura 3-49</i> Definición de caso de Carga PUSH $F_y$ .....  | 184 |
| <i>Figura 3-50</i> Modificación de Rigideces Efectivas en Vigas.....                                       | 185 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 3-51</b> Modificación de Rigideces Efectivas en Columnas.....   | 185 |
| <b>Figura 3-52</b> Ubicación de Rótulas Plásticas - Vigas .....   | 186 |
| <b>Figura 3-53</b> Ejemplo de Definición de Rótulas Plásticas en Vigas.....   | 188 |
| <b>Figura 3-54</b> Ubicación de Rótulas Plásticas - Columnas .....  | 189 |
| <b>Figura 3-55</b> Ubicación de Rótulas Plásticas – Tipo 1 - Columnas.....  | 191 |
| <b>Figura 3-56</b> Ubicación de Rótulas Plásticas en columna central debido a la conexión con puntales idealizados de mampostería.....  | 192 |
| <b>Figura 3-57</b> Asignación de Rótulas Plásticas Tipo 4 - Primer Piso - Columnas.....   | 192 |
| <b>Figura 3-58</b> Ubicación De Rotulas Plásticas En Columna Central Debido A La Conexión Con Puntales Idealizados De Mampostería ..... | 193 |
| <b>Figura 3-59</b> Asignación de Rótulas Plásticas Tipo 3 - Segundo Piso - Columnas .....   | 193 |
| <b>Figura 3-60</b> Ubicación De Rotulas Plásticas En Los Puntales Idealizados De Mampostería .....                                      | 194 |
| <b>Figura 3-61</b> Asignación de Rótulas Plásticas en Puntales – 1 Nivel .....  | 195 |
| <b>Figura 3-62</b> Asignación de Rótulas Plásticas en Puntales – 2 Nivel .....  | 195 |
| <b>Figura 3-63</b> Definición de Sismo de 10% / 50Años.....   | 197 |
| <b>Figura 3-64</b> Definición de Sismo de 50% / 50Años.....   | 198 |
| <b>Figura 3-65</b> Definición de Sismo de 20% / 50Años.....   | 200 |
| <b>Figura 3-66</b> Definición de Sismo de 5% / 50Años.....  | 201 |
| <b>Figura 3-67</b> Esquema de Procedimiento de Trabajo para la Evaluación Sísmica de la Edificación .....                               | 202 |
| <b>Figura 4-1</b> Espectro de Respuesta de la Edificación Existente en la Dirección X-X e Y-Y .....                                     | 206 |
| <b>Figura 4-2</b> Ploteo de Curva De Capacidad PUSH Modo 1- Edificación Existente.....  | 211 |
| <b>Figura 4-3</b> Ploteo de Curva De Capacidad PUSH Fx- Edificación Existente.....  | 211 |
| <b>Figura 4-4</b> Curvas de Capacidad Superpuestas - Dirección X-X- Edificación Existente .....   | 213 |
| <b>Figura 4-5</b> Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Modo 2- Edificación Existente.....  | 214 |
| <b>Figura 4-6</b> Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Fy- Edificación Existente.....  | 214 |
| <b>Figura 4-7</b> Curvas de Capacidad Superpuestas - Dirección Y-Y- Edificación Existente .....   | 216 |
| <b>Figura 4-8</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....       | 217 |
| <b>Figura 4-9</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....       | 218 |
| <b>Figura 4-10</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....       | 219 |
| <b>Figura 4-11</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....      | 220 |
| <b>Figura 4-12</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....      | 222 |
| <b>Figura 4-13</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....      | 223 |
| <b>Figura 4-14</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente.....        | 224 |
| <b>Figura 4-15</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....      | 225 |
| <b>Figura 4-16</b> Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección X-X - Edificación Existente .....                            | 229 |
| <b>Figura 4-17</b> Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección X-X - Edificación Existente .....                              | 230 |
| <b>Figura 4-18</b> Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección X-X - Edificación Existente .....                          | 231 |
| <b>Figura 4-19</b> Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – Dirección X-X - Edificación Existente .....                   | 232 |
| <b>Figura 4-20</b> Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                            | 234 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 4-21</b> Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                        | 235 |
| <b>Figura 4-22</b> Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                    | 236 |
| <b>Figura 4-23</b> Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – dirección Y-Y – Edificación Existente .....             | 237 |
| <b>Figura 4-24</b> Desplazamiento para Paso 1, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Existente .....                    | 241 |
| <b>Figura 4-25</b> Desplazamiento para Paso 3, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Existente .....                    | 242 |
| <b>Figura 4-26</b> Desplazamiento para Paso 6, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Existente .....                    | 243 |
| <b>Figura 4-27</b> Desplazamiento para Paso 11, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Existente .....                   | 244 |
| <b>Figura 4-28</b> Desplazamiento para Paso 19, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Existente .....                   | 244 |
| <b>Figura 4-29</b> Desplazamiento para Paso 0, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                    | 245 |
| <b>Figura 4-30</b> Desplazamiento para Paso 1, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                    | 246 |
| <b>Figura 4-31</b> Desplazamiento para Paso 3, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                    | 247 |
| <b>Figura 4-32</b> Desplazamiento para Paso 4, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                    | 248 |
| <b>Figura 4-33</b> Desplazamiento para Paso 8, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                    | 249 |
| <b>Figura 4-34</b> Desplazamiento para Paso 9, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                    | 250 |
| <b>Figura 4-35</b> Desplazamiento para Paso 11, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                   | 251 |
| <b>Figura 4-36</b> Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección X-X - Edificación Existente .....                                 | 252 |
| <b>Figura 4-37</b> Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección Y-Y - Edificación Existente .....                                 | 253 |
| <b>Figura 4-38</b> Plano en Planta del Planteamiento de Reforzamiento Estructural.....  | 256 |
| <b>Figura 4-39</b> Detalle de Sección Reforzada, Placa Tipo 1.....  | 257 |
| <b>Figura 4-40</b> Detalle de Sección Reforzada, Placa Tipo 2.....  | 258 |
| <b>Figura 4-41</b> Adecuación de Cimentación – Zapata 01.....   | 259 |
| <b>Figura 4-42</b> Adecuación de Cimentación – Zapata 02.....   | 259 |
| <b>Figura 4-43</b> Adecuación de Cimentación – Zapata 03.....   | 260 |
| <b>Figura 4-44</b> Adecuación de Cimentación – Zapata 04.....   | 260 |
| <b>Figura 4-45</b> Espectro de Respuesta de la Edificación Reforzada.....   | 263 |
| <b>Figura 4-46</b> Ploteo de la de Curva De Capacidad PUSH Modo 1 - Edificación Reforzada .....                                   | 268 |
| <b>Figura 4-47</b> Ploteo de la de Curva De Capacidad PUSH Fx- Edificación Reforzada .....  | 268 |
| <b>Figura 4-48</b> Curvas de Capacidad superpuestas - dirección X-X - Edificación Reforzada.....                                  | 270 |
| <b>Figura 4-49</b> Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Modo 2 - Edificación Reforzada.....  | 271 |
| <b>Figura 4-50</b> Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Fy - Edificación Reforzada.....  | 271 |
| <b>Figura 4-51</b> Curvas de Capacidad superpuestas - dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                                  | 273 |
| <b>Figura 4-52</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada..... | 275 |
| <b>Figura 4-53</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada..... | 276 |
| <b>Figura 4-54</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada.....  | 277 |
| <b>Figura 4-55</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada..... | 278 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 4-56</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada..... | 280 |
| <b>Figura 4-57</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada..... | 281 |
| <b>Figura 4-58</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....  | 282 |
| <b>Figura 4-59</b> Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada..... | 283 |
| <b>Figura 4-60</b> Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                       | 285 |
| <b>Figura 4-61</b> Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                         | 286 |
| <b>Figura 4-62</b> Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                     | 287 |
| <b>Figura 4-63</b> Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – Dirección X-X – Edificación Reforzada.....              | 289 |
| <b>Figura 4-64</b> Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección Y-Y – Edificación Reforzada.....                       | 291 |
| <b>Figura 4-65</b> Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección Y-Y – Edificación Reforzada.....                         | 292 |
| <b>Figura 4-66</b> Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección Y-Y – Edificación Reforzada.....                     | 293 |
| <b>Figura 4-67</b> Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – Dirección Y-Y– Edificación Reforzada.....               | 294 |
| <b>Figura 4-68</b> Desplazamiento para Paso 2, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Reforzada.....                     | 298 |
| <b>Figura 4-69</b> Desplazamiento para Paso 4, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Reforzada.....                     | 299 |
| <b>Figura 4-70</b> Desplazamiento para Paso 6, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Reforzada.....                     | 300 |
| <b>Figura 4-71</b> Desplazamiento para Paso 7, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Reforzada.....                     | 301 |
| <b>Figura 4-72</b> Desplazamiento para Paso 0, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                     | 302 |
| <b>Figura 4-73</b> Desplazamiento para Paso 6, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                     | 303 |
| <b>Figura 4-74</b> Desplazamiento para Paso 14, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                    | 304 |
| <b>Figura 4-75</b> Desplazamiento para Paso 23, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                    | 305 |
| <b>Figura 4-76</b> Desplazamiento para Paso 28, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                    | 306 |
| <b>Figura 4-77</b> Desplazamiento para Paso 41, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                    | 307 |
| <b>Figura 4-78</b> Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección X-X - Edificación Reforzada.....                                  | 308 |
| <b>Figura 4-79</b> Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                                  | 309 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 2-1:</b> Valores de $\beta_1$ para distintos niveles de resistencia a la compresión.....  | 54  |
| <b>Tabla 2-2:</b> Parámetros de modelamiento y criterios numéricos de aceptación para procedimientos no-lineales – En Vigas de Concreto Reforzado.....     | 73  |
| <b>Tabla 2-3:</b> Parámetros de modelamiento y criterios numéricos de aceptación para procedimientos no-lineales – En Columnas de Concreto Reforzado ..... | 74  |
| <b>Tabla 2-4:</b> Objetivos de Desempeño de acuerdo Norma ASCE 41-13 .....   | 85  |
| <b>Tabla 2-5:</b> Niveles de Amenaza Sísmica del FEMA 356 Y ASCE 41-13.....  | 97  |
| <b>Tabla 2-6:</b> Valores para el factor de modificación $C_0^1$ .....   | 100 |
| <b>Tabla 2-7:</b> Valores del factor de masa efectivo $C_m^1$ .....  | 101 |
| <b>Tabla 2-8:</b> Valores para el factor de modificación $C_2$ .....   | 102 |
| <b>Tabla 2-9:</b> Elementos Controlados por Fuerza y Deformación .....   | 106 |
| <b>Tabla 3-1:</b> Resistencia a la Compresión de Prismas Diamantinos – Fecha 1 .....   | 141 |
| <b>Tabla 3-2:</b> Resistencia a la Compresión de Prismas Diamantinos – Fecha 2 .....   | 142 |
| <b>Tabla 3-3:</b> Factores de Zona - Edificación.....  | 161 |
| <b>Tabla 3-4:</b> Factor de Suelo de la Edificación.....   | 161 |
| <b>Tabla 3-5:</b> Factor de Uso de la Edificación .....  | 162 |
| <b>Tabla 3-6:</b> Factor de Reducción Sísmica de la Edificación .....  | 163 |
| <b>Tabla 3-7:</b> Obtención del Coeficiente $C_T$ .....  | 165 |
| <b>Tabla 3-8:</b> Obtención de los Factores $T_p$ y $T_s$ .....  | 166 |
| <b>Tabla 3-9:</b> Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Existente X-X.....                                       | 167 |
| <b>Tabla 3-10:</b> Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Existente Y-Y .....                                     | 168 |
| <b>Tabla 3-11:</b> Cálculo del Factor de Carga Lateral Para la Edificación Existente- Dirección X-X  | 176 |
| <b>Tabla 3-12:</b> Cálculo del Factor de Carga Lateral Para la Edificación Existente- Dirección Y-Y  | 176 |
| <b>Tabla 3-13:</b> Resumen de Centros de Masa y rigidez de la Edificación Existente.....   | 178 |
| <b>Tabla 3-14:</b> Obtención de los Puntos de ubicación de Rótulas Plásticas en Vigas.....   | 187 |
| <b>Tabla 3-15:</b> Obtención de los Puntos de ubicación de Rótulas Plásticas en Columnas.....  | 190 |
| <b>Tabla 4-1:</b> Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Existente X-X.....                                       | 204 |
| <b>Tabla 4-2:</b> Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Existente X-X.....                                       | 204 |
| <b>Tabla 4-3:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Existente – Dirección X-X .....   | 205 |
| <b>Tabla 4-4:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Existente – Dirección Y-Y .....   | 205 |
| <b>Tabla 4-5:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Existente – Dirección X-X .....   | 207 |
| <b>Tabla 4-6:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Existente – Dirección Y-Y .....   | 207 |
| <b>Tabla 4-7:</b> Porcentajes de Masa Participativa – Análisis Dinámico de la Edificación Existente  | 208 |
| <b>Tabla 4-8:</b> Definición de Niveles de Amenaza Sísmica - Edificación Existente .....   | 209 |
| <b>Tabla 4-9:</b> Definición de Objetivos de Desempeño - Edificación Existente .....   | 210 |
| <b>Tabla 4-10:</b> Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Existente – Dirección X-X.....             | 212 |
| <b>Tabla 4-11:</b> Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Existente – Dirección Y-Y.....             | 215 |
| <b>Tabla 4-12:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....                  | 217 |
| <b>Tabla 4-13:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....                  | 218 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 4-14:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....                          | 219 |
| <b>Tabla 4-15:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente .....                         | 220 |
| <b>Tabla 4-16:</b> Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección X-X - Edificación Existente ..... | 221 |
| <b>Tabla 4-17:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente.....                          | 222 |
| <b>Tabla 4-18:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente.....                          | 223 |
| <b>Tabla 4-19:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente.....                           | 224 |
| <b>Tabla 4-20:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente.....                          | 226 |
| <b>Tabla 4-21:</b> Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección Y-Y - Edificación Existente.....  | 226 |
| <b>Tabla 4-22:</b> Objetivos de Desempeño – Edificación Existente.....  | 227 |
| <b>Tabla 4-23:</b> Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección X-X – Edificación Existente .....  | 231 |
| <b>Tabla 4-24:</b> Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13 – Dirección X-X – Edificación Existente.....                         | 233 |
| <b>Tabla 4-25:</b> Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección Y-Y – Edificación Existente .....  | 236 |
| <b>Tabla 4-26:</b> Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13 – Dirección Y-Y – Edificación Existente.....                         | 238 |
| <b>Tabla 4-27:</b> Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección X-X – Edificación Existente .....   | 238 |
| <b>Tabla 4-28:</b> Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección Y-Y – Edificación Existente .....   | 240 |
| <b>Tabla 4-29:</b> Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Reforzada X-X .....   | 261 |
| <b>Tabla 4-30:</b> Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Reforzada Y-Y .....   | 261 |
| <b>Tabla 4-31:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Reforzada – Dirección X-X .....   | 262 |
| <b>Tabla 4-32:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Reforzada – Dirección Y-Y .....   | 262 |
| <b>Tabla 4-33:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Reforzada – Dirección X-X.....  | 264 |
| <b>Tabla 4-34:</b> Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Reforzada – Dirección Y-Y .....   | 264 |
| <b>Tabla 4-35:</b> Porcentajes de Masa Participativa – Análisis Dinámico de la Edificación Reforzada .....  | 265 |
| <b>Tabla 4-36:</b> Definición de Niveles de Amenaza Sísmica – Edificación Reforzada.....  | 266 |
| <b>Tabla 4-37:</b> Definición de Objetivos de Desempeño – Edificación Reforzada.....  | 267 |
| <b>Tabla 4-38:</b> Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Reforzada – Dirección X-X.....                    | 269 |
| <b>Tabla 4-39:</b> Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Reforzada – Dirección Y-Y .....                   | 272 |
| <b>Tabla 4-40:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada .....                         | 275 |
| <b>Tabla 4-41:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada .....                         | 276 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 4-42:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada .....                          | 277 |
| <b>Tabla 4-43:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Reforzada .....                         | 278 |
| <b>Tabla 4-44:</b> Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección X-X - Edificación Reforzada ..... | 279 |
| <b>Tabla 4-45:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                          | 280 |
| <b>Tabla 4-46:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                          | 281 |
| <b>Tabla 4-47:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                           | 282 |
| <b>Tabla 4-48:</b> Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....                          | 283 |
| <b>Tabla 4-49:</b> Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada.....  | 284 |
| <b>Tabla 4-50:</b> Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección X-X - Edificación Reforzada .....  | 288 |
| <b>Tabla 4-51:</b> Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13 – Dirección X-X – Edificación Reforzada.....                         | 290 |
| <b>Tabla 4-52:</b> Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada .....  | 293 |
| <b>Tabla 4-53:</b> Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13 – Dirección Y-Y – Edificación Reforzada .....                        | 295 |
| <b>Tabla 4-54:</b> Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección X-X - Edificación Reforzada .....   | 296 |
| <b>Tabla 4-55:</b> Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada .....   | 296 |

## ABSTRACT

The problem of this investigation arises due to the multiple complaints from the users of a group of seven educational institutions, built by the Villa el Salvador Cityhall in 2016, this because the appearance of cracks in some non-structural elements, during the first year after its construction.

The main objective of this thesis is to evaluate the seismic performance of one of these educational institutions, the I.E.I. No. 652-02 “Santa Rosa De Lima”, by a non-linear static analysis, based on the procedures and criteria established by the ASCE 41-13 standard, in order to verify if the institution's structure complies with the corresponding structural performance, in order to soothe the restlessness of the occupants.

The methodology used consists of data collection through tests and information on construction plans, as well as field inspection and subsequent structural evaluation of a representative sample: Block No. 01 of the I.E.I. Santa Rosa de Lima. For this, the mathematical model of the Block No. 01 was carried out, considering the non-linear characteristics of the sections and materials, subjecting the model to non-linear static analysis (Pushover).

From the results of the analysis, it is realized that the structure of Classroom Block No. 01 did not meet the performance objectives established by the ASCE 41-13 code, for an essential building. Due to this, a proposal for adaptation and structural reinforcement was proposed, which consisted of completely isolating the existing masonry partitions and incorporating reinforced concrete plates in both directions.

The results of the evaluation of the reinforced building showed that, for the seismic threat levels established by the ASCE 41-13 code, the performance levels obtained are adequate for this type of building.

## RESUMEN

La problemática de esta investigación surge debido las múltiples quejas de parte de los usuarios de un grupo de siete instituciones educativas, construidas por la Municipalidad Distrital de Villa el Salvador en el año 2016, esto debido a la aparición de fisuras en gran parte de los elementos no estructurales, durante el primer año posterior a su ejecución.

El objetivo principal de esta tesis es evaluar el desempeño sísmico de una de estas instituciones educativas, la I.E.I. N°. 652-02 “Santa Rosa De Lima”, mediante un análisis estático no-lineal, basado en los procedimientos y criterios establecidos por la norma ASCE 41-13, a fin de verificar si la estructura de la institución cumple con el desempeño estructural que corresponde, para de esta manera sosegar la intranquilidad de los ocupantes.

La metodología utilizada consiste en la recolección de datos mediante ensayos e información de los planos de construcción, así como la inspección en campo y la posterior evaluación estructural a una muestra representativa: el pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. Santa Rosa de Lima. Para esto, se realizó el modelo matemático del Bloque de Aulas N° 01, considerando las características no-lineales de las secciones y materiales, sometiendo el modelo al análisis estático no lineal (Pushover).

De los resultados del análisis, se observó que la estructura del Bloque de Aulas N° 01, no cumplió con los objetivos de desempeño establecidos por el código ASCE 41-13, para una edificación esencial. Debido a esto, se planteó una propuesta de adecuación y reforzamiento estructural, misma que consistió en aislar completamente los tabiques de albañilería existentes e incorporar placas de concreto armado en ambas direcciones.

Los resultados de la evaluación de la edificación reforzada demostraron que, para los niveles de amenaza sísmica establecidos por el código ASCE 41-13, los niveles de desempeño obtenidos, son los adecuados para este tipo de edificaciones.



# CAPITULO I

## ASPECTOS GENERALES

## 1. CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1. GENERALIDADES

#### 1.1.1. TÍTULO

“ANÁLISIS ESTÁTICO NO-LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA”

#### 1.1.2. INVESTIGADORES

##### 1.1.2.1. Tesistas:

- Bach. CASTILLO CABANILLAS, Hans Andersson
- Bach. FOURNIER PAIS, Analí del Carmen

##### 1.1.2.2. Asesor:

- Ing. LEÓN MALO, Iván Eliseo

#### 1.1.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- 1.1.3.1. Según el objeto de estudio : Aplicada
- 1.1.3.2. Según su naturaleza : Experimental
- 1.1.3.3. Según su objetivo general : Descriptiva

#### 1.1.4. UBICACIÓN

- 1.1.4.1. Región Natural : Costa
- 1.1.4.2. Región Político Administrativa : Lima
- 1.1.4.3. Departamento : Lima
- 1.1.4.4. Distrito : Villa el Salvador
- 1.1.4.5. Unidad de Análisis : I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”

## **1.2. PLAN DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. PROBLEMÁTICA**

El Distrito de Villa el Salvador, es un distrito nuevo, pujante y con miras al desarrollo. Durante los últimos cinco años ha desarrollado siete proyectos para la construcción de infraestructura educativa, entre ellos el proyecto: “AMPLIACIÓN DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA”, correspondiente a la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”. En el primer año después de su construcción, se suscitaron, múltiples quejas, de parte del personal docente, y administrativo de las distintas Instituciones Educativas, al evidenciarse la aparición de fisuras, en gran parte de los elementos no estructurales de las infraestructuras mencionadas, tales como cercos perimétricos, parapetos, y veredas.

Una de sus mayores preocupaciones, es la referida al nivel de daño que podrían presentar las distintas Instituciones Educativas ante un evento sísmico de gran magnitud, y si la infraestructura de estas garantizaría la sobrevivencia de los alumnos y el personal docente. Debido a ello, en el presente proyecto, se ha seleccionado una institución educativa representativa, la I.E.I. N° 652-02 Santa Rosa De Lima, para la evaluación sísmica de la misma mediante un análisis estático no-lineal, que se basa en la premisa de que el comportamiento de la edificación puede predecirse y evaluarse, con suficiente seguridad para el ingeniero y los ocupantes de dicha institución.

Existen estudios como el del ATC-40 y el comité VISION 2000 que establecen parámetros para el desarrollo del análisis estático no-lineal, dirigido hacia la definición de niveles de desempeño para la evaluación de la demanda y la capacidad real de las estructuras.

Se conjetura que la estructura de la I.E.I. N° 652-02 Santa Rosa De Lima, podría presentar un nivel de daño mayor al esperado para su categoría de acuerdo a la normatividad vigente.

En la actualidad uno de los últimos códigos aprobados para legislar la materia es el ASCE 41-13, el cual establece objetivos de desempeño Estructural y no estructural, conjugándolos en una matriz, que da como resultado el nivel desempeño esperado de acuerdo a la edificación en análisis.

Esta investigación persigue encontrar los niveles de desempeño estructural que presentaría el pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N°652-02 “Santa Rosa de Lima” ante los 3 niveles de amenaza sísmica, estipulados en el código ASCE 41-13, para un sismo máximo (5%/50 años- BSE-2E), un sismo de diseño (20%/50 años-BSE-1E) y un sismo de servicio (50%/50años).

Por todo lo mencionado, planteamos la siguiente interrogante:

**¿Qué niveles de desempeño producirán los distintos niveles de amenaza sísmica del código ASCE 41-13 en la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”?**

### **1.2.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La importancia de la investigación radica en que, mediante ella, se podrá verificar si la edificación es capaz de servir como refugio a los ocupantes durante y después de una amenaza sísmica, del mismo modo reducir el costo y tiempo de reparación de la misma a su condición original, disminuyendo el impacto económico que podría generar.

Por otro lado, la investigación es necesaria para sosegar la intranquilidad de los docentes y el personal administrativo de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima” acerca del daño

que podría presentar la edificación ante distintos niveles de amenaza sísmica, y de la misma forma para brindar una alternativa de solución de ser necesaria.

### **1.2.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.2.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los niveles de desempeño sísmico que producirán los distintos niveles de amenaza sísmica del código ASCE 41-13 en el pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”.

#### **1.2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Generar el modelo matemático de la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima” en un programa especializado en el análisis y diseño de edificaciones, definiendo las características no-lineales de los materiales e ingresando a las secciones de los elementos el acero dimensionado establecidas en los planos de la edificación.
- Realizar el análisis dinámico espectral de la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima” mediante la norma E.030 – 2018, y verificar si la edificación cumple con los parámetros exigidos por la misma.
- Efectuar el análisis estático no-lineal de la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima” siguiendo los parámetros estipulados en el código ASCE 41-13, y obtener la curva de capacidad de la edificación.

- Encontrar los desplazamientos objetivos para los niveles de amenaza sísmica establecidos por la norma ASCE 41-13 para edificaciones existentes (BSE-2E de 5%/50 años, BSE-1E de 20%/50 años y 50%/50 años) y verificar el cumplimiento de los objetivos de desempeño adecuados para la categoría de la edificación.
- Elaborar una propuesta de adecuación y reforzamiento para la I.E.I. Santa Rosa de Lima, de no cumplir con los objetivos de desempeño adecuados de acuerdo al código ASCE 41-13.
- Obtener el presupuesto de la propuesta de adecuación y reforzamiento de la I.E.I. Santa Rosa de Lima, si fuera necesario el planteamiento de la misma.

#### **1.2.4. ANTECEDENTES**

El marco global del diseño por desempeño tiene como pionera a la comunidad científica de los Estados Unidos, que en respuesta a los fuertes eventos sísmicos que han enfrentado durante su historia ha logrado grandes avances en lo que respecta al tema, en particular el doctor Bertero de la University of California at Berkeley y las agencia federales y asociaciones relacionadas con la seguridad y salvaguarda de la población, siendo la de mayor aporte la Agencia Federal de Administración de Emergencias (FEMA) que ha sido responsable en los últimos años de editar y emitir los progresos del diseño sísmico por desempeño en los Estados Unidos.

Estos documentos han servido como referencia y han alentado a los códigos de otras naciones a indagar en criterios de desempeño sísmico. Park y Paulay en 1975, introdujeron los principios del diseño por capacidad en Nueva Zelanda creando así los

primeros pasos hacia una nueva filosofía de diseño, en la cual la distribución de la resistencia a lo largo de toda la estructura es más importante que el valor global del cortante basal de diseño (Paulay, T., Park, R., y Priestley, 1978).

Otro avance importante fue el dado por Priesley en el año 2000, quien identificó que una estructura podría comportarse mejor ante una acción sísmica, si pudiera garantizarse la aparición de rótulas plásticas en las vigas, antes de que se formen en las columnas (mecanismo de viga débil - columna fuerte).

Durante la última década, se han producido avances a nivel mundial en lo que respecta a los conceptos de análisis basado en el desempeño sísmico, esto a consecuencia de nuevos estudios y al desarrollo paralelo de herramientas de análisis cada vez más potentes, siendo este el caso de Marco Sánchez, que en el año 2010 realizó una investigación en la ciudad de Monterrey, titulada “Diseño Sísmico Basado en desempeño para una edificación esencial de concreto reforzado”, mediante la cual buscó evaluar el comportamiento sísmico de una edificación esencial de categoría “A”, empleando para ello criterios de diseño sísmico basado en desempeño, evaluando el daño estructural de la edificación, y realizando una confrontación de la metodología de diseño actual y la basada en el desempeño sísmico, buscando la necesidad de mejorar las técnicas de análisis y diseño actual. En esta investigación se analizó una edificación de Concreto Armado de nueve pisos destinada al uso de Hospital, encontrando que los resultados obtenidos del diseño por desempeño resultan ser más precisos que el análisis elástico estándar. (Sánchez, 2010)

Duarte, Martínez y Santamaría en el año 2017, realizaron un análisis estático no-lineal (Pushover) en el cuerpo central del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador, para determinar su comportamiento y funcionalidad estructural, observando como resultado que el cuerpo central de la estructura de la edificación se desplazó 15.89cm, cumpliendo así con el nivel de desempeño de seguridad de vida para la demanda establecida en la NTDS manteniendo un buen margen de deformaciones antes del límite de daños permisibles para la seguridad de vida de los ocupantes (48.64 cm). (Duarte, Martinez, & Satamaria, Análisis Estático No Lineal (Pushover) del Cuerpo Central del Edificio de la Facultad de Medicina de la universidad de el Salvador, 2017)

En lo que respecta al marco nacional Javier Taype en el año 2003, presentó una investigación enfocada en hallar criterios de diseño por desempeño para la norma peruana de diseño sismoresistente, tomando como referencia las metodologías planteadas por el SEAOC, el ATC-40, el FEMA-273, los criterios establecidos por el cuerpo de ingenieros del ejército de los EE.UU y proyectos de investigación desarrollados en Japón. Llegando a plantear como procedimiento a incorporar a la norma E030 en primer lugar la selección de objetivos de desempeño, seguido por la evaluación del desempeño y terminando con el análisis de la aceptabilidad de las edificaciones, medida por la comparación de la distorsión de entrepiso encontrada con las máximas establecidas para cada nivel de desempeño. (Taipe, 2003)

Por otro lado, Julio Delgadillo en el 2005, realizó una investigación en relación al Análisis Estático No-Lineal de Estructuras y la norma E.030, a fin de observar la utilidad del Análisis No-Lineal Estático Pushover que presentan las normas ATC-40 y FEMA-

356, conjuntamente con la demanda sísmica proveída por la norma Peruana de Diseño Sísmico E-030, para poder obtener y evaluar el nivel de daño producido en los elementos mediante el monitoreo de las deformaciones. Para lograr este propósito se tomó como ejemplo un edificio de cinco pisos con irregularidad en planta, destinado al uso de departamentos. El investigador encontró que el Análisis No-Lineal Estático Pushover, es una forma mediante se puede obtener la secuencia de la aparición de las rótulas que llevan al colapso a una estructura, y empleando la demanda sísmica dada de la Norma Peruana E-030 se puede hallar el nivel de daño que le corresponde. (Delgadillo, 2005)

El año 2012, Ronald Santana en su Tesis “Diseño Sísmico Por Desempeño De Estructuras De Albañilería Confinada”, buscó determinar si el desempeño sísmico de una edificación diseñada con la norma peruana es capaz de cumplir satisfactoriamente los objetivos de desempeño de un análisis no-lineal, para lo cual, estudió una estructura de albañilería confinada de cuatro niveles ubicada en la Ciudad de Huancayo, seleccionando los objetivos de desempeño para edificaciones comunes según el ATC-40. El resultado de la evaluación y análisis concluyó en que “el diseño de las edificaciones de albañilería confinada, con las normas peruanas E-70 y E-030 del RNE, presenta un adecuado desempeño sísmico”. (Santana, 2012)

El año 2013, Diaz y Santos presentaron una investigación titulada “Desempeño Sísmico de un Edificio Aporticado de Cuatro Pisos Diseñado con el Reglamento Nacional de Edificaciones y Aceptando una Deriva Máxima de 1%”, estudio que consistió en diseñar y evaluar un edificio de cuatro niveles ubicado en la costa peruana empleando la norma peruana y la evaluación sísmica de acuerdo a las pautas establecidas por el Comité Visión 2000 del SEAOC. Hallando así que, “para los niveles de amenaza sísmica, la

estructura presentaría ligeras incursiones en el rango inelástico, específicamente para sismos raros y ocasional. Para el nivel de amenaza referido a sismos raros, la estructura llegaría un poco más allá del inicio de la zona de colapso en ambas direcciones, lo que conlleva a concluir en que se puede permitir una deriva máxima de 1% para edificios regulares, previa verificación”. (Diaz & Santos, 2013)

Una investigación más reciente es la del año 2016, donde Christian Asmat, teniendo como principal objetivo en su investigación “Disposiciones Sísmicas de Diseño y Análisis en Base a Desempeño Aplicables a Edificaciones de Concreto Armado” brindar herramientas de análisis y diseño aplicables a edificaciones de concreto armado que permitan garantizar un comportamiento inelástico adecuado tal que se cumpla con el nivel de desempeño deseado. Presentó los lineamientos nacionales e internacionales más empleados para estos tipos de análisis, y los aplicó al estudio del comportamiento inelástico a una estructura de concreto armado, destinada a un colegio de 3 pisos, donde se realizó un análisis sísmico convencional lineal a la estructura y luego se hizo un análisis Pushover y Tiempo-Historia para estudiar su comportamiento inelástico. Asmat concluyó en que, “si bien el análisis lineal elástico con cargas amplificadas es un procedimiento bueno y aplicable por la aproximación de sus resultados, tiene algunas desventajas con respecto al análisis no-lineal; una de estas desventajas es la carente posibilidad de identificar los mecanismos plásticos o fallas frágiles en los componentes; por lo que se finaliza diciendo que, sería lo más recomendable usar estos métodos de análisis en el rango no-lineal, sobre todo para las edificaciones de categoría esencial”. (Asmat, 2016)

Orientándonos más al ámbito regional, en la ciudad vecina de Trujillo, el año 2014 los investigadores Vergara y Zevallos, con su investigación “Análisis Sísmico Por Desempeño Estático No-Lineal De Un Edificio De 6 Niveles En La Ciudad De Trujillo, La Libertad” buscan realizar un diseño por desempeño y análisis sísmico no-lineal estático de una estructura, de tal manera de establecer parámetro de calidad a comparación con un diseño estructural tradicional. El estudio se realizó sobre un edificio de seis niveles de concreto armado ubicado en la Ciudad de Trujillo en el Departamento de la Libertad. Para la evaluación se aplicó un análisis Pushover y los criterios del FEMA-356 y la del código ATC-40. Obteniéndose como resultado que, “para la demanda sísmica de la norma peruana, se obtuvo un nivel de desempeño operacional, desempeño generoso, lo cual indica que los parámetros de diseño tradicional de la norma peruana son conservadores”. (Duarte, Martinez, & Satamaria, Análisis Estático No Lineal (Pushover) del Cuerpo Central del Edificio de la Facultad de Medicina de la universidad de el Salvador, 2017)

Posteriormente el año 2018, Briceño y Ordoñez plantean la investigación “Comparación Del Desempeño Sísmico Del Pabellón “C” de la I.E. N°88047- Augusto Salazar Bondy, considerando los parámetros indicados en la Norma Técnica E.030-2006 y la actualizada E.030-2016” como objetivo el comparar el desempeño sísmico de los módulos del Pabellón “C” de la I. E. Augusto Salazar Bondy, con los objetivos de desempeño esperados e identificar la necesidad de reforzamiento estructural, utilizando los niveles de amenaza obtenidos a partir de los parámetros de la Norma Técnica E.030 – 2006 y E.030 – 2016. Realizado el análisis Pushover, los investigadores evidenciaron un comportamiento indeseable en la formación de rótulas plásticas, donde las columnas del primer piso son las más esforzadas y las primeras en fallar “viga fuerte-columna

débil. Asimismo, estos confirmaron las fallas por columna corta en el pórtico del eje 4, y posibles colapsos por aplastamiento de los tabiques que ocasionan este fenómeno, es así que plantearon medidas de reforzamiento, tales como el encamisando las columnas que no confinan albañilería, hallando una mejora notable en el comportamiento sísmico de la estructura, cumpliendo las derivas máximas permisibles, eliminando los problemas de columna corta y generando un comportamiento dúctil. (Briceño & Ordoñez, 2018)

En base a estos antecedentes, la presente investigación estudiará tal como sus precedentes el comportamiento no-lineal de la edificación en análisis, mediante un análisis de cargas incrementales Pushover, sin embargo, realizará la comparación de objetivos de desempeño, con los niveles de amenaza sísmica establecidos por el código ASCE 41-13, por ser la legislación disponible más reciente a la fecha.

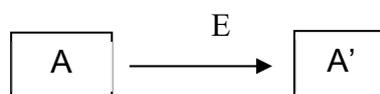
## **1.2.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.2.5.1. HIPÓTESIS**

Los distintos niveles de amenaza sísmica del código ASCE 41-13, producirán los niveles de desempeño esperados para una Infraestructura Educativa, Categoría III según el ASCE 07-16 en la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”.

### **1.2.5.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Según las características de la investigación a ejecutar, esta corresponde a un diseño pre-experimental de post-prueba.



Donde:

A: Es la muestra de control, el pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”.

E: Estímulo, representado por los distintos niveles de amenaza sísmica.

A’: Es la muestra experimental, post-estímulo.

### 1.2.5.3. VARIABLES

- **Dependiente**

El nivel de desempeño sísmico de la edificación ante un sismo máximo (5%/50 años- BSE-2E), un sismo de diseño (20%/50 años-BSE-1E) y un sismo de servicio (50%/50años).

- **Independiente**

La estructura de la institución educativa inicial N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”.

# CAPITULO II

## MARCO TEÓRICO

## 2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo busca dar un soporte conceptual ordenado, que logre justificar, apoyar e interpretar las hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación, así como proporcionar al lector una base teórica para la realización de una evaluación estructural, mediante la aplicación de un análisis estático no-lineal.

### 2.1. DEFINICIONES GENERALES

- **Análisis Estático No-Lineal:** Es un tipo de análisis estático incremental que considera las características no-lineales de los materiales que conforman los elementos de la estructura. Se basa en la aplicación de cargas laterales incrementales hasta alcanzar el estado límite de la edificación.
- **Carga monotónica:** Carga repetitiva aplicada en una ubicación determinada de un elemento estructural.
- **Daño sísmico:** El daño sísmico comprende el deterioro físico de los elementos estructurales y no estructurales de una edificación y podría relacionarse directamente al daño económico desencadenado por el coste de los gastos por reparación o reforzamiento de una estructura sometida a una excitación sísmicas.
- **Demanda sísmica:** corresponde a la intensidad de movimiento sísmico, en una ubicación determinada, asociada a cierta probabilidad de ser excedida en un periodo de retorno específico.
- **Cortante basal:** Es la carga lateral producida por el sismo en la base de la una estructura.
- **Curva bilineal:** Representación bilineal aproximada de la curva de capacidad.
- **Curva de capacidad:** Corresponde a un diagrama de fuerza-deformación de un punto de control de una edificación analizada. Esta muestra el comportamiento

global de una estructura a medida que se pierde rigidez por la aplicación de una carga lateral sísmica.

- **Curva de histéresis:** grafico que representa la historia y evolución del desplazamiento, rigidez, resistencia y el efecto de estrechamiento bajo la acción de una carga cíclica sobre un elemento estructural.
- **Desempeño sísmico:** corresponde a la respuesta y el comportamiento cualitativo de una estructura después que ha sido sometido a una acción sísmica.
- **Desplazamiento objetivo:** indica el máximo desplazamiento probable a ser alcanzado durante la aplicación del sismo de diseño.
- **Ductilidad:** capacidad de una estructura o elemento que consiste en desarrollar deformaciones inelásticas luego de sobrepasar el límite de elasticidad de sus materiales.
- **Efecto P-delta:** es un efecto de segundo orden que parte de la no-linealidad geométrica de una estructura. Se da origen a este efecto debido a las deformaciones laterales, las cuales, pueden generar momentos adicionales producidos por las excentricidades de las cargas verticales.
- **Estado de cedencia:** Estado en el que el acero de refuerzo de una sección de concreto armado ha alcanzado el esfuerzo de fluencia del acero. Cabe mencionar que el concreto en compresión de la sección puede o no haber alcanzado el agotamiento.
- **Estado de agotamiento:** Estado donde el concreto en compresión de una sección de concreto armado ha alcanzado el “ $f_c$ ” de diseño. Además, el acero en tensión ha alcanzado el esfuerzo de fluencia y el acero en compresión puede o no haber alcanzado la fluencia.

- **Estado de agrietamiento:** Estado en la que el concreto en compresión de una sección de concreto armado ha alcanzado el esfuerzo de agrietamiento del concreto.
- **Evaluación sísmica:** consiste en la aplicación de una metodología de análisis para determinar si una estructura esta correctamente construida y diseñada para resistir fuerzas sísmicas.
- Fisuras: rotura longitudinal superficial de un elemento que afecta únicamente al recubrimiento de una sección o parte de esta.
- **Linealidad del material:** es aquella donde la rigidez se mantiene constante, pero la fuerza está en función del desplazamiento. La relación entre fuerzas y deformaciones no cumple con la ley de Hooke generalizada.
- **No-linealidad geométrica:** corresponde a la característica donde la rigidez de un elemento no es constante y esta cambia en función a la deformación de dicho elemento.
- **Método de Pushover:** Consiste en una serie de análisis elásticos secuenciales sobre una estructura, la misma va perdiendo rigidez a medida que se va aumentando la carga lateral producida por el sismo. Esto con el fin de obtener la curva de capacidad o diagrama de capacidad fuerza-desplazamiento de toda la estructura.
- **Modelos constitutivos:** Gráfico de curvas esfuerzo-deformación que indican el comportamiento de los materiales en relación a la fuerza que es aplicada. Se consigue observar en ellos diferentes cualidades mecánicas de los materiales dentro del rango elástico e inelástico.

- **Niveles de desempeño:** Describe el estado de daño límite de una estructura. Es la condición que corresponde al daño físico de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación debido a la acción de una amenaza sísmica.
- **Objetivos de desempeño:** Corresponde a una expresión del grado de daño esperado de la estructura (nivel de desempeño) para un nivel de demanda sísmica. Se considera también el comportamiento de los elementos no estructurales.
- **Periodo de retorno:** indica un tiempo estimado de la probabilidad de que ocurra un evento sísmico de iguales características.
- **Probabilidad de ocurrencia:** Indica un valor en porcentaje en el que al menos un terremoto de ciertas características ocurrirá en un periodo de tiempo determinado.
- **Punto de desempeño:** Indica el máximo desplazamiento de una estructura, en un punto de control, para una demanda sísmica determinada.
- **Rotula plástica:** Corresponde a un dispositivo de disipación de energía que, debido a esfuerzos generados en un nudo, elemento estructural incurra en el rango inelástico de sus materiales permitiendo así rotación plástica.

### 2.1.1. TIPOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural utiliza diversas metodologías para poder llegar a su objetivo final, obtener la respuesta de una determinada estructura ante un estado específico de cargas, así tenemos los siguientes tipos de análisis:

#### 2.1.1.1. ANÁLISIS ESTÁTICO

Es el estudio de la respuesta estructural ante la acción de cargas estáticas. Podemos clasificarlo en los siguientes tipos de análisis:

- **Análisis Estático Lineal**

El análisis estático lineal consiste en la obtención de las respuestas estructurales considerando cargas estáticas, ante una estructura cuyas propiedades de materiales cumplen con la ley de Hooke, es decir que los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones.

- **Análisis Estático No-Lineal**

El análisis estático no-lineal tiene el mismo objetivo que el análisis estático lineal, solo que, a diferencia del anterior, considera la situación más cercana a la realidad, tomando en cuenta las características no-lineales de los materiales, y el comportamiento más real posible de la estructura en general.

#### 2.1.1.2. ANÁLISIS DINÁMICO

Es el estudio de la respuesta estructural ante la acción de cargas dinámicas. Podemos clasificarlo en los siguientes tipos de análisis:

- **Análisis Dinámico Lineal**

El análisis dinámico lineal consiste en la obtención de las respuestas estructurales considerando cargas dinámicas, ante una estructura cuyas propiedades de materiales cumplen con la ley de Hooke.

- **Análisis Dinámico No-Lineal**

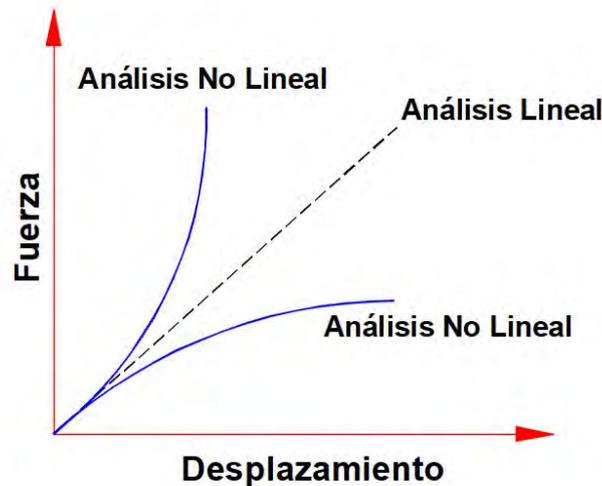
El análisis dinámico no-lineal es similar al análisis estático no-lineal, solo que este considera cargas dinámicas, pudiendo reflejar de manera más aproximada aún las solicitaciones de la estructura, y cuál sería su comportamiento más aproximado a la realidad.

## 2.2. ANÁLISIS NO-LINEAL

Una estructura se encuentra en el rango lineal o elástico si al aplicarle una fuerza, y luego retirársela, esta se deforma y regresa a su estado original, es decir cumple la Ley de Hooke. Por otro lado, una edificación cualquiera, suele estar sujeta a diversas sollicitaciones, como sismo o viento, cuyas repeticiones generan esfuerzos que en algunos casos causan deformaciones permanentes en la estructura, haciéndola incurrir en el rango no lineal. En la Figura 2-1, se puede apreciar la diferencia entre el comportamiento lineal y no lineal de una estructura cualquiera.

**Figura 2-1**

*Comportamiento No-Lineal de Estructuras, Gráfico Fuerza vs Desplazamiento*



Es importante considerar el límite de fluencia o límite elástico, ya que se debe entender que al sobrepasar este límite las propiedades del módulo de elasticidad y la rigidez de la edificación se deterioran progresivamente, plastificándose así el acero y dando lugar a la aparición de fisuras en el concreto, es así que se generan deformaciones plásticas en la estructura. Sobre pasado el módulo de elasticidad del concreto y del acero podemos

deducir, que no bastará considerar los parámetros normales en dichos materiales, si no por en cambio, se deberá asignar parámetros no-lineales de los mismos, y no solo eso, sino también habrá que asignar a las secciones de los elementos parámetros no-lineales, haciéndose esto por medio del diagrama “Momento Curvatura”, para finalmente, mediante la asignación de rótulas plásticas a una Longitud Plástica “ $L_p$ ” conseguir el diagrama de momento rotación, que representa el comportamiento no-lineal de los elementos.

Cabe mencionar también que el análisis no-lineal es aquel en el que se mantiene una relación no-lineal entre las fuerzas y los desplazamientos. Los efectos no-lineales pueden originarse desde la no-linealidad geométrica y la no-linealidad del material, estos dos efectos dan como resultado la obtención de una matriz de rigidez que no es constante durante la aplicación de la carga. (Femto engineers, 2018). Es por ello que a continuación se explican ambas:

## **2.2.1. TIPOS DE NO-LINEALIDAD**

### **2.2.1.1. NO-LINEALIDAD GEOMÉTRICA**

Es aquella en que la rigidez no es constante, y depende del desplazamiento. Es decir, los movimientos que se producen, no satisfacen la hipótesis de que son pequeños, y se entiende, que, si no lo son, producen variaciones significativas.

$$\mathbf{Q} = \mathbf{K}(\mathbf{q}) \mathbf{x} \mathbf{q} \dots (2.1)$$

### **2.2.1.2. NO-LINEALIDAD FÍSICA**

Es aquella en que la rigidez es constante, sin embargo, la fuerza es función del desplazamiento y su relación no es constante, es decir la relación entre tensiones y deformaciones no cumplen con la ley de Hooke generalizada.

$$\mathbf{Q}(\mathbf{q}) = \mathbf{K} \mathbf{x} \mathbf{q} \dots (2.2)$$

## **2.2.2. NO-LINEALIDAD DE MATERIALES, SECCIONES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

El análisis no-lineal de estructuras busca conocer el comportamiento de las mismas partiendo de la obtención de la curva de capacidad de la edificación, siendo esta una representación no-lineal de la estructura. En el proceso de generación de la mencionada, es necesario modelar, como se explicó en el apartado anterior, el comportamiento no-lineal de todos los componentes de la edificación, partiendo por los materiales, continuando por las secciones de los elementos, prosiguiendo así con los miembros de la estructura (Elementos viga, columnas, muros), para finalmente llegar al análisis de la Curva de Capacidad, que representa la respuesta de la estructura en su conjunto.

A continuación, se detallan las consideraciones e hipótesis matemáticas a considerarse para la asignación de la no-linealidad a materiales, secciones y elementos de concreto armado:

### **2.2.2.1. NO-LINEALIDAD DE LOS MATERIALES - MODELOS CONSTITUTIVOS**

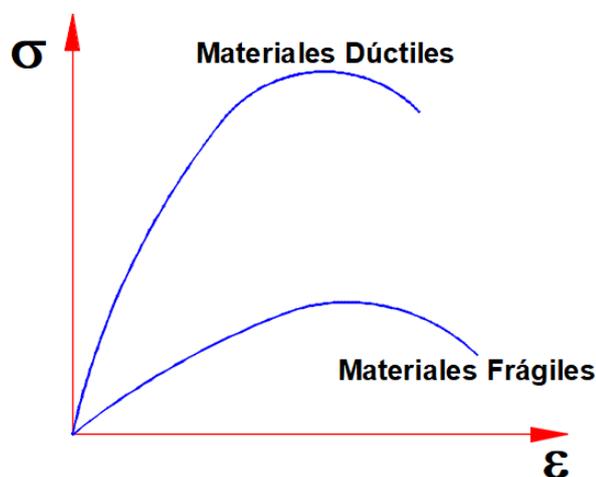
Bien sabemos que las edificaciones están compuestas por distintos materiales, mismos que son empleados debido a que han mostrado un adecuado comportamiento a los esfuerzos a los que estarán sometidos; el concreto y el acero, por ejemplo, que se emplean en conjunto aprovechando las propiedades mecánicas de ambos.

Para el análisis no-lineal, es de vital importancia conocer como variarían dichas propiedades de los materiales a lo largo de distintos estados, por lo que es necesario el conocer la curva de esfuerzo deformación de los materiales.

La curva de esfuerzo deformación describe las deformaciones unitarias en un espécimen sometido a diferentes niveles de esfuerzos. Existe una clara diferencia entre los diagramas correspondientes a materiales dúctiles y a materiales frágiles; debido a las grandes propiedades elásticas de los primeros, en la Figura 2-2 se puede apreciar la diferencia entre ambos.

**Figura 2-2**

*Curva esfuerzo- deformación para materiales dúctiles y frágiles*



En el presente apartado se detallarán los modelos a emplear en la presente investigación, con el fin de idealizar las curvas de esfuerzo deformación de los materiales que se emplearán en el modelo matemático.

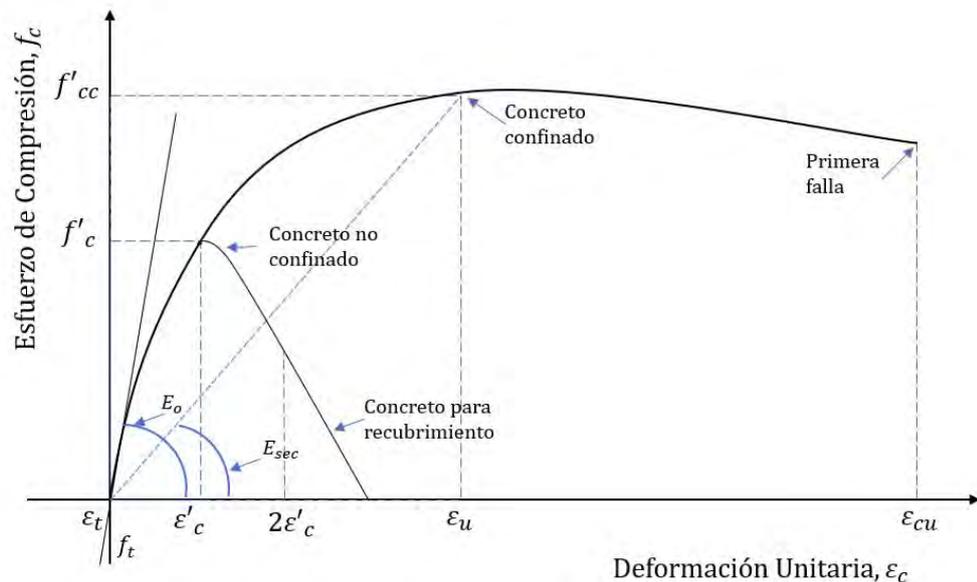
#### **2.2.2.1.1. MODELO DE MANDER**

Uno de los modelos más empleados para el concreto confinado es el Modelo de Mander, que se utiliza completamente en los miembros estructurales de las edificaciones.

En el modelo de Mander, se define una curva continua, y también se considera el efecto del confinamiento, de manera que este no solo incrementa la capacidad de deformación del concreto, si no, también la resistencia a compresión del mismo. El modelo esfuerzo-deformación para el concreto confinado y no confinado bajo carga monotónica se presenta en la Figura 2-3:

**Figura 2-3**

*Curva esfuerzo-deformación del concreto a compresión - Modelo de Mander*



Nota: Elaboración propia en base a la información dada por la Fig. 1 de la publicación “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, (Mander, M.J., & Park, 1988)

Donde esfuerzo longitudinal a compresión del hormigón ( $f_c$ ) para una velocidad lenta, cuasi-estática y carga monotónica está dada por:

$$f_c = \frac{f'_{cc} x^r}{r-1+x^r} \dots (2.3)$$

Y la deformación del esfuerzo máximo del concreto ( $f'_{cc}$ ) está dado por:

$$\varepsilon_{cc} = \left\{ 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) + 1 \right\} \varepsilon_{co} \dots (2.4)$$

Donde:

$f_{cc}$  = Resistencia máxima del concreto confinado

$f'_c$  = Resistencia máxima del concreto no confinado

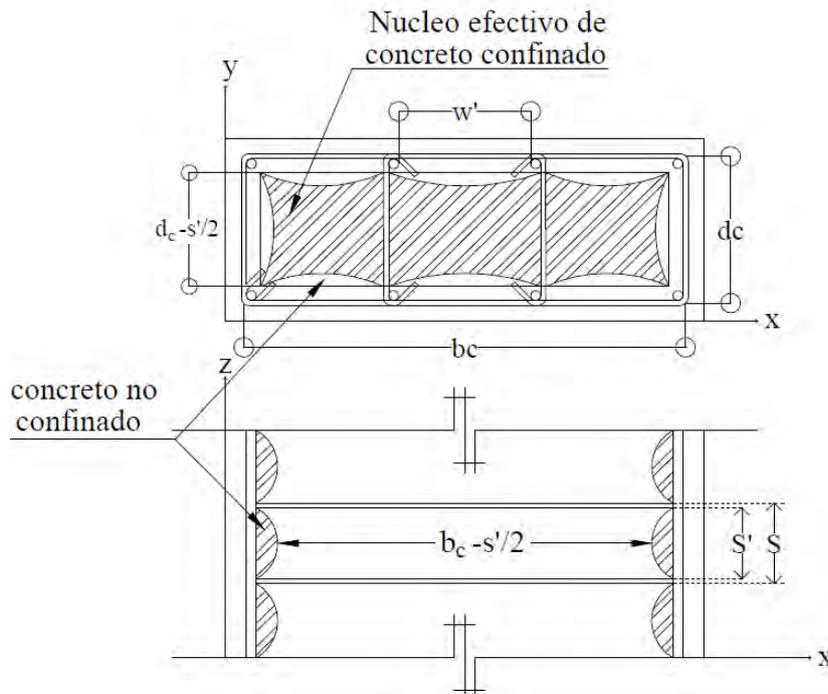
$\varepsilon_c$  = Deformación unitaria del concreto

$\varepsilon_{co}$  = Deformación asociada a la resistencia máxima del concreto  $f'_c$

Para la presente investigación se ha empleado el modelo de Mander, tanto para concretos confinados como no confinados, en la Figura 2-4 Se muestra el área de concreto confinada:

**Figura 2-4**

*Núcleo efectivo del concreto confinado*



Nota: Elaboración propia en base a la información dada por la Fig. 3 de la publicación “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, (Mander, M.J., & Park, 1988)

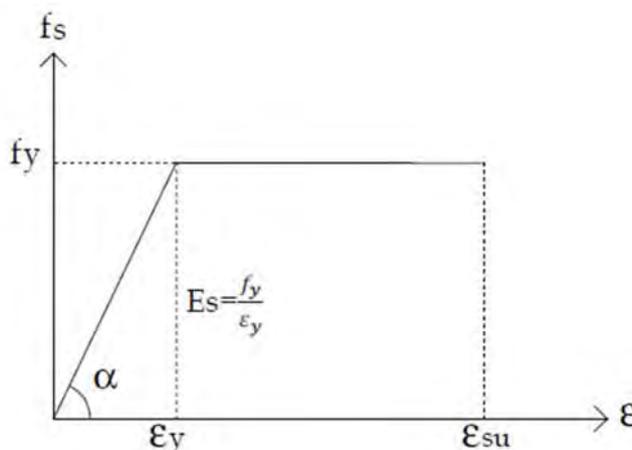
### 2.2.2.1.2. CURVA DE ESFUERZO-DEFORMACIÓN PARA EL ACERO DE REFUERZO – MODELO ELASTOPLÁSTICO PERFECTO:

El acero de refuerzo como ya se mencionó, es un material que posee gran resistencia a esfuerzos de tensión. Es común que, en la evaluación sísmica de estructuras, se emplee una aproximación de la curva de esfuerzo deformación de este material, empleándose para la presente investigación el modelo elastoplástico perfecto.

Este es el modelo más sencillo para representar el comportamiento del acero de refuerzo, y considera una curva bilineal, donde se ignora la resistencia superior de fluencia y el aumento en el esfuerzo debido al endurecimiento por deformación, tal y como se muestra en la Figura 2-5 . El empleo de este modelo no es el más real para la evaluación del desempeño sísmico de estructuras, debido a que no estima adecuadamente los esfuerzos del acero después de la fluencia, sin embargo será empleado para la presente investigación por ser una buena aproximación del comportamiento del mismo.

**Figura 2-5**

*Curva Esfuerzo- Deformación del Modelo Elastoplástico para Aceros en Tensión*



Nota: Elaboración propia en base a la información dada por la Fig. 2.25 de la publicación "Reinforced Concrete Structures", (Park & Paulay, 1975)

## 2.2.2.2. NO-LINEALIDAD DE LAS SECCIONES – DIAGRAMAS DE MOMENTO CURVATURA

### 2.2.2.2.1. INTRODUCCIÓN

En el diseño de elementos y estructuras de concreto armado, es importante obtener un comportamiento “dúctil”, en primer lugar, debido a la necesidad de evitar fallas frágiles en caso de que la estructura se vea sobrecargada, permitiéndole así, fluir sin fallar, es decir, dándole la capacidad a la estructura para soportar grandes deflexiones o deformaciones cerca de su capacidad máxima de carga.

#### Figura 2-6

*Comportamiento de las Secciones Dúctiles y Frágiles*



En la Figura 2-6, se puede apreciar el comportamiento de una viga bajo cargas que se incrementan hasta la falla. Se muestran dos posibilidades de comportamiento: un comportamiento del tipo frágil y uno del tipo dúctil. A pesar de que el comportamiento es el mismo para cargas de servicio, la estructura dúctil tiene una

mayor capacidad de absorber energía, permitiéndole esto incursionar en el rango inelástico sin colapsar.

La actual filosofía de diseño sismorresistente confía en las propiedades de absorción y disipación de energía de las estructuras (reducción de las fuerzas elásticas por ductilidad), para que estas puedan sobrevivir sin colapsar terremotos intensos. Es por ello que las características de disipación de energía, o de comportamiento inelástico de los elementos estructurales son de vital importancia. (Ottazzi, 2011).

En las secciones de concreto estas propiedades se pueden referir mediante la ductilidad de la estructura, la cual depende del área de acero colocado, las dimensiones del elemento, la calidad, el confinamiento del concreto y el tipo de sollicitación que domina el diseño del elemento. Una medida de la ductilidad es la denominada “ductilidad de desplazamiento”:

$$\mu = \frac{Du}{Dy} \dots (2.5)$$

Definida como el cociente entre el desplazamiento último de la estructura y el desplazamiento que corresponde al punto donde se inicia la fluencia en la estructura. La ductilidad de una sección, mantiene una relación estrecha con la construcción de diagramas “**Momento – Curvatura(M- $\phi$ )**”. ya que estos, ayudan a formarse una idea clara acerca de la capacidad de deformación y de incursión inelástica de un elemento o estructura, y además nos permiten conocer otra medida de la ductilidad, conocida como Ductilidad de Curvatura:

$$\mu_{\varphi} = \frac{\varphi_u}{\varphi_y} \dots (2.6)$$

Definida como la relación entre la curvatura correspondiente a la falla de la sección, es decir cuando el concreto alcanza su deformación de agotamiento, y la curvatura correspondiente a la primera fluencia del acero en tensión.

## **2.2.2.2.2. DIAGRAMAS DE MOMENTO CURVATURA DE LAS SECCIONES**

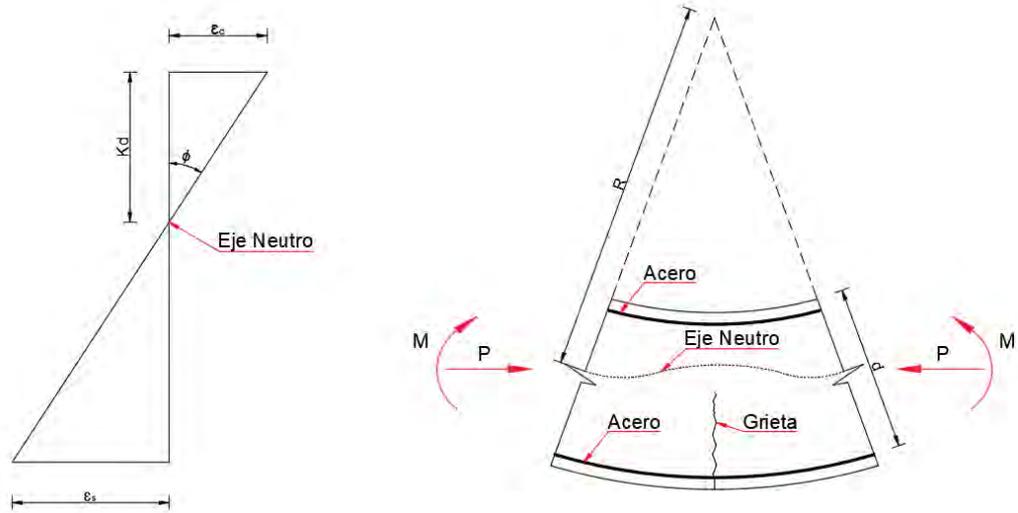
### **2.2.2.2.2.1. CURVATURA DE UN MIEMBRO**

En el estudio de secciones a flexión empleamos frecuentemente expresiones que están relacionadas al ángulo de curvatura de una sección, sin embargo, lo empleamos como ayuda para llegar a la fórmula del cálculo de esfuerzos a flexión de un miembro. En el presente acápite la curvatura cobra una mayor importancia, ya que la misma en compañía del momento flector que la origina, hace un recorrido que va avanzando de forma gradual a medida que el momento flector se va incrementando, pasando así por distintos estados, que tienen que ver con los cambios producidos en el miembro al pertenecen: agrietamiento, cedencia y agotamiento.

En la Figura 2-7, se muestra un elemento inicialmente recto de un miembro de concreto reforzado con momentos extremos y fuerzas axiales iguales “M” y “P” respectivamente. El radio de curvatura R es medido hasta el eje neutro, la profundidad del eje neutro kd, la deformación del concreto en la fibra más alejada a compresión  $\varepsilon_c$ , y la deformación de acero en tensión  $\varepsilon_s$ , varían a lo largo del miembro a medida que se produce el agrietamiento.

**Figura 2-7**

*Deformación de un miembro a flexión*

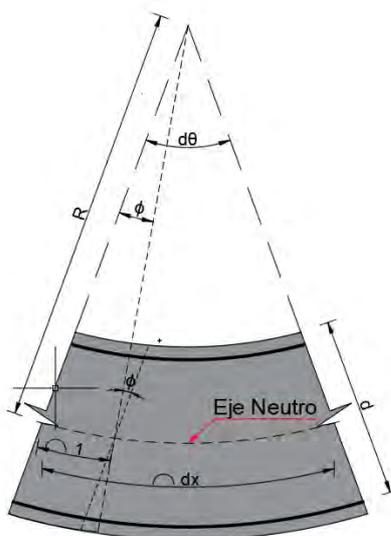


Tomando una porción unitaria de la figura anterior, tenemos que la curvatura quedará definida por la expresión:

$$\phi = \frac{1}{R} = \frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_s}{(d-c)} \quad (2.7)$$

**Figura 2-8**

*Curvatura de una sección*



Donde:  $1/R$  es la curvatura en el elemento, misma que es equivalente a la rotación por longitud unitaria del miembro al que pertenece la sección.

La curvatura varía físicamente a lo largo del miembro debido a la fluctuación de la profundidad del eje neutro y las deformaciones entre las grietas, es así que, conociendo el comportamiento de la curvatura, podemos llegar a tener una idea de cuál es el comportamiento del miembro en su conjunto, ver Figura 2-8. Debido a ello en las líneas siguientes, se procederá a definir cuál es el comportamiento que tendrá la curvatura acompañada del momento que la origina, para distintos estados en elementos a flexión simplemente reforzados, doblemente reforzados, y a flexo-compresión.

#### 2.2.2.2.2. SECCIONES A FLEXIÓN (VIGAS)

Para definir el comportamiento y la ductilidad de una sección de concreto sometida a flexión se hace necesario analizar la condición de agrietamiento, de cedencia y de agotamiento, esto en función de los momentos a los que se encuentra sometida, lo cual se representa mediante el ya mencionado “**Diagrama de Momento – Curvatura**”.

“Para lograr una adecuada ductilidad es fundamental controlar la cuantía de acero de refuerzo, tanto a tensión como a compresión”. (Bondarenko S. , Ductilidad de Miembros y Sistemas, 2018)

Para poder realizar la gráfica de momento curvatura de una sección, ya sea simple o doblemente reforzada, se deben tener en cuenta ciertas hipótesis generales:

- Las secciones permanecen planas antes y después de la flexión (Navier-Stoke)

- Se conoce el comportamiento del acero de refuerzo.
- Se conoce el comportamiento del concreto
- Se desprecia la resistencia a tensión del concreto

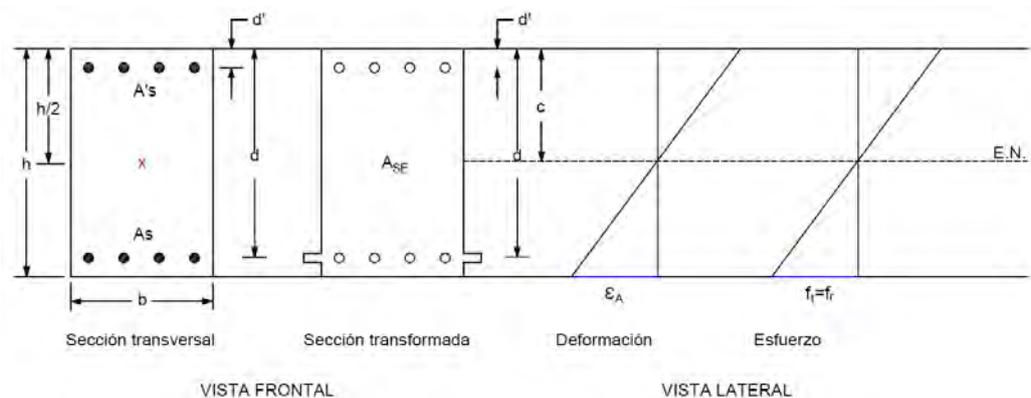
En la presente investigación, presentamos el comportamiento de las secciones de concreto doblemente armadas, por ser las secciones de los elementos propios de la edificación existente.

### 2.2.2.2.2.1. SECCIONES A FLEXIÓN DE CONCRETO DOBLEMENTE ARMADAS

#### - ESTADO DE AGRIETAMIENTO

**Figura 2-9**

*Estado de Agrietamiento de Secciones Doblemente Armadas*



Nota: Elaboración propia tomando como base la publicación Diagrama momento curvatura en Secciones a Flexión (Vigas), (Hernandez E. , Diagrama de Momento-Curvatura en Secciones a Flexión, 2017)

Partiendo de los datos mostrados en la Figura 2-9, se halla que, durante el Estado de Agrietamiento se obtienen los siguientes puntos correspondientes al diagrama momento curvatura:

\* *Momento de Agrietamiento:*

$$M_A = \frac{f_r I_{SE}}{(h-c)} \dots (2.8)$$

\* *Curvatura de Agrietamiento:*

$$\phi_A = \frac{\epsilon_a}{h-c} = \frac{f_r}{E_c(h-c)} \dots (2.9)$$

Donde se sabe que:

$I_{SE}$ : Inercia de la sección equivalente

$\epsilon_a$ : Deformación de Agrietamiento  $\epsilon_a = \frac{f_r}{E_c} \dots (2.10)$

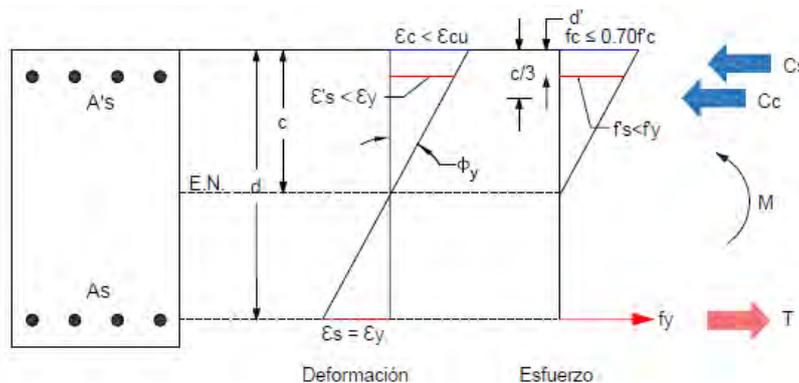
### - ESTADO DE CEDENCIA

En esta etapa, el acero de refuerzo a tensión se encuentra en cedencia, mientras que el concreto no ha alcanzado su agotamiento. En las secciones doblemente armadas, se pueden presentar tres casos fundamentales:

**Caso(a): El concreto se comporta de forma lineal y el acero a compresión no ha cedido.**

**Figura 2-10**

*Caso a – Estado de Cedencia Secciones Doblemente Armadas*



Nota: Elaboración propia tomando como base la publicación Diagrama momento curvatura en Secciones a Flexión (Vigas), (Hernandez E. , Diagrama de Momento-Curvatura en Secciones a Flexión, 2017)

Partiendo de los datos mostrados en la Figura 2-10, se halla que para el caso en el que el concreto se comporta de forma lineal y el acero a compresión no ha cedido, el momento y curvatura cedente de la sección serán:

\* *Momento de Cedencia*

$$M_y = C_c \left( d - \frac{c}{3} \right) + C_s (d - d') \dots (2.11)$$

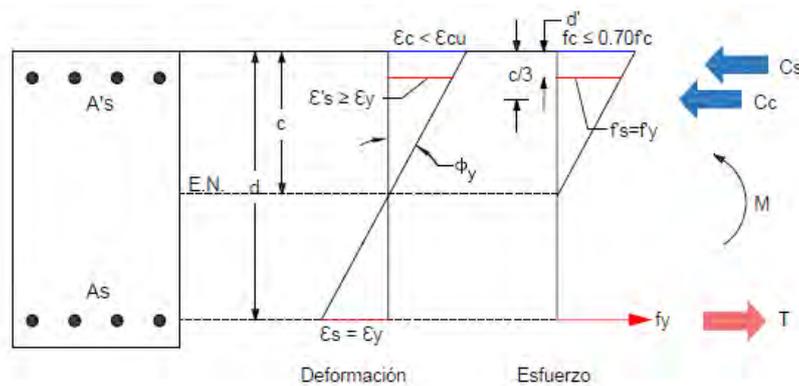
\* *Curvatura de Cedencia*

$$\phi_y = \frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_y}{d-c} \dots (2.12)$$

**Caso(b): El concreto se comporta de forma lineal y el acero a compresión ha cedido.**

**Figura 2-11**

*Caso b - Estado de Cedencia Secciones Doblemente Armadas*



Nota: Elaboración propia tomando como base la publicación Diagrama momento curvatura en Secciones a Flexión (Vigas), (Hernandez E. , Diagrama de Momento-Curvatura en Secciones a Flexión, 2017)

Partiendo de los datos mostrados en la Figura 2-11, se halla que para el caso en el que el concreto se comporte de forma lineal, y el acero haya cedido, se obtiene el momento y curvatura cedente de la sección mediante las expresiones:

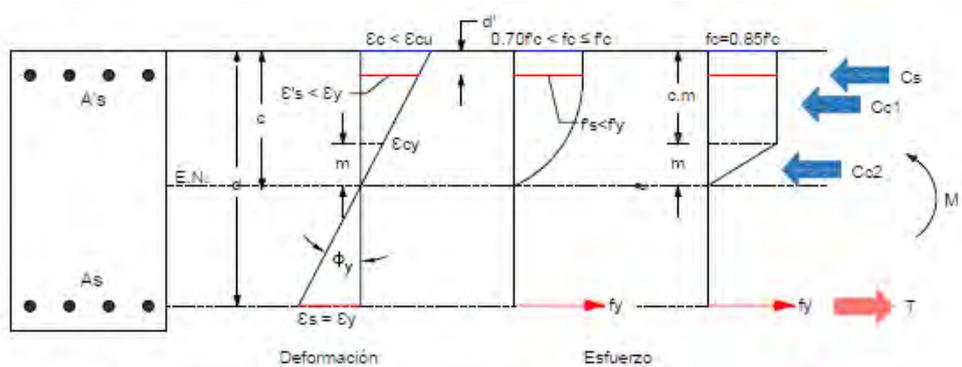
$$M_y = C_c \left( d - \frac{c}{3} \right) + C_s(d - d') \dots (2.13)$$

$$\phi_y = \frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_y}{d-c} \dots (2.14)$$

**Caso(c): El concreto se comporta no-lineal y el acero a compresión no ha cedido.**

**Figura 2-12**

*Caso c - Estado de Cedencia Secciones Doblemente Armadas*



Nota: Elaboración propia tomando como base la publicación Diagrama momento curvatura en Secciones a Flexión (Vigas), (Hernandez E. , Diagrama de Momento-Curvatura en Secciones a Flexión, 2017)

En caso el acero a compresión no haya cedido, ver Figura 2-12, y conocido el valor de “m”:

$$m = \frac{\epsilon_{cy}(d-c)}{\epsilon_y} \dots (2.15)$$

Se procede a calcular la curvatura y el momento de la sección se mediante las expresiones siguientes:

**\* Momento de Cedencia**

$$M_y = C_{c1} \left( d - \frac{c-m}{2} \right) + C_{c2} \left( d - c + \frac{2m}{3} \right) + C_s(d - d') \dots (2.16)$$

**\* Curvatura de Cedencia**

$$\phi_y = \frac{\epsilon_c}{c} = \frac{\epsilon_y}{d-c} \dots (2.17)$$

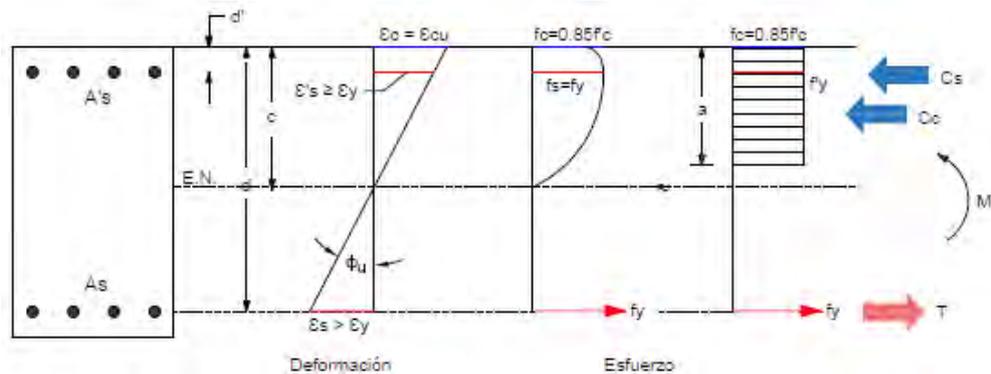
**- ESTADO DE AGOTAMIENTO**

En esta etapa, el concreto alcanza el agotamiento luego que el acero a tensión ya cedió. Por otro lado, pueden presentarse dos casos fundamentales con respecto al acero superior en compresión:

**Caso(a): El acero de refuerzo superior en compresión ya cedió.**

**Figura 2-13**

*Caso a – Estado de Agotamiento de Secciones doblemente Armadas*



Nota: Elaboración propia tomando como base la publicación Diagrama momento curvatura en Secciones a Flexión (Vigas), (Hernandez E. , Diagrama de Momento-Curvatura en Secciones a Flexión, 2017)

En esta etapa los esfuerzos del concreto se pueden representar mediante el bloque equivalente de Whitney, ver Figura 2-13. Luego, con el valor de “a” se obtiene la profundidad del eje neutro, pues:

$$a = \beta_1 c$$

Donde los valores de  $\beta_1$  se obtienen de la Tabla 2-1.

**Tabla 2-1:**

Valores de  $\beta_1$  para distintos niveles de resistencia a la compresión

| $f'_c$ MPa *           | $\beta_1$                          |
|------------------------|------------------------------------|
| $17 \leq f'_c \leq 28$ | 0.85                               |
| $28 \leq f'_c \leq 55$ | $0.85 - \frac{0.05(f'_c - 28)}{7}$ |
| $f'_c \geq 55$         | 0.65                               |

Nota: \* Dónde: 1 MPa = 10.197 kgf/cm<sup>2</sup>

Finalmente, ya conocido el valor de “a”, se obtiene el momento y curvatura última de la sección:

\* *Momento de Agotamiento*

$$M_u = C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \dots (2.18)$$

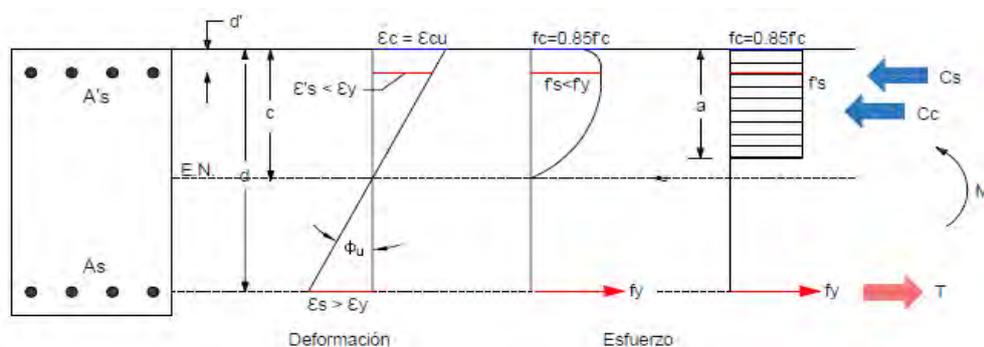
\* *Curvatura de Agotamiento*

$$\phi_u = \frac{\epsilon_{cu}}{c} \dots (2.19)$$

**Caso(b): El acero de refuerzo superior en compresión no ha cedido.**

**Figura 2-14**

*Caso b – Estado de Agotamiento de Secciones doblemente Armadas*



Nota: Elaboración propia tomando como base la publicación Diagrama momento curvatura en Secciones a Flexión (Vigas), (Hernandez E. , Diagrama de Momento-Curvatura en Secciones a Flexión, 2017)

En el caso b, y considerando las distribuciones de esfuerzos y deformaciones de acuerdo a la Figura 2-14 ,se procede a la obtención del valor del momento y curvatura de la sección, mediante las siguientes expresiones:

\* *Momento de Agotamiento*

$$M_u = C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \dots (2.20)$$

\* *Curvatura de Agotamiento*

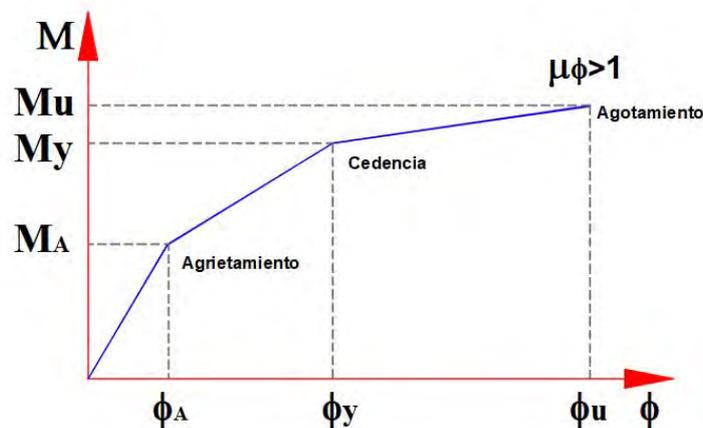
$$\phi_u = \frac{\epsilon_{cu}}{c} \dots (2.21)$$

#### 2.2.2.2.2.1. DUCTILIDAD DE CURVATURA

De los acápite tratados, se obtienen los puntos que conforman el diagrama “Momento Curvatura, el cual nos permite observar con claridad los puntos de agrietamiento, cedencia y agotamiento de una sección, pudiendo encontrar con los mencionados, un valor característico de la ductilidad, a continuación, se presenta una figura ilustrativa:

**Figura 2-15**

*Representación de un Diagrama Momento Curvatura de una Sección*



De la Figura 2-15, podemos encontrar el valor de la ductilidad de curvatura:

$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_y} \dots (2.22)$$

#### **2.2.2.2.2.1. SECCIONES A FLEXOCOMPRESIÓN**

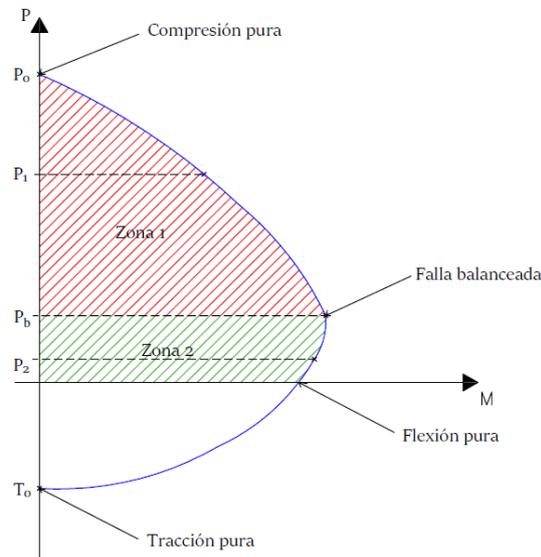
Para definir el comportamiento y la ductilidad de una sección de concreto sometida a flexo compresión se hace necesario analizar la condición de cedencia y la condición de agotamiento, en función de la carga axial, esto se consigue en función al diagrama de interacción **Carga Axial-Momento (P-M)** y al diagrama de **Carga Axial – Curvatura (P- $\phi$ )**.

##### **2.2.2.2.2.1.1. CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA DE INTERACCION**

Para la construcción del diagrama de Interacción de una columna, y el diagrama Carga Axial Curvatura, es importante tener en cuenta los cambios de comportamiento que presenta la columna estudiada, a continuación, tal y como se observa en la Figura 2-16, el diagrama de interacción de elementos a flexo compresión, presenta dos zonas, la primera donde se da la falla a compresión, y la segunda donde se da la falla a tensión, a continuación se explica lo referente y se hallan los parámetros a ser empleados en la construcción del diagrama momento-curvatura de elementos a flexo compresión.

**Figura 2-16**

*Zonas de un diagrama de Interacción - Carga Axial-Momento (P-M)*



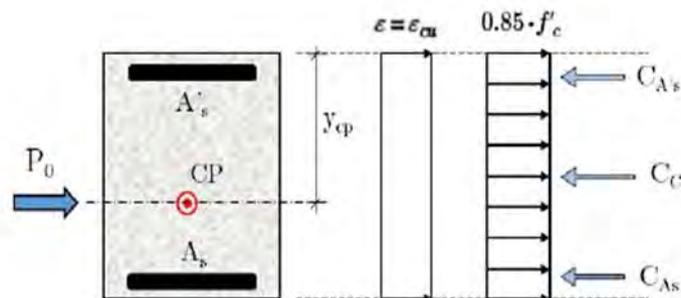
Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Sección es a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

### - COMPRESION PURA

En este punto el concreto y acero trabajan a compresion, cuyas resistencias maximas vienen dadas por  $0.85f'_c$  por el área de concreto y  $F_y$  por las areas de acero de refuerzo, ver Figura 2-17:

**Figura 2-17**

*Diagrama de Compatibilidad en una Sección a Compresión Pura*



Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

$$C_{A's} = A'_s F_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot (b \cdot h - A_s - A'_s)$$

$$C_{A_s} = A_s \cdot F_y \dots (2.23)$$

Conociendo los valores de las fuerzas que internienen en el modelo matemático, calculamos por equilibrio de fuerzas la fuerza Po:

$$P_0 = C_c + C_{A_s} + C_{A's}$$

$$P_0 = 0.85 \cdot f'_c \cdot (b \cdot h - A_s - A'_s) + A_s \cdot F_y + A'_s \cdot F_y \dots (2.24)$$

Teniendo el valor de la fuerza Po equivalente, podemos determinar la ubicación del Centro de Presión “ $y_{cp}$ ”, mediante el equilibrio de momentos:

$$M_0 = 0$$

Entonces:

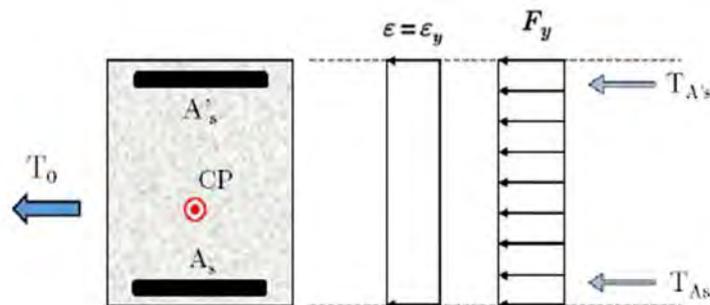
$$P_0 \cdot y_{cp} = C_c \cdot \left(\frac{h}{2}\right) + C_{A_s} \cdot d + C_{A's} \cdot d' \dots (2.25)$$

## - TRACCIÓN PURA

En este punto ambas capas de acero trabajan a la maxima tensión  $F_y$ , y se desprecia la capacidad del concreto a tensión, ver Figura 2-18:

**Figura 2-18**

*Diagrama de Compatibilidad en una Sección a tracción Pura*



Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

$$T_{A'_s} = A'_s \cdot F_y \dots (2.26)$$

$$T_{A_s} = A_s \cdot F_y \dots (2.27)$$

Conociendo los valores de las fuerzas que intervienen en el modelo matemático, calculamos la resultante de las fuerzas To:

$$T_0 = T_{A_s} + T_{A'_s} \rightarrow T_0 = A_s \cdot F_y + A'_s \cdot F_y \dots (2.28)$$

Y posteriormente calcular la Sumatoria de momentos:

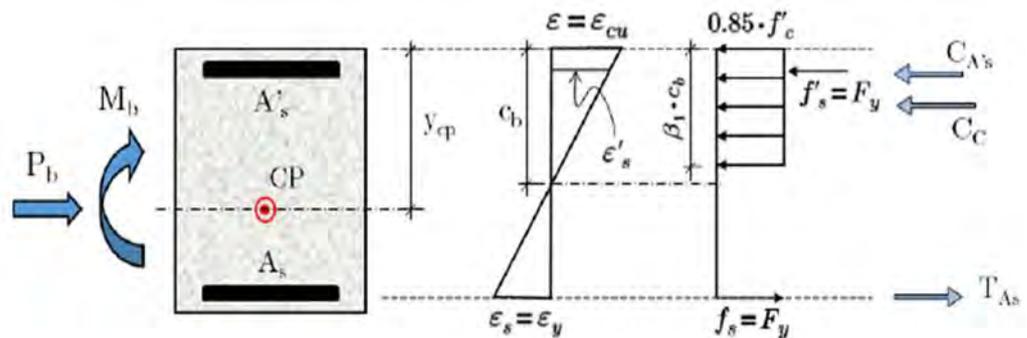
$$M_0 = 0$$

#### - FALLA BALANCEADA

Se presenta cuando el acero de refuerzo alcanza su tensión cedente  $F_y$ , y simultáneamente el concreto alcanza su deformación de agotamiento en la fibra extrema, ver Figura 2-19:

**Figura 2-19**

*Diagrama de Compatibilidad en una Sección Balanceada*



Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

En caso de una sección en falla falançada, una vez se ha determinado la profundidad del eje neutro, es posible obtener los valores de carga axial y momento de la siguiente manera:

Por equilibrio de fuerzas:

$$P_b = C_c + C_{A'_s} - T_{A_s}$$

$$P_b = 0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot C_b \cdot b + A'_s \cdot F_y - A_s \cdot F_y \dots (2.29)$$

Por sumatoria de momentos obtendremos la ubicación del Centro de Presión:

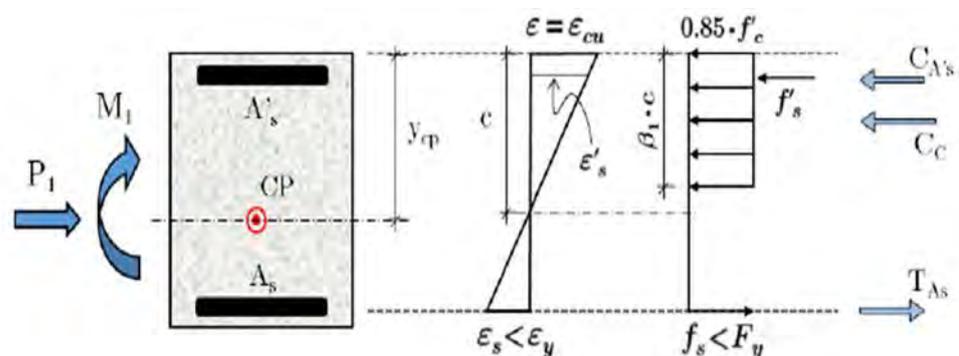
$$M_b = C_c \cdot \left( y_{cp} - \frac{\beta_1 \cdot C_b}{2} \right) + C_{A'_s} \cdot (y_{cp} - d') + T_{A_s} \cdot (d - y_{cp}) \dots (2.30)$$

#### - PUNTO EN ZONA 1 (FALLA EN COMPRESIÓN)

Conocido el valor de la carga axial  $P_1$ , y siendo mayor a  $P_b$  se puede establecer que la falla en la sección es por compresión, ver Figura 2-20:

**Figura 2-20**

*Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para una Falla en Compresión*



Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E., Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

El eje neutro en el punto en zona 1 de falla en compresión, está dado por la expresión:

$$(0.85 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot b) \cdot c^2 + (A'_s \cdot F_y + A_s \cdot E_s \cdot \varepsilon_{cu} - P_1) \cdot c - A_s \cdot E_s \cdot \varepsilon_{cu} \cdot d = 0 \quad \dots (2.31)$$

La cual se resuelve mediante la fórmula general:

$$c = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Una vez determinada esta profundidad del eje neutro, se consiguen los valores de deformaciones mediante las siguientes expresiones:

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_{cu} \cdot \frac{c-d'}{c} \quad \dots (2.32)$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cu} \cdot \frac{d-c}{c} \quad \dots (2.33)$$

Y realizamos la comprobación siguiente:

$$\varepsilon'_s > \varepsilon_y$$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y$$

Por sumatoria de momentos en CP, se determina:

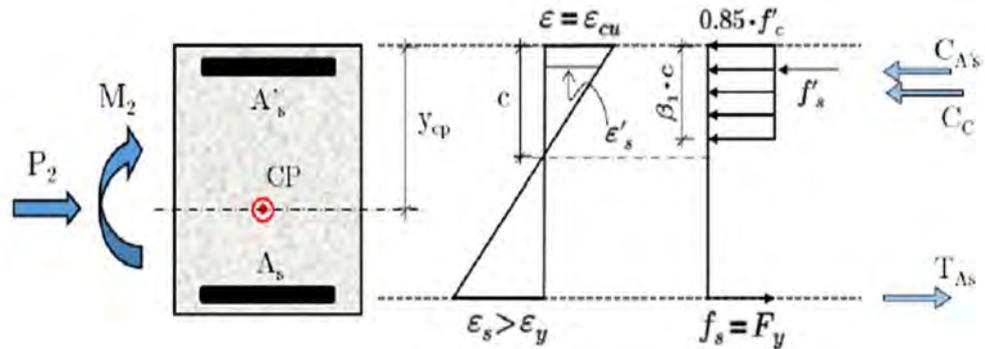
$$M_1 = C_c \cdot \left( y_{cp} - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) + C_{A'_s} \cdot (y_{cp} - d') + T_{A_s} \cdot (d - y_{cp}) \quad \dots (2.34)$$

## - PUNTO EN ZONA 2 (FALLA EN TENSIÓN)

Conocido el valor de la carga axial  $P_2$ , y siendo este menor a  $P_b$  se puede establecer que la falla en la sección es por tensión, ver Figura 2-21:

**Figura 2-21**

*Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para una Falla en Tensión*



Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

Al igual que en el caso anterior, se debe encontrar la profundidad del eje neutro, misma que viene dada por la expresión:

$$(0.85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (A'_s \cdot E_s \cdot \epsilon_{cu} - A_s \cdot F_y - P_2) \cdot c - A'_s \cdot E_s \cdot \epsilon_{cu} \cdot d' = 0 \dots (2.35)$$

La cual se resuelve mediante la fórmula general:

$$\rightarrow c = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Una vez encontrada la profundidad del eje neutro, se consiguen los valores de las deformaciones:

$$\epsilon'_s = \epsilon_{cu} \cdot \frac{c-d'}{c} \dots (2.36)$$

$$\epsilon_s = \epsilon_{cu} \cdot \frac{d-c}{c} \dots (2.37)$$

Se comprueba que:

$$\epsilon'_s < \epsilon_y$$

$$\varepsilon_s > \varepsilon_y$$

Y por sumatoria de momentos en CP, se determina:

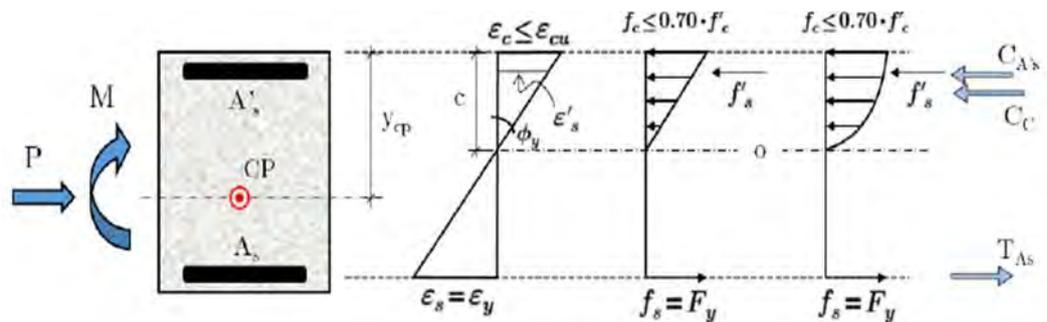
$$M_2 = C_c \cdot \left( y_{cp} - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) + C_{A'_s} \cdot (y_{cp} - d') + T_{A_s} \cdot (d - y_{cp}) \dots (2.38)$$

## - ESTADO DE CEDENCIA

Para una carga axial P actuando en una sección que falla por tensión, se puede determinar My para cuando el acero inferior entra en cedencia, ver Figura 2-22:

**Figura 2-22**

*Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para una Sección para el Estado de Cedencia*



Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

Teniendo en cuenta que:

$$C_{A'_s} = A'_s \cdot f'_s \dots (2.39)$$

$$C_c = \frac{f_c \cdot c \cdot b}{2} \dots (2.40)$$

$$T_{A_s} = A_s \cdot F_y \dots (2.41)$$

Se calcula la profundidad del Eje Neutro mediante la expresión:

$$(E_c \cdot b \cdot \varepsilon_y) \cdot c^2 + (A'_s \cdot E_s \cdot \varepsilon_y + P + A_s \cdot F_y) \cdot c - (A'_s \cdot E_s \cdot \varepsilon_y \cdot d' + P \cdot d + A_s \cdot F_y \cdot d) = 0 \dots (2.42)$$

Resolviendo la ecuación cuadrática, mediante la fórmula general:

$$c = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

Encontrada dicha profundidades se calculan los valores correspondientes a las deformaciones.

$$\varepsilon_c = \frac{\varepsilon_y \cdot c}{d - c} \qquad \varepsilon'_s = \frac{\varepsilon_y \cdot c}{d - c}$$

Ya conocidos los valores de las deformaciones, se debe comprobar que:

$$\varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$$

Y finalmente, por sumatoria de momentos en CP, se determina:

$$M_y = C_c \cdot \left( y_{cp} - \frac{\beta_1 \cdot c}{2} \right) + C_{A'_s} \cdot (y_{cp} - d') + T_{A_s} \cdot (d - y_{cp}) \dots (2.43)$$

#### 2.2.2.2.1.2. DIAGRAMA FUERZA AXIAL CURVATURA

Para cada punto del diagrama de interacción se puede determinar la curvatura de la sección, en función de la profundidad del eje neutro, esto, mediante la siguiente ecuación:

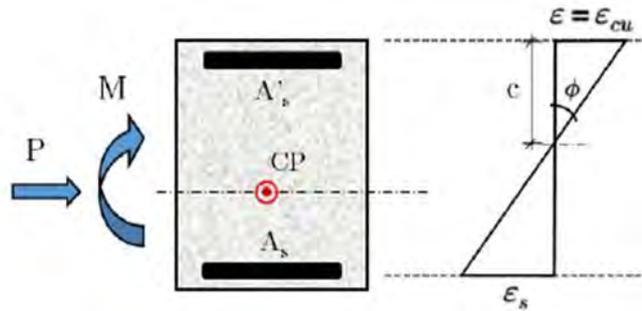
$$\phi = \frac{\varepsilon_{cu}}{c}$$

Cabe recalcar que, para compresión y tensión pura, las curvaturas tienen un valor de cero:

$$\phi_c = 0 \qquad \phi_T = 0$$

**Figura 2-23**

*Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones – Falla Balanceada*



Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

De la Figura 2-23, para la falla balanceada:

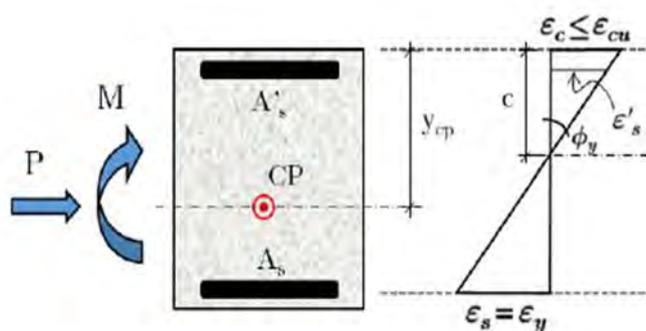
$$c = c_b \quad \phi_b = \frac{\epsilon_{cu}}{c_b}$$

Por otro lado, para determinar la curvatura de la sección cuando el acero entra en cedencia, ver Figura 2-24, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$\phi_y = \frac{\epsilon_c}{c} \quad \dots (2.44)$$

**Figura 2-24**

*Diagrama de Compatibilidad de Deformaciones para la Determinación de la Curvatura de una Sección en el Estado de Cedencia del Acero*

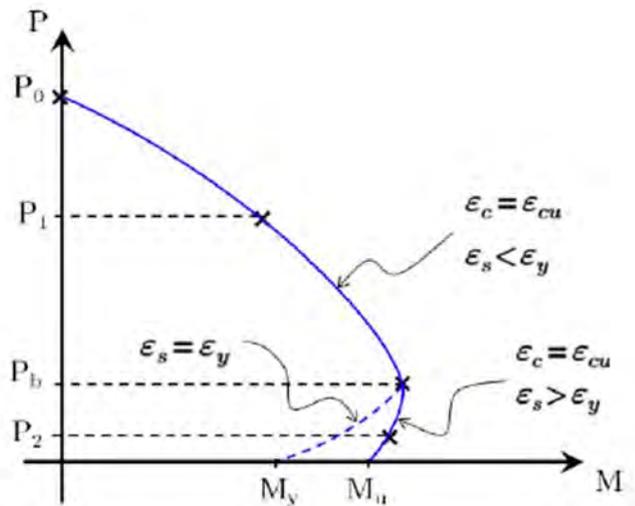


Nota: Tomado de la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

A continuación se retratan el diagrama de iteración (Figura 2-25) y el diagrama de carga axial curvatura(Figura 2-26) de manera esquemática:

**Figura 2-25**

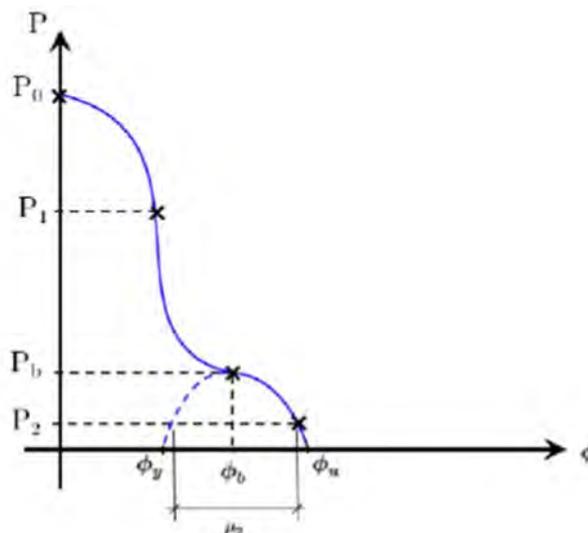
*Diagrama De Interacción P-M y de Curvatura*



Nota: Elaboración propia en base a la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

**Figura 2-26**

*Diagrama Carga Axial - Curvatura*



Nota: Elaboración Propia en base a la publicación diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo compresión (Hernandez E. , Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión, 2017)

### 2.2.2.3. NO-LINEALIDAD DE MIEMBROS O ELEMENTOS – DIAGRAMAS DE MOMENTO ROTACIÓN

Conociendo el comportamiento de la curvatura, podemos llegar a tener una idea de cuál es el comportamiento un miembro en su conjunto. En la Figura 2-27, se puede observar que existe una relación estrecha entre Curvatura y Rotación:

$$\phi = \frac{1}{R} \quad d\theta = \frac{dx}{R}$$

De las ecuaciones mencionadas, se puede expresar que:

$$d\theta = \phi dx \quad \dots (2.45)$$

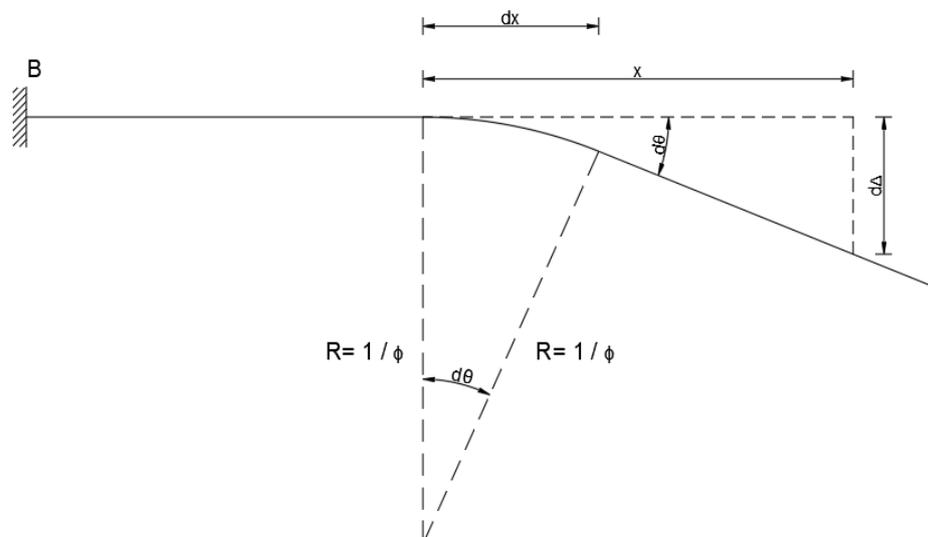
Donde, integrando a ambos lados de la igualdad obtenemos:

$$\theta = \int \phi dx \quad \dots (2.46)$$

Es así que, se puede obtener la rotación de un elemento, integrando las curvaturas a lo largo del mismo.

**Figura 2-27**

*Deformación por Rotación en un Elemento Estructural*

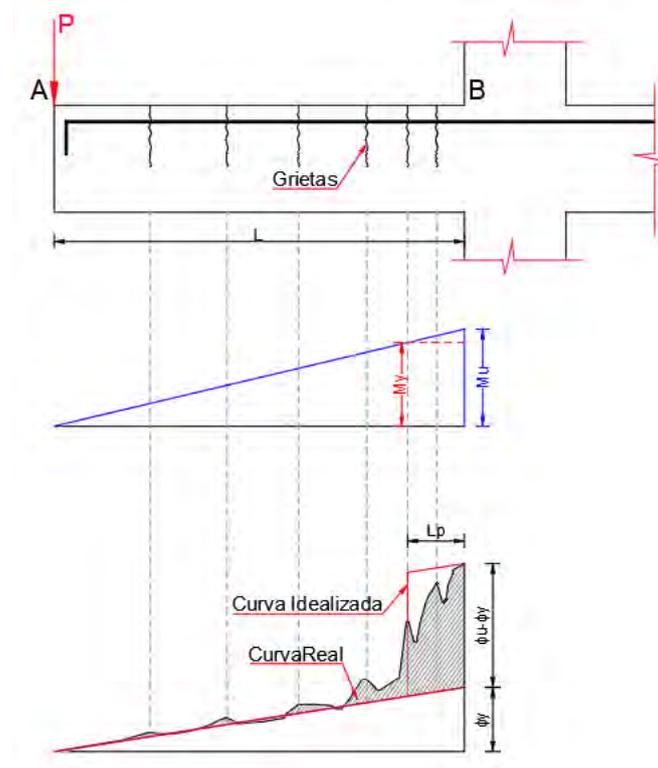


Nota: Elaboración propia en base a publicación "Deformación máxima y ductilidad de miembros sometidos a flexión" (Hernandez E. , Deformación Máxima y Ductilidad de Miembros Sometidos a Flexión, 2017)

Sin embargo, esto no es tan simple dado que mientras se van formando agrietamientos en los miembros varía la ubicación del eje neutro y por ende la curvatura de la sección, que provocará consigo una variación en la rotación del elemento. Para hallar expresiones que sirvan de ayuda para conocer la rotación del elemento en cada punto de su longitud consideremos una viga en voladizo, la cual deforma a flexión debido a una carga puntual “P” en su extremo:

**Figura 2-28**

*Curvaturas por Longitud - Viga en Voladizo*



Nota: Elaboración propia en base a publicación "Deformación máxima y ductilidad de miembros sometidos a flexión" (Hernandez E. , Deformación Máxima y Ductilidad de Miembros Sometidos a Flexión, 2017)

Se puede observar que el momento último “Mu” estará justo en el extremo del elemento, sin embargo, el momento cedente “My” se presenta antes, a una distancia

que denominaremos Longitud Plástica “Lp”, que se extiende en la región de curva inelástica donde el momento actuante de la sección es superior al cedente. En el tercer gráfico de la figura 2-28, podemos ver como las regiones donde se presentan grietas, aumenta la curvatura de la sección, debido a la pérdida de rigidez. “El área sombreada representa la rotación inelástica que puede ocurrir en la articulación plástica, en la cercanía de la sección crítica”. (Hernandez E. , Deformación Máxima y Ductilidad de Miembros Sometidos a Flexión, 2017)

Es así que podemos idealizar el área sombreada en dos figuras simplificadas, un triángulo de base L y altura  $\phi_y$  y un rectángulo equivalente de longitud “Lp” y altura  $\phi_u - \phi_y$ , tal y como se muestran en la tercera imagen de la figura 2-28. Es así como tomaremos el triángulo como el gráfico de la curvatura en condición elástica y al rectángulo al referido en condición plástica. Teniendo en claro estos conceptos, aplicando la ecuación  $\theta = \int \phi dx \dots (2.46)$ , se deduce que la rotación elástica del miembro o elemento estructural estará dada por la ecuación siguiente:

$$\theta_e = \int_A^B \phi_e dx \dots (2.47)$$

Misma que empleando la ecuación de pendiente de una recta, también puede expresarse de la siguiente manera:

$$\theta_e = \int_A^B \phi_y \left(\frac{x}{L}\right) dx \dots (2.48)$$

Es así que se puede obtener la rotación cedente de un elemento o miembro estructural, el cual vendría a representar el primer punto a ubicar, después del origen en el diagrama momento rotación, quedando así pendiente la ubicación del punto que corresponde a la rotación última. Para el cálculo de la rotación última, de acuerdo a la figura 2-28, podemos observar que podrá calcularse mediante la fórmula:

$$\theta_u = \theta_e + \theta_p$$

Donde el valor de la rotación plástica estará dado por el área del rectángulo:

$$\theta_p = (\phi_u - \phi_y) l_p$$

Por lo tanto, la rotación última del elemento será:

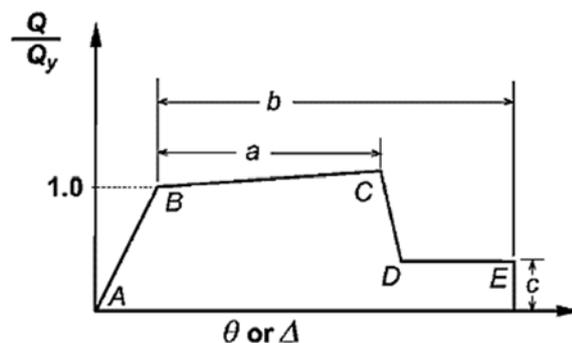
$$\theta_u = \theta_e = \int_A^B \phi_y \left(\frac{x}{L}\right) dx + (\phi_u - \phi_y) l_p$$

$$\theta_u = \theta_e = \phi_y \frac{L}{2} + (\phi_u - \phi_y) l_p \quad \dots (2.49)$$

Todo lo expuesto, constituye el cálculo tradicional para diagramas de momento rotación, sin embargo, con fines prácticos, las normas han decidido incluir en términos prácticos, criterios para construir gráficos de momento- rotación, estándar, y así poder realizar controles y verificaciones correspondientes a los objetivos de desempeño. La norma ASCE 41-13, empleada en la presente investigación, trabaja con un gráfico de rotaciones en base a fuerzas relativas, mismo que es construido con los valores de distancia “a”, “b” y “c”, mismos que se encuentran en las Tablas 10-7 y 10-8 de la normativa en mención.

**Figura 2-29**

*Relaciones de Fuerza-Deformación*



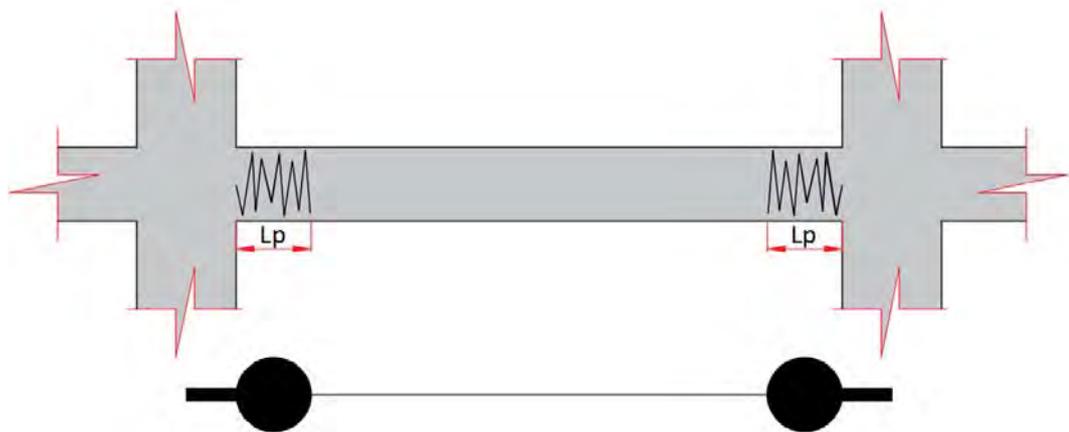
Nota: Tomado de la norma Norma ASCE 41-13 (American Society of Civil Engineers, 2014)

En la Figura 2-29, podemos observar que B representa el punto de cedencia, C el punto último, y E el punto donde la edificación ha llegado al colapso.

Es importante recalcar que los diagramas de momento – rotación mencionados son asignados a las mencionadas rótulas plásticas, mismas que se ubican a una longitud plástica “ $L_p$ ” de los encuentros viga – columna, tal y como se observa en la Figura 2-30:

**Figura 2-30**

*Longitud Plástica y Ubicación de Rótula Plástica*



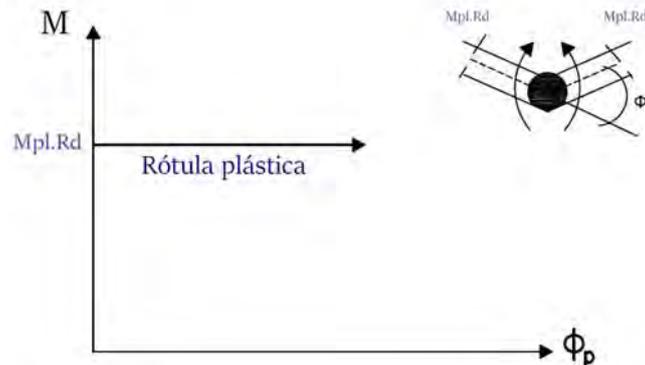
### 2.2.2.3.1. RÓTULA PLÁSTICA

Una estructura, al ser sometida a una fuerza sísmica de gran magnitud, generalmente responde de forma no-lineal. Esto debido a que los materiales, al exceder su capacidad resistente, entran en estado de agrietamiento, cedencia o agotamiento. Es así que surge el concepto de Rótula Plástica, siendo esta un dispositivo de amortiguamiento de energía, donde se concentra la deformación plástica de una sección, es decir, es una zona de cedencia, cuya formación se inicia en una sección de un miembro estructural cuando en esta se excede el momento de cedencia de la

sección, y, por lo tanto, se obtienen altos niveles de deformación, sin un notable incremento de carga.

**Figura 2-31**

*Formación de Rótula Plástica*



En la Figura 2-31, podemos observar que la rótula se inicia una vez se alcance el estado de cedencia, es decir se exceda el momento de fluencia. La obtención de resultados precisos en un análisis estático no-lineal requiere de una adecuada modelización de las rótulas plásticas, para esto se deben asumir hipótesis de análisis, considerando modelos constitutivos adecuados para los materiales, a fin de reflejar en lo posible de manera más cercana el correcto comportamiento de la estructura, de esto y de la correcta ubicación de las rótulas, dependerá la aproximación a la realidad del modelo en análisis.

Las rótulas plásticas se ubican en los posibles puntos de falla, es decir, para el caso de las vigas, deben ubicarse en los puntos más cercanos a las caras de las columnas, y en caso de las columnas, en los puntos más cercanos al fondo de las vigas.

Para la realización de un análisis no-lineal, es necesario definir la forma y comportamiento de las rótulas plásticas, ya que en función de estas es que se irá degradando progresivamente la rigidez de las secciones y de la estructura en general.

Para la definición de estas rótulas, se han establecido diversos parámetros, de acuerdo a las normativas actuales, estas explican distintos estados en su formación, proporcionando así rangos de control, mismos que coinciden con los dados por los objetivos de desempeño del análisis, es así que, para la definición de rótulas plásticas mediante software, pueden emplearse tablas diseñadas por las normativas para elementos tales como vigas, columnas y/o muros de concreto armado. En la presente investigación, se empleará la tablas 10-7 para los elementos viga (Tabla 2-2) y 10-8 para los elementos columna (Tabla 2-3), esto de acuerdo a lo establecido en el código ASCE 41-13.

**Tabla 2-2:**

*Parámetros de modelamiento y criterios numéricos de aceptación para procedimientos no-lineales – En Vigas de Concreto Reforzado*

| Conditions  | Modeling Parameters <sup>a</sup>      |  |                         | Acceptance Criteria <sup>a</sup>  |     |        |       |       |
|---|---------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------------|-----|--------|-------|-------|
|   | Plastic Rotations Angle (radians)     |  | Residual Strength Ratio | Plastic Rotations Angle (radians) |     |        |       |       |
|   | a                                     | b  |                         | Performance Level                 |     |        |       |       |
|   |                                       |  |                         | IO                                | LS  | CP     |       |       |
| Condition i. Beams controlled by flexure <sup>b</sup>   |                                       |  |                         |                                   |     |        |       |       |
| $\rho - \rho'$  | Transverse reinforcement <sup>c</sup> | $\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$ <sup>d</sup> |                         |                                   |     |        |       |       |
| $\leq 0.0$  | C                                     | $\leq 3$ (0.25)                            | 0.025                   | 0.05                              | 0.2 | 0.010  | 0.025 | 0.05  |
| $\leq 0.0$  | C                                     | $\geq 6$ (0.5)                             | 0.02                    | 0.04                              | 0.2 | 0.005  | 0.02  | 0.04  |
| $\geq 0.5$  | C                                     | $\leq 3$ (0.25)                            | 0.02                    | 0.03                              | 0.2 | 0.005  | 0.02  | 0.03  |
| $\geq 0.5$  | C                                     | $\geq 6$ (0.5)                             | 0.015                   | 0.02                              | 0.2 | 0.005  | 0.015 | 0.02  |
| $\leq 0.0$  | NC                                    | $\leq 3$ (0.25)                            | 0.02                    | 0.03                              | 0.2 | 0.005  | 0.02  | 0.03  |
| $\leq 0.0$  | NC                                    | $\geq 6$ (0.5)                             | 0.01                    | 0.015                             | 0.2 | 0.0015 | 0.01  | 0.015 |
| $\geq 0.5$  | NC                                    | $\leq 3$ (0.25)                            | 0.01                    | 0.015                             | 0.2 | 0.005  | 0.01  | 0.015 |
| $\geq 0.5$  | NC                                    | $\geq 6$ (0.5)                             | 0.005                   | 0.01                              | 0.2 | 0.0015 | 0.005 | 0.01  |
| Condition ii. Beams controlled by shear <sup>b</sup>  |                                       |  |                         |                                   |     |        |       |       |
| Stirrup spacing $\leq d/2$  |                                       |  | 0.0030                  | 0.02                              | 0.2 | 0.0015 | 0.01  | 0.02  |
| Stirrup spacing $> d/2$   |                                       |  | 0.0030                  | 0.01                              | 0.2 | 0.0015 | 0.005 | 0.01  |
| Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span <sup>b</sup> |                                       |  |                         |                                   |     |        |       |       |
| Stirrup spacing $\leq d/2$  |                                       |  | 0.0030                  | 0.02                              | 0.0 | 0.0015 | 0.01  | 0.02  |
| Stirrup spacing $> d/2$   |                                       |  | 0.0030                  | 0.01                              | 0.0 | 0.0015 | 0.005 | 0.01  |
| Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint <sup>b</sup>        |                                       |  |                         |                                   |     |        |       |       |
|   |                                       |  | 0.015                   | 0.03                              | 0.2 | 0.01   | 0.02  | 0.03  |

NOTE:  $f'_c$  in lb/in.<sup>2</sup> (MPa) units.

<sup>a</sup>Values between those listed in the table should be determined by linear interpolation.

<sup>b</sup>Where more than one of conditions i, ii, iii, and iv occur for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.

<sup>c</sup>“C” and “NC” are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement, respectively. Transverse reinforcement is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at  $\leq d/3$ , and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops ( $V_h$ ) is at least 3/4 of the design shear. Otherwise, the transverse reinforcement is considered nonconforming.

<sup>d</sup> $V$  is the design shear force from NSP or NDP.

*Nota: Tomado de la Tabla 10-7 de la Norma ASCE 41-13 (American Society of Civil Engineers, 2014)*

**Tabla 2-3:**

*Parámetros de modelamiento y criterios numéricos de aceptación para procedimientos no-lineales – En Columnas de Concreto Reforzado*

| Conditions   | Modeling Parameters <sup>a</sup>  |                               |       | Acceptance Criteria <sup>a</sup>  |     |                   |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------|-----------------------------------|-----|-------------------|
|  | Plastic Rotations Angle (radians) | Residual Strength Ratio       | c     | Plastic Rotations Angle (radians) |     |                   |
|  |                                   |                               |       | IO                                | LS  | CP                |
| <b>Condition i.<sup>b</sup></b>  |                                   |                               |       |                                   |     |                   |
| $\frac{P}{A_g f'_c}$   | $\rho = \frac{A_s}{b_w s}$        |                               |       |                                   |     |                   |
| $\leq 0.1$   | $\geq 0.006$                      |                               | 0.035 | 0.060                             | 0.2 | 0.005 0.045 0.060 |
| $\geq 0.6$   | $\geq 0.006$                      |                               | 0.010 | 0.010                             | 0.0 | 0.003 0.009 0.010 |
| $\leq 0.1$   | $= 0.002$                         |                               | 0.027 | 0.034                             | 0.2 | 0.005 0.027 0.034 |
| $\geq 0.6$   | $= 0.002$                         |                               | 0.005 | 0.005                             | 0.0 | 0.002 0.004 0.005 |
| <b>Condition ii.<sup>b</sup></b>   |                                   |                               |       |                                   |     |                   |
| $\frac{P}{A_g f'_c}$   | $\rho = \frac{A_s}{b_w s}$        | $\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$ |       |                                   |     |                   |
| $\leq 0.1$   | $\geq 0.006$                      | $\leq 3 (0.25)$               | 0.032 | 0.060                             | 0.2 | 0.005 0.045 0.060 |
| $\leq 0.1$   | $\geq 0.006$                      | $\geq 6 (0.5)$                | 0.025 | 0.060                             | 0.2 | 0.005 0.045 0.060 |
| $\geq 0.6$   | $\geq 0.006$                      | $\leq 3 (0.25)$               | 0.010 | 0.010                             | 0.0 | 0.003 0.009 0.010 |
| $\geq 0.6$   | $\geq 0.006$                      | $\geq 6 (0.5)$                | 0.008 | 0.008                             | 0.0 | 0.003 0.007 0.008 |
| $\leq 0.1$   | $\leq 0.0005$                     | $\leq 3 (0.25)$               | 0.012 | 0.012                             | 0.2 | 0.005 0.010 0.012 |
| $\leq 0.1$   | $\leq 0.0005$                     | $\geq 6 (0.5)$                | 0.006 | 0.006                             | 0.2 | 0.004 0.005 0.006 |
| $\geq 0.6$   | $\leq 0.0005$                     | $\leq 3 (0.25)$               | 0.004 | 0.004                             | 0.0 | 0.002 0.003 0.004 |
| $\geq 0.6$   | $\leq 0.0005$                     | $\geq 6 (0.5)$                | 0.0   | 0.0                               | 0.0 | 0.0 0.0 0.0       |
| <b>Condition iii.<sup>b</sup></b>  |                                   |                               |       |                                   |     |                   |
| $\frac{P}{A_g f'_c}$   | $\rho = \frac{A_s}{b_w s}$        |                               |       |                                   |     |                   |
| $\leq 0.1$   | $\geq 0.006$                      |                               | 0.0   | 0.060                             | 0.0 | 0.0 0.045 0.060   |
| $\geq 0.6$   | $\geq 0.006$                      |                               | 0.0   | 0.008                             | 0.0 | 0.0 0.007 0.008   |
| $\leq 0.1$   | $\leq 0.0005$                     |                               | 0.0   | 0.006                             | 0.0 | 0.0 0.005 0.006   |
| $\geq 0.6$   | $\leq 0.0005$                     |                               | 0.0   | 0.0                               | 0.0 | 0.0 0.0 0.0       |
| <b>Condition iv. Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height<sup>b</sup></b> |                                   |                               |       |                                   |     |                   |
| $\frac{P}{A_g f'_c}$   | $\rho = \frac{A_s}{b_w s}$        |                               |       |                                   |     |                   |
| $\leq 0.1$   | $\geq 0.006$                      |                               | 0.0   | 0.060                             | 0.4 | 0.0 0.045 0.060   |
| $\geq 0.6$   | $\geq 0.006$                      |                               | 0.0   | 0.008                             | 0.4 | 0.0 0.007 0.008   |
| $\leq 0.1$   | $\leq 0.0005$                     |                               | 0.0   | 0.006                             | 0.2 | 0.0 0.005 0.006   |
| $\geq 0.6$   | $\leq 0.0005$                     |                               | 0.0   | 0.0                               | 0.0 | 0.0 0.0 0.0       |

NOTE:  $f'_c$  is in lb/in.<sup>2</sup> (MPa) units.

<sup>a</sup>Values between those listed in the table should be determined by linear interpolation.

<sup>b</sup>Refer to Section 10.4.2.2.2 for definition of conditions i, ii, and iii. Columns are considered to be controlled by inadequate development or splices where the calculated steel stress at the splice exceeds the steel stress specified by Eq. (10-2). Where more than one of conditions i, ii, iii, and iv occurs for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.

<sup>c</sup>Where  $P > 0.7A_s f'_c$ , the plastic rotation angles should be taken as zero for all performance levels unless the column has transverse reinforcement consisting of hoops with 135-degree hooks spaced at  $\leq d/3$  and the strength provided by the hoops ( $V_c$ ) is at least 3/4 of the design shear. Axial load  $P$  should be based on the maximum expected axial loads caused by gravity and earthquake loads.

<sup>d</sup> $V$  is the design shear force from NSP or NDP.

*Nota: Tomado de la Tabla 10-8 de la Norma ASCE 41-13 (American Society of Civil Engineers, 2014)*

### 2.2.2.3.2. LONGITUD PLÁSTICA

Como se mencionó en el apartado previo, la longitud plástica es la distancia entre el punto donde se presenta el momento cedente y el momento último, sin embargo el calcular esta longitud por cada miembro parte de la estructura en análisis resulta una

tarea muy tediosa, a raíz de esto se han elaborado numerosos estudios que en los que se determinan longitudes plásticas mediante fórmulas calibradas basadas en una serie de ensayos, producto de bases de datos o por medio de pruebas de los mismos autores. A continuación, se presentan algunas propuestas de cálculo de la longitud plástica:

- **Propuesta de Paulay y Priestley:**

Esta ecuación tiene en cuenta tanto la curvatura a lo largo de la longitud de la columna como la rotación del extremo fijo.

d: Altura útil de la sección.

z: Distancia desde la sección crítica al punto de inflexión (Ver Figura 2-32)

$$l_p = 0.5 d + 0.05 z \dots (2.50)$$

- **Propuesta de Sawyer:**

Esta expresión considera que la zona de cedencia se extiende a d/4 más allá de la sección en que el momento flexionante se reduce a  $M_y$ .

$$l_p = 0.25 d + 0.075 z \dots (2.51)$$

- **Propuesta de Mattock:**

Toma como base la propuesta de Corley, sin embargo, esta propuesta ignora el desprendimiento del recubrimiento a deformaciones elevadas.

d: Altura útil de la sección.

z: Distancia desde la sección crítica al punto de inflexión (Ver Figura 2-32).

$$l_p = 0.5 d + 0.05 z$$

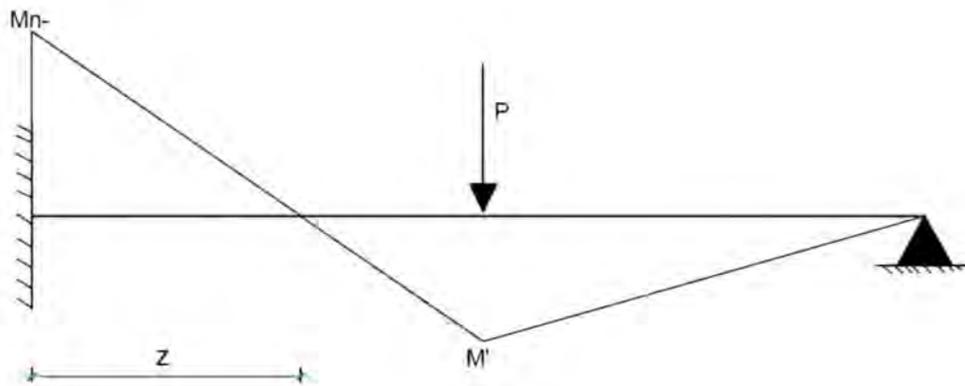
Para la presente investigación se empleará una simplificación de la fórmula de Mattock, considerando la longitud de rótula plástica con un valor de:

$$l_p = 0.5 d$$

A fin de simplificar el cálculo, y debido a que esta simplificación ha sido empleada en diversas investigaciones obteniendo resultados satisfactorios.

**Figura 2-32**

*Distancia desde la Sección Crítica al Punto de Inflexión “z”*



*Nota: Tomado de la Investigación " Estudio Experimental de Redistribución de Momentos en Vigas de Concreto Armado " (Noriega, 2018)*

#### **2.2.2.4. NO-LINEALIDAD DE LAS ESTRUCTURA – CURVA DE DESEMPEÑO**

##### **2.2.2.4.1. ANÁLISIS ESTÁTICO NO-LINEAL DE ESTRUCTURAS**

El análisis estático no-lineal de estructuras, es aquel, en el que el modelo estructural está sujeto a una carga lateral incremental cuya distribución representa la fuerza de inercia esperada durante el movimiento sísmico. La carga lateral es aplicada hasta llegar a los desplazamientos impuestos como límites por el ingeniero estructural, los cuales representan la demanda de desplazamiento que los movimientos sísmicos podrían imponer a la estructura. Una vez que se ha llegado al objetivo de desplazamiento, los parámetros de demanda para los componentes estructurales son comparados con criterios de aceptación respectivos para el estado de desempeño

esperado, esto según las normas que rigen este tipo de aplicación. El procedimiento estático no-lineal, es aplicable a edificios regulares de baja altura, donde la respuesta está dominada por la influencia del modo fundamental de vibración, es menos adecuado para edificios altos, esbeltos, e irregulares, donde los múltiples modos de vibración afectan su comportamiento. (Pareja, 2012)

#### **2.2.2.4.2. MÉTODO DE PUSHOVER**

El método de “**Pushover**” o de “**Empuje Lateral Incremental**”, consiste en la aplicación de un patrón de cargas laterales, las cuales se van incrementando en la misma dirección hasta alcanzar el colapso de la edificación en análisis. Este método permite observar la capacidad resistente inelástica de la estructura, la cual puede verse y representarse por medio de la llamada “Curva de Capacidad”, la que se define como la relación entre las fuerzas laterales y los desplazamientos demandados por las mismas.

Este modelo de cargas laterales, se distribuye a lo largo de la altura de la edificación, por tanto, es adecuado utilizar un patrón de carga de aumento lineal, aunque este factor puede ser variable de acuerdo a la aplicación de las diferentes normas que rigen este tipo de análisis, es así, que pueden realizarse distribuciones diferentes, este es el caso de la distribución de acuerdo a la forma del modo fundamental de la estructura, la distribución de acuerdo a la masa por piso de la estructura, entre otros.

#### **2.2.2.4.3. PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS PUSHOVER**

El procedimiento de análisis Pushover en el Software especializado en el análisis y diseño de edificaciones, se realiza siguiendo lo establecido por los pasos siguientes:

- Realización de un Modelo 3D de la edificación a analizar: Este modelo deberá consignar la forma y dimensiones reales de la edificación, así como el acero real de todos los elementos: vigas, columnas, placas, etc.
- Realizar un análisis modal espectral, realizando las verificaciones correspondientes a la norma correspondiente al país de análisis, o en su defecto la escogida para el análisis, si la edificación es nueva, se realizan las medidas correctivas necesarias, hasta que el modelo cumpla, de ser una edificación existente, se continuará con los resultados obtenidos después de la verificación de fuerzas cortantes, sin ninguna otra verificación.
- Definición de la carga gravitacional no-lineal: Se debe definir un patrón de carga llamado usualmente “CGNL”, que considera una condición inicial que inicia desde el cero, y que debe relacionarse con el análisis MODAL de la edificación modelada. La carga gravitacional no-lineal, obedece a la misma combinación que se tiene en cuenta para la obtención del peso de la edificación.
- Selección y asignación de un patrón de cargas: La Selección del patrón de cargas, deberá estar orientado, de acuerdo a los requerimientos dados por la Norma escogida para la evaluación del desempeño estructural, pudiendo ser: Comité Visión 2000, Fema 356, ATC 40, Fema 440, y la que se utilizará para la presente investigación ASCE 41-13. El patrón escogido, se asignará a las direcciones de análisis a tener en cuenta. En caso de la norma ASCE 41-13 se emplea un patrón de cargas laterales proporcional al modo fundamental de vibración.

- Configurar la opción “Other Parameters”: Esta configuración debe revisarse en todos los casos de carga, de manera que, la carga aplicada para la carga gravitacional no-lineal, sea del tipo “Full Load” y solo considere el Estado Final de carga, mientras que los patrones de carga lateral asignados, deben ser del tipo “Displacement Control” y utilice múltiples pasos con un nudo de control.
- Asignar Rótulas Plásticas: Se deben asignar las distintas rótulas plásticas que se puedan presentar en el modelo, en las ubicaciones de posible falla, a una distancia igual a la longitud plástica del elemento. Dichas rótulas pueden ser calculadas de forma manual, empleando los diagramas momento curvatura calculados mediante hojas de cálculo y relacionándolos con los diagramas de momento Rotación establecidos por la Norma ASCE 41-13, calculando los valores de los parámetros “a, b y c”, de acuerdo a la normativa, o también pueden asignarse de manera automática, donde es el software quien evalúa los valores del diagrama momento rotación, de acuerdo a la norma escogida para el análisis.
- Obtención de la curva de capacidad de la estructura: Una vez realizados todos los pasos anteriores, se procede a mostrar la gráfica de la curva de capacidad de la estructura.

## **2.3. DESEMPEÑO SÍSMICO**

### **2.3.1. INTRODUCCIÓN**

El diseño de estructuras basado en la resistencia sísmica propuesto en las normativas y códigos corrientes, tienen como objetivos principales que las estructuras sean capaces de resistir sismos de baja intensidad sin sufrir daños estructurales significativos, sismos

moderados con daños reparables y sismos de mayor intensidad sin que se produzca el colapso. (Bonett, R. , Pujades, L. , Hurtado, J., 2003). Siguiendo esta filosofía de diseño, el desempeño que poseería estructura, en términos de daño potencial no habría sido cuantificado, debido a que solo se está considerando un movimiento sísmico del terreno máximo para el cual la edificación no debería colapsar, sin embargo este tipo de análisis no da un resultado real de los daños post sismo, por ello se ha originado una nueva filosofía de diseño la cual sugiere que la **resistencia global de la estructura no puede garantizar la seguridad y por consiguiente no necesariamente reduce el daño**. Los conceptos a partir de los cuales ha surgido este planteamiento, corresponden a los principios del “**diseño por capacidad**”, los cuales fueron introducidos en Nueva Zelanda por Park y Paulay en el año 1975.

A partir de este momento se comenzó a desarrollar una nueva filosofía de diseño, en la cual la distribución de la resistencia a lo largo de toda la estructura era más importante que el valor global del cortante basal de diseño. Un importante avance consistió en identificar que una estructura aperturada podría comportarse mejor ante una acción sísmica, si pudiera garantizarse que las rótulas plásticas se formen en las vigas, y no en las columnas (mecanismo de viga débil – columna fuerte), y si la resistencia de cortante de los miembros excediera a la correspondiente resistencia a flexión. Estos dos aspectos pueden ser considerados como el inicio de la nueva filosofía de diseño basada en desempeño, por medio de la cual es posible controlar y predecir tanto el comportamiento de la estructura como el potencial daño (Paulay, T., Park, R., y Priestley, 1978).

En la actualidad, se están concentrando esfuerzos en desarrollar métodos de análisis, evaluación y diseño simples y fáciles de implementar en las diferentes normativas que

incorporen los conceptos de ingeniería basada en el desempeño y que puedan ser aplicados tanto a las estructuras nuevas como a las existentes.

Actualmente existen varios métodos para analizar el comportamiento de las estructuras, tanto elásticos lineales como inelásticos. Por otra parte, el principal método de análisis inelástico, es el análisis dinámico no-lineal de estructuras, sin embargo, a efectos prácticos y de diseño, resulta demasiado complejo, y, por lo tanto, frecuentemente no se practica. De esta forma, surgen los métodos de análisis estático no-lineal, como una mejor alternativa, que permiten trabajar estructuras cuando se ven sometidas a movimientos sísmicos y sobrepasan su capacidad inelástica, permitiendo una mejor evaluación en el desempeño de la estructura. (Bonett, R. , Pujades, L. , Hurtado, J., 2003)

### 2.3.2. DISEÑO SÍSMICO BASADO EN DESEMPEÑO

Por sus siglas en inglés, **PBSD (Performance Based Seismic Design)**, es una metodología que proporciona una manera de predecir los daños debidos a los movimientos sísmicos en estructuras, de una forma más real y confiable. Este tipo de diseño permite un uso más eficiente y seguro del presupuesto para el diseño y la construcción de una edificación, además de reducir el riesgo y las pérdidas potenciales. (Bondarenko S. , Desempeño Sísmico, 2018)

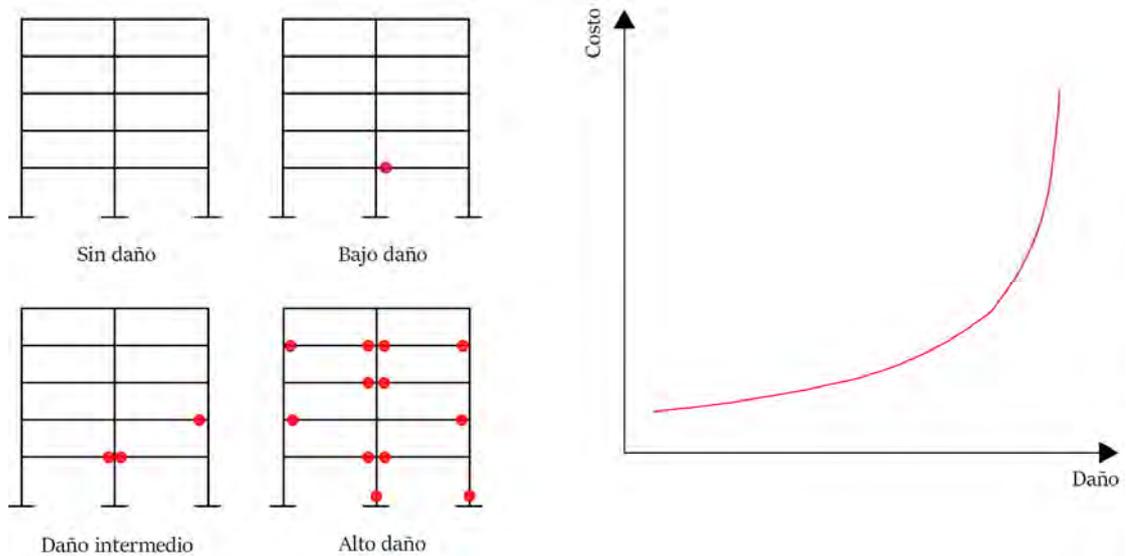
El desarrollo en el diseño por desempeño en la ingeniería sismoresistente está dirigido hacia la definición de los llamados “**Objetivos de Desempeño**”, la aplicación de una metodología general de diseño en base a una normativa que rija este tipo de análisis, entre ellas las más conocidas: Fema 273, Fema 356, ATC 40, Fema 440 y ASCE 41-13.,

y la evaluación de la demanda y la capacidad real de las estructuras, mediante los criterios estipulados en las mismas normas, teniendo en cuenta ciertos valores de **control de daño**, expresados en términos de la incursión de la estructura en el rango no-lineal, valores de control de derivas de entrepiso, y relaciones de ductilidad y demanda.

La definición básica del diseño sísmico basado en desempeño es la de **proporcionar la posibilidad de diseñar edificios con un comportamiento predecible y confiable bajo la acción de un sismo**. Además, permite cuantificar financieramente los riesgos esperados en edificios y seleccionar un nivel de desempeño que cumpla con sus requerimientos, manteniendo un nivel básico de seguridad, ver Figura 2-23. (Bondarenko S. , Desepeño Sísmico, 2018)

**Figura 2-33**

*Estado de Daño y Aparición de Rótulas Plásticas*



La clave para determinar cómo se comportará un edificio para un sismo determinado, es la de poder estimar el daño que experimentará y sus consecuencias. Es así que el diseño sísmico basado en desempeño no está limitado a nuevas construcciones. Por el contrario,

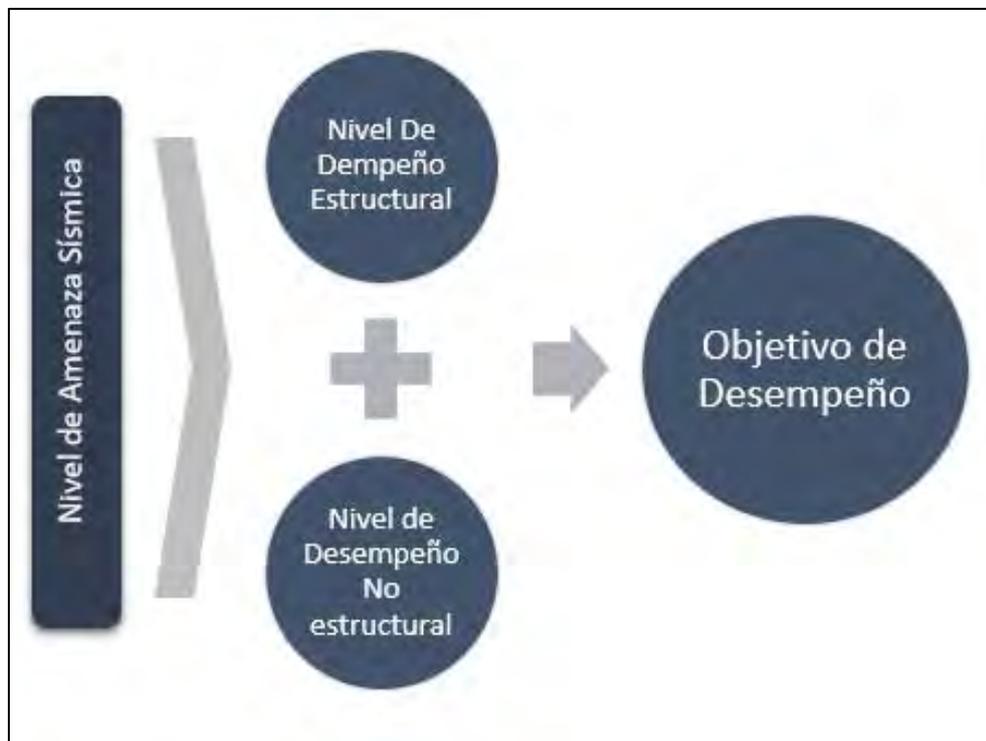
se aplica a la evaluación de estructuras existentes, para adecuaciones sísmicas y reforzamientos estructurales. La norma nacional no evalúa el desempeño de un edificio luego del daño; en cambio obtiene el cumplimiento con un diseño que ha protegido históricamente vidas en los sismos, sin embargo, en algunos casos esto puede ser conservador.

### 2.3.2.1. OBJETIVOS DE DESEMPEÑO

Un objetivo de desempeño está compuesto por una o más relaciones entre un Nivel de amenaza sísmica seleccionado y un nivel de desempeño estructural y no estructural, tal y como se muestra en la Figura 2-34:

**Figura 2-34**

*Objetivos de Desempeño Sísmico*



El objetivo de desempeño debe ser seleccionado considerando los objetivos: básicos, mejorados, limitados o parciales de desempeño, definidos por la norma ASCE 41-13, teniendo en cuenta la aplicabilidad de los mismos de acuerdo a la importancia de la edificación. El código ASCE 41-13 presenta muchos objetivos de desempeño, incluyendo objetivos específicos que son dirigidos a ser equivalentes a los objetivos para edificaciones nuevas y objetivos específicos, dirigidos a simular el desempeño históricamente aceptado para el Código Internacional de Edificaciones o el ASCE 7.

El desempeño de una edificación puede ser descrito cualitativamente en términos de la seguridad alcanzada por los ocupantes de las edificaciones, antes y después del evento, el costo y la facilidad de reparación de la estructura, la duración de la reparación, la cantidad del tiempo que la edificación no es operativa a efectos de la reparación, la arquitectura, y la importancia histórica para la comunidad. Estas características de desempeño son directamente relacionadas a la extensión de daño que sería sustancial para la edificación y el sistema estructural de la misma. En el Código ASCE 41-13, la extensión del daño a la edificación, en específico por el movimiento del terreno, es definido como: “Nivel de Desempeño de la edificación”.

La Norma en mención usa muchos Niveles de amenaza sísmica Probabilísticos para describir el movimiento del terreno en la realización de la evaluación, mismos que serán explicados en la presente investigación más adelante.

El objetivo de Desempeño seleccionado como básico para el diseño determina, en gran extensión, el costo y la factibilidad de cualquier proyecto, además de los

beneficios que se obtendrán en la mejora de la seguridad, reducción de los daños a la propiedad, y la interrupción de su uso en futuros eventos sísmicos.

La Tabla 2-4 indica el rango de los objetivos de desempeño que deben ser utilizados para el uso de la norma ASCE 41-13, para edificaciones típicas.

**Tabla 2-4:**

*Objetivos de Desempeño de acuerdo Norma ASCE 41-13*

| Nivel de Amenaza Sísmica  | Nivel de Desempeño Operacional (1-A) | Nivel de Desempeño Ocupación Inmediata (1-B) | Nivel de Desempeño Seguridad de Vida (3-C) | Nivel de Desempeño Prevención de Colapso (5-D) |
|---------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 50%/50 años               | a                                    | b  | c  | d  |
| BSE - 1E<br>(20%/50 años) | e                                    | f  | g  | h  |
| BSE - 2E<br>(5%/50 años)  | i                                    | j  | k  | l  |
| BSE - 2N<br>(2%/50 años)  | m                                    | n  | o  | p  |

**NOTA:** Cada celda mostrada en la matriz precedente, representa un Objetivo Discreto de Desempeño. Los objetivos de desempeño de la matriz superior, pueden ser usados para representar los tres objetivos de desempeño específicos de la guía ASCE 41-13, para edificaciones estándar con categorías de riesgo I y II.

|  |  |
|--|--|
| Objetivo Básico de Desempeño para Edificaciones Existentes | g y l  |
| Objetivos Mejorados de Desempeño                           | g y i, j, m, n, o ó p<br>l y e ó f<br>g y l, y a, ó b<br>k, m, n, ó solo o |
| Objetivos Límites de Desempeño                             | solo g<br>solo j<br>c, d, e ó f  |

*Nota: Tomado de la Norma ASCE 41-13 (American Society of Civil Engineers, 2014)*

### 2.3.2.1.1. Objetivo Básico de Desempeño para edificaciones existentes (BPOE).

El Objetivo Básico de Desempeño para Edificaciones Existentes (BPOE) es un objetivo específico que cuenta con varias categorías de riesgo.

La Norma ASCE 41-13 no obliga al uso de Objetivos de desempeño específicos, solo define los mismos para su uso. La norma además especifica como asignar a una edificación una categoría de riesgo.

El BPOE acepta un nivel más bajo de seguridad y un riesgo de colapso más alto que el que presentaría su similar para edificaciones nuevas. Se espera que las edificaciones analizadas bajo este objetivo presenten un daño significativo y pérdidas económicas potenciales en caso de sismos menos frecuentes que podrían afectarlas.

El BPOE especifica demandas diferentes a las especificadas para edificaciones nuevas (que suelen ser de 2% en 50 años y 10% en 50 años), con una probabilidad de excedencia mayor (5% en 50 años y 20% en 50 años de probabilidad de excedencia).

#### **2.3.2.1.2. Objetivos Mejorados de Desempeño:**

Son aquellos que son obtenidos empleado los siguientes métodos:

- Niveles de desempeño estructurales y no estructurales que exceden al BPOE en el nivel de amenaza BSE-1E o en el nivel BSE-2E, brindando una mayor categoría de riesgo a la edificación.
- Niveles de desempeño estructurales y no estructurales que exceden al BPOE tanto en el nivel BSE-1E y BSE-2E, brindando una mayor categoría de riesgo de la edificación.
- Niveles de desempeño estructural usando una categoría de riesgo más alta que la asignada para la edificación.

#### **2.3.2.1.3. Objetivos Limitados de Desempeño:**

Son objetivos menores a los que se obtienen con el BPOE, estos son conseguidos empleando objetivos reducidos de desempeño. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.1.4. Objetivo Básico de Desempeño Equivalente para Edificaciones Nuevas (BPON):**

Este objetivo de desempeño, emplea estrictamente el procedimiento Tier 3 de la guía ASCE 41-13 evaluación sistemática, para varias categorías de riesgo, mismos que se establecen en la tabla 2-2 de la norma en mención.

#### **2.3.2.2. NIVELES DE DESEMPEÑO**

Los Niveles de desempeño son una suma del comportamiento que tendrán los elementos estructurales y no estructurales, es así que el nivel de desempeño estructural es el que describe es estado límite de daño del sistema estructural, y el Nivel de Desempeño no estructural el que describe el daño de los componentes no estructurales. Los niveles de desempeño están definidos de acuerdo a cada normativa de Diseño por Desempeño sísmico, para la presente investigación se empleará la que proponen las normas Fema 356 y ASCE 41-13.

##### **2.3.2.2.1. Propuesta Fema 356 y ASCE 41-13**

Un Nivel de Desempeño debe estar formado por la combinación de los niveles de desempeño estructural y no estructural, mismos que se detallan a continuación:

###### **2.3.2.2.1.1. Niveles de Desempeño Estructural:**

El nivel de desempeño estructural de una edificación debe seleccionarse de seis niveles de desempeño discretos y dos rangos intermedios de desempeño.

Los 6 niveles de desempeño son:

- S-1 -> Inmediata Ocupación
- S-2 -> Daño Controlado
- S-3 -> Seguridad de Vida
- S-4 -> Seguridad Limitada
- S-5 -> Prevención de Colapso
- S-6 -> No Considerado

A continuación, se describen los seis niveles discretos de desempeño estructural:

#### **2.3.2.2.1.1.1. Inmediata Ocupación (S-1):**

Es definido como el estado de daño en el que una estructura se mantiene segura para ser ocupada y mantiene su resistencia y rigidez pre-sismo. Una estructura de acuerdo a los criterios de aceptación de este estándar para este estado de daño debe cumplir lo antes mencionado, es decir, tener un muy “limitado daño y poseer un riesgo mínimo de afectación a la ocupación post-sismo, además de reparaciones menores a la estructura”. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.1.2. Daño Controlado (S-2):**

Es definido como el estado de daño entre la Seguridad de Vida y la Inmediata Ocupación. Este estado de daño busca proveer a la estructura una mayor confiabilidad de resistencia al colapso y en menor rango de daño que una estructura típica, pero, sin llegar a los niveles de exigencia propuestos para un estado de inmediata ocupación; consiguiendo así un control de daño que permita

una ocupación más rápida de la estructura a diferencia que proveería un rango de Seguridad de Vida. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.1.3. Seguridad de Vida (S-3):**

Es definido como el estado de daño post-sismo en el cual la estructura ha sido dañada de manera parcial, manteniendo así un margen de resistencia ante la posibilidad de colapso.

Algunos elementos estructurales y componentes son severamente dañados, pero este daño no se transforma en largas fallas, ni peligros de escombros, ni dentro ni fuera de la edificación. La reparación de la edificación es posible, sin embargo, por razones económicas no sería práctico.

A pesar que el daño estructural no posee un riesgo inminente de colapso, es prudente la implementación de reparación estructural o la instalación temporal de puntales antes de la reocupación. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.1.4. Seguridad Limitada (S-4):**

Es definido como el estado de daño post-sismo comprendido entre el estado de daño de Seguridad de Vida y Prevención de Colapso. El análisis mediante este estado de daño debe ubicar sus parámetros a la mitad del rango comprendido entre los estados de daño S-3 y S-5 anteriormente mencionados.

Este estado de daño está dirigido a proveer a la estructura una confiabilidad mayor de resistencia al colapso que la que provee el estado de Prevención de Colapso (S-5), sin proveer la seguridad suficiente para alcanzar garantizar la seguridad de vida. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.1.5. Prevención de Colapso (S-5):**

Es definido como el estado de daño post-sismo en el cual la estructura está al borde de un colapso parcial o total.

El daño sustancial a la estructura ha afectado potencialmente, incluyendo una degradación significativa de la resistencia y la rigidez de la fuerza lateral resistente, una larga deformación permanente de la estructura y una degradación en la capacidad de absorción de carga lateral.

De cualquier forma, todas las componentes significantes de resistencia a cargas gravitacionales siguen siendo capaces de resistirlas. El riesgo significativo de daño causado por el peligro de falla de la estructura por escombros podría ser posible. La estructura no debería ser técnicamente practica para su reparación y la reocupación de esta no sería segura, pudiendo esto inducir un riesgo de colapso. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.1.6. No Considerado (S-6):**

Donde una evaluación o adecuación no está direccionado a la estructura debe asumirse como un S-6.

#### **2.3.2.2.1.2. Niveles de Desempeño No Estructural:**

Deben ser seleccionados de cuatro niveles discretos, mismos que se explican a continuación:

##### **2.3.2.2.1.2.1. Operacional (N-A):**

Es el estado de daño Post-Sismo en el cual los elementos no estructurales son capaces de proveer las funciones que le correspondían antes del movimiento sísmico, también después de éste (los criterios de aceptación se hallan en el

Capítulo 13 de la norma ASCE 41-13. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.2.2. Retención de Posición (N-B):**

Es el estado de daño Post-Sismo, en el cual los elementos no estructurales podrían ser dañados de manera que, no podrían cumplir sus funciones inmediatamente después del sismo, sin embargo, son seguros en el lugar así que el daño causado por fallas o fisuras se evita.

En general la ocupación de la edificación es segura, siendo capaz de funcionar si es necesario. De cualquier forma, algunos componentes podrían experimentar daño interno, desalineamientos y ser inoperativos, y las instalaciones MEP no estarían disponibles. El daño causado por elementos no estructurales tendría una posibilidad muy baja. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.2.3. Seguridad de Vida (N-C):**

Es el estado de daño Post-Sismo en el cual los elementos no estructurales podrían presentar daños, pero las consecuencias del daño no afectarían significativamente la seguridad de vida. Las rutas de evacuación Post-Sismo no estarían excesivamente bloqueadas. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.2.4. No Considerado (N-D):**

Donde una evaluación o adecuación no está dirigida a los elementos no estructurales en su totalidad, se considera el estado N-D.

Un nivel de desempeño se obtiene de la combinación de los niveles de desempeño estructural y no estructural, es así que es designado alfanuméricamente con un numeral representando el nivel estructural y una letra representando el nivel no estructural. Existen muchas combinaciones posibles para los niveles de desempeño (debido a que puede seleccionarse cualquier nivel con los dos rangos de desempeño estructural), en la tabla C-2-8 del ASCE 41-13 se muestra la matriz de los niveles de desempeño. Cabe recalcar que los niveles de desempeño más comunes son los que se muestran en la Figura 2-35:

### Figura 2-35

#### *Niveles de Desempeño más comunes*

##### **OPERACIONAL (1-A)**

Se preservan los servicios y utilidades manteniendo sus funciones.  
Muy poco daño.

##### **INMEDIATA OCUPACIÓN (1-B)**

La edificación permanece segura para la ocupación, se presentan algunas reparaciones menores.

##### **SEGURIDAD DE VIDA (3-C)**

La estructura se mantiene estable y tiene una reserva significativa de capacidad, hay daño no estructural, es peligroso pero controlado.

##### **PREVENCIÓN DE COLAPSO (5-D)**

La edificación permanece de pie, pero solo escasamente, el daño y pérdida no estructural es aceptable.



Nota: Elaboración propia en base a información traducida de la norma ASCE 41-13, (American Society of Civil Engineers, 2014)

Los niveles de desempeño más comunes usualmente empleados, se explican a continuación:

#### **2.3.2.2.1.2.5. Nivel de Desempeño Operacional 1-A:**

Para alcanzar este nivel de desempeño los componentes estructurales de la edificación deben cumplir lo estipulado para el nivel de desempeño estructural S-1 y el nivel de desempeño no estructural N-A.

Se espera que estas edificaciones no presenten daño o presenten un daño mínimo en sus componentes estructurales y no estructurales. La edificación es adecuada para la ocupación normal y su uso con sus servicios de energía, agua y otras utilidades. El riesgo de seguridad es muy bajo. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.2.6. Inmediata Ocupación 1-B:**

Para alcanzar este nivel de desempeño los componentes estructurales de la edificación deben cumplir lo estipulado para el nivel de desempeño estructural S-1 y el nivel de desempeño no estructural N-B.

Se espera que estas edificaciones no presenten o presenten daño mínimo en sus componentes estructurales, y tan solo presenten daños menores en sus componentes no estructurales. La edificación es adecuada para su ocupación posterior después del evento, sin embargo, debido a los daños en los elementos no estructurales, las instalaciones y servicios podrían no ser funcionales por lo que se requeriría la reparación de los elementos no estructurales y la refacción de las redes correspondientes. El riesgo a la seguridad de vida es muy bajo. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.2.7. Seguridad de Vida 3-C:**

Para alcanzar este nivel de desempeño los componentes estructurales de la edificación deben cumplir lo estipulado para el nivel de desempeño estructural S-3 y el nivel de desempeño no estructural N-C.

El término Seguridad de Vida como descripción de un desempeño es usado en una dirección específica. Una edificación de acuerdo a esta descripción no quiere decir que las personas no presentarán daños o lesiones en un determinado sismo, o para la amenaza sísmica designada, pues se espera que pocos o ningún daño o lesión sean serios (como para requerir atención médica).

Se espera que las edificaciones diseñadas bajo este nivel experimenten daños en sus componentes estructurales y no estructurales. Será necesaria una reparación antes de la reocupación de la edificación. El riesgo a la Seguridad de Vida en este caso es bajo. (American Society of Civil Engineers, 2014)

#### **2.3.2.2.1.2.8. Prevención de Colapso 5-D:**

Para alcanzar este nivel de desempeño los componentes estructurales deben cumplir con lo estipulado para el nivel de desempeño estructural (S-5). Los componentes no estructurales son No considerados (N-D). **(American Society of Civil Engineers, 2014; American Society of Civil Engineers, 2014)**

### **2.3.2.3. NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA**

El desempeño esperado para una edificación, está estrechamente ligado a la definición de los niveles de amenaza sísmica, mismos que pueden ser expresados de forma probabilística y determinística. Una amenaza probabilística se define en

términos de la probabilidad de que ocurra una mayor demanda (probabilidad de excedencia) en un periodo de determinado de años.

Una demanda determinística se define en un nivel de confianza en términos de un evento de magnitud específica en una falla activa particular, relacionada a un periodo medio de retorno. (Hernandez E. , Diseño Por Desempeño Sísmico en Edificaciones Parte I, 2017)

#### **2.3.2.3.1. Propuesta del FEMA 356 y ASCE 41-13**

En las normas FEMA 356 y ASCE 41-13 existen cuatro niveles de amenaza explícitamente para su uso en la obtención de objetivos de desempeño.

##### **2.3.2.3.1.1. BSE-2N:**

Parámetros de respuesta de aceleración espectral: El diseño del parámetro de respuesta de aceleración espectral de periodo corto,  $S_{xs}$  y el parámetro de respuesta de aceleración espectral de periodo largo  $S_{x1}$ , para el nivel de amenaza sísmica BSE-2N debe ser determinado usando valores de  $S_s$  y  $S_1$  tomados de acuerdo al mapa de aceleraciones del ASCE 7. Este nivel de amenaza sísmica está pensando como el nivel con 2% de probabilidad de excedencia en 50 años (multiplicado por un coeficiente de riesgo).

##### **2.3.2.3.1.2. BSE-1N:**

Parámetros de respuesta de aceleración espectral: Este nivel de amenaza sísmica está basado en un sismo con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, pensado como los 2/3 de los valores para los parámetros BSE-2N.

#### **2.3.2.3.1.3. BSE-2E:**

Parámetros de respuesta de aceleración: Este nivel de amenaza sísmica está basado en un sismo de 5% de probabilidad de excedencia en 50 años.

#### **2.3.2.3.1.4. BSE-1E:**

Parámetros de respuesta de aceleración: Es el análogo a los parámetros BSE-1N para edificaciones nuevas, representando así un sismo con un 20% de probabilidad de excedencia en 50 años.

Es importante especificar que la norma ASCE 41-13 permite el uso de otros parámetros para los niveles de amenaza sísmica, siempre y cuando sean relacionados con el BPOE (Objetivo Básico de Desempeño) o los Objetivos Mejorados de Desempeño. En la Tabla 2-5, se resumen de los niveles de amenaza sísmica contemplados por las normas FEMA 356 y ASCE 41-13.

La amenaza sísmica se define en términos del espectro de respuesta de aceleraciones, las normas de diseño por lo general contemplan una amenaza para un nivel de Sismo de Diseño, sin embargo están diseñadas para modificar su espectro sísmico a otros niveles de amenaza, mediante los factores de importancia que en nuestra norma peruana son los referidos al factor de uso (U), así las estructuras que son diseñadas para el espectro de diseño original, son las edificaciones de uso común con factor  $U=1.00$ . Debido a esto, al realizar un análisis por desempeño, deberá emplearse como factor de Uso un  $U=1.00$ , ya que la importancia de la edificación se calculará de acuerdo a los niveles de amenaza sísmica. Para hallar el factor que escala el espectro de la edificación, para cada nivel de amenaza, se emplearán las

expresiones dadas por el **Eurocódigo 8** en su Anexo “A” de la parte 2, las relaciones son las siguientes:

**Tabla 2-5:**

*Niveles de Amenaza Sísmica del FEMA 356 Y ASCE 41-13*

| Niveles de Amenaza sísmica | Probabilidad de excedencia (p,t) | Periodo de retorno T (años) |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| -                          | 50% en 50 años                   | 72                          |
| BSE-1E                     | 20% en 50 años                   | 225                         |
| BSE-1N                     | 10% en 50 años                   | 475                         |
| BSE-2E                     | 5% en 50 años                    | 975                         |
| BSE-2N                     | 2% en 50 años                    | 2475                        |

*Nota: Tomado de la Normal ASCE 41-13 (American Society of Civil Engineers, 2014)*

- **Probabilidad de Ocurrencia vs. Periodo de Retorno**

La fórmula que relaciona la probabilidad de ocurrencia “p” durante un periodo de años “n” con el periodo de retorno “T” es la siguiente: (NSR-10, 2010)

$$T = \frac{1}{1 - (1-p)^{\frac{1}{n}}} \dots (2.52)$$

- **Relación entre aceleraciones del suelo y periodos de retorno:**

Conocidos ya el valor de la aceleración “a1”, “T1” y “T2”, queda por determinar el valor de “a2”, que sirve para construir el espectro de diseño.

Siendo “k” un valor que puede variar entre 0.3 y 0.4 (NSR-10, 2010)

$$\frac{a_2}{a_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k \dots (2.53)$$

Con la relación de aceleraciones de la fórmula anterior, se puede determinar un factor que amplifica o reduce el espectro de aceleración de acuerdo a el periodo de retorno escogido, es así como las normas hallan un factor que modifica el espectro de diseño de acuerdo a la importancia o categoría de la edificación, y será la forma en como escalaremos el espectro de respuesta con el fin de analizar la edificación para distintos niveles de amenaza sísmica.

### **2.3.3. MARCO NORMATIVO**

#### **2.3.3.1. MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DE DESPLAZAMIENTO**

El método de los coeficientes de desplazamientos proporciona un proceso numérico directo para calcular la demanda de desplazamiento. No requiere convertir la curva de capacidad en coordenadas espectrales. El método está basado en el análisis estadístico de los resultados de análisis tiempo-historia realizados en modelos de un grado de libertad de distintas tipologías.

La demanda de desplazamiento calculada mediante el método de los coeficientes es llamada el “desplazamiento objetivo o target displacement” lo que es equivalente al “punto de desempeño” del método del espectro de capacidad.

El método fue introducido por la Agencia de Manejo de Emergencia Federal (FEMA, por sus siglas en inglés), organización que se propuso realizar un gran proyecto para el desarrollo de guías nacionales para la rehabilitación sísmica de edificios, siendo sus publicaciones FEMA 273 (1996) y FEMA 274 (1996) el resultado, las cuales fueron reevaluadas y modificadas posteriormente para publicarse como norma ASCE (FEMA 356,2000), que actualmente cuenta con la versión vigente la norma ASCE 41-13.

### 2.3.3.1.1. Curva idealizada fuerza-desplazamiento o representación bilineal de la curva de capacidad

La curva que representa la relación no-lineal fuerza-deformación entre el corte en la base y el desplazamiento del nodo control, debe remplazarse con una curva idealizada, para realizar el cálculo de la rigidez lateral efectiva  $K_e$  y la resistencia cedente efectiva  $V_y$  de la estructura.

Donde:

$K_e$  : Rigidez secante calculada al 60% de la resistencia cedente efectiva  $V_y$ .

$\alpha$  : Segmento lineal que debe pasar por la curva real en el punto del desplazamiento objetivo.

$V_y \leq V_{max}$  : En cualquier punto de la curva real.

### 2.3.3.1.2. Determinación del periodo:

A partir de la curva idealizada fuerza-desplazamiento:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad \dots (2.54)$$

Donde:

$T_i$  : Periodo elástico fundamental (en segundos) en la dirección bajo consideración, calculado a partir del análisis dinámico elástico.

$K_i$  : Rigidez lateral elástica de la estructura en la dirección bajo consideración.

$K_e$  : Rigidez lateral efectiva de la estructura en la dirección bajo consideración.

### 2.3.3.1.3. Cálculo del Desplazamiento Objetivo

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad \dots (2.55)$$

$C_0$  : Factor de modificación para relacionar el desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad equivalente con el desplazamiento del techo del sistema de múltiples grados de libertad del edificio calculado utilizando uno de los siguientes procedimientos: (FEMA 440, 2005)

- El factor de participación del primer modo, en el nivel del nodo de control;
- El factor de participación modal en el nivel del nodo de control calculado usando un vector de forma correspondiente a la forma desplazada del edificio en el desplazamiento del objetivo. Este procedimiento se utilizará si se usa el patrón de carga adaptativa;
- El valor apropiado de la Tabla 2-6:

**Tabla 2-6:**

*Valores para el factor de modificación  $C_0^1$*

| Número de pisos | Edificios de corte <sup>2</sup>            |                                | Otros edificios           |
|-----------------|--|--------------------------------|---------------------------|
|                 | Patrón de carga triangular (1.1, 1.2, 1.3) | Patrón de carga uniforme (2.1) | Cualquier patrón de carga |
| 1               | 1.0  | 1.0                            | 1.0                       |
| 2               | 1.2  | 1.15                           | 1.2                       |
| 3               | 1.2  | 1.2                            | 1.3                       |
| 5               | 1.3  | 1.2                            | 1.4                       |
| 10+             | 1.3  | 1.2                            | 1.5                       |

1. Se utilizará la interpolación lineal para calcular los valores intermedios.

2. Edificios en los que, en todos los pisos, la deriva entre pisos disminuye al aumentar la altura.

Nota: Tomado de la tabla 3-2: Valores para el factor de modificación  $C_0^1$  del FEMA440, (California Seismic Safety Commission, 1996)

$C_1$  : Factor de modificación para relacionar los desplazamientos inelásticos con los desplazamientos calculados para la respuesta elástica lineal ( $C_1 = 1.0$  para  $T_e \geq$

$T_s \rightarrow T_s$  periodo donde culmina el tramo constante del espectro;  $C_1 = 1.0 + (R - 1) \frac{T_s}{T_e}$  para  $T_e < T_s$ ; no puede ser mayor a 1.5 ni menor a 1)

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \quad \dots (2.56)$$

Donde:

$T_e \rightarrow$  Periodo fundamental efectivo de la estructura en la dirección en consideración.

$S_a \rightarrow$  Aceleración espectral correspondiente al periodo fundamental efectivo  $T_e$  y amortiguamiento de la estructura en la dirección en consideración.

$W \rightarrow$  Peso sísmico efectivo de la estructura, incluyendo el 100% de la carga permanente y una porción de la carga variable según sea el caso.

$C_m \rightarrow$  Factor de masa efectivo, tomado a partir de la tabla mostrada a continuación, o alternativamente, como el factor de masa participativa modal efectivo del modo fundamental al utilizar el análisis por el método de los autovalores.

**Tabla 2-7:**

*Valores del factor de masa efectivo  $C_m^1$*

| N° de pisos | Concrete moment frame | Concrete shear wall | Concrete Pier-Spandrel | Steel moment frame | Steel Concentric Braced Frame | Steel Eccentric Braced Frame | Otros |
|-------------|-----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|-------|
| 1-2         | 1.0                   | 1.0                 | 1.0                    | 1.0                | 1.0                           | 1.0                          | 1.0   |
| 3 o más     | 0.9                   | 0.8                 | 0.8                    | 0.9                | 0.9                           | 0.9                          | 1.0   |

1.  $C_m$  se tomará como 1.0 si el período fundamental,  $T$ , es mayor que 1.0 segundo.

Nota: Tomado de la tabla 3-1: Valores del factor de masa efectivo  $C_m1$  del FEMA440, (California Seismic Safety Commission, 1996)

$C_2$  : Factor de modificación que representa el efecto de estrangulamiento en la Curva de Histéresis, degradación de la rigidez cíclica, y deterioro de resistencia en la respuesta máxima en términos de desplazamiento. Los valores de para diferentes

sistemas estructurales y niveles de rendimiento estructural se obtienen de la Tabla 2-8, alternativamente, se permitirá el uso de  $C_2 = 1.0$ .

**Tabla 2-8:**

*Valores para el factor de modificación  $C_2$*

| Nivel de permanencia estructural | $T \leq 0.1$ segundo <sup>3</sup> |                           | $T \geq T_s$ segundo <sup>3</sup> |                           |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                  | Marco tipo 1 <sup>1</sup>         | Marco tipo 2 <sup>2</sup> | Marco tipo 1 <sup>1</sup>         | Marco tipo 2 <sup>2</sup> |
| Ocupación inmediata              | 1.0                               | 1.0                       | 1.0                               | 1.0                       |
| Seguridad vital                  | 1.3                               | 1.0                       | 1.1                               | 1.0                       |
| Prevención de colapso            | 1.5                               | 1.0                       | 1.2                               | 1.0                       |

1. Estructuras en las que más del 30% del corte del piso en cualquier nivel es resistido por cualquier combinación de los siguientes componentes, elementos o marcos: marcos ordinarios resistentes al momento, marcos con arriostramiento concéntrico, marcos con conexiones parcialmente restringidas, tirantes de tensión solamente, muros de mampostería no reforzada, cizalla crítica, pilares y enjutas de hormigón armado o mampostería.

2. Todos los marcos no asignados al Marco tipo 1.

3. Se utilizará la interpolación lineal para valores intermedios de  $T$ .

Nota: Tomado de la tabla 3-3: Valores para el factor de modificación  $C_2$  del FEMA440, (California Seismic Safety Commission, 1996)

$C_3$  : Factor de modificación que representa en incremento en los desplazamientos debido a los efectos  $P - \Delta$  dinámicos. Para edificios con rigidez post - cedencia positiva, se establece el valor igual a 1.0, mientras que para los edificios con rigidez post – cedencia negativa, los valores se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$a_{K_e} \geq 0 \rightarrow c_3 = 1.0 \quad \dots (2.57)$$

$$a_{K_e} < 0 \rightarrow c_3 = 1.0 + \frac{1 \times 1 \times (R-1)^{3/2}}{T_e} \quad \dots (2.58)$$

El valor de  $C_3$  no excederá el valor dado por la fórmula:

$$1 + \frac{5(\theta - 0.1)}{T}$$

Siendo:  $\theta$  la máxima distorsión de entrepiso en la estructura.

Para edificios con diafragmas no rígidos en cada piso, la flexibilidad del diafragma debe incluirse explícitamente en el modelo. El desplazamiento objetivo se calculará como se especifica para los diafragmas rígidos, excepto que se amplificará por la relación el desplazamiento máximo en cualquier punto del techo con respecto al desplazamiento en el centro de masa del techo  $\delta_{max}/\delta_{CM}$ .  $\delta_{max}$  y  $\delta_{CM}$  se basarán en un análisis del espectro de respuesta de un modelo tridimensional del edificio. El desplazamiento objetivo calculado de esta forma no será menor que el desplazamiento dado por la ecuación presentada líneas arriba.

El procedimiento realizado por el método de los coeficientes de desplazamiento puede emplearse principalmente en estructuras en las cuales los efectos de los modos de vibración mayores no sean significantes. Para determinar su incidencia, debe ejecutarse un análisis especial utilizando suficientes modos para la participación del 90% de la masa total en la respuesta de la estructura; ejecutarse luego otro análisis espectral tomando en cuenta solo el primer modo para la obtención de la respuesta; y finalmente comparar el corte en cada nivel obtenido para cada análisis. Los modos de vibración mayores tendrán un efecto significativo si los valores de corte de piso obtenidos en el primer análisis (masa participativa  $\geq 90\%$ ) exceden 1.3 veces los valores de corte de piso correspondientes obtenidos en el segundo análisis (masa participativa del modo 1).

Si el efecto de los modos de vibración mayores es significativo, se permite el uso del procedimiento de análisis estático no-lineal, combinándolo con un análisis dinámico lineal.

### **2.3.3.2. CRITERIO DE ACEPTABILIDAD SEGÚN ASCE 41-13**

#### **2.3.3.2.1. Requerimientos generales**

La aceptabilidad de fuerzas y deformaciones deben ser evaluadas por cada componente de acuerdo a los requerimientos de la sección 7.5. de la Norma ASCE 41-13. Antes de la selección de los criterios de aceptación, la norma establece que los componentes estructurales deben ser clasificados como “Primarios” o “Secundarios”, y cada acción debe ser clasificada como controlada por deformación (dúctil) o controlada por fuerza (no dúctil).

Todos los elementos de la edificación ya sean “Primarios”, o “Secundarios”, deben ser capaces de resistir las acciones controladas por fuerzas y/o deformaciones dentro de los criterios de aceptación establecidos para cada objetivo de desempeño.

#### **2.3.3.2.2. Elementos Primarios y Secundarios**

Un componente estructural que afecta a la rigidez lateral de la edificación, a la distribución de fuerzas en la misma, o está cargado como resultado de la deformación lateral de la estructura, deberá ser Clasificado como “Primario o Secundario” incluso si no está destinado a ser parte del sistema resistente.

- Un componente estructural que es requerido para resistir fuerzas sísmicas y redistribuir deformaciones para que la estructura consiga el nivel de desempeño seleccionado, deberá ser clasificado como “PRIMARIO”.
- Un componente estructural que reordena o redistribuye las deformaciones sísmicas y no es requerido para resistir fuerzas sísmicas para que la estructura

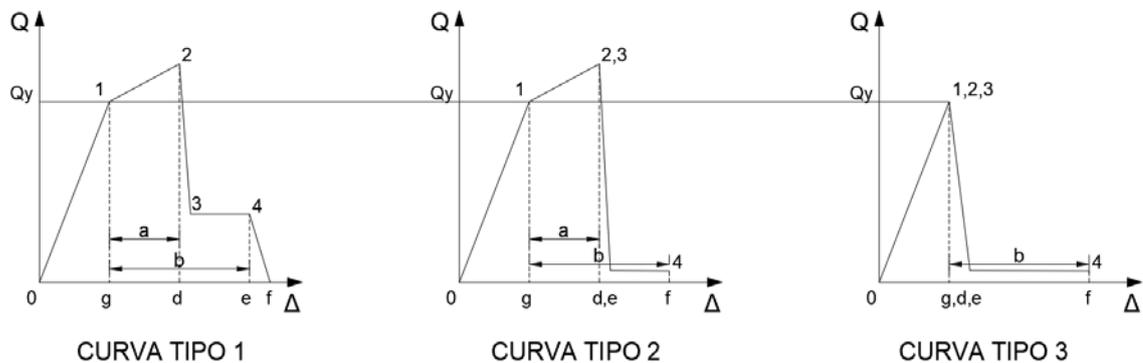
consiga el nivel de desempeño seleccionado, deberá ser clasificado como “SECUNDARIO”. (Se consideran en este grupo los elementos no estructurales, vigas chatas, y elementos que son diseñados como primarios pero que no aportan de manera significativa a la capacidad al sistema resistente).

### 2.3.3.2.3. Acciones Controladas por Fuerza y por Deformación

Todas las acciones deben ser clasificadas por Fuerza o por deformación, a continuación, se puede ver los tres comportamientos posibles de los elementos de la edificación, base de la cual partiremos para realizar la clasificación de los mismos.

**Figura 2-36**

*Tipos de Curvas para Acciones Controladas por Fuerza y Deformación*



Nota: Elaboración propia en base a información traducida de la norma ASCE 41-13, (American Society of Civil Engineers, 2014)

Teniendo en cuenta el comportamiento que puedan tener los componentes de una edificación, pueden considerarse de acuerdo a los tres tipos de curva mostrados en la Figura 2-36, en base a esto, se puede verificar si dichos elementos son controlados por Fuerza o por Deformación, a continuación, se presenta la Tabla 2-9 que detalla dicha clasificación:

**Tabla 2-9:**

*Elementos Controlados por Fuerza y Deformación*

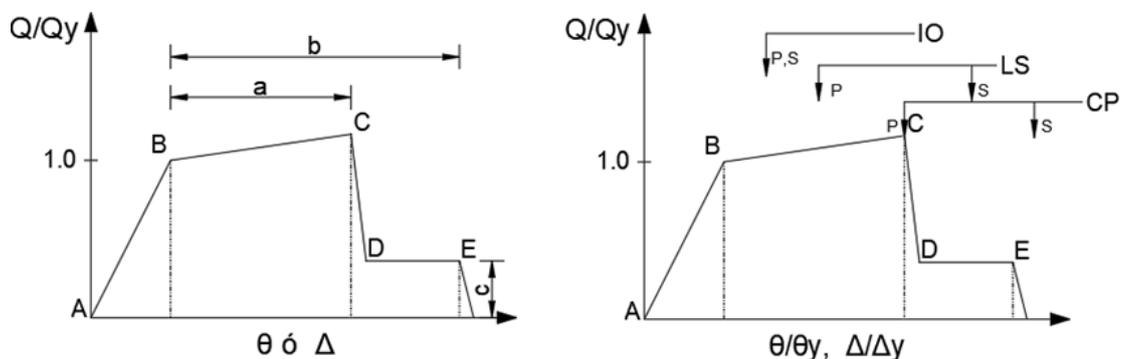
|                     | ELEMENTOS PRIMARIOS  | ELEMENTOS SECUNDARIOS   |
|---------------------|--|---|
| <b>CURVA TIPO 1</b> | Si $d > 2g$<br>El elemento es controlado por deformación                                   | Todos los elementos secundarios con este tipo de curva, se consideran controlados por deformación |
| <b>CURVA TIPO 2</b> | Si $e > 2g$<br>El elemento es controlado por deformación                                   | Si $f > 2g$<br>El elemento es controlado por deformación  |
| <b>CURVA TIPO 3</b> | Todos los elementos primarios con este tipo de curva, se consideran controlados por fuerza | Si $f > 2g$<br>El elemento es controlado por deformación  |

Nota: Elaboración propia en base a información traducida de la norma ASCE 41-13, (American Society of Civil Engineers, 2014)

Para los procedimientos de análisis no-lineal, es permitido que algunos elementos presenten un comportamiento controlado por fuerza, sin embargo, la edificación debería garantizar un comportamiento dúctil.

**Figura 2-37**

*Curvas Normalizadas y Criterios de Aceptación de Acuerdo a la norma ASCE 41-13*



Nota: Elaboración propia en base las curvas normalizadas de la norma ASCE 41-13, (American Society of Civil Engineers, 2014)

Es así, que la mayor parte de los elementos deberían ser controlados por deformación, motivo por el cual la norma ASCE 41-13 ha normalizado las curvas mostradas en la Figura 2-37. Los criterios de aceptación para los componentes de la estructura de la presente investigación, fueron extraídos de las tablas 10.7 y 10.8 de la Norma ASCE 41-13.

## **2.4. INCIDENCIA DE LA ALBAÑILERÍA EN UN ANÁLISIS NO-LINEAL**

La albañilería confinada, está conformada por unidades de albañilería asentadas con mortero, una sobre otra. Estas unidades, también llamadas bloques o ladrillos poseen diferentes propiedades mecánicas de acuerdo a su dimensión y composición.

Cabe destacar que la albañilería es un material no homogéneo que desarrolla su comportamiento no-lineal para pequeños niveles de carga y deformación, por lo que es de suma importancia considerar los efectos que tiene sobre el análisis de la edificación debido a que esta puede llegar a generar irregularidades y efectos no deseados sobre el comportamiento de una estructura sometida a distintos niveles de amenaza sísmica.

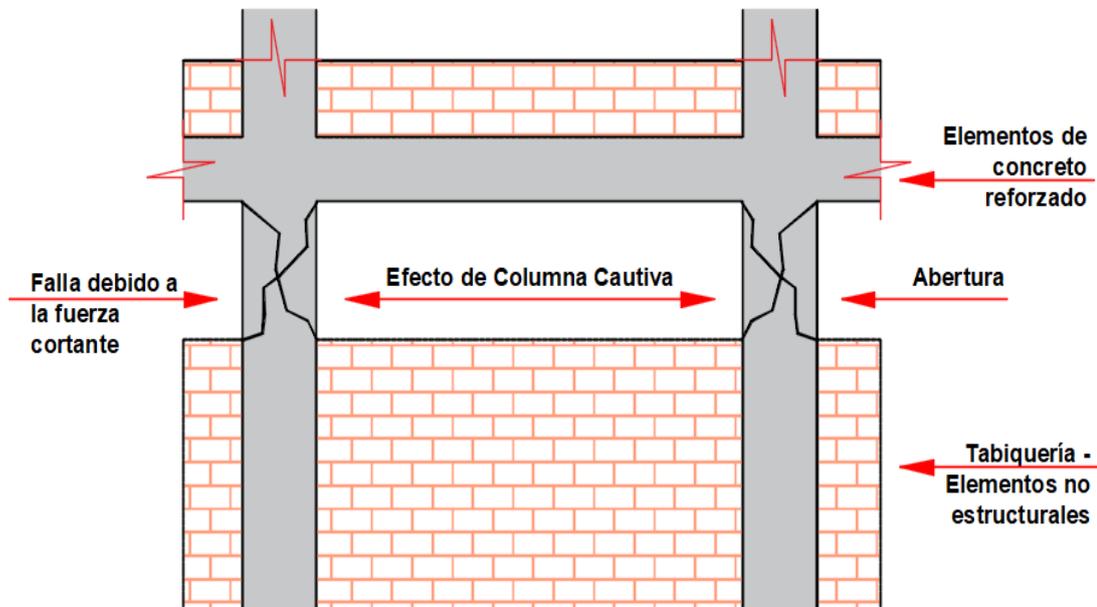
### **2.4.1. EFECTO DE COLUMNA CAUTIVA**

El efecto descrito como columna cautiva no es una problemática que radica en la columna en sí, sino en la existencia de elementos externos que evitan que la columna se comporte de manera diferente a su modo usual.

La disminución de la luz libre de un elemento tipo columna da origen a esta falla, debido a que el desplazamiento lateral de la columna se ve restringido usualmente por uno o más elementos no estructurales, en su mayoría tabiquería. Esta configuración es muy común cuando se desea lograr vanos como se ve en la Figura 2-38.

**Figura 2-38**

*Efecto de Columna Cautiva*

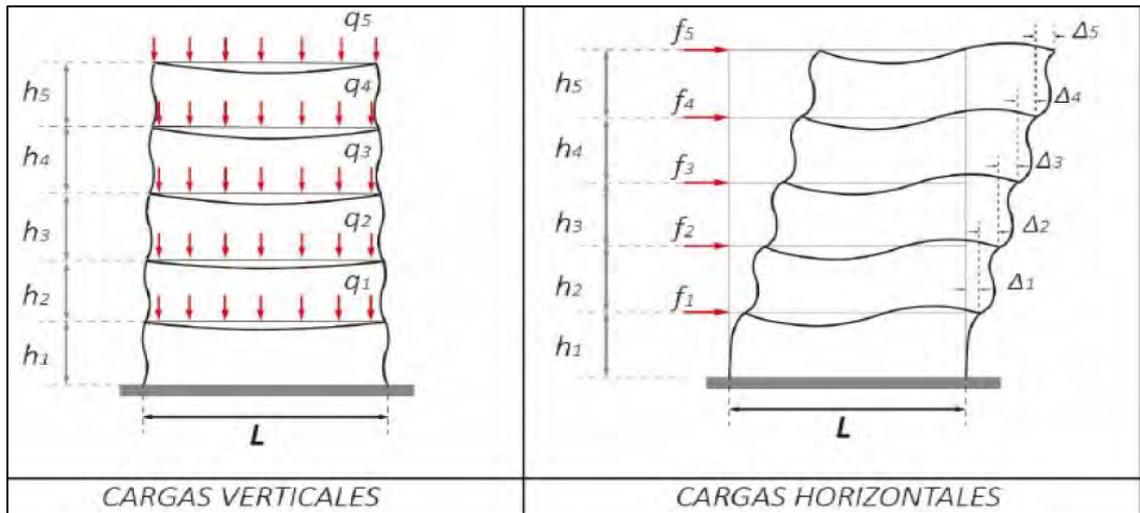


El confinamiento parcial hace que la zona confinada al muro trabaje como un muro rígido y la zona libre de la columna trabaje como una columna pequeña que recibirá la mayor parte de la deformación.

Al analizar el comportamiento de un sistema de pórticos de concreto armado se puede observar claramente el comportamiento de las columnas y se logra describir que, la deformada de la columna ante cargas verticales se mantiene en la misma línea vertical, mientras que cuando las columnas son sometidas a cargas horizontales, el extremo superior de las columnas se desplaza lateralmente a una distancia conocida como el desplazamiento relativo, tal y como se muestra a continuación.

**Figura 2-39**

*Desplazamiento relativo en columnas*

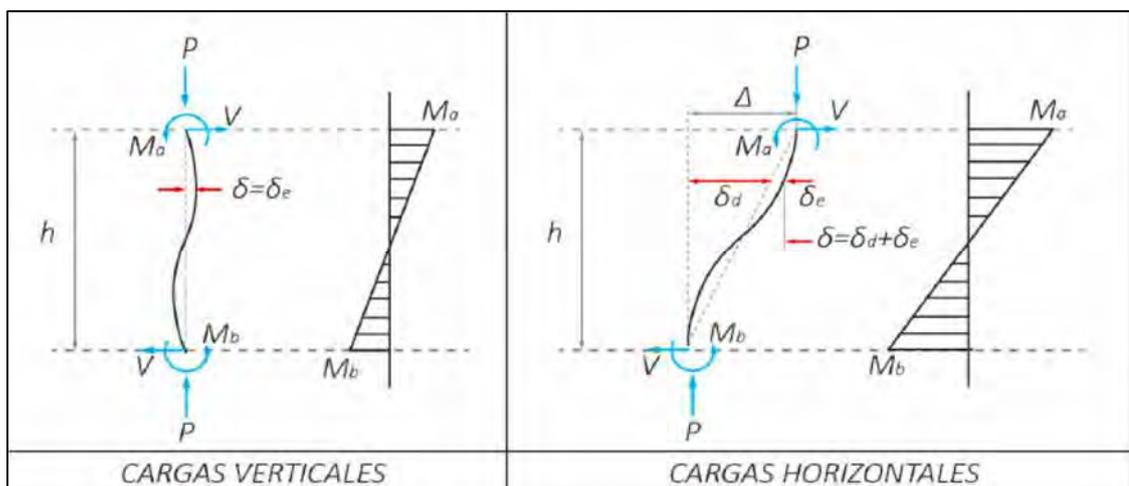


Nota: Tomado de la publicación “Estudio de la Albañilería” del CCIP, (Bondarenko S. , Estudio de la Albañilería, 2018)

A las deformadas mostradas en la Figura 2-39, se asocian fuerzas internas de momento flector ( $M$ ), fuerza axial ( $P$ ), y fuerza cortante ( $V$ ), en cada extremo de las columnas tanto para cargas verticales como para cargas horizontales, tal y como se aprecia en la Figura 2-40.

**Figura 2-40**

*Esfuerzos en Columnas a Cargas Horizontales y Verticales*



Nota: Tomado de la publicación “Estudio de la Albañilería” del CCIP, (Bondarenko S. , Estudio de la Albañilería, 2018)

La fuerza cortante ( $V$ ) se obtiene mediante la suma algebraica de los momentos de la columna, dividida entre la luz libre, como se expresa a continuación:

$$V = \frac{M_A + M_B}{h} \quad \dots (2.59)$$

Observando la expresión, es válido decir que, al reducir la luz libre de la columna, por la presencia de elementos externos a ella, las fuerzas cortantes que debe resistir la columna aumentan considerablemente.

El efecto columna cautiva debido a cargas verticales es poco importante, ya que las deformaciones laterales son pequeñas y la presencia de elementos no estructurales es casi desapercibida. Mientras que para cargas laterales ocurre todo lo contrario, debido a los grandes momentos flectores y deformaciones laterales.

#### **2.4.2. MODELAMIENTO DE ELEMENTOS DE ALBAÑILERÍA**

La idealización de muros de albañilería se ha convertido en un problema complejo a lo largo del tiempo, debido a las diferentes variables que se deben tomar en cuenta para su estudio; como lo son calidad, mano de obra, las propiedades de los materiales, el contacto en el muro de albañilería y el pórtico, la adherencia entre el mortero y las piezas, entre otros.

Debido a la complejidad de su análisis es muy común que en el diseño sísmico de estructuras se desprecie la contribución de la albañilería, sin embargo, se ha comprobado, que no considerar la existencia de los muros de albañilería en el análisis de un edificio puede contribuir en gran medida a cometer errores en el análisis del comportamiento de la edificación en análisis.

Se ha idealizado un modelo simplificado para el análisis de los muros de albañilería, muy utilizado en la práctica denominado Método del Puntal Equivalente, el que consiste en reemplazar los muros por elementos diagonales tipo barra.

El método descrito del puntal diagonal equivalente se basa en el comportamiento de muros de albañilería sometidos a cargas laterales, donde estos quedan apoyados únicamente en dos esquinas opuestas del pórtico transmitiendo así toda la fuerza lateral a lo largo de la diagonal del muro. La diagonal resultante se asume articulada en sus extremos de modo de proporcionar únicamente rigidez axial.

Como se observa en la Figura 2-41, la diagonal equivalente solo trabaja a compresión, ya que en la otra diagonal se generan esfuerzos de tracción que, por la deformación del pórtico, hacen que las unidades de albañilería se separen de los elementos que la confinan.

**Figura 2-41**

*Método Del Puntal Diagonal en un Muro De Albañilería*



Nota: Tomado de la publicación “Estudio de la Albañilería” del CCIP, (Bondarenko S. , Estudio de la Albañilería, 2018)

Este método es muy utilizado para determinar la influencia de la albañilería confinada en el comportamiento inelásticos de los edificios mediante un procedimiento estático no-lineal. Cabe decir que este método ha presentado resultados confiables basado en la comparación de los resultados hallados por pruebas experimentales.

#### 2.4.2.1. PARAMETROS DE IDEALIZACIÓN

A continuación, se determinarán los parámetros para idealizar el puntal equivalente.

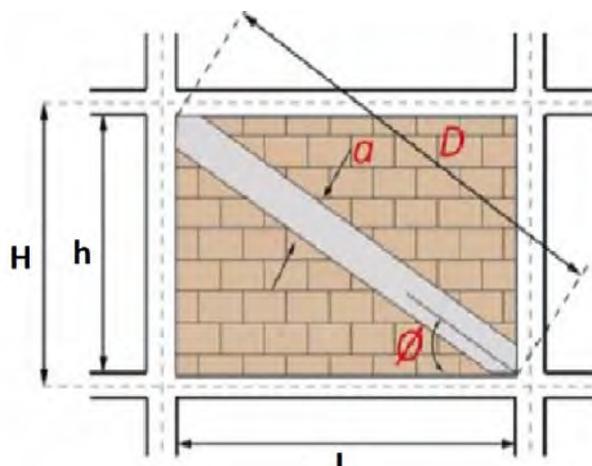
##### 2.4.2.1.1. ANCHO DEL PUNTAL EQUIVALENTE:

Se adoptan medidas equivalentes como el ancho de la barra diagonal para aproximar lo más posible al comportamiento real del muro de albañilería, ver Figura 2-42. La E.070 del RNE propone adoptar una sección transversal de  $a \cdot t$ , donde:

- $t$  = Espesor efectivo del tabique
- $a$  = Ancho equivalente del puntal de albañilería =  $\frac{1}{4} D$
- $D$  = Longitud del puntal (longitud diagonal del puntal)

**Figura 2-42**

*Ancho del Puntal Equivalente en un Muro De Albañilería*



Nota: Tomado de la publicación “Estudio de la Albañilería” del CCIP, (Bondarenko S. , Estudio de la Albañilería, 2018)

Mainstone (1971), planteo una ecuación para hallar el ancho “a” que consideró la flexibilidad relativa del pórtico respecto a la del relleno en evaluación. A continuación, se presenta la expresión:

$$a = 0,175D(\lambda_1 \cdot H)^{-0.4} \quad \dots (2.60)$$

Donde:

$$\lambda_1 = \frac{Em \cdot t \cdot \sin(2\theta)}{4 \cdot Ec \cdot I_{COL} \cdot h} \quad \dots (2.61)$$

- Em= módulo de elasticidad de la albañilería (kgf/cm<sup>2</sup>)
- t= espesor del muro (cm)
- $\theta$  = ángulo de inclinación del puntal equivalente
- Ec= módulo de elasticidad de las columnas de confinamiento (kgf/cm<sup>2</sup>)
- $I_{COL}$  = momento de inercia de la columna (cm<sup>4</sup>)
- h = altura del relleno (cm)
- l= longitud de relleno (cm)

Bazán y Meli, propusieron una ecuación que considera también la relación entre las rigideces relativas del marco y el muro.

$$a = (0.35 + 0.022\lambda)h \quad \dots (2.62)$$

Donde:

$$\lambda = \frac{Ec \cdot Ac}{G_m \cdot Am} \quad \dots (2.63)$$

- Ec= módulo de elasticidad de las columnas de confinamiento (kgf/cm<sup>2</sup>)
- Ac= área de la columna (cm<sup>2</sup>)
- $G_m$ = módulo de corte ( $G_m = 0.4 \cdot Em$ ; kgf/cm<sup>2</sup>)
- Am= rea de la sección transversal del muro (cm<sup>2</sup>) (Bazán, Meli, & Roberto, 2002)

#### 2.4.2.1.2. RESISTENCIA DEL PUNTAL

La resistencia del puntal se determina en función de la carga requerida para alcanzar la resistencia al aplastamiento ( $R_{cr}$ ) y la resistencia al corte ( $R_{cort}$ ) del muro de relleno. La componente de estas fuerzas en la dirección del puntal equivalente se utiliza para establecer su resistencia a la compresión ( $R_{puntal}$ ), la cual gobierna la capacidad de la rótula plástica.

##### a) Aplastamiento ( $R_c$ )

Esta falla se presenta en las esquinas del tabique, triturándose los ladrillos. Es propia de tabiques construidos con albañilería de poca calidad ( $f'_m < 50 \text{ kg/cm}^2$ ), o con ladrillos tubulares o con alto porcentaje de huecos. (San Bartolomé, 2005).

#### Figura 2-43

*Falla por Aplastamiento en muros de Albañilería*



Nota: Tomado de la publicación “Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.0. 70 Albañilería” (San Bartolomé, 2008)

La resistencia última del puntal según la E.070 del RNE se calcula como:

$$R_c = 0,12 * f'm * D * t \quad \dots (2.64)$$

Donde:

- $f'm$  = resistencia característica a la compresión axial de la albañilería (kgf/cm<sup>2</sup>).
- $D$  = Longitud del puntal (longitud diagonal del puntal).
- $t$  = espesor del muro (cm).

Según Mainstone (1971), se calcula como:

$$R_c = a * t * f'_m \quad \dots (2.65)$$

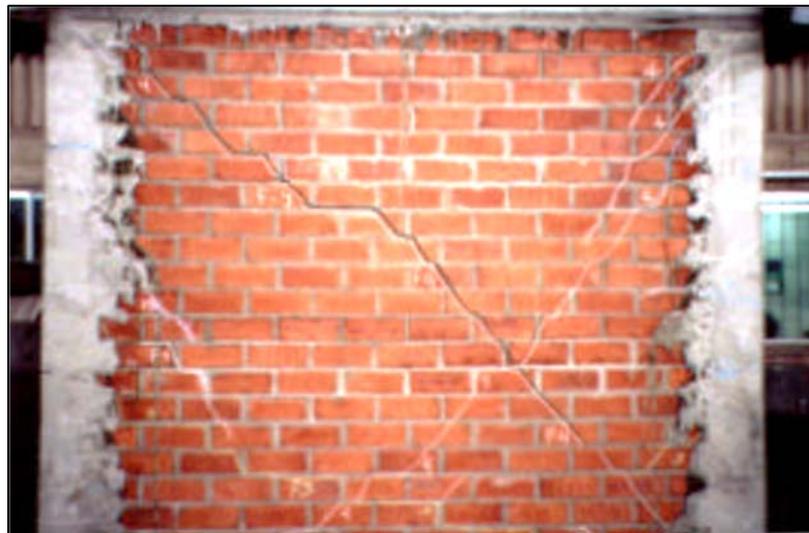
Donde:  $a$  = Ancho equivalente del puntal de albañilería

## b) Tracción Diagonal ( $R_t$ )

Esta falla se manifiesta a través de una grieta diagonal en el tabique.

### Figura 2-44

*Falla por Tracción en muros de Albañilería*



Nota: Tomado de la publicación “Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.0. 70 Albañilería” (San Bartolomé, 2008)

La resistencia última del puntal según la E.070 del RNE se calcula como:

$$R_t = 0,85\sqrt{f'm} \cdot D \cdot t \quad \dots (2.66)$$

Donde:

- $f'm$ = resistencia característica a la compresión axial de la albañilería (kgf/cm<sup>2</sup>).
- D= Longitud del puntal (longitud diagonal del puntal).
- t= espesor del muro (cm).

### c) Cizalle (Rs)

Esta falla tipo de falla se produce a la mitad de la altura del tabique (junta de construcción) y se caracteriza por ser una grieta horizontal. Esta falla es más bien propia de defectos constructivos. Si bien la falla por deslizamiento tiende a localizarse a la mitad de la altura del tabique (Junta de construcción entre jornadas de trabajo), los defectos en la construcción pueden hacer que se ubique en otra región del muro.

### Figura 2-45

*Falla por Tracción Diagonal en muros de Albañilería*



Nota: Tomado de la publicación “Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.0. 70 Albañilería” (San Bartolomé, 2008)

La resistencia última del puntal según la E.070 del RNE se calcula como:

$$R_s = \frac{f_s * t * D}{1 - 0,4h/L} \quad \dots (2.67)$$

Donde:

- $f_s$  = resistencia ultima de cizalle de la albañilería = 4 kgf/cm<sup>2</sup>.
- h, L = altura y longitud del puntal respectivamente (cm)
- t = espesor del muro (cm).
- D = Longitud del puntal (longitud diagonal del puntal).

Según Mainstone (1971), se calcula como:

$$R_{corte} = A_n * f'v * l * t_{mortero} \quad \dots (2.68)$$

Donde:

- $A_n$  = área neta transversal de la junta de mortero del panel de relleno a lo largo de su longitud (cm<sup>2</sup>),  $A_n * f'v * l * t_{mortero}$

$$A_n = l * t_{mortero} \quad \dots (2.69)$$

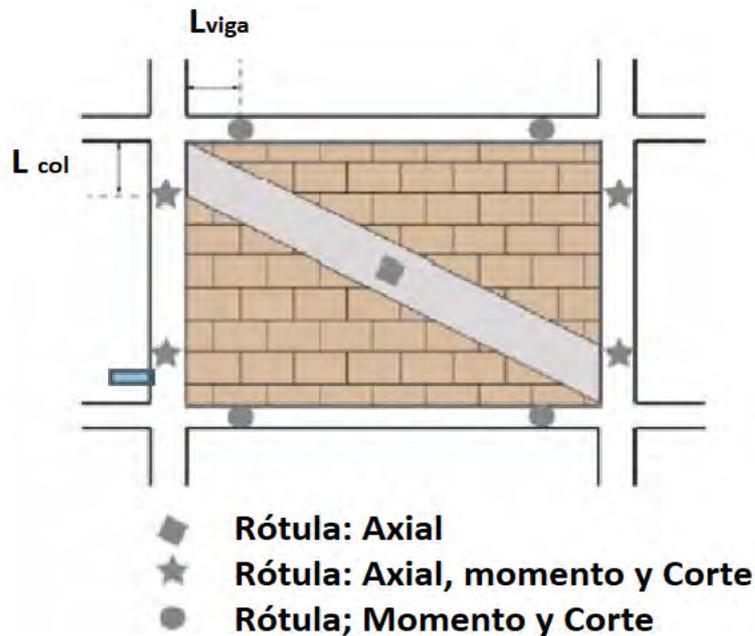
- $t_{mortero}$  = espesor del mortero de pega (pulg).
- $f'v$  = menor valor que existe entre la resistencia de la mampostería y la resistencia a la adherencia entre la interface mortero-pieza (kgf/cm<sup>2</sup>).

#### 2.4.2.1.3. UBICACIÓN DE LA RÓTULA DEL PUNTAL

El punto equivalente solo necesita una rotula que represente el comportamiento ante carga axial, y se debe ubicar en el medio de la luz del elemento, según se aprecia en la Figura 2-46:

**Figura 2-46**

*Ubicación de Rótula Plástica para Puntales de Albañilería*



Nota: Tomado de la publicación “Estudio de la Albañilería” del CCIP, (Bondarenko S. , Estudio de la Albañilería, 2018)

## 2.5. EVALUACIÓN SÍSMICA

### 2.5.1. Definición.

La evaluación sísmica consiste en la aplicación de una metodología utilizada para determinar si una edificación está adecuadamente diseñada y construida para resistir fuerzas sísmicas. La idea es determinar las deficiencias en una estructura, que impidan alcanzar un objetivo de desempeño.

La necesidad de realizar una evaluación en una determinada estructura puede surgir por distintos motivos: la preocupación del propietario de conocer su vulnerabilidad, algún reglamento establecido, políticas para su análisis o modificación, requisito para una transacción financiera, entre otros.

Algunos proyectistas han basado la evaluación sísmica de edificaciones en las provisiones para el diseño de nuevas edificaciones. Aunque esta ruta pareciera ser apropiada, debe realizarse con conocimientos claros de las suposiciones inherentes. Los códigos para el diseño de nuevas edificaciones contienen requerimientos enfocados en la configuración estructural, resistencia, rigidez, detallado, y ensayos e inspecciones especiales.

Los requerimientos de resistencia y rigidez son transferibles de una manera sencilla a edificaciones existentes, a diferencia de las demás provisiones.

Si los elementos resistentes a fuerzas sísmicas no poseen detallados de construcción similares a los requeridos para edificaciones nuevas, pueden no cumplirse las suposiciones básicas de ductilidad, y los resultados de la evaluación, resultar inválidos.

Las deficiencias sísmicas potenciales en edificaciones existentes pueden ser identificadas con los procedimientos expuestos en normativas pertinentes, expuestas anteriormente.

Si la evaluación se realiza de manera voluntaria, el propietario podrá escoger entre aceptar el riesgo de daño por futuros sismos, en vez de adecuar o demoler la edificación.

Si la evaluación es requerida por una ordenanza local, o provocada por un reglamento, código de construcción o política, el propietario tendrá que elegir entre adecuar la edificación, demolerla, o limitar su ocupación, entre otras opciones.

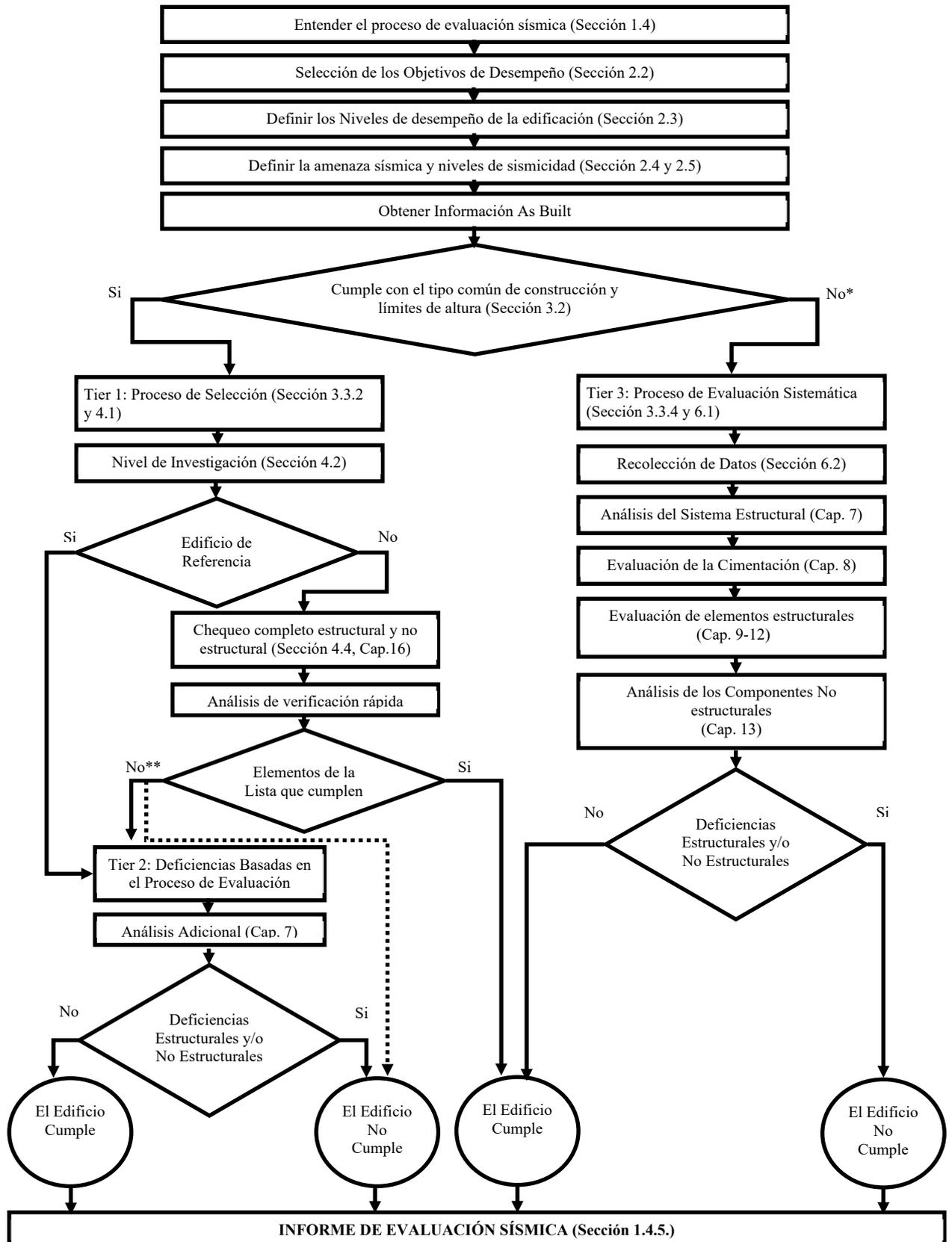
### 2.5.2. Informe de Evaluación Sísmica

La norma ASCE 41-13 nos brinda una estructura para la elaboración de un Informe de evaluación sísmica (Figura 2-47), mismo que debe incluir los siguientes datos:

- 1° Alcance y propósito: el propósito de la evaluación incluye los requerimientos de acuerdo a la jurisdicción (si los hay), un resumen del proceso de evaluación empleado, y el nivel de la investigación realizada.
- 2° Parámetros de sitio y datos de la edificación:
  - a) Descripción general de la edificación (incluye el número de pisos y las dimensiones)
  - b) Descripción del Sistema Estructural (marcos, sistema resistente a fuerzas sísmicas, diagramas de construcción de pisos y techos, sótanos y sistemas de fundación.
  - c) Descripción del Sistema no estructural (todos los elementos no estructurales que puedan afectar el desempeño sísmico de la edificación o que pudieran causar serias amenazas para la vida, lesiones a ocupantes o personas cercanas a la estructura)
  - d) Tipo común de construcción
  - e) Nivel de Desempeño
  - f) Nivel de amenaza sísmica
  - g) Tipo de Suelo
- 3° Listo de supuestos: propiedades de los materiales, parámetros de sitio y suelo.
- 4° Resultados: una lista de las deficiencias sísmicas identificadas.

**Figura 2-47**

*Elaboración de un Informe de evaluación Sísmica ASCE – 41-13*



\* Sería benéfico para la ingeniería desarrollar el Tier 1 “Proceso de Selección” antes que el Tier 3 “Proceso de Evaluación Sistemática”, aunque esto no sea requerido.  
 \*\* El proceso de evaluación podría proceder directamente del Tier 3 “Evaluación Sistemática”, esto como una opción.

### **2.5.3. Procedimiento de Evaluación Sísmica.**

- 1° Seleccionar un objetivo de desempeño.
- 2° Determinar el nivel de sismicidad en el sitio.
- 3° Obtener la información detallada de construcción de la edificación (As built information). De no poseer la información exacta de los elementos se debe proceder a realizar pruebas y ensayos no destructivo a los elementos estructurales, para así poder definir las propiedades de los mismos.
- 4° Definir las acciones gravitacionales a ser soportado por la edificación, que se ajusten a las nuevas exigencias o demandas.
- 5° Realizar un modelado estructural matemático que se acerque lo más posible a la realidad de la edificación, considerando inercias agrietadas o cualquier otra consideración necesaria.
- 6° Aplicar los procedimientos de evaluación, basados en el objetivo de desempeño seleccionado, nivel de sismicidad, y tipo de edificación (sistema estructural), aplicando los procedimientos para el cálculo de la capacidad de la estructura, la demanda, y comparando los resultados con los criterios de aceptabilidad expuestos en las normativas.
- 7° Preparar un informe de evaluación, requerido por el propietario o autoridad con jurisdicción.

### **2.5.4. Rehabilitación o Adecuación Sísmica**

La rehabilitación o adecuación sísmica consiste en el diseño de medidas para la mejora del desempeño sísmico de componentes estructurales y no estructurales, mediante la

corrección de deficiencias identificadas en una evaluación sísmica, relativas a un objetivo de desempeño seleccionado.

Antes de iniciar un programa de adecuación, debe llevarse a cabo una evaluación sísmica para poder determinar si la edificación en su condición existente posee la capacidad de desempeño sísmico deseado. La determinación del alcance de la rehabilitación o adecuación requiere la identificación de deficiencias a ser mitigadas, relativas al objetivo de desempeño seleccionado. El propietario de la edificación debe estar consciente de los costos e impacto asociado a la adecuación.

### **2.5.5. Tipos de Adecuación:**

#### **2.5.5.1. Adecuación Preventiva**

La adecuación preventiva es aquel proceso de reforzamiento que se lleva a cabo en edificaciones que no han sufrido daños, bien porque nunca fueron afectados por un sismo o bien porque son edificaciones que sobrepasaron su vida útil, pero que son de importancia capital para la comunidad, tales como hospitales, centros educativos, puentes, monumentos históricos, edificios de vivienda, oficinas, etc. Por citar algunos.

Un problema que se presenta en este tipo adecuación preventiva es que su implementación no siempre es obligatoria. Resulta imposible obligar a los propietarios o inquilinos de una edificación de vivienda a sufragar el elevadísimo costo del reforzamiento bajo la presunción de una futura acción sísmica hipotética.

#### **2.5.5.2. Adecuación Correctiva**

Existen muchos casos en los que después de la ocurrencia de una amenaza natural quedan dañadas o inhabilitadas numerosas edificaciones, tanto de uso habitacional

como de uso industrial, y que no decir de estructuras imponentes como presas, túneles, puentes, etc. En estos casos se suele llevar a cabo una adecuación correctiva orientada a reparar, reforzar o rehabilitar la estructura dañada.

#### **2.5.5.3. No Intervención**

En muchos casos, bien sea por el costo excesivo, bien por la relativa poca importancia de la edificación en estudio, por su antigüedad y poco valor histórico, o bien por lo arriesgado de su posible adecuación, es preferible no proceder a la adecuación.

Este es uno de los escenarios más comunes que se presentan en zonas montañosas propensas a deslizamientos, o bien cuando la calidad constructiva es muy deficiente o cuando las viviendas pertenecen a personas u organizaciones con limitados recursos económicos.

#### **2.5.5.4. Demolición**

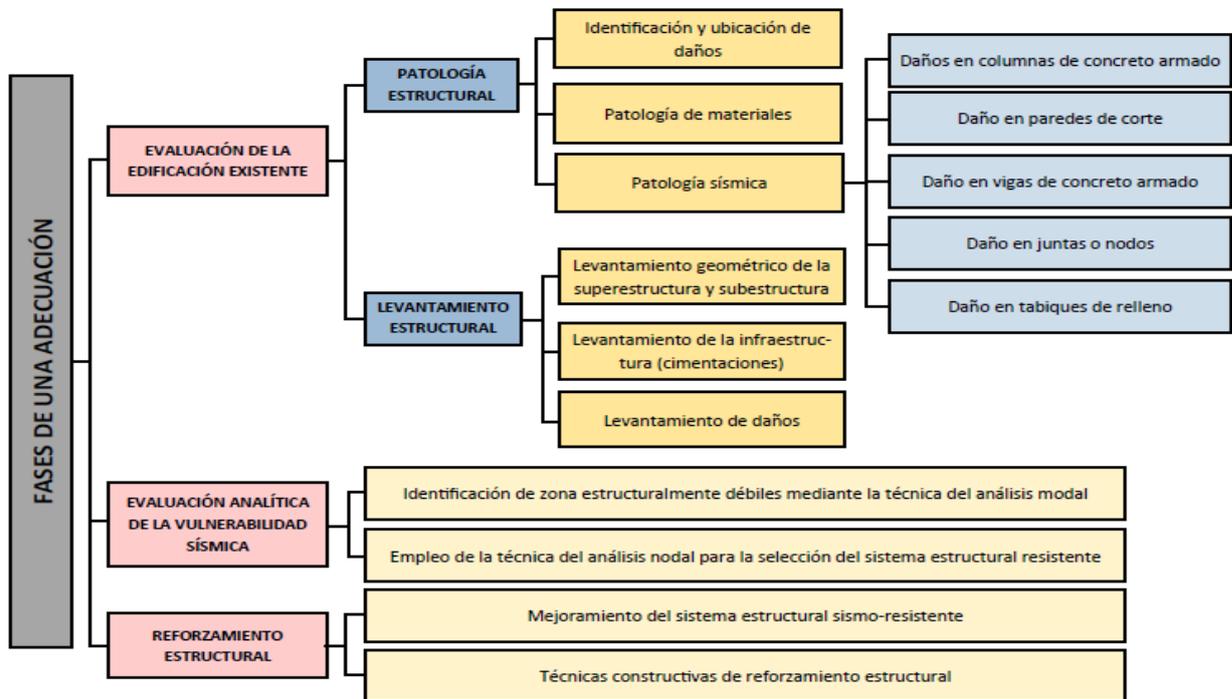
En aquellos casos en los que el daño estructural ha sido muy severo y en los que se presume que el grado de afectación es tan grande que resulta antieconómico proceder a su adecuación.

#### **2.5.6. Fases de una Adecuación:**

Una adecuación sísmica, conocida en norte américa como Retrofitting of Structures, es un proceso que inicia con una investigación y un diagnóstico como fases preliminares, y que necesita apoyo de múltiples especialidades de la ingeniería, tales como la geotécnica, geofísica, sismología, geología, arquitectura además de la intervención de diversas instituciones gubernamentales de ser el caso. Las fases de la adecuación son tres, las cuales se disgregan la Figura 2-48:

Figura 2-48

*Fases de una Adecuación Sísmica*



Nota: Elaboración propia en base a la información de la publicación “procedimientos de Adecuación Sísmica de Edificaciones existentes”, (Bondarenko S. , Procedimientos de Adecuación Sísmica de Edificaciones Existentes, 2018)

### 2.5.7. Técnicas Constructivas De Reforzamiento Estructural

Las técnicas de rehabilitación y reforzamiento de miembros estructurales dependen de muchos factores: del tipo de material constructivo existente, de los objetivos y metas perseguidos en la solución elegida y en gran parte de la experiencia del ingeniero responsable del proyecto de adecuación.

Los materiales utilizados en el reforzamiento estructural deben cumplir requisitos similares a los materiales para una construcción nueva: Deben ser de buena calidad, duraderos, los aceros de refuerzo y la estructura metálica deben protegerse de la corrosión, deben ser dimensionalmente estables y resistentes a los cambios de temperatura; sin embargo a estos requisitos se suman los cuales hacen referencia a la

correcta adherencia entre los materiales existentes y los nuevos, incluyendo la del acero y el concreto, para esto existen diversos tipos de aditivos epóxicos.

Existen diversas técnicas constructivas utilizadas en el reforzamiento estructural de edificios de concreto armado, estas están directamente relacionadas a las deficiencias que pueda presentar la estructura. A continuación, se detallan las más utilizadas:

#### **2.5.7.1. Encamisado**

El encamisado se utiliza para aumentar la resistencia axial, a flexión y al corte de elementos estructurales, incrementando además la ductilidad y la rigidez de los mismos. Suele lograrse añadiendo acero de refuerzo longitudinal y transversal; también colocando una malla electro soldada alrededor del elemento estructural, recubriéndolo posteriormente con concreto autocompactante vaciado in-situ o mediante la aplicación de concreto proyectado, (shotcrete).

#### **2.5.7.2. Engrosamiento de Columnas**

Consiste en el incremento de la sección de una columna existente de concreto armado, añadiendo concreto nuevo a una o varias de sus caras, dependiendo de la accesibilidad disponible. Es imprescindible asegurar la correcta unión del nuevo acero de refuerzo al concreto existente, por medio de anclajes y ganchos debidamente conectados al acero longitudinal existente. La fijación del anclaje al elemento estructural previamente perforado se obtiene secando, limpiando y rellenando el orificio con un adhesivo epóxico, introduciendo posteriormente el perno o cabilla de anclaje.

Con el fin de aumentar la adherencia del concreto nuevo con el concreto existente, es preciso escarificar la superficie de concreto previamente, mediante el uso de martillos percusores de baja revolución.

### **2.5.7.3. Incorporación de Muros de Concreto Armado**

Con la finalidad de rigidizar una edificación, se pueden incorporar en sitios estratégicos muros de concreto armado entre las columnas. Estos muros se conectan a las columnas adyacentes y a las vigas a través de “Conectores De Corte”, a fin de garantizar su integración al sistema de pórticos.

### **2.5.7.4. Tabiques Rellenos con Poliestireno Expandido**

Este procedimiento no rigidiza el sistema estructural, sin embargo permite minimizar la influencia que la tabiquería convencional (unidades de arcilla o de concreto) ejerce sobre la rigidez del sistema estructural de la edificación. Particularmente es útil para disminuir el efecto de columna corta. Para ello es preciso aislar la pared de las columnas mediante la incorporación de ángulos metálicos y tiras de poliestireno expandido ( $e=2.5$  cm).

Además de distintas técnicas de reforzamiento, es importante tener en cuenta el uso de materiales especiales a utilizarse en este tipo de procesos de adecuación, siendo los más comunes los siguientes:

- **Resinas y Adhesivos Epóxicos**

Se utilizan en la reparación de grietas y fisuras, en áreas reducidas de concreto dañado. También puede utilizarse como mortero de relleno para conectar anclajes, pernos, clavijas, etc.

- **Concreto**

Se utiliza para reemplazar secciones de elementos dañados, aumentar la capacidad resistente en las cimentaciones y en la construcción de nuevos muros de corte, destinados a aportar rigidez a la estructura.

Es de gran importancia asegurar la correcta adherencia entre las superficies de concreto nuevo y antiguo, para ello es recomendable escarificar las superficies de contacto, limpiándolas además con un chorro de aire y humedeciéndolas previamente al vaciado del concreto nuevo, además del uso de aditivos químicos que sirven como puentes de adherencia.

- **Concreto Autocompactante**

Es extremadamente fluido, muy cohesivo y no se segrega, permitiendo de esta forma su colocación sin la necesidad de ser vibrado. A pesar de tener una baja relación agua cemento ( $a/c$ ), presenta gran cohesión interna y una excelente trabajabilidad. Puede ser colocado por bombeo o vertido directamente con tolva. Es ideal para su colocación en espacios confinados de dimensiones reducidas, engrosamiento de secciones, etc.

- **Concreto Proyectado**

Puede utilizarse solo o mezclándose con fibras especiales, a fin de reparar y reforzar elementos que han sufrido daños en su capacidad resistente y que han sido previamente forrados con mallas de acero y en muros existentes de concreto armado con recubrimientos deficientes. Puede utilizarse además como recubrimiento de acero de refuerzo expuesto a la vista en losas de techo. Presenta como ventaja una buena capacidad de adherencia, rapidez y ausencia casi total de encofrados. Mientras que como desventajas pueden señalarse el enorme desperdicio que se da en el rebote de material y la necesidad de equipos y personal especializado.

- **Mortero y Grout**

Son mezclas de cemento, arena y agua, comúnmente utilizados para rellenar grietas en elementos de concreto armado o en paredes de albañilería. También se

utiliza como material de nivelación de planchas en bases de columnas metálicas conectadas a la fundación mediante pasadores o pernos roscados embebidos.

- **Acero de Refuerzo**

Se utiliza en el refuerzo de secciones de concreto, que pueden engrosarse, o como refuerzo en pantallas o elementos estructurales de aporte en rigidez.

- **Perfiles Metálicos**

Se utilizan básicamente como elementos de arriostramiento o en diagonales con el fin de limitar los desplazamientos laterales producidos, por ejemplo, durante la acción de un sismo.

- **Poliestireno Expandido (EPS)**

Es utilizado como material de separación en juntas estructurales y/o para aislar los tabiques y marcos de ventanas de las columnas en las fachadas, minimizando así el efecto de columna corta.

- **Láminas de Fibra de Carbón**

Son utilizadas en aquellas situaciones en las que se requiere un incremento de la resistencia a flexión de los elementos estructurales y en las que se pretenda corregir fallas causadas por la corrosión. Es una solución sumamente costosa. Entre sus beneficios más sobresalientes se destacan: Aumento de la resistencia a flexión y al corte, aumento de la resistencia de confinamiento (ductilidad) y resistencia a explosiones e impactos. De rápida ejecución.

- **Control de la Corrosión**

Con el fin de minimizar el efecto del salitre presente en ambientes marinos, es recomendable que se sometan a un proceso de Sandblasting o de granallado y a un pintado mediante pintura epóxica, los perfiles metálicos, planchas, pernos, anclajes, etc. Esto previo a su montaje.

# CAPITULO III

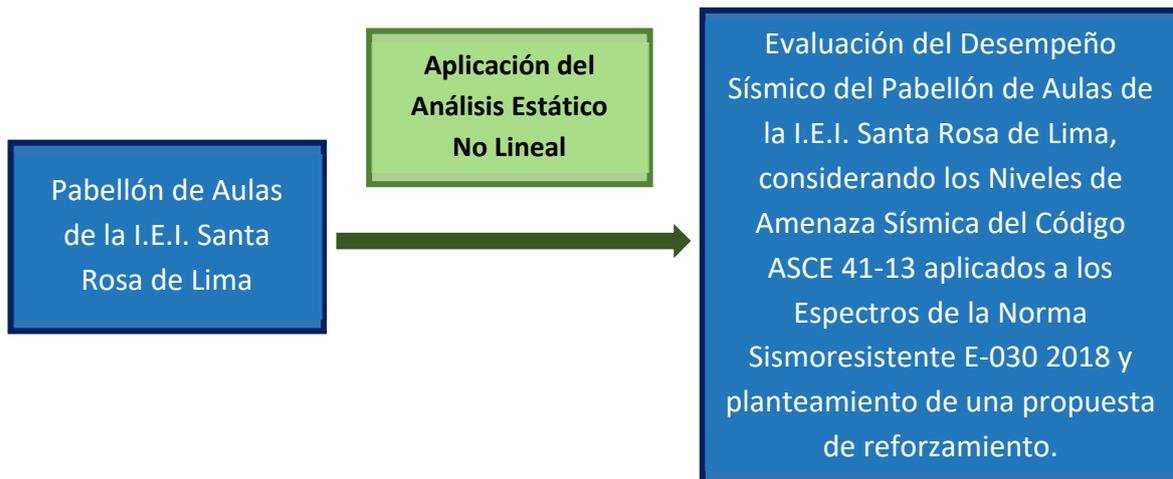
## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. PROPUESTA EXPERIMENTAL

**Figura 3-1**

*Propuesta Experimental de la Tesis de Investigación*



La presente investigación se realizó teniendo en cuenta el modelo mostrado en la Figura 3-1, la cual muestra un diseño de investigación Pre-experimental de Postprueba, del mismo se desprende que la investigación consiste en tomar la muestra de Control “El pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. Santa Rosa de Lima” y Aplicar el Análisis Estático No-Lineal Pushover en el mismo, previa obtención de forma experimental de la resistencia real de la edificación por medio del ensayo de Prismas diamantinos, de manera que se obtenga como resultado la evaluación del desempeño sísmico de la muestra, considerando los Niveles de amenaza sísmica y niveles de desempeño sísmico establecidos en la Norma Americana ASCE 41- 13 usando como base el Espectro de Pseudoaceleraciones establecido en la Norma Técnica Peruana E030 -2018.

## 3.2. METODOLOGÍA

### 3.2.1. Método Inductivo

Este método es usado para deducir el comportamiento de los distintos pabellones de edificación de la institución educativa inicial Santa Rosa de Lima, partiendo del análisis de una muestra en particular: “El pabellón de aulas N° 01 de dicha institución”, para esto se tomó en cuenta el siguiente orden:

- En primer lugar, se partirá de la Observación de los datos obtenidos de forma preliminar, tales como los planos As Built de la edificación, visitas técnicas y resistencia a la compresión del concreto Insitu.
- En segundo lugar, se realizará el estudio de los datos recaudados en base a los procedimientos establecidos para la evaluación sísmica en la norma ASCE 41-13, los mismos que incluyen la realización del Análisis Estático No-Lineal Pushover, aplicado al pabellón de aulas N° 01 de la institución educativa inicial Santa Rosa de Lima.
- En tercer lugar, se realizará la evaluación de los resultados obtenidos del Análisis Estático No-Lineal Pushover para el Pabellón de Aulas, contrastando la hipótesis del presente informe.
- Finalmente se demostrará la veracidad de la hipótesis anteriormente mencionada.

### 3.2.2. Método Analítico

Una vez realizado en Análisis Estático No-lineal Pushover del pabellón de aulas N° 01 de la institución educativa inicial Santa Rosa de Lima se empleará el método analítico para evaluar los elementos estructurales, vigas y columnas de manera individual, en

específico la aparición de rótulas plásticas en las mismas y el nivel de desempeño en el que se encuentran.

Posteriormente se realizará una comparación del nivel de desempeño obtenido para la edificación en su totalidad, con los niveles de los elementos estructurales de manera individual, evaluando la relación de los mismos y planteando una conclusión al respecto.

### 3.3. POBLACIÓN MUESTRAL

La presente investigación tiene como un **Universo** un total de siete instituciones educativas:

- I.E.I. N°517 Mis Pequeños Angelitos
- I.E.I. N°652-02 Santa Rosa de Lima
- I.E.I. N° 677 Mi Segundo Hogar
- I.E.I. Príncipe de Asturias
- I.E.I. N° 652-22 Señor de los Milagros
- I.E.I. N° 7097 Villa Amstelveen
- I.E.I. N° 652-23 Los Portales

Mismas que forman parte de un paquete de proyectos elaborados por la Municipalidad de Villa el Salvador, con la aprobación y financiación del Ministerio de Educación, aprobado esto mediante Resolución de Alcaldía N° 524 – 2016 – ALC/MVES con fecha 23 de junio del año 2016 (Ver Anexo N° 01).

De este grupo de colegios, se tomó como **Población** de Análisis la institución educativa inicial N° 652-02 Santa Rosa de Lima, partiendo de la premisa de que esta es una edificación en las que se han presentado diversas inquietudes de parte de los padres de

familia y el personal administrativo de la institución, debido a la aparición de fisuras en distintos elementos de la edificación.

La edificación de la institución educativa inicial Santa Rosa de Lima cuenta con un pabellón administrativo, un bloque de escaleras independiente, un pabellón de Aulas, un bloque de rampas y un bloque independiente para el uso de cocina de un solo nivel.

De estos se tomó como **Muestra** representativa el pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 Santa Rosa de Lima, por ser el pabellón que representaría más riesgo de vida por albergar infantes.

### **3.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES PARA OBTENER LOS DATOS**

Las Técnicas consideradas en la investigación presente son las Técnicas de Recolección de Datos, mismas que se definen como el conjunto de Instrumentos y Procedimientos para recoger, validar y analizar la información necesaria que permita lograr los objetivos de la investigación. Los Instrumentos vienen a representar los recursos de los que se vale el Investigador para acercarse a los fenómenos investigados y extraer información de ellos. En la presente investigación se han empleado Instrumentos tanto de Fuentes Primarias como de Fuentes Secundarias: los Instrumentos de Fuentes Primarias de los que se ha hecho uso son: La Observación Directa, La Experimentación y El Registro Fotográfico, mientras que los Instrumentos de Fuentes Secundarias son los Documentos Recaudados tales como el Expediente Técnico de la Obra y los planos As Built de la misma.

#### **3.4.1. OBSERVACIÓN DIRECTA. -**

La Evaluación por Observación Directa consiste en Extraer Información directamente del Objeto en estado de investigación, para esto se realizaron visitas técnicas a la

institución educativa inicial Santa Rosa de Lima, en ellas pudo contrastarse la Información establecida en los Planos del Proyecto, encontrándose que existían variaciones con lo establecido en el Expediente Técnico, por lo que se procedió a la Solicitud de los planos As Built de la misma. Por otro lado, se pudo evidenciar la existencia de fisuras en elementos no estructurales de la edificación lo que ratifica lo informado por los padres de familia y personal administrativo de la institución educativa inicial.

#### **3.4.2. EXPERIMENTACIÓN. –**

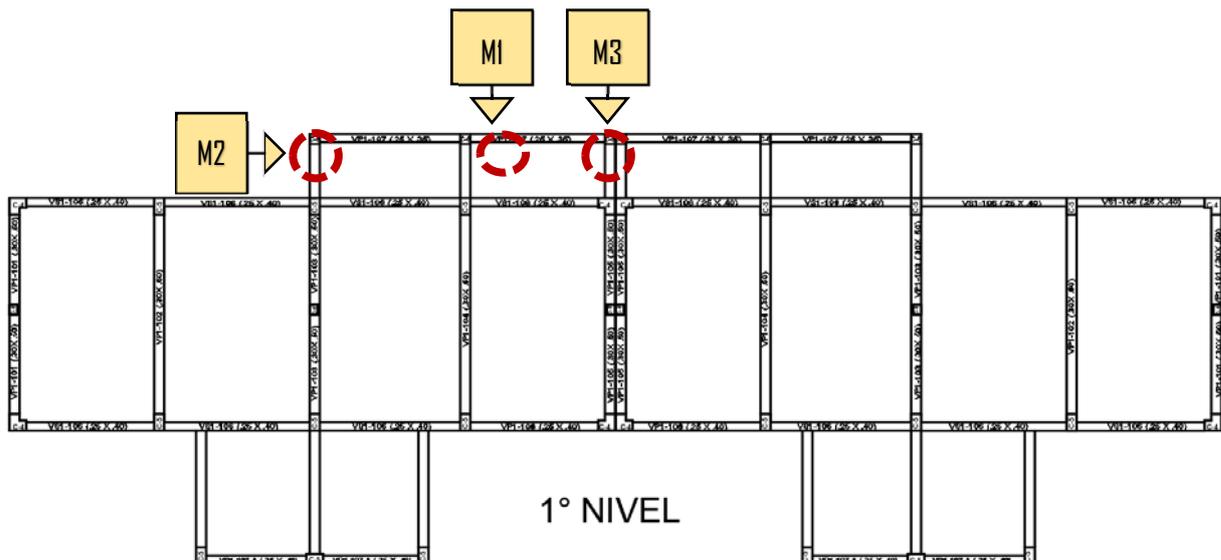
El Modelamiento de una Estructura está estrechamente ligado a los parámetros de entrada, tales como la definición de materiales y la geometría del edificio, los materiales de mayor relevancia en las edificaciones de concreto armado son el concreto y el acero de refuerzo, aunque las características del primero presentan menos posibilidad de variabilidad por estar estandarizadas, las del concreto son muy variables dependiendo del empleo y el manejo de los materiales que lo conforman durante los trabajos de campo. Es por esto que es necesaria la obtención del parámetro más aproximado a la situación real posible. Debido a esto se determinó la realización de un ensayo de compresión de prismas diamantinos (NTP 339.034:2015 y NTP 339.059:2017), para esto se recurrió a la Experimentación donde se contrasto el valor de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  establecido por el Expediente Técnico, con los resultados Obtenidos por el Proceso Experimental.

Se realizaron extracciones de Prismas Diamantinos en dos fechas distintas, la primera tuvo lugar el 19 de setiembre del año 2018, fecha en la que se extrajeron un total de 3

muestras, una en una viga y otras dos en columnas, tal y como se muestra en la Figura 3-2.

**Figura 3-2**

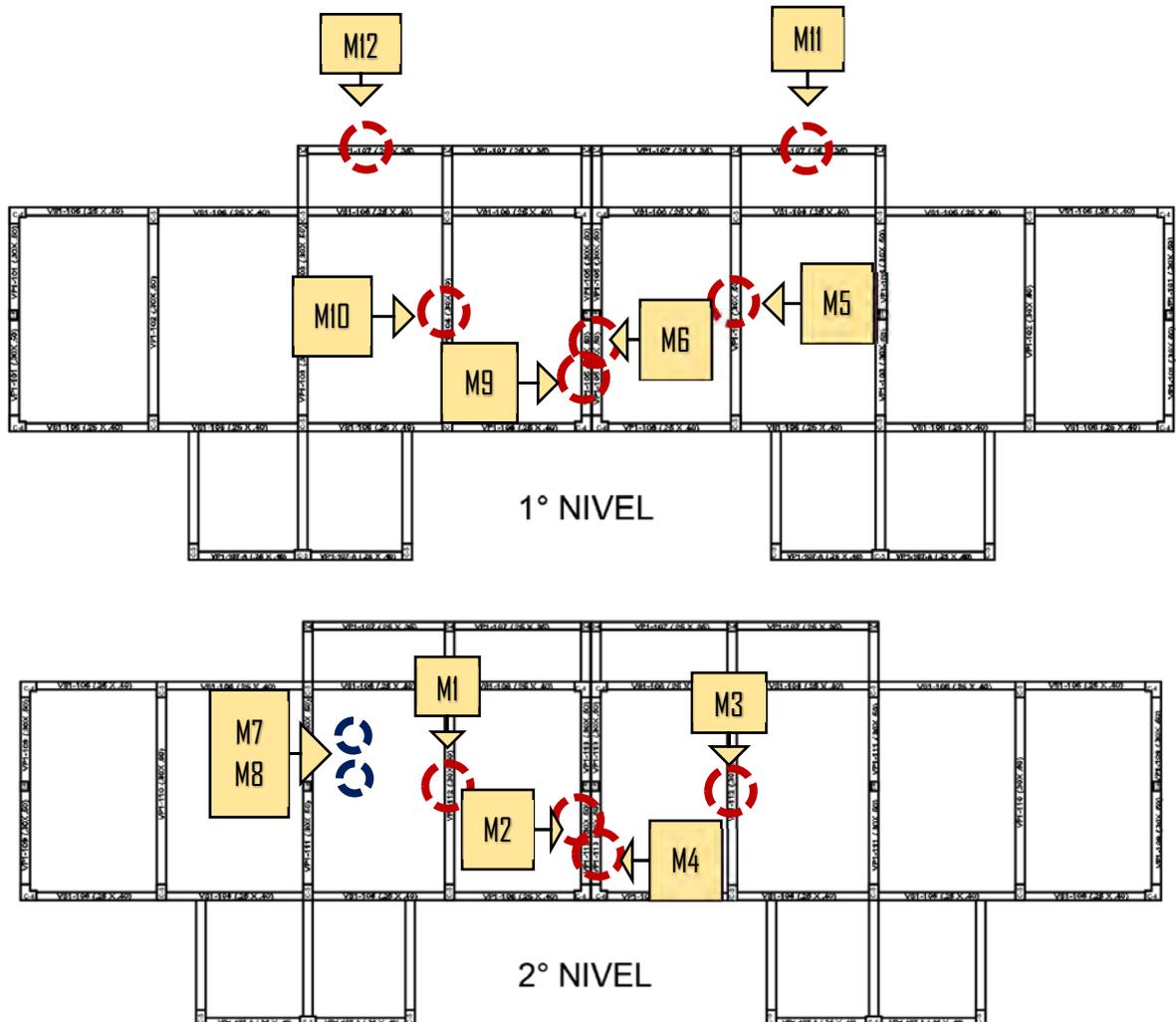
*Ensayos de Prismas Diamantinos – Fecha 1*



Los resultados de la primera Fecha se pueden encontrar en el **Anexo N° 02**. Una de las tres muestras que se extrajeron arrojó un valor menor a  $0.75 f'c$ , por tanto, en cumplimiento al numeral 5.6.5.4. de la Norma E 0.60 del R.N.E., se debió programar una segunda fecha, a fin de extraer núcleos adicionales de concreto y verificar su resistencia. De esta forma, el día 29 y 30 de octubre del año 2018, se realizó la extracción de prismas diamantinos adicionales, los cuales fueron programados en las vigas y losas, debido a que la resistencia que arrojó un resultado menor en la primera fecha, fue la que se ubicó en una viga. Se extrajeron un total de 12 muestras, de las cuales se ubicaron un total de 10 en las vigas y 2 en las losas, tal y como se muestra en la Figura 3-3.

Figura 3-3

Ensayos de Prismas Diamantinos – Fecha 2



Los resultados de la segunda fecha de ensayos, se pueden encontrar en el **Anexo N° 03**.

### 3.4.3. REGISTRO FOTOGRÁFICO. –

Los Registros fotográficos son un componente en la investigación, que procede metodológicamente mediante la creación de representaciones visuales de elementos preexistentes, mismos que sirven de apoyo para la obtención de información del elemento en estudio. Para la presente investigación, se realizó la toma de diversas

fotografías durante las tres visitas técnicas realizadas a la Institución educativa, mismas que se presentaran en el **Anexo N° 04**.

#### **3.4.4. DOCUMENTOS RECAUDADOS. –**

El recaudar documentos fidedignos es de vital importancia para la investigación, por este motivo se solicitó la información a la Municipalidad Distrital de Villa el Salvador, es decir, el Expediente Técnico de la Obra y los planos Post Construcción (As Built), mismos que fueron entregados de manera digital para propósitos de la investigación.

Además de los Instrumentos de la investigación mencionados en los párrafos precedentes, para la elaboración de la presente investigación se han empleado como instrumentos el Procesamiento de Datos mediante los Softwares Microsoft Excel 2016, Microsoft Word 2016 y el software especializado en el análisis y diseño de edificaciones. Los procesos realizados, serán explicados en la descripción de la elaboración del Modelo Estructural y Procesamiento de Datos.

### **3.5. MODELO ESTRUCTURAL**

#### **3.5.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL MODELADO.**

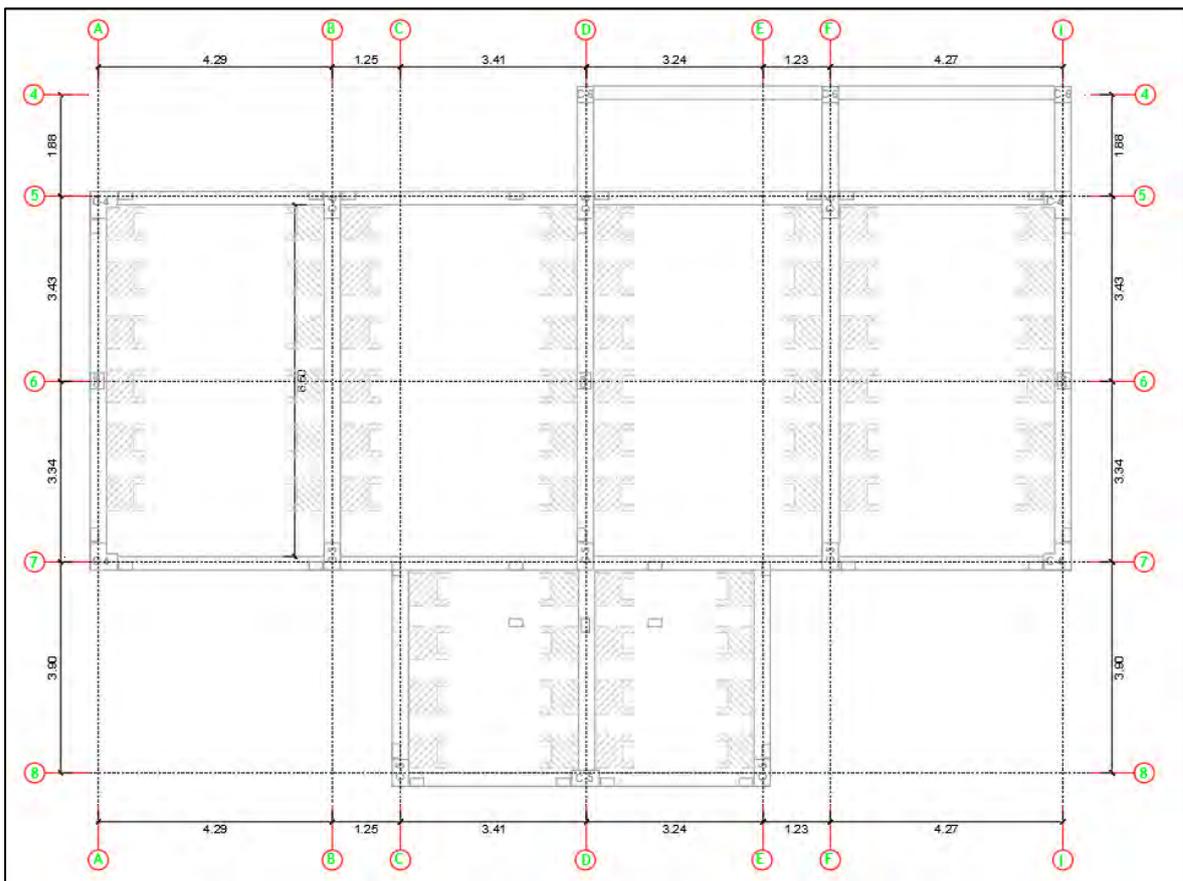
El Modelado del Bloque de aulas se realizará en el Software especializado en el análisis y diseño de edificaciones, teniendo como base la estructura detallada en los planos As Built de la obra “AMPLIACIÓN DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA”.

### 3.5.2. DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL MODELO.

El modelo se realizará teniendo como base las unidades en kg-m, y se utilizará para el modelado la opción de modelado con grillas “Grid Only”, en base a las distancias del Bloque de aulas, que se muestran en la Figura 3-4.

**Figura 3-4**

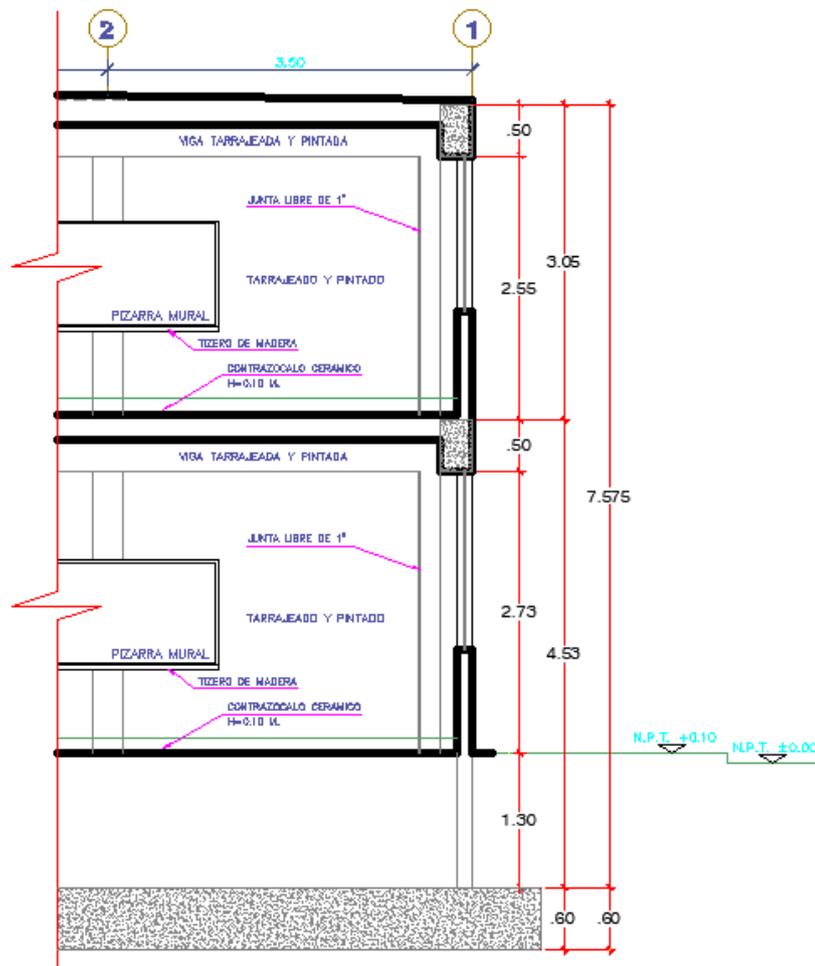
*Vista en Planta del Bloque de Aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima*



Las alturas de entrepiso son tomadas también de los planos As Built del Bloque de aulas, sumándole únicamente el valor de 1.50 m al primer nivel (Esto debido a la diferencia entre profundidad de desplante de  $D_f=1.80$  m y el valor de 0.30 m, que es la media del espesor de la zapata):

**Figura 3-5**

*Visualización de las Alturas del Bloque de Aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima*



### 3.5.3. DEFINICIÓN DE MATERIALES

- **Concreto:**

La resistencia a la compresión del concreto establecida para el concreto en el expediente técnico de la obra: “AMPLIACIÓN DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA” es de 210 kg/cm<sup>2</sup>m, sin embargo, la realización de una análisis más real de la edificación como lo es en el presente caso el análisis

estático no-lineal, realizado para la evaluación estructural de la infraestructura de la Institución Educativa, requiere de los parámetros más reales que puedan ser obtenidos de la edificación, entre ellos la referida resistencia a la compresión. El Órgano de Control Institucional de la Municipalidad Distrital de Villa el Salvador, ordenó la realización de tres extracciones de prismas diamantinos con fecha: 19/09/2018 en tres elementos estructurales, tal como se detalla en la Tabla 3-1.

**Tabla 3-1:**

*Resistencia a la Compresión de Prismas Diamantinos – Fecha 1*

| N ° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA (Kg) | FACTOR DE CORREC. (Alt./Diám.) | F'c (Kg/cm <sup>2</sup> ) | F'c (MPa) | TIPO DE FRACTURA |
|-----|----------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|---------------------------|-----------|------------------|
| 1   | V1-VIGA                    | 53.46                   | 8242       | 0.97                           | 150                       | 14.7      | TIPO 3           |
| 2   | C6D-COLUMNA                | 53.46                   | 11947      | 0.97                           | 217                       | 21.3      | TIPO 3           |
| 3   | C6I-COLUMNA                | 53.46                   | 13046      | 0.97                           | 237                       | 23.3      | TIPO 3           |

Nota: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos mediante Anexo 02.

Como puede visualizarse en el cuadro la resistencia a la compresión del Prisma realizado en la Viga VP1-107 (.25x.35) del Bloque de aulas es menor a la resistencia establecida por el Expediente Técnico, motivo por el cual según lo establecido en la normativa deben realizarse otros tres ensayos adicionales, a fin de verificar los resultados. Debido a esta situación se ordenó la extensión de 12 Prismas Diamantinos adicionales, mismas que se realizaron los días 29/10/2018 y 30/10/2018, en los elementos estructurales del tipo Viga y Losa, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3-2 siguiente:

**Tabla 3-2:**

*Resistencia a la Compresión de Prismas Diamantinos – Fecha 2*

| Nº | IDENTIFICACIÓN<br>DE MUESTRAS | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) | CARGA<br>(Kg) | FACTOR DE<br>CORRECCIÓN<br>(Alt./Diám.) | F <sup>'c</sup><br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | F <sup>'c</sup><br>(MPa) | TIPO DE<br>FRACTURA |
|----|-------------------------------|----------------------------|---------------|---|--|--------------------------|---------------------|
| 1  | VP1-112-VIGA                  | 42.8                       | 10243         | 1                                       | 239                                      | 23.5                     | TIPO 3              |
| 2  | VP1-113-VIGA                  | 42.8                       | 9201          | 1                                       | 215                                      | 21.1                     | TIPO 3              |
| 3  | VP1-112-1-VIGA                | 42.8                       | 14480         | 1                                       | 338                                      | 33.2                     | TIPO 3              |
| 4  | VP1-113-2-VIGA                | 42.8                       | 14048         | 1                                       | 328                                      | 32.3                     | TIPO 3              |
| 5  | VP1-104-8-VIGA                | 42.8                       | 19525         | 1                                       | 456                                      | 44.8                     | TIPO 4              |
| 6  | VP1-105-7-VIGA                | 42.8                       | 19924         | 1                                       | 466                                      | 45.8                     | TIPO 3              |
| 7  | TECHO1 - LOSA                 | 42.8                       | 23185         | 0.89                                    | 482                                      | 47.4                     | TIPO 2              |
| 8  | TECHO 2 - LOSA                | 42.8                       | 12490         | 0.94                                    | 274                                      | 26.9                     | TIPO 3              |
| 9  | VP1-105-6-VIGA                | 42.8                       | 11952         | 1                                       | 279                                      | 27.4                     | TIPO 3              |
| 10 | VP1-104-5-VIGA                | 42.8                       | 9212          | 1                                       | 215                                      | 21.1                     | TIPO 3              |
| 11 | VP1-107-9-VIGA                | 42.8                       | 23011         | 0.97                                    | 522                                      | 51.3                     | TIPO 2              |
| 12 | VP1-107-10-VIGA               | 42.8                       | 10952         | 1                                       | 256                                      | 25.2                     | TIPO 3              |

Nota: Elaboración propia en base a los resultados obtenidos mediante Anexo 03.

De los resultados obtenidos, se eliminó el primer resultado obtenido para la viga VP1-107 (.25x.35) del Bloque de aulas, debido al resultado disperso de los valores obtenidos para las otras vigas (valores atribuidos a una condición de error en el ensayo).

Con los datos mencionados se procedió a la obtención de las resistencias a la compresión promedio para los elementos estructurales ensayados:

$$f^c \text{ vigas} = 331 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^c \text{ col} = 227 \text{ kg/cm}^2$$

$$f^c \text{ losa} = 378 \text{ kg/cm}^2$$

Estas son las que serán definidas en el modelo estructural de la presente investigación, en la Figura 3-6, Figura 3-7 y Figura 3-8, se presentan ejemplos de la definición de materiales para el modelo.

**Figura 3-6**

*Definición de Materiales - Concreto  $f'c = 378 \text{ kg/cm}^2$*

**Material Property Design Data**

**Material Name and Type**

Material Name: Con=378kg/cm2

Material Type: Concrete, Isotropic

Grade: f'c 4000 psi

**Design Properties for Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 3780000 kgf/m<sup>2</sup>

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: [ ]

OK Cancel

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: Con=378kg/cm2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [ ] Change...

Material Notes: [ ] Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0 kgf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0 kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2935775536 kgf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1223239807 kgf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

[ ] Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

[ ] Nonlinear Material Data... [ ] Material Damping Properties...

[ ] Time Dependent Properties...

OK Cancel

- Acero:

Figura 3-7

*Definición de Materiales - Acero  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$*

**Material Property Design Data**

**Material Name and Type**

Material Name:

Material Type:

Grade:

**Design Properties for Rebar Materials**

Minimum Yield Strength, Fy:  kgf/m<sup>2</sup>

Minimum Tensile Strength, Fu:  kgf/m<sup>2</sup>

Expected Yield Strength, Fye:  kgf/m<sup>2</sup>

Expected Tensile Strength, Fue:  kgf/m<sup>2</sup>

OK Cancel

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kgf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  kgf/m<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

OK Cancel

- Albañilería:

**Figura 3-8**

*Definición de Materiales - Albañilería del Tipo IV*

**Material Property Design Data**

**Material Name and Type**

Material Name: Albañilería IV

Material Type: Masonry, Isotropic

Grade: fcm 2000 psi

**Design Properties for Concrete Materials**

Specified Compressive Strength,  $f'_m$ : 650000 kgf/m<sup>2</sup>

OK Cancel

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: Albañilería IV

Material Type: Masonry

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:   Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 1800 kgf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 183.549 kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 325000000 kgf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000081 1/C

Shear Modulus, G: 135416666.67 kgf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time-Dependent Properties...

OK Cancel

### 3.5.4. DEFINICIÓN DE SECCIONES

Se realizó la definición de secciones en el Software, para ello se empleó la cuantía de acero de la información recabada en los planos As Built del proyecto referido a la I.E.I. N° 652-02 Santa Rosa de Lima.

- **Columnas:**

Con respecto a las columnas de la edificación, se realizó el modelado de las mismas, respetando la información proporcionada por la Figura 3-9.

**Figura 3-9**

*Cuadro Resumen de Columnas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima*

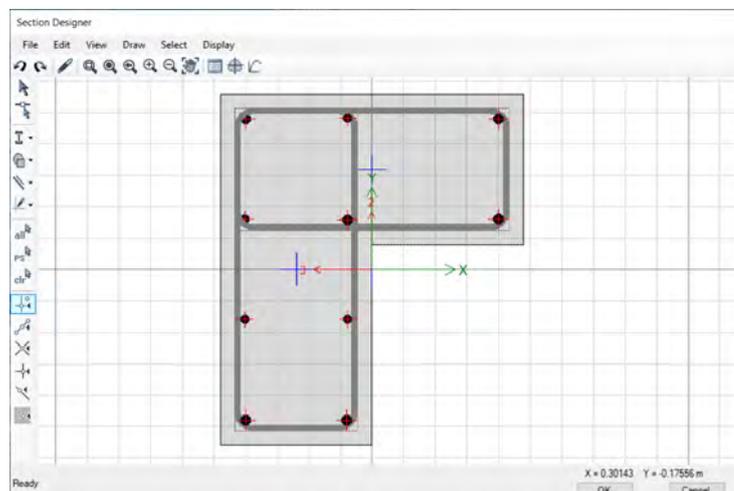
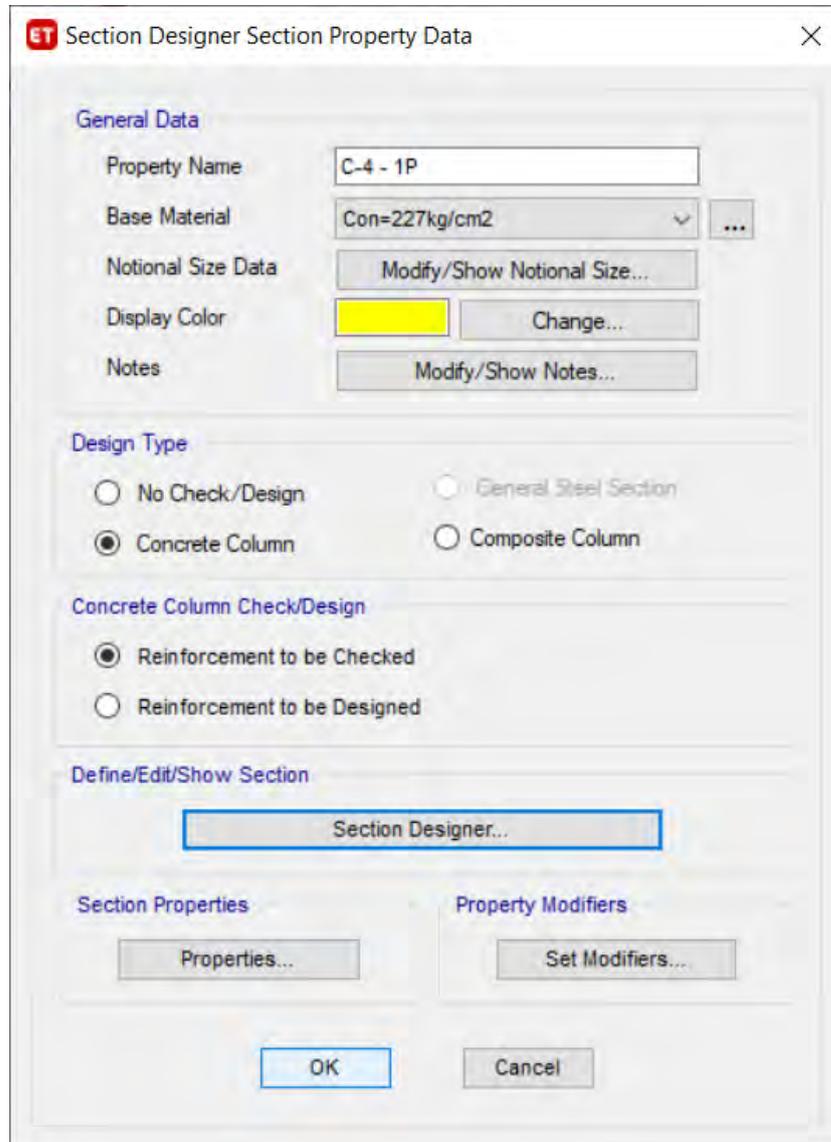
| PISO           | C-1   | C-2   | C-3   | C-4  | C-5  | C-6   |
|----------------|---|---|---|--|--|---|
| <b>SECCION</b> |   |   |   |  |  |   |
| <b>1° PISO</b> | 4 Ø 5/8"<br>1 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.25 clear. | 6 Ø 5/8"<br>1 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.25 clear. | 6 Ø 1/2"<br>1 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.25 clear. | 6 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2"<br>3 □ Ø 3/8": 1 a 0.05, 6 @ 0.10, 3 @ 0.15, resto @ 0.25 clear. | 4 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2"<br>2 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 7 @ 0.10, resto @ 0.20 clear. | 4 Ø 5/8"<br>2 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 7 @ 0.10, resto @ 0.20 clear. |
| <b>2° PISO</b> | 4 Ø 5/8"<br>1 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.25 clear. | 6 Ø 5/8"<br>1 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.25 clear. |   | 6 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2"<br>3 □ Ø 3/8": 1 a 0.05, 6 @ 0.10, 3 @ 0.15, resto @ 0.25 clear. | 4 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"<br>2 □ Ø 3/8": 1 @ 0.05, 7 @ 0.10, resto @ 0.20 clear. |   |

*Nota: Extraído del Anexo 11 de la presente investigación.*

Se procedió con la definición de las secciones, por ejemplo, en caso de la Columna C-4, y debido a que la distribución de acero no es la misma para el primer y segundo nivel, se separaron las secciones en “1P”, referidas al primer piso y “2P”, referidas al segundo, esto se puede observar en la Figura 3-10 y Figura 3-11.

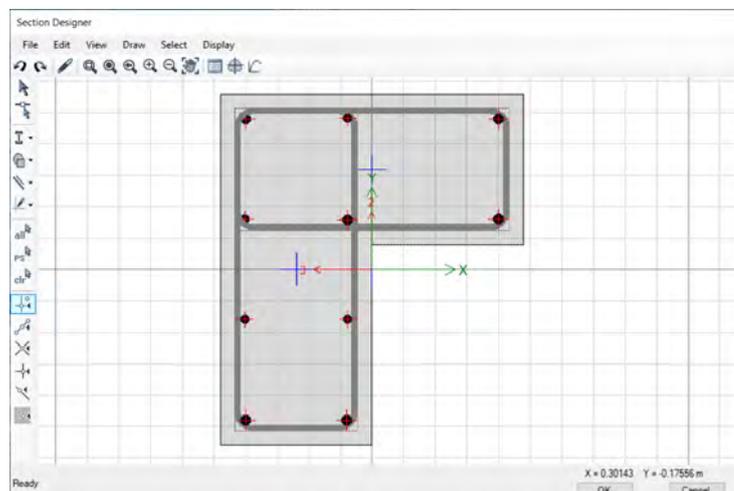
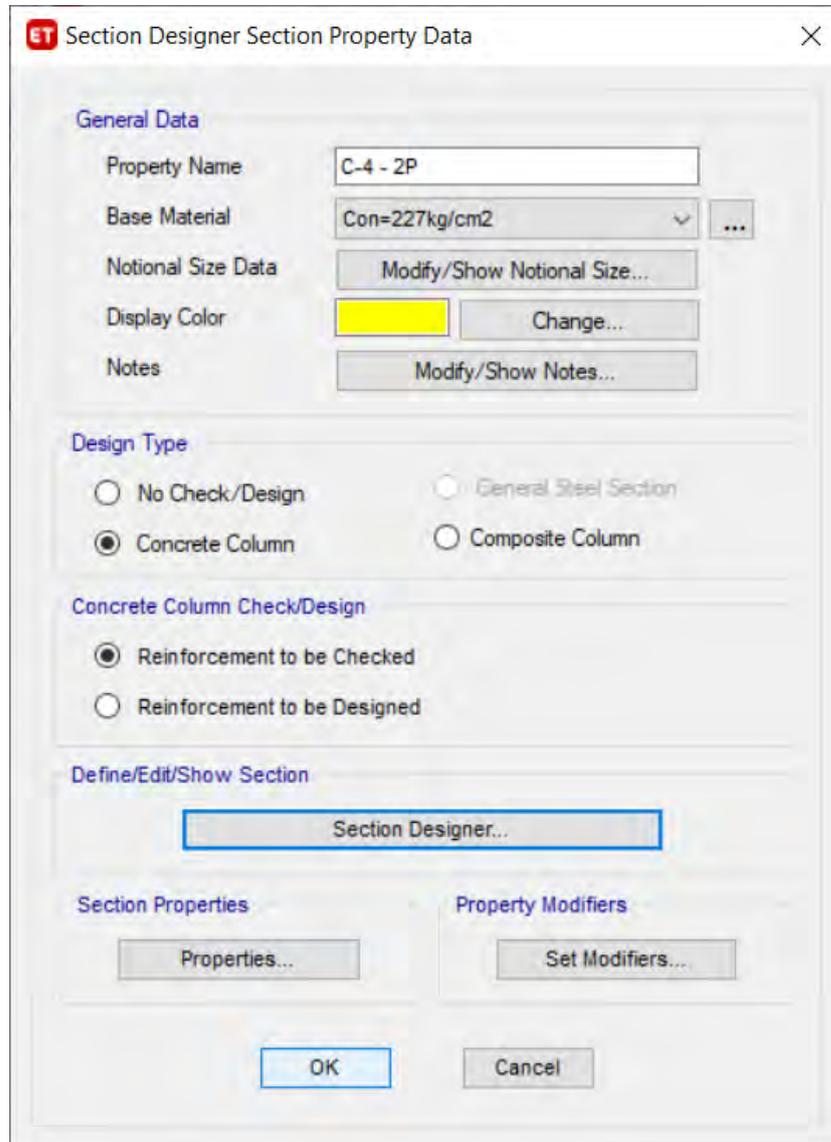
**Figura 3-10**

*Creación de Columna C-4 – 1P*



**Figura 3-11**

*Creación de Columna C-4 – 2P*



• **Vigas:**

La cuantía de acero empleada para la definición de secciones de los elementos tipo Viga se asumió en relación a los planos de desarrollo de vigas pertenecientes a los planos As Built de la información recabada preliminarmente (Ver Anexo 11). La definición se realizó en todas las secciones siguiendo el procedimiento que se presenta en el ejemplo a continuación (Figura 3-12) en relación al caso de la viga: VP1 101 (.30X.50) – A – (7-6) – 1:

**Figura 3-12**

*Creación de Viga VP1 101 (.30X.50) – A – (7-6) – 1*

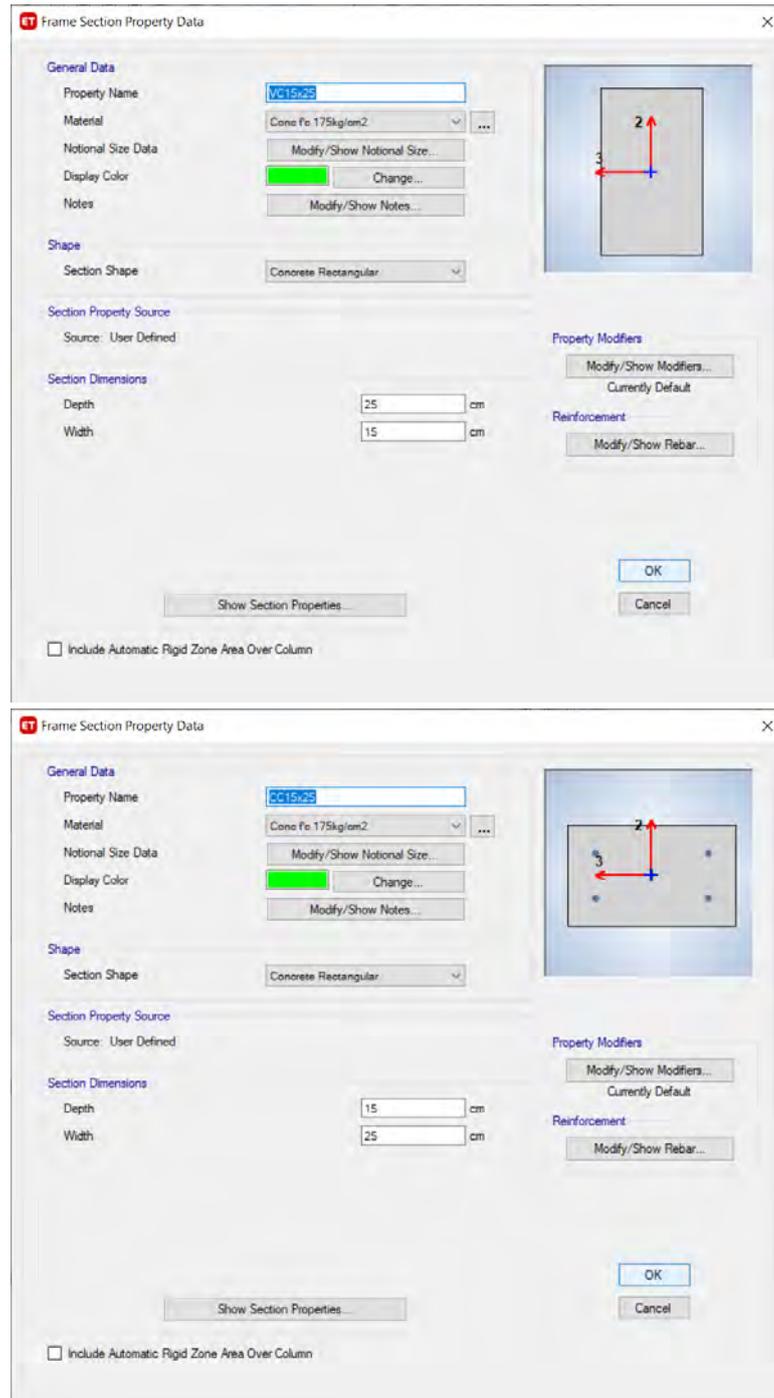


- **Elementos de Confinamiento:**

En el caso de los elementos de confinamiento, se modelaron de acuerdo a lo presentado en la Figura 3-13:

**Figura 3-13**

*Creación de Columnetas*

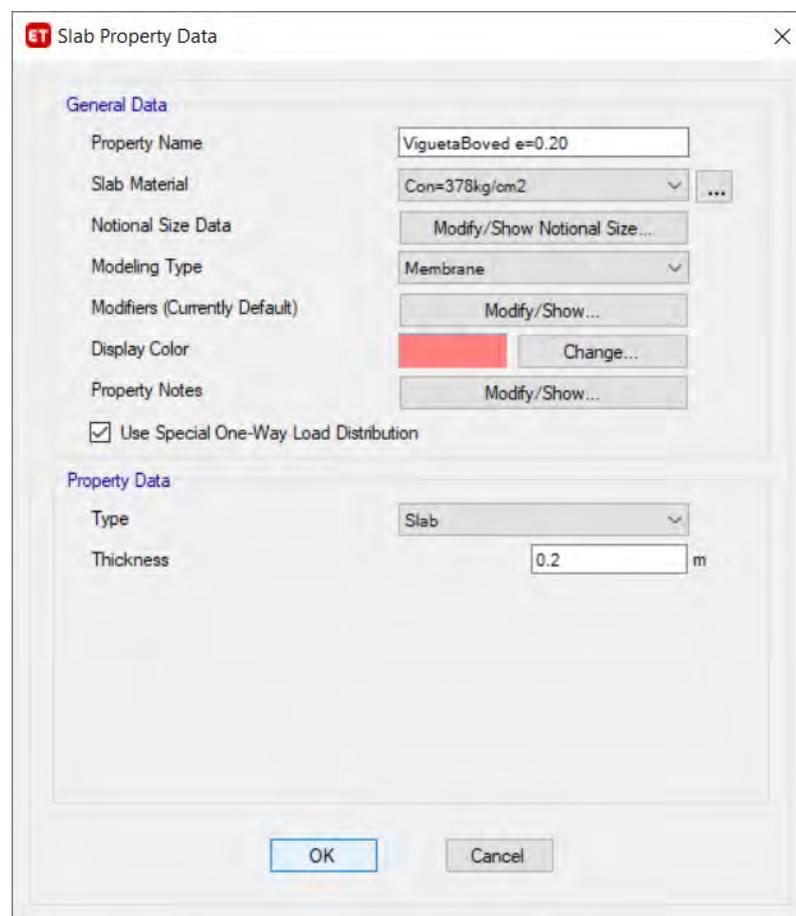


- **Losa Aligerada – Sistema Viguetas Bovedilla:**

Debido a que para el análisis de la edificación la losa actúa como un transmisor de cargas a las vigas correspondientes, el sistema de Viguetas Bovedilla se definirá como una membrana, con la resistencia a la compresión hallada de los ensayos de diamantina correspondientes a la losa existente, mencionados en el Item 3.5.4. El apartado 10.2.2.4.2.4 de la norma ASCE 41-13, nos menciona que se debe permitir la exclusión de los componentes pretensados en diafragmas para el análisis no-lineal, motivo por el cual se modelaron las losas de acuerdo a lo presentado en la Figura 3-14.

**Figura 3-14**

*Creación de Viguetas Bovedilla  $e=0.20m$*



### 3.5.5. ASIGNACIÓN DE SECCIONES AL MODELO

A continuación, se presentan las vistas correspondientes al modelo estructural del

Bloque de aulas en análisis, con las secciones asignadas:

- **Vista en Planta:** La vista en planta de las secciones asignadas se muestra en la

Figura 3-15.

**Figura 3-15**

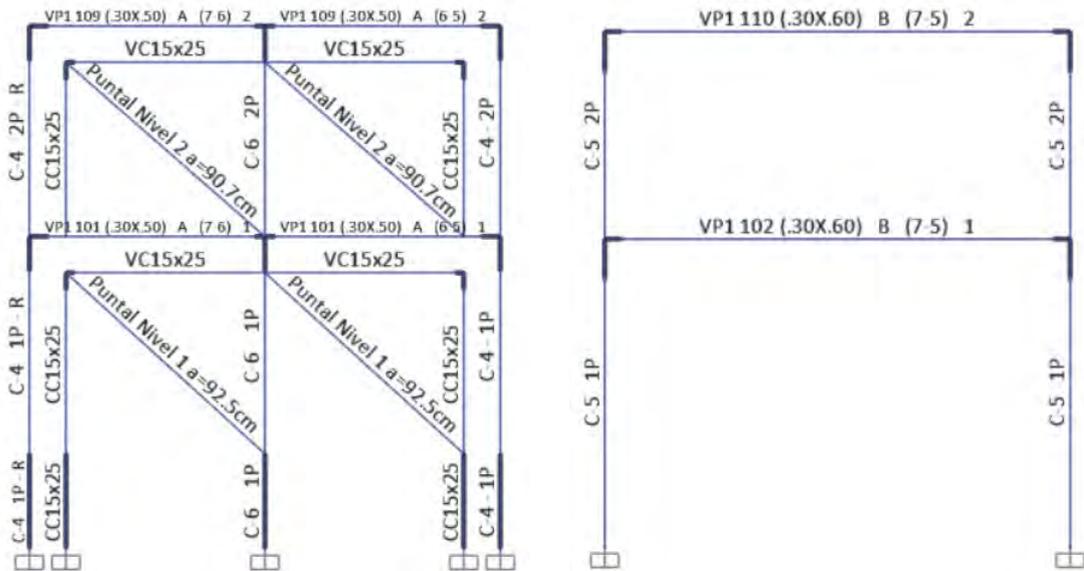
*Asignación de Secciones – Piso 1 y Piso 2*



- **Vista en Elevación:** La vista en elevación de las secciones asignadas se muestra en la Figura 3-16, Figura 3-17, Figura 3-18 y Figura 3-19.

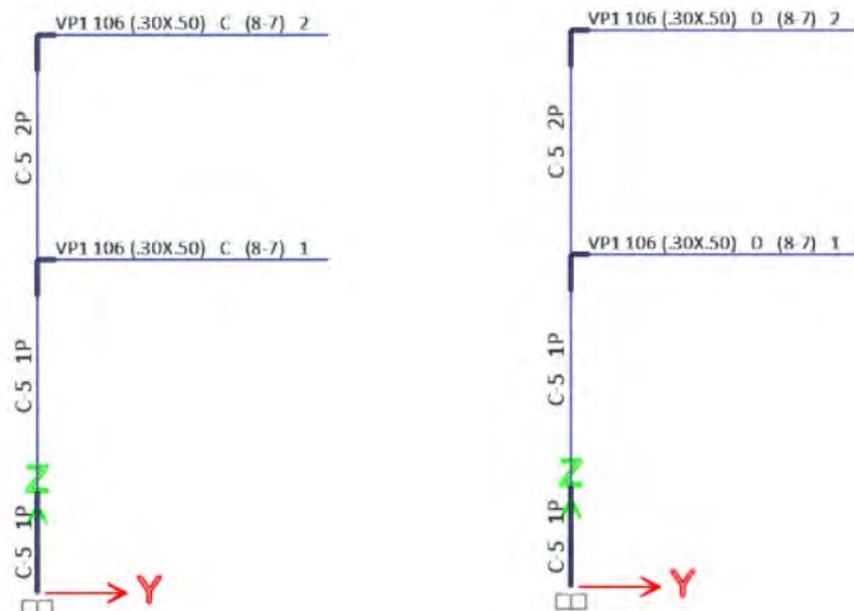
**Figura 3-16**

*Asignación de Secciones – Eje A-A y Eje B-B*



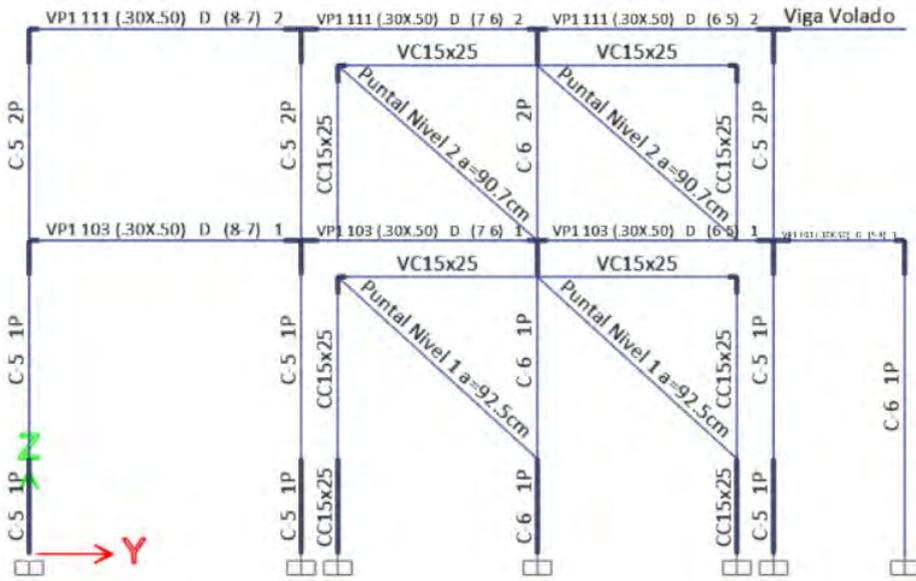
**Figura 3-17**

*Asignación de Secciones – Eje C-C y E-E*



**Figura 3-18**

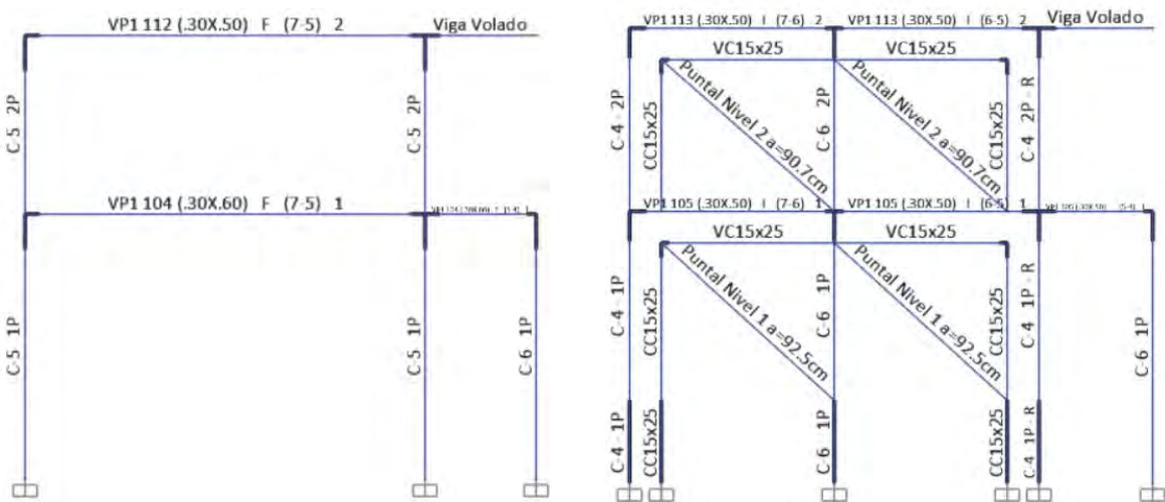
*Asignación de Secciones – Eje D-D*



- Vista en Elevación - Eje F-F:

**Figura 3-19**

*Asignación de Secciones – Eje F-F y I-I*

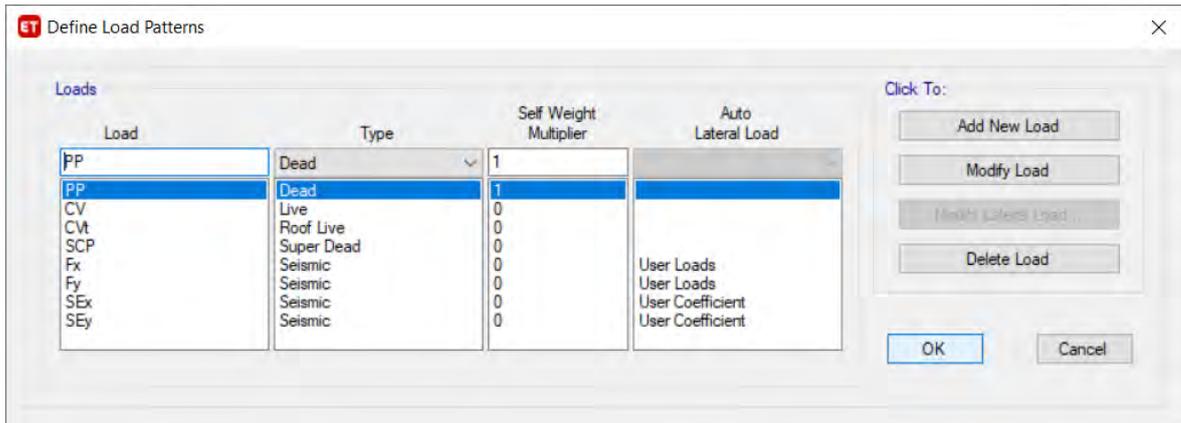


### 3.5.6. PATRONES DE CARGA

Los patrones de carga definidos se muestran en la Figura 3-20.

**Figura 3-20**

*Definición de Patrones de Carga*



### 3.5.7. ASIGNACIONES DE CARGA

#### 3.5.7.1. Peso Propio (PP):

El peso propio de la edificación se considera de manera automática en el cálculo del peso y rigidez de la edificación, debido a que al modelar los elementos de la geometría de la edificación, respetando sus dimensiones, materiales y características, el software los incorpora de manera automática.

Debido a que en el presente análisis no han sido modelados los tabiques laterales, estos serán asignados como sobrecargas lineales en las ubicaciones que les corresponde.

- Carga Lineal Para Tabiques h=1 m : 203 kg/ml  
(1350kg/m<sup>3</sup>)(0.15m)(1.0m)
- Carga Lineal Para Tabiques h=2.2 m : 446 kg/ml  
(1350kg/m<sup>3</sup>)(0.15m)(2.2m)

- Carga Lineal Para Muros  $h=2.5$  m : 675 kg/ml  
(1800kg/m<sup>3</sup>)(0.15m)(2.5m)

### 3.5.7.2. Sobrecarga Permanente (SCP):

La Sobrecarga Permanente incluye las cargas que In situ deberían pertenecer al Peso Propio de la edificación, sin embargo, al no ser consideradas en la geometría, son consideradas como una sobrecarga, en esta están incluidos los acabados incluyendo el falso piso.

- Peso de Losa Vigueta-Bovedilla : 280 kg/m<sup>2</sup>  
(Fuente: **Ficha Técnica Anexo N°05**)
- Sobrecarga Acabados : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga Ladrillo Pastelero : 200 kg/m<sup>2</sup>

### 3.5.7.3. Carga Viva (CV):

Este patrón de cargas incluye las cargas gravitacionales de carácter móvil que podrían actuar de manera esporádica sobre los ambientes del edificio: Peso de los ocupantes, muebles, nieve, equipos removibles, etc. Las magnitudes de estas cargas dependen del uso al que se destinan los ambientes.

- Carga Viva Aulas : 250 kg/m<sup>2</sup>
- Carga Viva Corredores y Escaleras : 400 kg/m<sup>2</sup>

### 3.5.7.4. Carga Viva (CVt):

Para los techos con una inclinación hasta de 3° con respecto a al horizontal, se empleará una carga de (100 kg/m<sup>2</sup>), según la norma E.020 del RNE, la carga viva de techo se define de la siguiente manera:

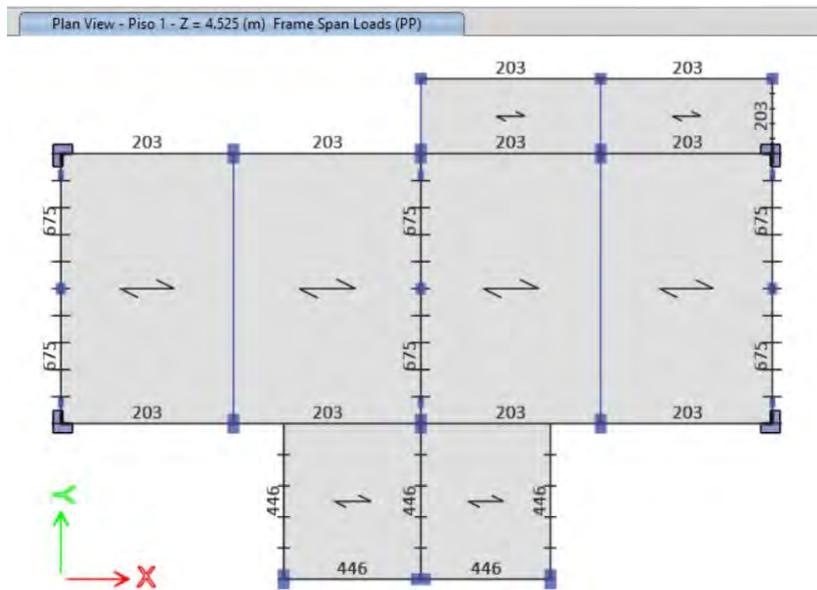
- Carga Viva de Techo : 100 kg/m<sup>2</sup>

### 3.5.7.5. Asignaciones de Carga al Modelo Estructural:

La asignación de cargas al modelo estructural se muestra en la Figura 3-21, Figura 3-22, Figura 3-23, Figura 3-24 y Figura 3-25, donde, las fuerzas mostradas a se presentan en kilogramos y metros:

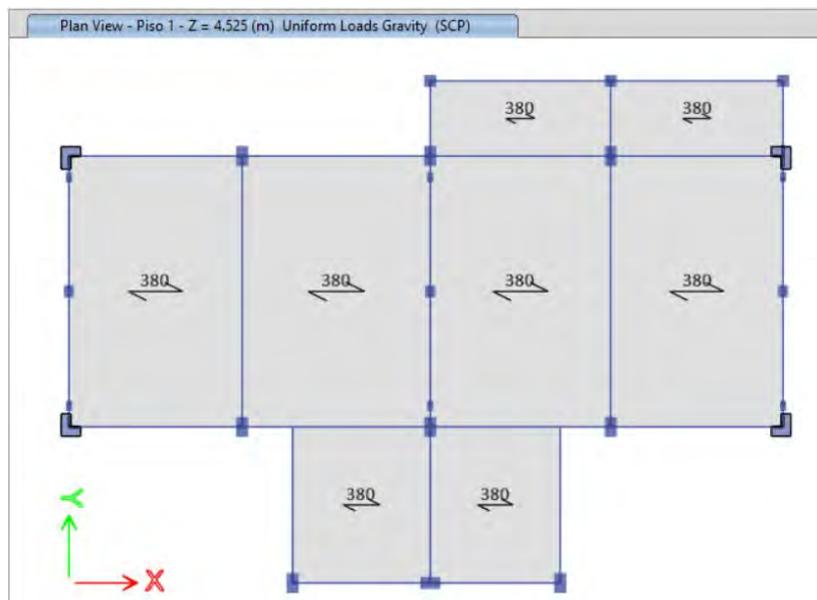
**Figura 3-21**

*Asignación de Carga: Peso Propio*



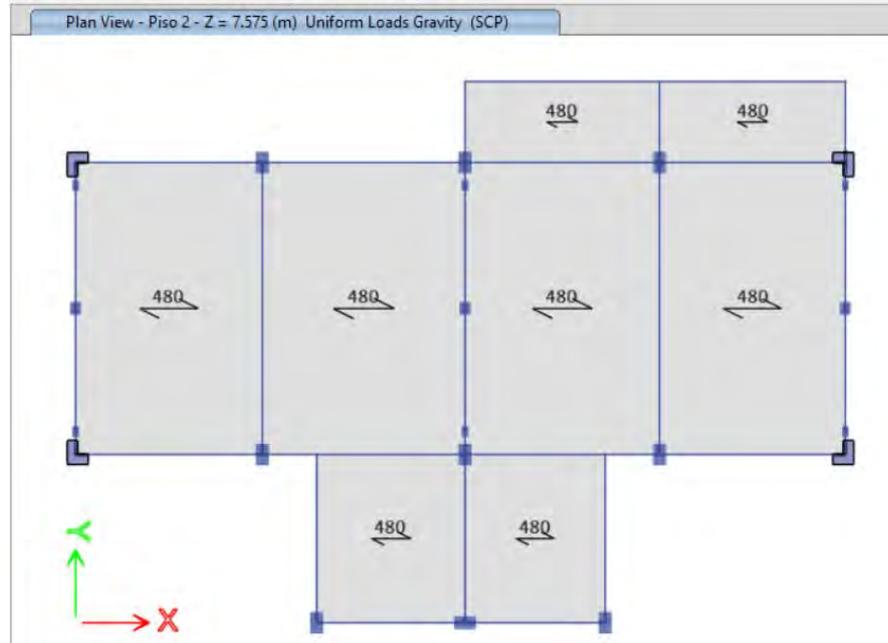
**Figura 3-22**

*Asignación de Carga: Sobre carga permanente SCP Piso 1*



**Figura 3-23**

*Asignación de Carga: Sobre carga permanente SCP Piso 2*



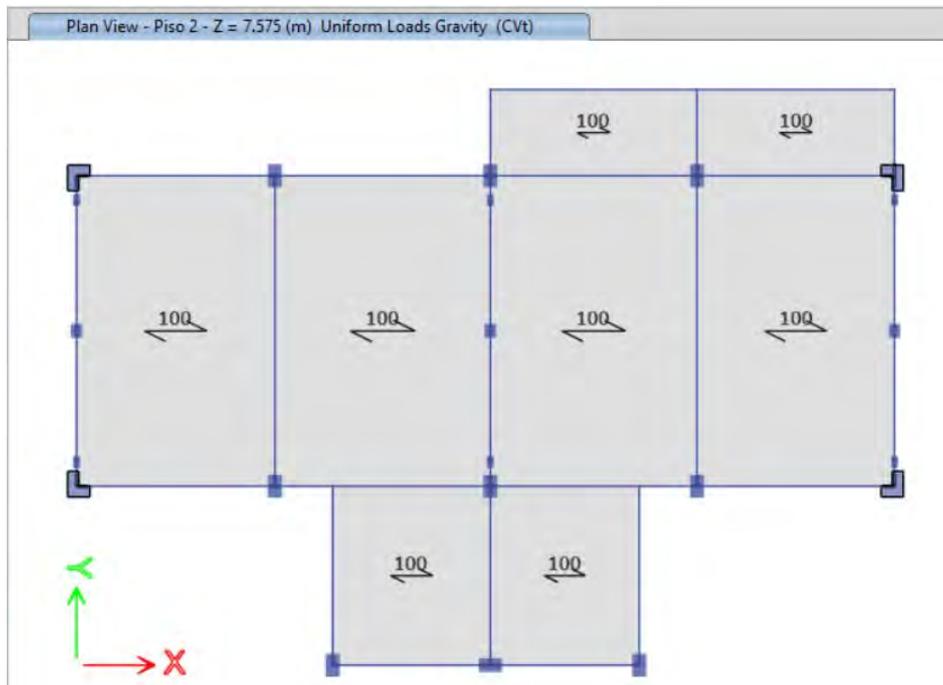
**Figura 3-24**

*Asignación de Carga: Carga Viva CV Piso 1*



**Figura 3-25**

*Asignación de Carga: Carga Viva de Techo CVt Piso 2*

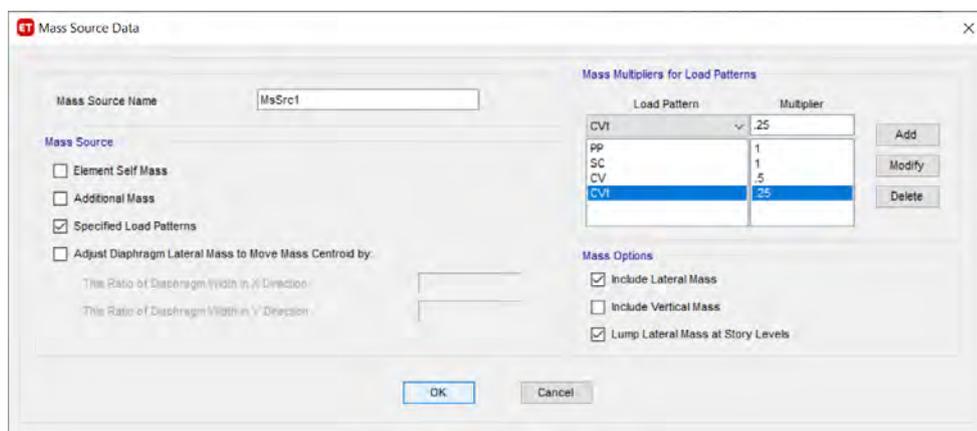


### 3.5.8. DEFINICIÓN DE LA FUENTE DE MASA

Dado que la edificación pertenece a la Categoría A2, se debe considerar un 50 % de la carga viva, además se considerará un 25% de la carga viva de azoteas y techos, esto de acuerdo a lo establecido en la norma E.030 del R.N.E, ver Figura 3-26.

**Figura 3-26**

*Definición de la Fuente de Masa de la Edificación*

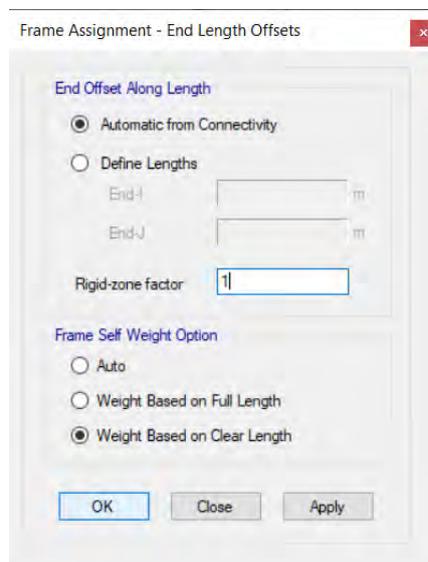


### 3.5.9. APLICACIÓN DE BRAZOS RÍGIDOS

Para la asignación de brazos rígidos al modelo, se asumió la hipótesis “b” de la Figura 3-28, extraída de la Norma ASCE 41-13, en la cual se rigidiza el nudo completo, motivo por el cual asignamos el factor de rigidez con un valor igual a la unidad, dejando los claros de los elementos libres.

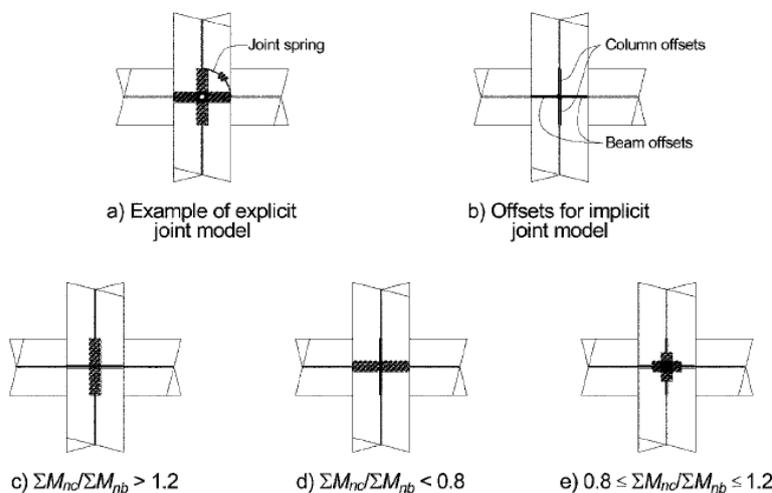
**Figura 3-27**

*Asignación de Brazos rígidos*



**Figura 3-28**

*Unión Viga Columna – Brazos Rígidos*



*Nota: Imagen tomada de la Fig. 10-2. Unión Viga Columna del ASCE 41-13, (American Society of Civil Engineers, 2014)*

### 3.5.10. DEFINICIÓN DEL SISMO ESTÁTICO:

- **Factor de Zona “Z”:**

La edificación está ubicada en el distrito de Villa el salvador por tanto pertenece a la zona 4, de acuerdo a la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3:**

*Factores de Zona - Edificación*

| FACTORES DE ZONA |      |
|------------------|------|
| ZONA             | Z    |
| 1                | 0.10 |
| 2                | 0.25 |
| 3                | 0.35 |
| 4                | 0.45 |

Nota: Construida tomando como base la norma E.030 (RM N°355-2018, 2018)

Por tanto, el factor de zona será: **Z= 0.45**.

- **Factor de Suelo “S”:**

**Tabla 3-4:**

*Factor de Suelo de la Edificación*

| SUELO<br>ZONA | S0  | S1 | S2   | S3  |
|---------------|-----|----|------|-----|
| 4             | 0.8 | 1  | 1.05 | 1.1 |
| 3             | 0.8 | 1  | 1.15 | 1.2 |
| 2             | 0.8 | 1  | 1.2  | 1.4 |
| 1             | 0.8 | 1  | 1.6  | 2   |

Nota: Construida tomando como base la norma E.030 (RM N°355-2018, 2018)

Según el estudio de mecánica de suelos del Expediente Técnico del Proyecto: “AMPLIACIÓN DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA”, se determina de acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y de las inspecciones que el perfil estratigráfico está comprendido por arena de color beige oscuro de baja humedad semi compacta. Dando como perfil de suelo el perfil tipo S<sub>1</sub>, que de acuerdo a la **Tabla 3-4**, nos da un factor de suelo:

$$S= 1.00.$$

- **Factor de Uso “U”:**

**Tabla 3-5:**

*Factor de Uso de la Edificación*

| CATEGORÍA | U                             |
|-----------|-------------------------------|
| A1        | Usar aisladores o disipadores |
| A2        | 1.5                           |
| B         | 1.3                           |
| C         | 1                             |
| D         | Definir por el especialista   |

Nota: Construida tomando como base la norma E.030 (RM N°355-2018, 2018)

La edificación en estudio es una Institución Educativa, pertenece a la categoría A2. Por tanto, de acuerdo a la Tabla 3-5, el factor de uso será:

$$U= 1.50.$$

- **Factor de Reducción “R”:**

**Tabla 3-6:**

*Factor de Reducción Sísmica de la Edificación*

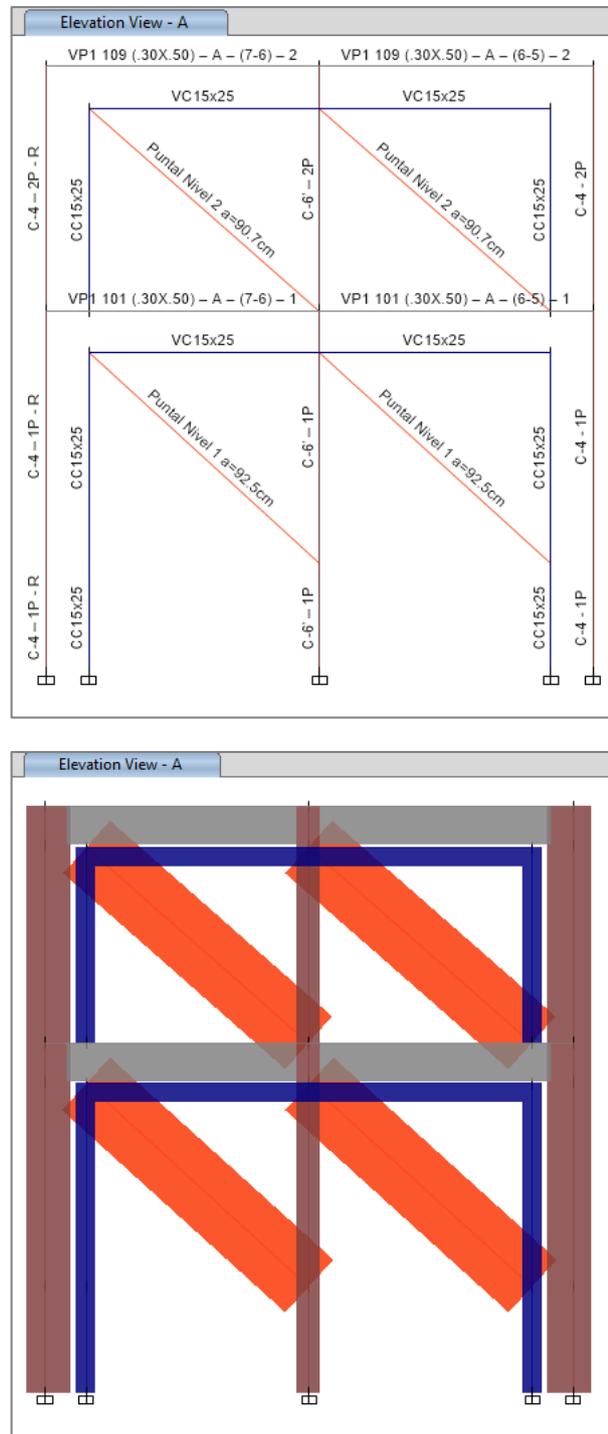
| <b>Sistema Estructural</b>                              | <b>R<sub>0</sub></b> |
|---|----------------------|
| <b>Acero:</b>   |                      |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)        | 8                    |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)       | 7                    |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)        | 6                    |
| Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados(SCBF) | 8                    |
| Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados(OCBF) | 6                    |
| Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)             | 8                    |
| <b>Concreto Armado:</b>                                 |                      |
| Pórticos  | 8                    |
| Dual  | 7                    |
| De muros estructurales                                  | 6                    |
| Muros de ductilidad limitada                            | 4                    |
| Albañilería Armada o Confinada.                         | 3                    |
| Madera (Por esfuerzos admisibles)                       | 7                    |

Nota: Construida tomando como base la norma E.030 (RM N°355-2018, 2018)

El sistema estructural del bloque de aulas de la institución educativa en la dirección Y-Y es del tipo aporticado, pero a su vez cuenta con muros de albañilería los cuales están confinados a la columna central de los pórticos A, D y I. Por lo que, a pesar de que utilizaremos un factor de reducción sísmica igual a 8 (para pórticos de Concreto Armado de acuerdo a la Tabla 3-6) igual se idealizarán los muros de albañilería utilizando la teoría de puntales equivalentes. En la curva de desempeño calculada para esta dirección podremos observar el comportamiento predominante para esta dirección. La Figura 3-29 muestra el pórtico A-A con los puntales idealizados.

**Figura 3-29**

*Idealización de Puntales Equivalentes en Elevación A-A*



En la Figura 3-29, se puede observar la condición de la albañilería conectada a la estructura principal por medio de la columna central en todo el paño.

Por otro lado, el sistema estructural del bloque de aulas de la institución educativa en la dirección X-X es del tipo aporticado (donde por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos).

Es así que el factor básico de reducción sísmica será:  $R_{0x} = 8.00$  y  $R_{0y} = .800$  en la dirección de análisis correspondiente.

Para calcular el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas de acuerdo a la norma técnica E.030 del R.N.E. debemos multiplicar al coeficiente básico de reducción los factores de Irregularidad en Planta y en Altura. Debido a que en el presente trabajo de investigación la verificación de Irregularidades no es el tema de fondo, esta se presenta como un anexo (Anexo N° 06), del mismo extraemos que la edificación posee los siguientes factores de Irregularidad:

$$I_a = 1.00$$

$$I_p = 0.90 \text{ (Irregularidad por esquina entrante)}$$

Por tanto, el factor de reducción sísmica será:

$$R_x = 7.20$$

$$R_y = 7.20$$

- **Periodo Fundamental de la Estructura:**

**Tabla 3-7:**

*Obtención del Coeficiente  $C_T$*

| N° | Clasificación  | $C_T$ |
|----|--|-------|
| 1  | Pórticos de concreto armado sin muros de corte                               | 35    |
| 2  | Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos                | 35    |
| 3  | Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras | 45    |

| N° | Clasificación                              | C <sub>T</sub> |
|----|--|----------------|
| 4  | Pórticos de acero arriostrados             | 45             |
| 5  | Edificios de albañilería                   | 60             |
| 6  | Edificios de concreto armado duales        | 60             |
| 7  | Edificios de muros estructurales           | 60             |
| 8  | Edificios de muros de ductilidad limitada. | 60             |

Nota: Construida tomando como base la norma E.030 (RM N°355-2018, 2018)

El periodo fundamental para cada dirección se estima de la siguiente manera:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \dots (3.1)$$

La altura total de la edificación es  $h_n=7.575$  m, y de acuerdo a la Tabla 3-7 el valor de  $C_T$  es de 35, por lo que el valor del Periodo fundamental en cada dirección, será:

$$T_x = h_n / C_{Tx} \rightarrow T_x = 7.575 / 35 = 0.216$$

$$T_y = h_n / C_{Ty} \rightarrow T_y = 7.575 / 35 = 0.216$$

- **Factor de Amplificación Sísmica:**

**Tabla 3-8:**

*Obtención de los Factores  $T_p$  y  $T_s$*

|                         | Perfil de Suelo |                |                |                |
|-------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|                         | S <sub>0</sub>  | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> |
| <b>T<sub>p</sub>(s)</b> | 0.3             | 0.4            | 0.6            | 1              |
| <b>T<sub>L</sub>(s)</b> | 3               | 2.5            | 2              | 1.6            |

Nota: Construida tomando como base la norma E.030 (RM N°355-2018, 2018)

Para definir el factor de amplificación sísmica se emplearán los valores del Período  $T_p$  que define la plataforma del factor C y  $T_L$  que define el inicio de la

zona del factor C con desplazamiento constante, que, de acuerdo a la Tabla 3-8 para el factor de suelo S1 son:

$$T_p (s) = 0.4$$

$$T_L (s) = 2.5$$

Por lo tanto, de acuerdo a las fórmulas para la determinación del factor de amplificación sísmica, los periodos en ambas direcciones se ubican en la primera posición:

$$F1 \rightarrow T < T_p \rightarrow C=2.5$$

$$F2 \rightarrow T_p < T < T_L \rightarrow C=2.5*(T_p/T)$$

$$F3 \rightarrow T > T_L \rightarrow C=2.5*(T_p*T_L / T_2)$$

Por tanto, el factor de amplificación sísmica en ambas direcciones, será:

$$C=2.5$$

- **Coefficiente sísmico para el análisis estático:**

A continuación, se resumen los valores de los factores obtenidos para el análisis estático de la edificación existente en la dirección X-X (Figura 3-9) y Y-Y (Figura 3-10).

**Tabla 3-9:**

*Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Existente X-X*

| FACTOR         | VALOR |
|----------------|-------|
| Z              | 0.45  |
| U              | 1.50  |
| C              | 2.50  |
| S              | 1.00  |
| R <sub>x</sub> | 7.20  |

**Tabla 3-10:**

*Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación*

*Existente Y-Y*

| <b>FACTOR</b> | <b>VALOR</b> |
|---------------|--------------|
| Z             | 0.45         |
| U             | 1.50         |
| C             | 2.50         |
| S             | 1.00         |
| Ry            | 7.20         |

Dados los datos precedentes, el coeficiente sísmico estático se determinará en base a la fórmula siguiente:

$$C_{Se} = ZUCS / R$$

Por tanto, el coeficiente sísmico estático en cada dirección será:

$$C_{Se} \text{ x} = 0.234$$

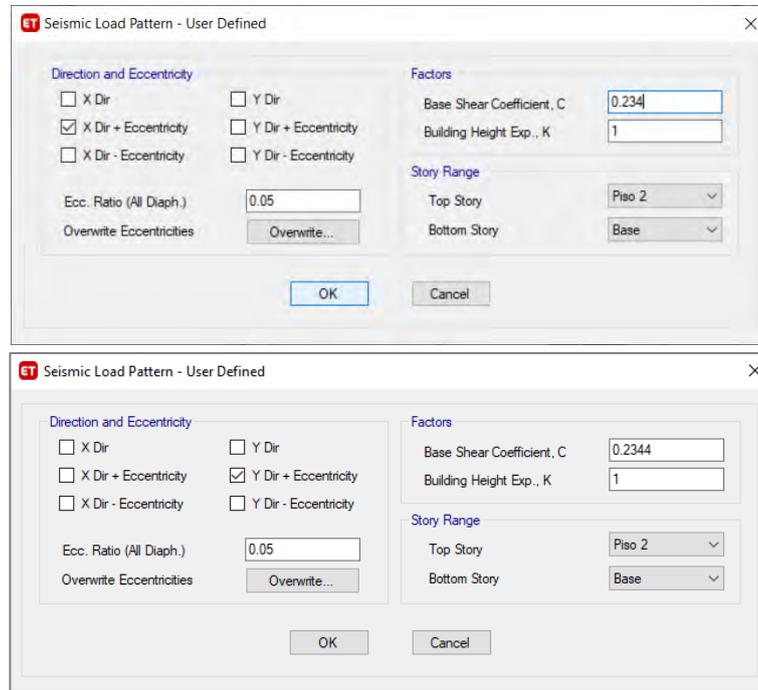
$$C_{Se} \text{ y} = 0.234$$

- **Definición de Sismo Estático:**

Se observa a continuación la creación de los patrones de carga para el sismo estático en las direcciones X-X e Y-Y (Figura 3-30), considerando una excentricidad reglamentaria de 0.05.

**Figura 3-30**

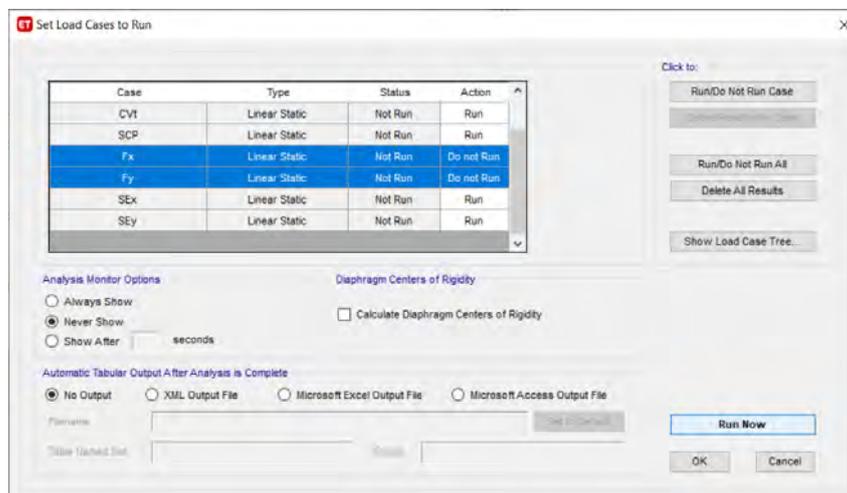
*Asignación del Sismo Estático en la Dirección X-X e Y-Y*



Posteriormente se procede a realizar la corrida del Software, teniendo en cuenta de no correr las fuerzas laterales  $F_x$  y  $F_y$  que serán asignadas más adelante con fines del análisis no-lineal.

**Figura 3-31**

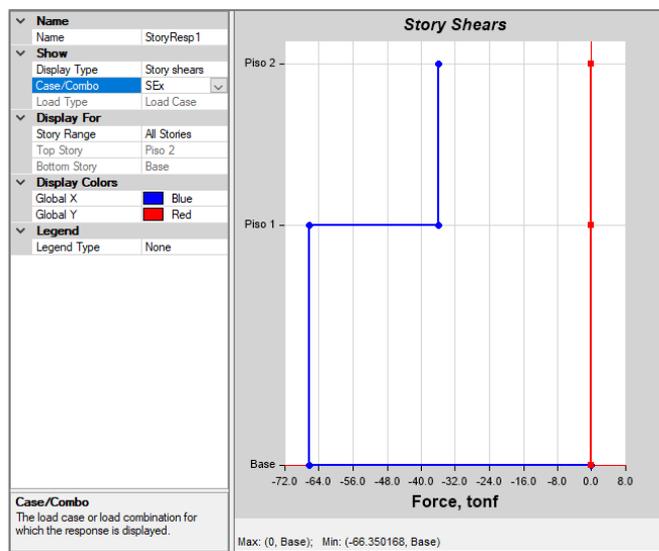
*Selección de Casos de Carga para el Análisis Sísmico Estático*



Antes de realizar la corrida del análisis, seleccionamos los casos de carga de acuerdo a la Figura 3-31. Posteriormente, una vez realizada la corrida del software las fuerzas cortantes encontradas en cada dirección, son las que se presentan de acuerdo a la Figura 3-32 y Figura 3-33:

**Figura 3-32**

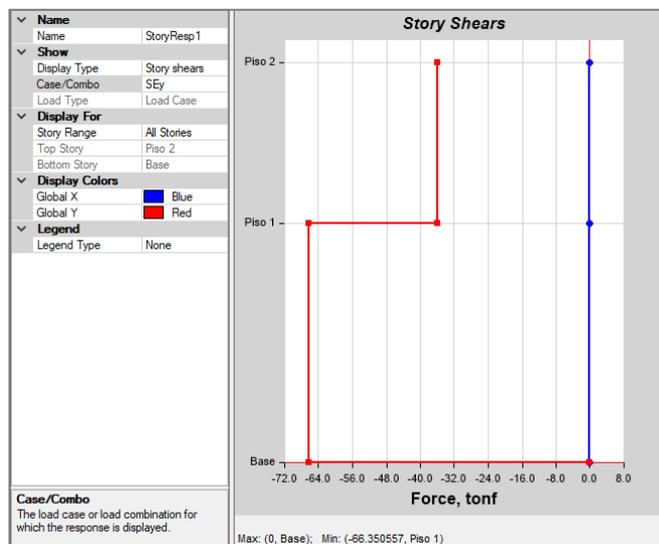
*Fuerza Cortante Estática en la Dirección X-X*



$$V_x = 66.35 \text{ Tonf.}$$

**Figura 3-33**

*Fuerza Cortante Estática en la Dirección Y-Y*



$V_y = 66.35$  Tonf.

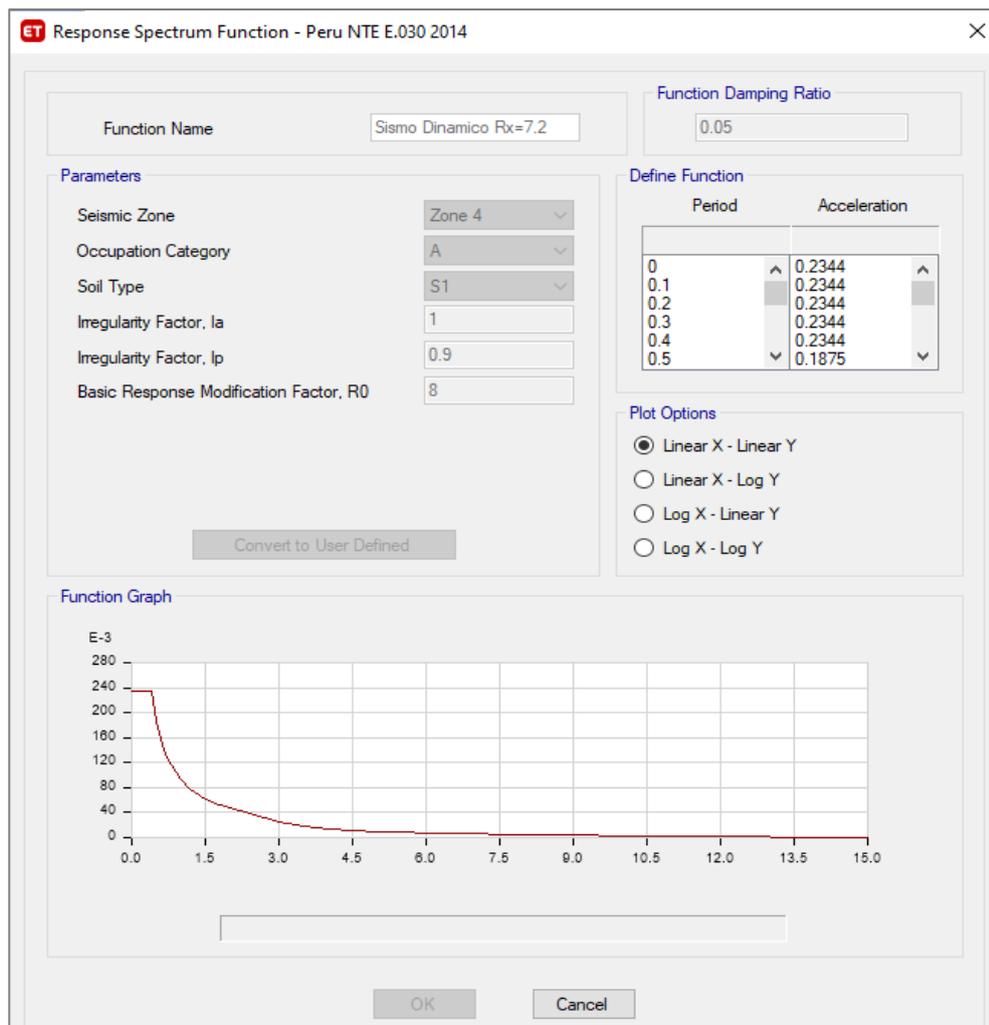
### 3.5.11. ANÁLISIS DINÁMICO:

- **Definición del espectro de respuesta:**

Se definen a continuación los espectros de respuesta para las direcciones X-X (Figura 3-34) e Y-Y (Figura 3-35), del bloque de aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima, teniendo como base los valores para los factores de zona, suelo, uso y de amplificación sísmica empleados en el análisis estático.

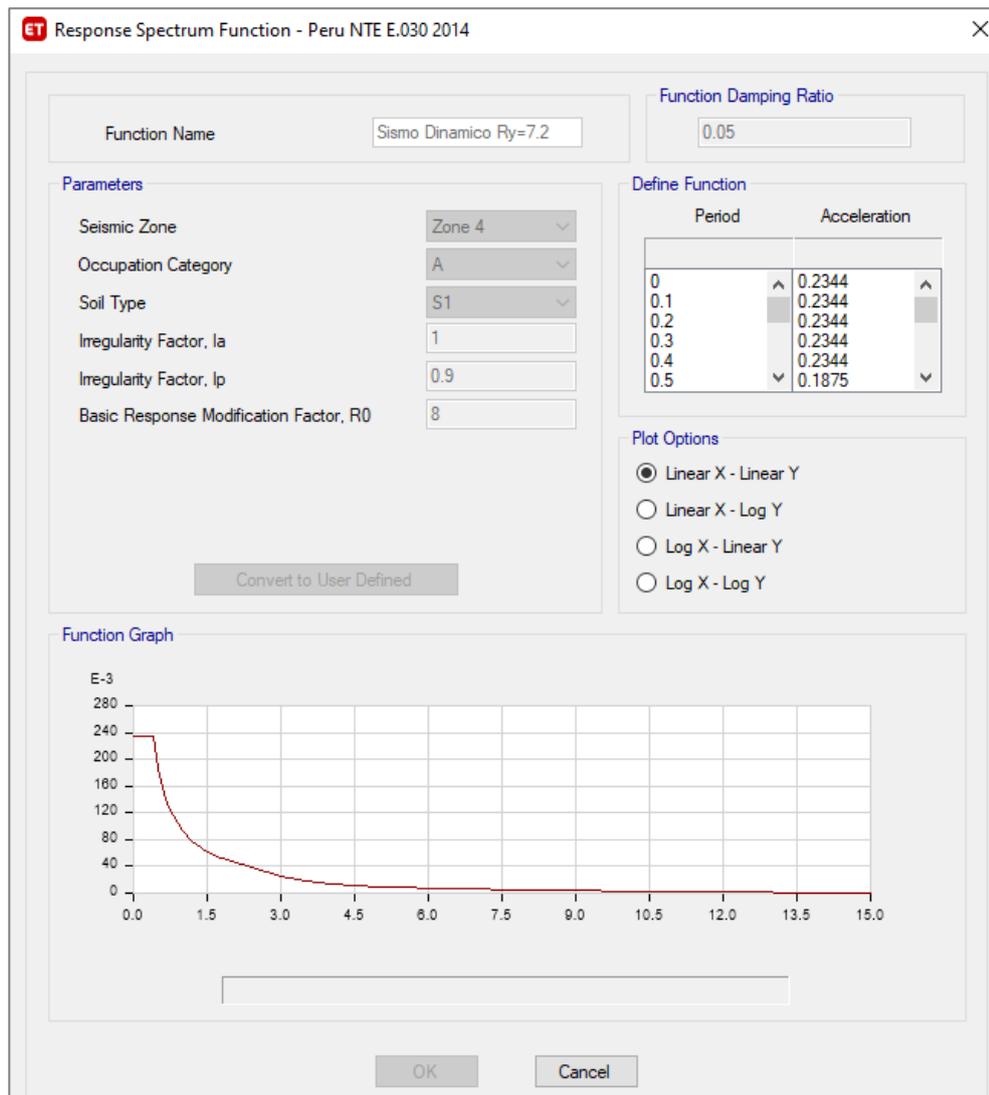
**Figura 3-34**

*Definición del Espectro Sísmico Dinámico en la Dirección X-X*



**Figura 3-35**

*Definición del Espectro Sísmico Dinámico en la Dirección Y-Y*

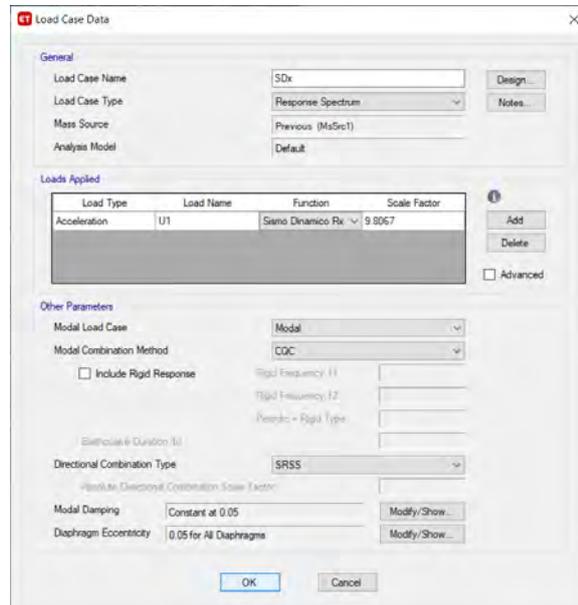


- **Definición del Sismo Dinámico en X-X:**

Se definió el sismo dinámico en la dirección X-X, de acuerdo a la Figura 3-36, considerando una excentricidad accidental de 0.05 de acuerdo al artículo 4.5.5 de la norma E.030 del R.N.E.

**Figura 3-36**

*Definición del Sismo Dinámico en la Dirección X-X*

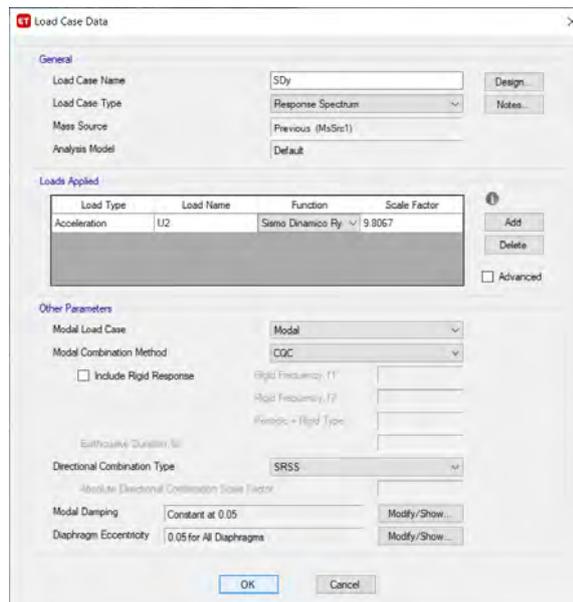


• **Definición del Sismo Dinámico en Y-Y:**

Se definió el sismo dinámico en la dirección X-X, de acuerdo a la Figura 3-37, considerando una excentricidad accidental de 0.05 de acuerdo al artículo 4.5.5 de la norma E.030 del R.N.E.

**Figura 3-37**

*Definición del Sismo Dinámico en la Dirección Y-Y*

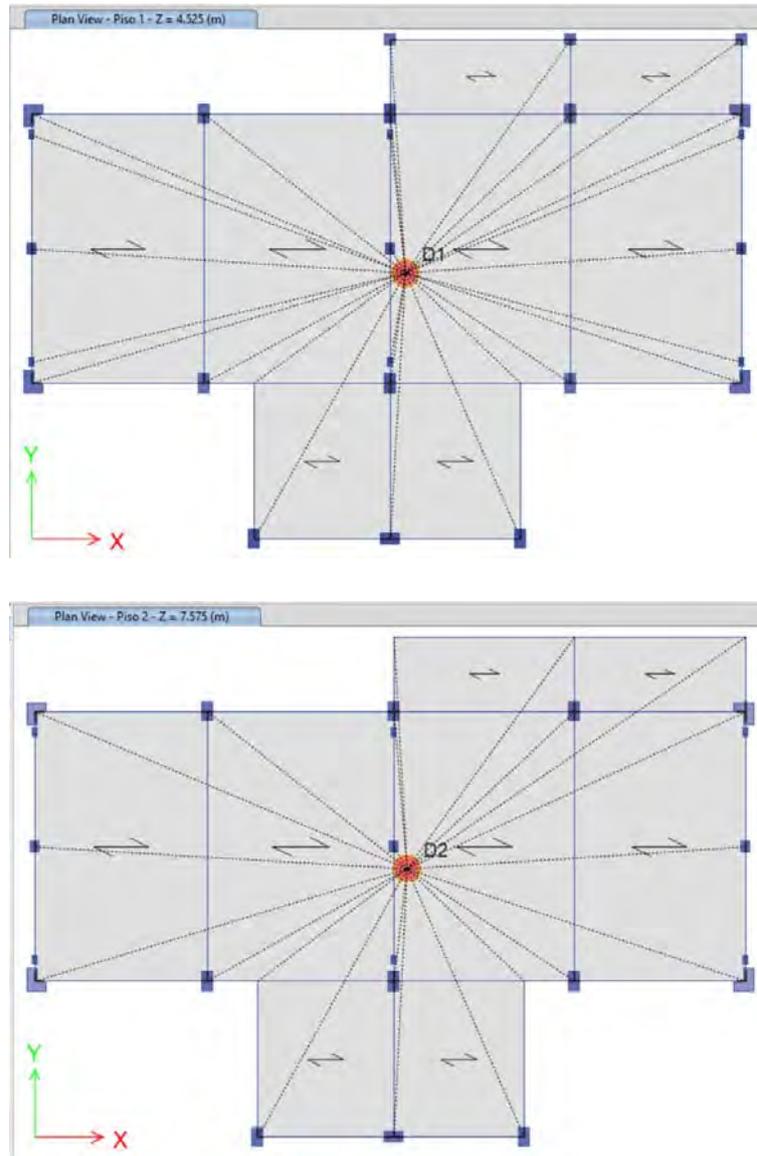


### 3.5.12. ASIGNACIÓN DE DIAFRAGMAS:

Se realizó de acuerdo a lo mostrado en la Figura 3-38 y Figura 3-39.

**Figura 3-38**

*Asignación de Diafragmas rígidos – 1 y 2 Nivel*



### 3.5.13. ASIGNACIÓN DE LA MALLA DE ELEMENTOS FINITOS:

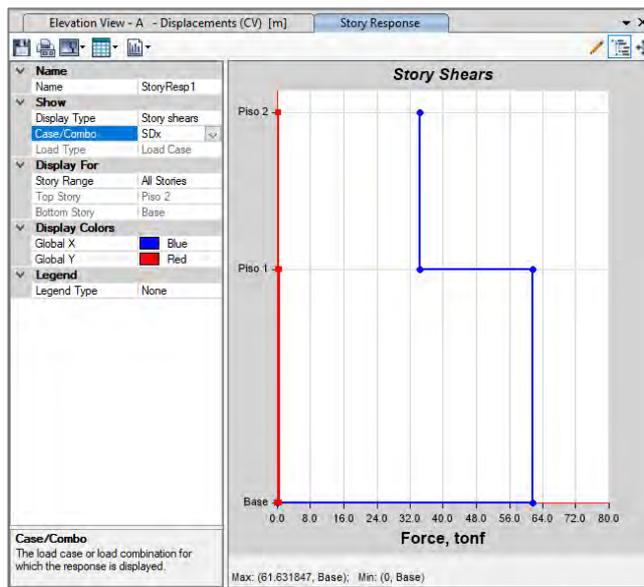
Se realizó la asignación de la malla de elementos finitos a los elementos frame, Shell Walls y Shel Floor, mediante las herramientas de discretización automática.

- **Fuerzas cortantes:**

Las fuerzas cortantes encontradas para la dirección X-X se muestran en la Figura 3-39 y las correspondientes a la dirección Y-Y, en la figura Figura 3-40.

**Figura 3-39**

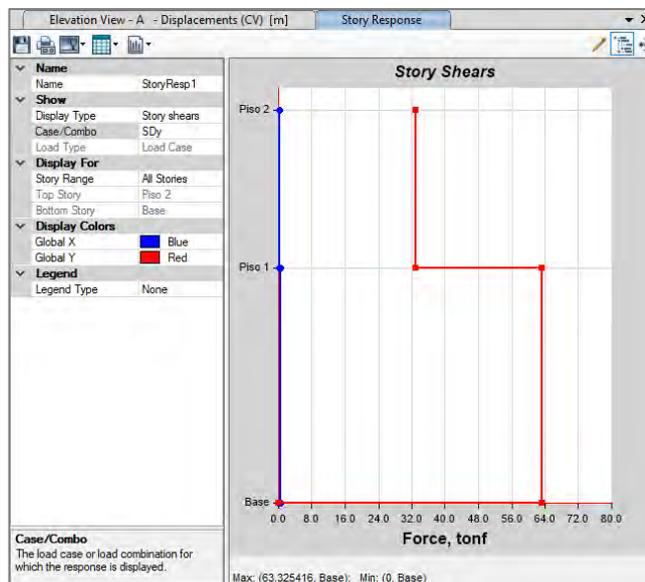
*Fuerza Cortante Estática en la Dirección X-X .*



$$V_x = 61.63 \text{ Tonf.}$$

**Figura 3-40**

*Fuerza Cortante Estática en la Dirección Y-Y*



$$V_y = 63.32 \text{ Tonf.}$$

### 3.5.14. DEFINICIÓN DE PATRONES DE CARGA LATERAL PARA ANÁLISIS PUSHOVER:

- **Dirección X-X**

**Tabla 3-11:**

*Cálculo del Factor de Carga Lateral Para la Edificación Existente- Dirección X-X*

|          | <b>V<sub>x</sub></b> | <b>F lateral</b> | <b>Factor x</b> |
|----------|----------------------|------------------|-----------------|
| 2° Nivel | 35.869               | 35.869           | 1.18            |
| 1° Nivel | 66.350               | 30.482           | 1.00            |

- **Dirección Y-Y**

**Tabla 3-12:**

*Cálculo del Factor de Carga Lateral Para la Edificación Existente- Dirección Y-Y*

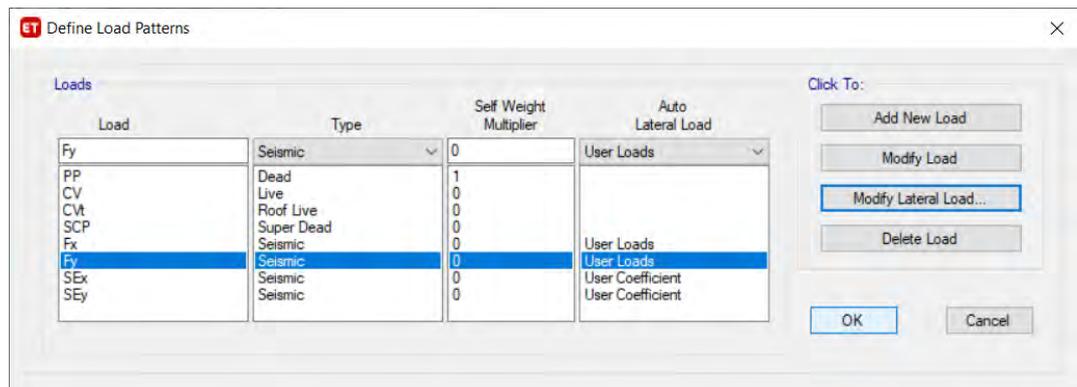
|          | <b>V<sub>y</sub></b> | <b>F lateral</b> | <b>Factor y</b> |
|----------|----------------------|------------------|-----------------|
| 2° Nivel | 35.869               | 35.869           | 1.18            |
| 1° Nivel | 66.350               | 30.482           | 1.00            |

Se emplean para el presente cálculo los cortantes del análisis estático, encontrando las fuerzas cortantes por piso, en base a las cuales se determinan los factores de proporción para las fuerzas laterales equivalentes del análisis estático no-lineal.

- **Definición del Patrón de Carga Fx:**

**figura 3-41**

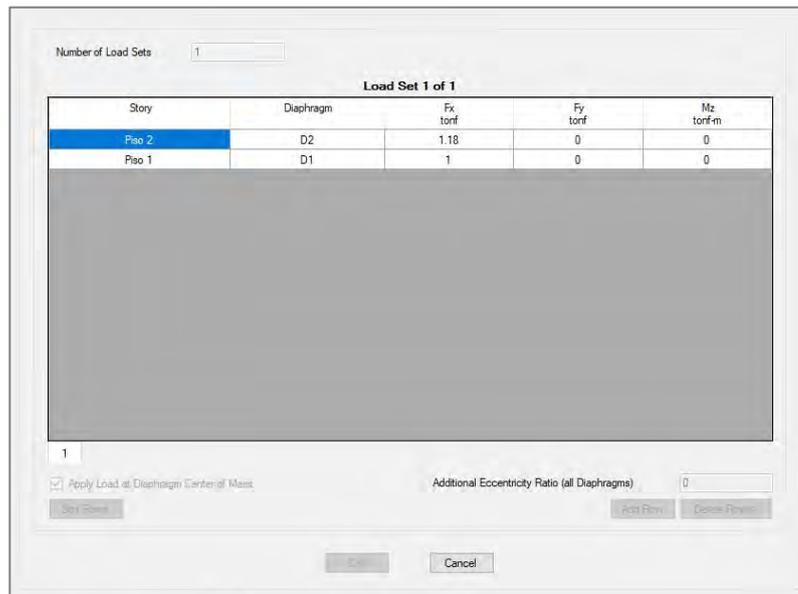
*Definición de Patrones de Carga para Pushover*



**Figura 3-42**

*Asignación de Patrón de Carga Lateral en la Dirección X-X – Edificación*

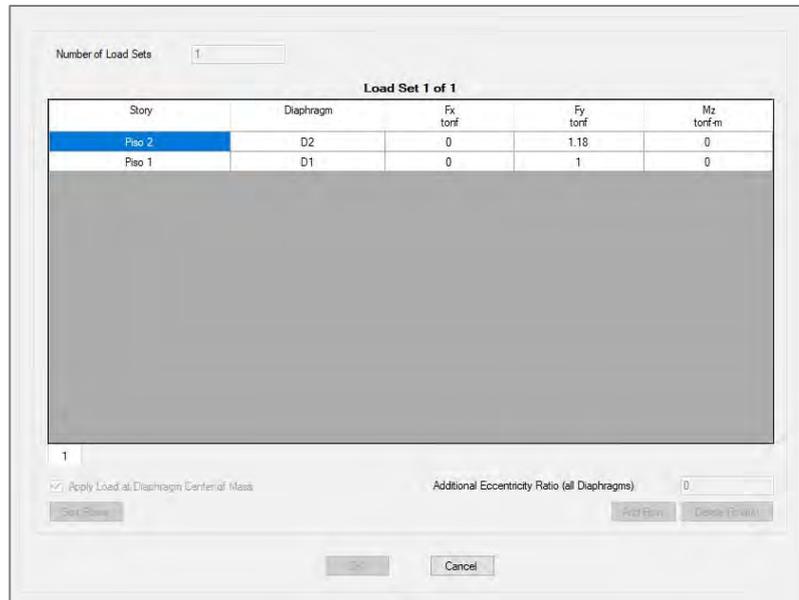
*Existente*



- **Definición del Patrón de Carga Fy:**

**Figura 3-43**

*Asignación de Patrón de Carga Lateral en la Dirección Y-Y – Edificación Existente*



**3.5.15. DEFINICIÓN DE NODO DE CONTROL:**

Para la realización del análisis estático no-lineal debemos seleccionar un nodo representativo, para el modelo en análisis por ser de tres dimensiones, elegiremos el centro de masa del último nivel. A continuación, se presenta el centro de masas encontrado por el software:

**Tabla 3-13:**

*Resumen de Centros de Masa y rigidez de la Edificación Existente*

| TABLE: Centers Of Mass And Rigidity |           |                                  |                                  |          |          |                                      |                                      |           |           |          |          |
|-------------------------------------|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|----------|----------|
| Story                               | Diaphragm | Mass X<br>tonf-s <sup>2</sup> /m | Mass Y<br>tonf-s <sup>2</sup> /m | XCM<br>m | YCM<br>m | Cum Mass X<br>tonf-s <sup>2</sup> /m | Cum Mass Y<br>tonf-s <sup>2</sup> /m | XCCM<br>m | YCCM<br>m | XCR<br>m | YCR<br>m |
| Piso 1                              | D1        | 16.95                            | 16.95                            | 9.31     | 6.68     | 16.95                                | 16.95                                | 9.308     | 6.684     | 9.047    | 5.651    |
| Piso 2                              | D2        | 11.91                            | 11.91                            | 9.26     | 6.74     | 11.91                                | 11.91                                | 9.260     | 6.741     | 9.045    | 5.446    |

En este caso, de los datos obtenidos, se tiene que el nodo de control se encontrará en la ubicación:

$$X = 9.260$$

$$Y = 6.741$$

Por tanto, se define el nodo de control de acuerdo a la Figura 3-44:

**Figura 3-44**

*Asignación de Nodo Control para Pushover*

**Object ID**

| Story  | Label | Unique Name |
|--------|-------|-------------|
| Piso 2 | 32    | 54          |

GUID: d97cc827-958d-4999-a786-d9675152a01c

**Object Data**

Geometry Assignments Loads

**Geometry**

|               |       |
|---------------|-------|
| Global X (m)  | 9.26  |
| Global Y (m)  | 6.741 |
| Global Z (m)  | 7.575 |
| Special Joint | Yes   |
| Connectivity  | None  |

**Global X (m)**  
The global X coordinate of the joint object.

OK Cancel

De esta forma en la definición de los casos de carga del Pushover, deberá usarse como nodo de control el punto 28.

### 3.5.16. DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE CARGA NO-LINEALES:

- **Carga Gravitacional No-Lineal:** Se definió de acuerdo a lo indicado en la Figura 3-45.

**Figura 3-45**

*Definición de Carga Gravitacional No-Lineal*

**ET Load Case Data**

**General**

Load Case Name: CGNL [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: MsSrc1

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: [ ]

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-----------|--------------|
| Load Pattern | PP        | 1            |
| Load Pattern | SCP       | 1            |
| Load Pattern | CV        | 0.5          |
| Load Pattern | CV        | 0.25         |

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

- **Pushover del Modo 1:** Se definió de acuerdo a lo indicado en la figura 3-46.

figura 3-46

*Definición de caso de Carga PUSH Modo 1*

**ET Load Case Data**

**General**

Load Case Name: PUSH Modo1 [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

**Loads Applied**

| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|-----------|-----------|--------------|
| Mode      | 1         | 1            |

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control [Modify/Show...]

Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

**ET Load Application Control for Nonlinear Static Analysis**

**Load Application Control**

Full Load

Displacement Control

Quasi-Static (run as time history)

**Control Displacement**

Use Conjugate Displacement

Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 37.9 cm

**Monitored Displacement**

DOF/Joint: U1, Piso 2, 32

Generalized Displacement

**Additional Controlled Displacements**

None [Modify/Show...]

**Quasi-static Parameters**

Time History Type: Nonlinear Direct Integration History

Output Time Step Size: 1 sec

Mass Proportional Damping: 1 1/sec

Hiber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha: -0.333333

[OK] [Cancel]

- **Pushover del Modo 2:** Se definió de acuerdo a lo indicado en la Figura 3-47.

**Figura 3-47**

*Definición de caso de Carga PUSH Modo 2*

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: PUSH Modo2

Load Case Type: Nonlinear Static

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

**Loads Applied**

| Load Type | Load Name | Scale Factor |
|-----------|-----------|--------------|
| Mode      | 2         | 1            |

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: P-Delta

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Nonlinear Parameters: Default

**Load Application Control for Nonlinear Static Analysis**

**Load Application Control**

Full Load

Displacement Control

Quasi-Static (run as time history)

**Control Displacement**

Use Conjugate Displacement

Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 37.9 cm

**Monitored Displacement**

DOF/Joint: U2, Piso 2, 32

Generalized Displacement

**Additional Controlled Displacements**

None

**Quasi-static Parameters**

Time History Type: Nonlinear Direct Integration History

Output Time Step Size: 1 sec

Mass Proportional Damping: 1 1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha: -0.333333

- **Pushover en X-X:** Se definió de acuerdo a lo indicado en la Figura 3-48.

**Figura 3-48**

*Definición de caso de Carga PUSH Fx*

- **Pushover en Y-Y:** Se definió de acuerdo a lo indicado en la Figura 3-49.

**Figura 3-49**

*Definición de caso de Carga PUSH Fy*

**ET Load Case Data**

**General**

Load Case Name: PUSH Fy [Design...]  
 Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]  
 Mass Source: Previous  
 Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State  
 Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)  
 Nonlinear Case: CGNL

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-----------|--------------|
| Load Pattern | Fy        | 1            |

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal  
 Geometric Nonlinearity Option: P-Delta  
 Load Application: Displacement Control [Modify/Show...]  
 Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]  
 Nonlinear Parameters: User Defined [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

**ET Load Application Control for Nonlinear Static Analysis**

**Load Application Control**

Full Load  
 Displacement Control  
 Quasi-Static (run as time history)

**Control Displacement**

Use Conjugate Displacement  
 Use Monitored Displacement  
 Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 37.9 cm

**Monitored Displacement**

DOF/Joint: U2, Piso 2, 32  
 Generalized Displacement

**Additional Controlled Displacements**

None [Modify/Show...]

**Quasi-static Parameters**

Time History Type: Nonlinear Direct Integration History  
 Output Time Step Size: 1 sec  
 Mass Proportional Damping: 0 1/sec  
 Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha: 0

[OK] [Cancel]

### 3.5.17. MODIFICACIÓN DE RIGIDECES EFECTIVAS

Se modificaron las rigideces de acuerdo a lo establecido en el código ASCE 41-13, tal y como se indica en la Figura 3-50 y figura 3-51.

- Vigas:

**Figura 3-50**

*Modificación de Rigideces Efectivas en Vigas*

| Property/Stiffness Modifiers for Analysis |     |
|---|-----|
| Cross-section (axial) Area                | 1   |
| Shear Area in 2 direction                 | 0.4 |
| Shear Area in 3 direction                 | 0.4 |
| Torsional Constant                        | 1   |
| Moment of Inertia about 2 axis            | 0.3 |
| Moment of Inertia about 3 axis            | 0.3 |
| Mass                                      | 1   |
| Weight                                    | 1   |

- Columnas

**figura 3-51**

*Modificación de Rigideces Efectivas en Columnas*

| Property/Stiffness Modifiers for Analysis |     |
|---|-----|
| Cross-section (axial) Area                | 1   |
| Shear Area in 2 direction                 | 0.4 |
| Shear Area in 3 direction                 | 0.4 |
| Torsional Constant                        | 1   |
| Moment of Inertia about 2 axis            | 0.7 |
| Moment of Inertia about 3 axis            | 0.7 |
| Mass                                      | 1   |
| Weight                                    | 1   |

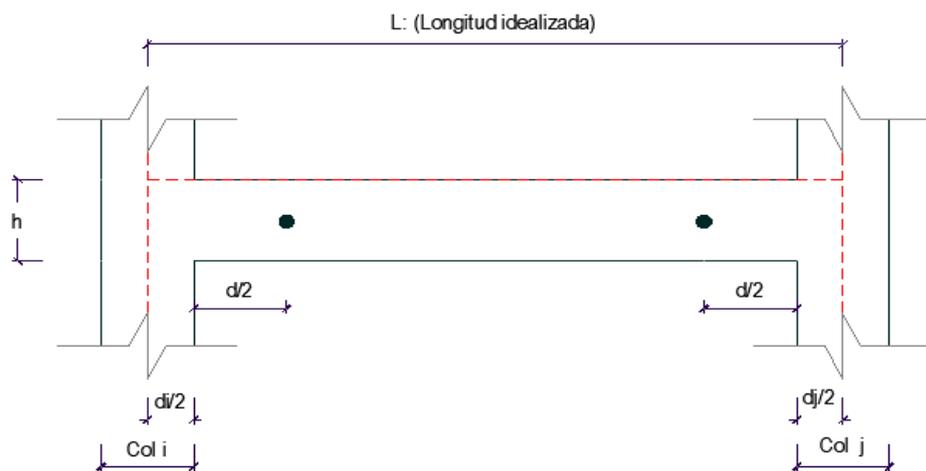
### 3.5.18. ASIGNACIÓN DE RÓTULAS PLÁSTICAS

#### 3.5.18.1. DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE RÓTULAS PLÁSTICAS – VIGAS

Se realizó la asignación de rótulas plásticas, a una distancia  $d/2$  de la cara de la columna, tal y como se muestra en la Figura 3-52. La Tabla 3-14 muestra un resumen de la ubicación de las rótulas plásticas asignadas a los elementos viga.

**Figura 3-52**

*Ubicación de Rótulas Plásticas - Vigas*



$$\%i = \frac{\frac{d_i}{2} + \frac{d}{2}}{L} \dots (3.2)$$

$$\%j = \frac{L - \frac{d_j}{2} - \frac{d}{2}}{L} \dots (3.3)$$

Las ecuaciones  $\%i = \frac{\frac{d_i}{2} + \frac{d}{2}}{L} \dots (3.2)$  y  $\%j = \frac{L - \frac{d_j}{2} - \frac{d}{2}}{L} \dots (3.3)$ , nos detallan el cálculo exacto de la longitud a tomar para las asignaciones al modelo, ya que son medidas a partir de los ejes de cada elemento.

**Tabla 3-14:**

*Obtención de los Puntos de ubicación de Rótulas Plásticas en Vigas*

| UBICACIÓN DE ROTULAS EN VIGAS |          |            |       |       |       |       |
|-------------------------------|----------|------------|-------|-------|-------|-------|
| Ubicación                     | Longitud | Peralte    | Col i | Col j | %i    | %j    |
|                               | de viga  | d= h-r (m) | di/2  | dj/2  |       |       |
| Vigas Eje 5 y 7 entre A y B   | 4.290    | 0.36       | 0.35  | 0.15  | 0.124 | 0.923 |
| Vigas Eje 5 y 7 entre B y D   | 4.660    | 0.36       | 0.15  | 0.15  | 0.071 | 0.929 |
| Vigas Eje 5 y 7 entre D y F   | 4.470    | 0.36       | 0.15  | 0.15  | 0.074 | 0.926 |
| Vigas Eje 5 y 7 entre F y I   | 4.270    | 0.36       | 0.15  | 0.35  | 0.077 | 0.876 |
| Vigas Eje 4 entre D y F       | 4.470    | 0.31       | 0.15  | 0.15  | 0.068 | 0.932 |
| Vigas Eje 4 entre F y I       | 4.270    | 0.31       | 0.15  | 0.15  | 0.071 | 0.929 |
| Vigas Eje 8 entre C y D       | 3.410    | 0.36       | 0.15  | 0.25  | 0.097 | 0.874 |
| Vigas Eje 8 entre D y E       | 3.220    | 0.36       | 0.25  | 0.15  | 0.134 | 0.898 |
| Vigas Eje A entre 5 y 6       | 3.385    | 0.46       | 0.15  | 0.38  | 0.112 | 0.821 |
| Vigas Eje A entre 6 y 7       | 3.385    | 0.46       | 0.38  | 0.15  | 0.179 | 0.888 |
| Vigas Eje B entre 5 y 7       | 6.770    | 0.56       | 0.25  | 0.25  | 0.078 | 0.922 |
| Vigas Eje C y E entre 7 y 8   | 3.900    | 0.46       | 0.25  | 0.125 | 0.123 | 0.909 |
| Vigas Eje D entre 4 y 5       | 1.880    | 0.46       | 0.25  | 0.15  | 0.255 | 0.798 |
| Vigas Eje D entre 5 y 6       | 3.385    | 0.46       | 0.15  | 0.25  | 0.112 | 0.858 |
| Vigas Eje D entre 6 y 7       | 3.385    | 0.46       | 0.25  | 0.15  | 0.142 | 0.888 |
| Vigas Eje D entre 7 y 8       | 3.900    | 0.46       | 0.15  | 0.25  | 0.097 | 0.877 |
| Vigas Eje F entre 4 y 5       | 1.880    | 0.56       | 0.15  | 0.25  | 0.229 | 0.718 |
| Vigas Eje F entre 5 y 7       | 6.770    | 0.56       | 0.25  | 0.25  | 0.078 | 0.922 |
| Vigas Eje I entre 4 y 5       | 1.880    | 0.46       | 0.15  | 0.15  | 0.202 | 0.798 |
| Vigas Eje I entre 5 y 6       | 3.385    | 0.46       | 0.15  | 0.38  | 0.112 | 0.821 |
| Vigas Eje I entre 6 y 7       | 3.385    | 0.46       | 0.38  | 0.15  | 0.179 | 0.888 |

A continuación, se presenta un ejemplo de la definición de rótulas plásticas en las vigas del Eje 5-5 y 7-7 entre los ejes A-A y B-B (Figura 3-53), en el software empleado para el desarrollo de la presente investigación:

Figura 3-53

Ejemplo de Definición de Rótulas Plásticas en Vigas

The dialog box 'Auto Hinge Assignment Data' contains the following settings:

- Auto Hinge Type:** From Tables In ASCE 41-13
- Select a Hinge Table:** Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i
- Degree of Freedom:** M3 (selected)
- V Value From:** Case/Combo (selected), CGNL (dropdown)
- Transverse Reinforcing:**  Transverse Reinforcing is Conforming
- Reinforcing Ratio (p - p') / pbalanced:** From Current Design (selected)
- Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity:** Drops Load After Point E (selected)

The dialog box 'Frame Assignment - Hinges' displays a table of hinge assignments and summary data:

| Hinge Property | Relative Distance |
|----------------|-------------------|
| Auto           | 0.124             |
| Auto M3        | 0.124             |
| Auto M3        | 0.923             |

Buttons: Add, Modify, Delete

**Auto Hinge Assignment Data Summary:**

- Type: From Tables In ASCE 41-13
- Table: Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i
- DOF: M3

Button: Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

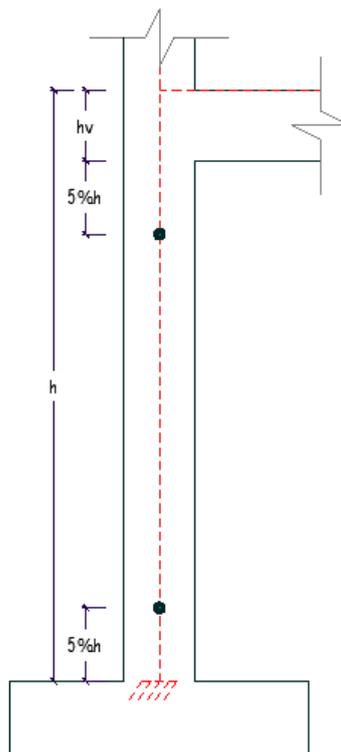
### 3.5.18.2. DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE RÓTULAS PLÁSTICAS – COLUMNAS

Se realizó la asignación de rótulas plásticas, a una distancia equivalente a 0.5% de la altura de los elementos columna, tal y como se muestra en la Figura 3-54.

La Tabla 3-15 muestra un resumen de la ubicación de las rótulas plásticas asignadas a los elementos columna.

**Figura 3-54**

*Ubicación de Rótulas Plásticas - Columnas*



$$%i = 0.50 * h \dots (3.4)$$

$$%j = \frac{h - 0.05 * h - hv}{h} \dots (3.5)$$

**Tabla 3-15:**

*Obtención de los Puntos de ubicación de Rótulas Plásticas en Columnas*

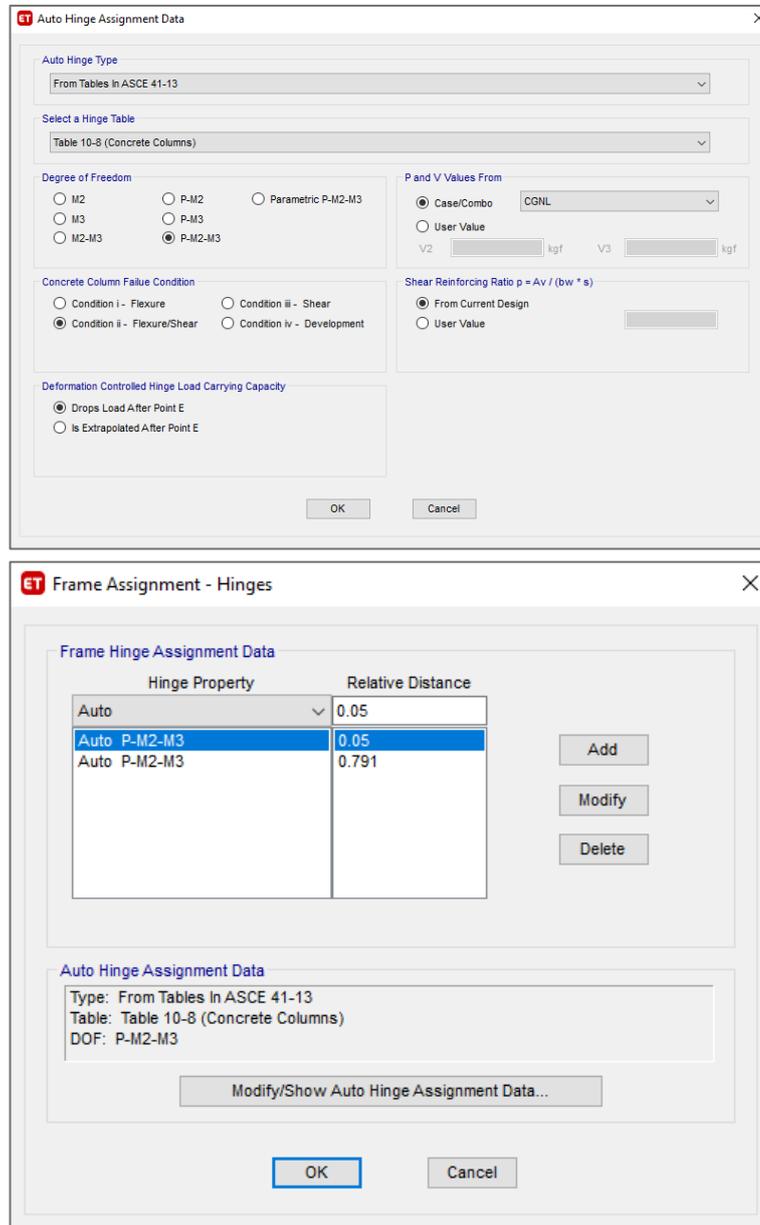
| UBICACIÓN DE ROTULAS EN COLUMNAS |       |      |                |       |       |
|----------------------------------|-------|------|----------------|-------|-------|
| Ubicación                        | Col   | %    | Viga           |       |       |
|                                  | h     | 5%*h | h <sub>v</sub> | %i    | %j    |
| Primer Piso, Tipo 1              | 3.150 | 0.16 | 0.50           | 0.050 | 0.791 |
| Primer Piso, Tipo 2              | 4.525 | 0.23 | 0.60           | 0.050 | 0.817 |
| Primer Piso, Tipo 3              | 4.525 | 0.23 | 0.50           | 0.050 | 0.840 |
| Primer Piso, Tipo 4              | 3.150 |      | Ver detalle    |       |       |
| Segundo Piso, Tipo 1             | 3.050 | 0.15 | 0.50           | 0.050 | 0.786 |
| Segundo Piso, Tipo 2             | 3.050 | 0.15 | 0.60           | 0.050 | 0.753 |
| Segundo Piso, Tipo 3             | 3.050 |      | Ver detalle    |       |       |

A continuación, se muestra un ejemplo de la asignación de rótulas plásticas en columnas de rótulas Tipo 1 (Figura 3-55), y debido a sus características también se presenta la asignación de rótulas del Tipo 3 (Figura 3-58 y Figura 3-59) y 4 (Figura 3-56 y Figura 3-57), mediante el software empleado para la presente investigación:

• Primer piso, Tipo 1

Figura 3-55

Ubicación de Rótulas Plásticas – Tipo 1 - Columnas



• Primer piso, Tipo 4

Figura 3-56

Ubicación de Rótulas Plásticas en columna central debido a la conexión con puntales idealizados de mampostería

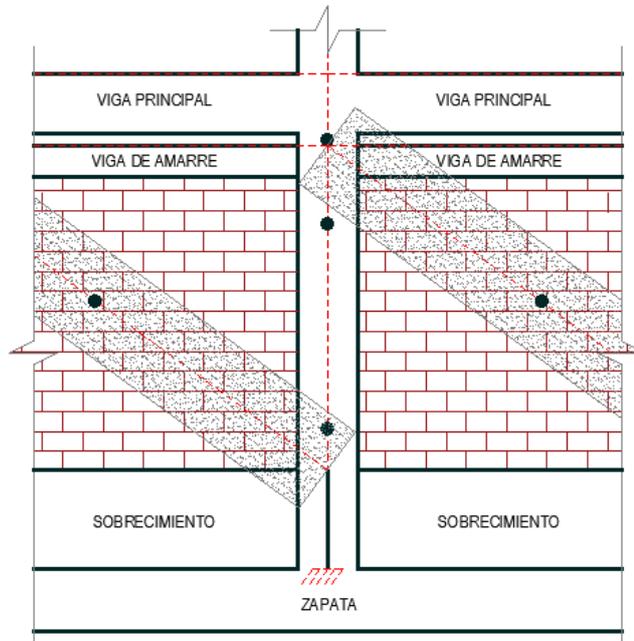
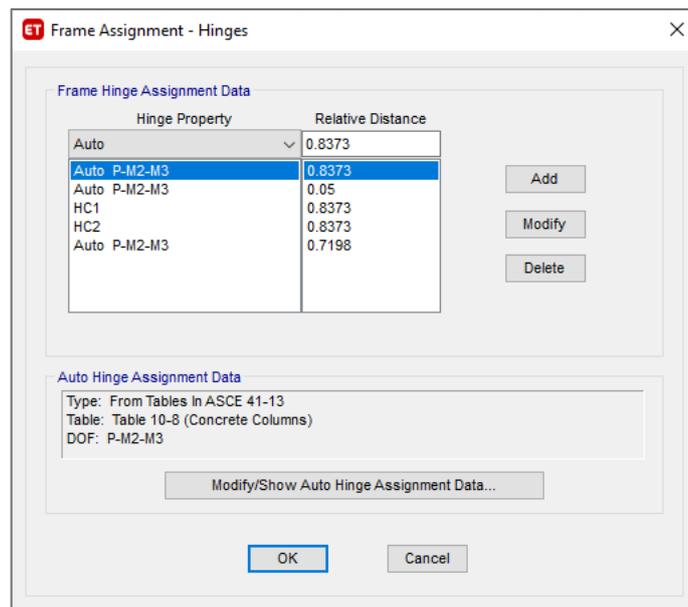


Figura 3-57

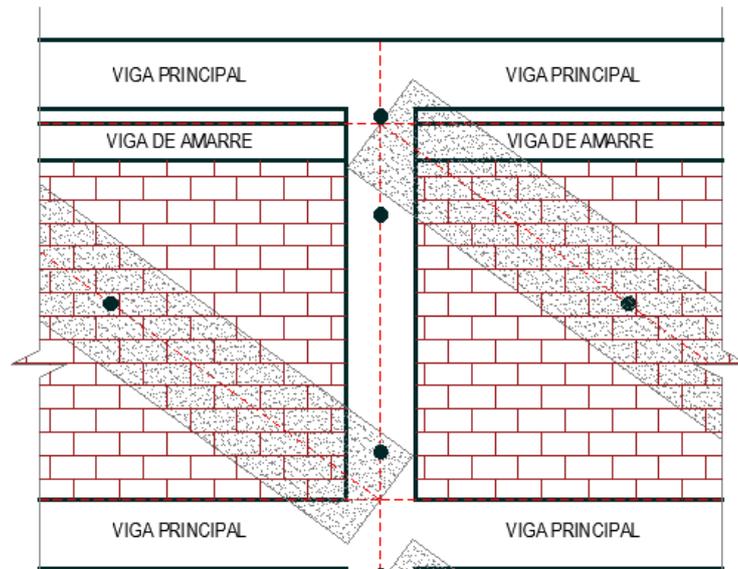
Asignación de Rótulas Plásticas Tipo 4 - Primer Piso - Columnas



- Segundo piso, Tipo 3

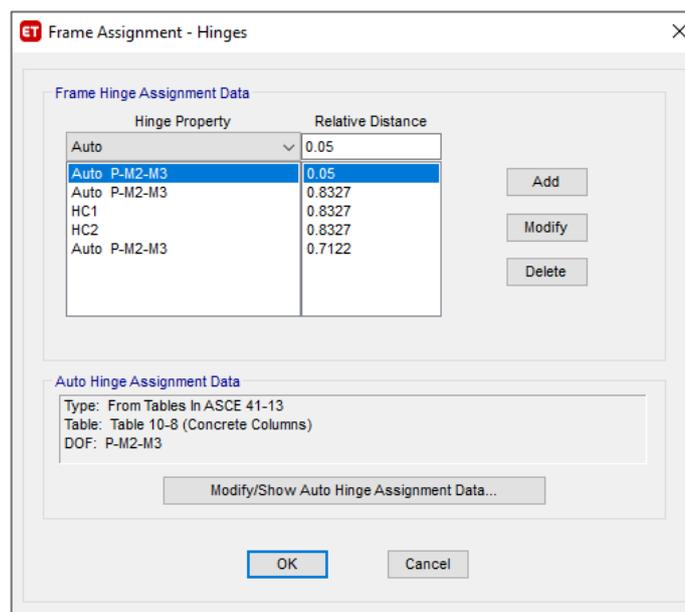
**Figura 3-58**

*Ubicación De Rotulas Plásticas En Columna Central Debido A La Conexión Con Puntales Idealizados De Mampostería*



**Figura 3-59**

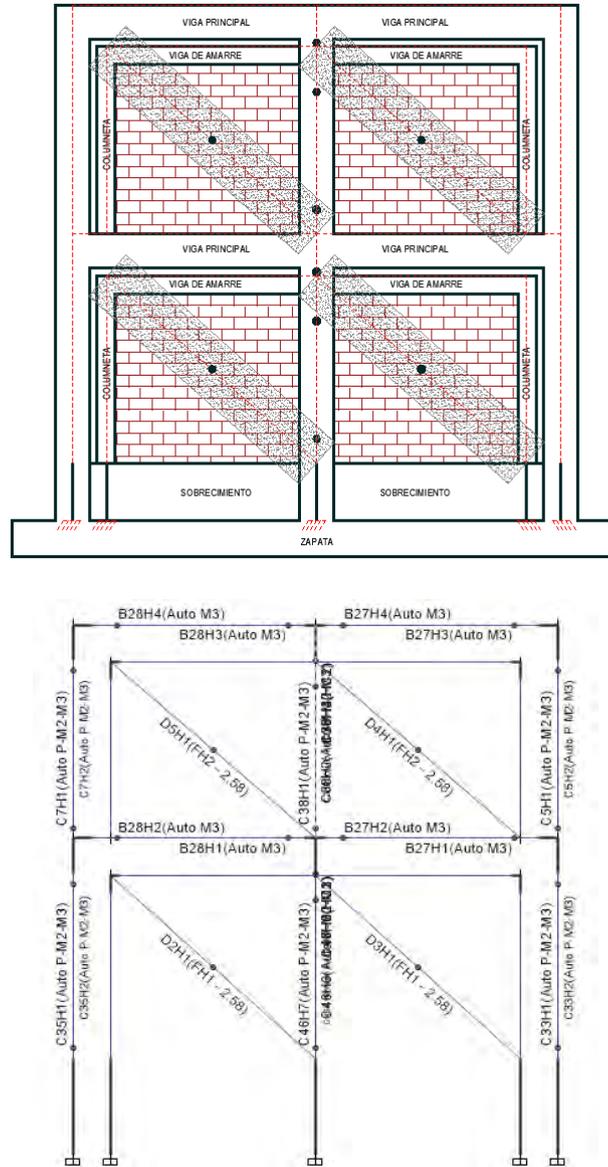
*Asignación de Rótulas Plásticas Tipo 3 - Segundo Piso - Columnas*



- Muros de Albañilería

Figura 3-60

*Ubicación De Rotulas Plásticas En Los Puntales Idealizados De Mampostería*



La idealización de los muros de albañilería se hizo por medio de la teoría de puntales equivalentes. A estos se les asignó la rótula plástica controlada por fueras axiales en el centro de su longitud, tal y como se muestra en la Figura 3-61 y Figura 3-62.

En el Anexo N° 07. se muestra el cálculo detallado del puntal equivalente y su respectiva fuerza axial para la asignación de la rótula plástica.

- **Puntales, primer piso**

**Figura 3-61**

*Asignación de Rótulas Plásticas en Puntales – 1 Nivel*

**Hinge Property Data for FH1 - 2.58 - Axial P**

**Force Control Parameters**

**Maximum Allowed Force**

Specified Proportion of Yield Force

Positive:  Negative:

User Specified Force, kgf

Positive: 37666.3 Negative:

Hinge Loses All Load Carrying Capacity When Maximum Force Is Reached

**Acceptance Criteria (Force/Maximum Allowed Force)**

Positive Negative

Immediate Occupancy 0.1

Life Safety 0.75

Collapse Prevention 1

Hinge is Symmetric (Tension Behavior Same as Compression Behavior)

OK Cancel

- **Puntales, segundo piso**

**Figura 3-62**

*Asignación de Rótulas Plásticas en Puntales – 2 Nivel*

**Hinge Property Data for FH2 - 2.58 - Axial P**

**Force Control Parameters**

**Maximum Allowed Force**

Specified Proportion of Yield Force

Positive:  Negative:

User Specified Force, kgf

Positive: 35996.16 Negative:

Hinge Loses All Load Carrying Capacity When Maximum Force Is Reached

**Acceptance Criteria (Force/Maximum Allowed Force)**

Positive Negative

Immediate Occupancy 0.1

Life Safety 0.75

Collapse Prevention 1

Hinge is Symmetric (Tension Behavior Same as Compression Behavior)

OK Cancel

### 3.5.19. DEFINICIÓN DE ESPECTROS DE DEMANDA SÍSMICA:

El sismo de diseño empleado por la norma E.030 es de 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, procederemos a encontrar el periodo de retorno del mismo, mediante la siguiente fórmula:

$$T_r = \frac{1}{1-(1-p)^{1/n}} \dots (3.6)$$

Sabemos que n es el periodo de retorno de 50 años, y p es la probabilidad de excedencia que en este caso es de 10%, por tanto, el periodo de retorno estipulado por la norma peruana es de:

$$T_r = 475 \text{ años}$$

Los niveles de amenaza sísmica establecidos en la norma ASCE 41-13 para edificaciones existentes, son de: 50%, 20% y 5% de probabilidad de excedencia en 50 años, para encontrar los espectros sísmicos de los mismos es necesario que escalemos el espectro de la norma E.030, por medio de un factor de escala:

$$Fe = \frac{a_2}{a_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k \dots (3.7)$$

Esta fórmula pertenece al Anexo A del Eurocódigo 8, donde k puede tener valores oscilantes entre 0.3 y 0.4, para este caso, emplearemos el valor intermedio de 0.35. La aceleración base de la norma peruana es obtenida del cuadro correspondiente a los factores de zona (**Tabla 3-3**), del mismo se desprende que la aceleración base para la zona 4, es de 0.45.

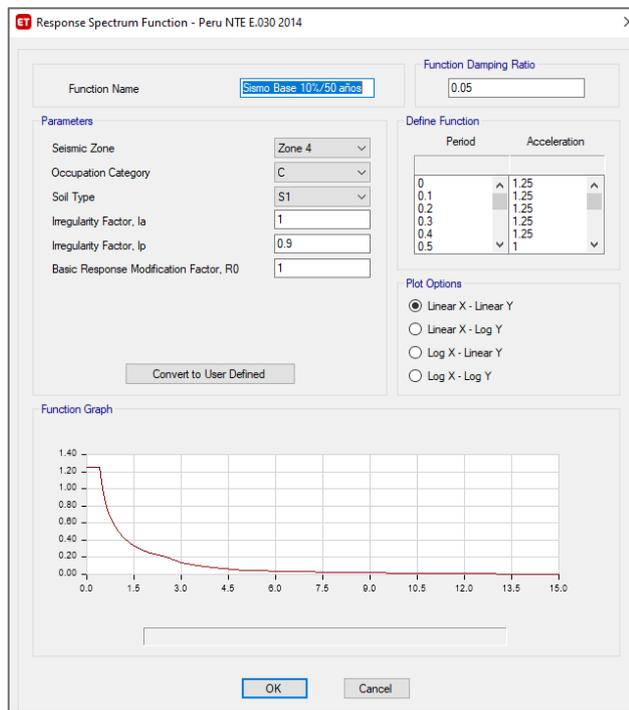
A continuación, se definirá el sismo base (sin considerar el coeficiente de reducción sísmica estipulado por la norma), y los niveles de amenaza sísmica estipulados por la normal E.030.

### 3.5.19.1. Sismo Base (10% /50 Años)

En este caso consideraremos todos los factores del espectro hallados para el análisis dinámico, a excepción de coeficiente de reducción sísmica, empleando así un valor de  $R = 1$ , tal y como se muestra en la Figura 3-63.

**Figura 3-63**

*Definición de Sismo de 10% / 50Años*



### 3.5.19.2. 50% /50 Años

Reemplazando en la fórmula del periodo de retorno, se tiene:

$$T_r = \frac{1}{1 - (1 - 50/100)^{1/50}}$$

$$T_r = 73 \text{ años}$$

Por tanto, con el valor de  $T_r$ , podemos encontrar el factor de escala necesario para modificar al sismo base en el sismo de 50% de probabilidad de excedencia en 50 años.

$$Fe = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k$$

$$Fe = \left(\frac{73}{475}\right)^{0.35} = 0.52$$

Como el valor del factor de reducción sísmica R divide al espectro sísmico, y nosotros queremos modificar de manera directa el espectro base, debemos dividir el valor de R con el factor de escala, de esta manera este multiplicará al espectro, por tanto, el valor de R para el espectro correspondiente al sismo de 50% de probabilidad de excedencia en 50 años, será:

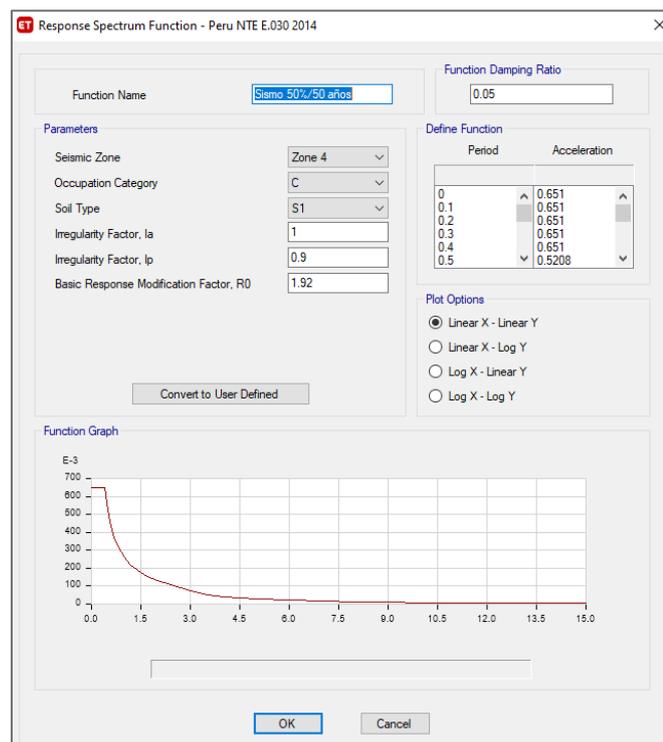
$$R = 1/0.52$$

$$R = 1.92$$

Es así que se realizó la creación del espectro sísmico para el sismo de 50% de probabilidad de excedencia en 50 años, tal y como se observa en la Figura 3-64.

**Figura 3-64**

*Definición de Sismo de 50% / 50Años*



### 3.5.19.3. BSE-1E (20% /50 Años)

Reemplazando en la fórmula del periodo de retorno, se tiene:

$$T_r = \frac{1}{1 - (1 - 20/100)^{1/50}}$$

$$T_r = 225 \text{ años}$$

Por tanto, con el valor de  $T_2$ , podemos encontrar el factor de escala necesario para modificar al sismo base en el sismo de 20% de probabilidad de excedencia en 50 años.

$$Fe = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k$$

$$Fe = \left(\frac{225}{475}\right)^{0.35} = 0.77$$

Como el valor del factor de reducción sísmica  $R$  divide al espectro sísmico, y nosotros queremos modificar de manera directa el espectro base, debemos dividir el valor de  $R$  con el factor de escala, de esta manera este multiplicará al espectro, por tanto, el valor de  $R$  para el espectro correspondiente al sismo de 50% de probabilidad de excedencia en 50 años, será:

$$R = 1/0.77$$

$$R = 1.29$$

Es así que se realizó la creación del espectro sísmico para el sismo de 20% de probabilidad de excedencia en 50 años, tal y como se observa en la Figura 3-65.

**Figura 3-65**

*Definición de Sismo de 20% / 50Años*



#### 3.5.19.4. BSE-2E (5% /50 Años)

Reemplazando en la fórmula del periodo de retorno, se tiene:

$$T_r = \frac{1}{1 - (1 - 5/100)^{1/50}}$$

$$T_r = 975 \text{ años}$$

Por tanto, con el valor de  $T_2$ , podemos encontrar el factor de escala necesario para modificar al sismo base en el sismo de 5% de probabilidad de excedencia en 50 años.

$$Fe = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k$$

$$Fe = \left(\frac{975}{475}\right)^{0.35} = 1.28$$

Como el valor del factor de reducción sísmica R divide al espectro sísmico, y nosotros queremos modificar de manera directa el espectro base, debemos dividir el valor de R con el factor de escala, de esta manera este multiplicará al espectro, por tanto, el valor de R para el espectro correspondiente al sismo de 50% de probabilidad de excedencia en 50 años, será:

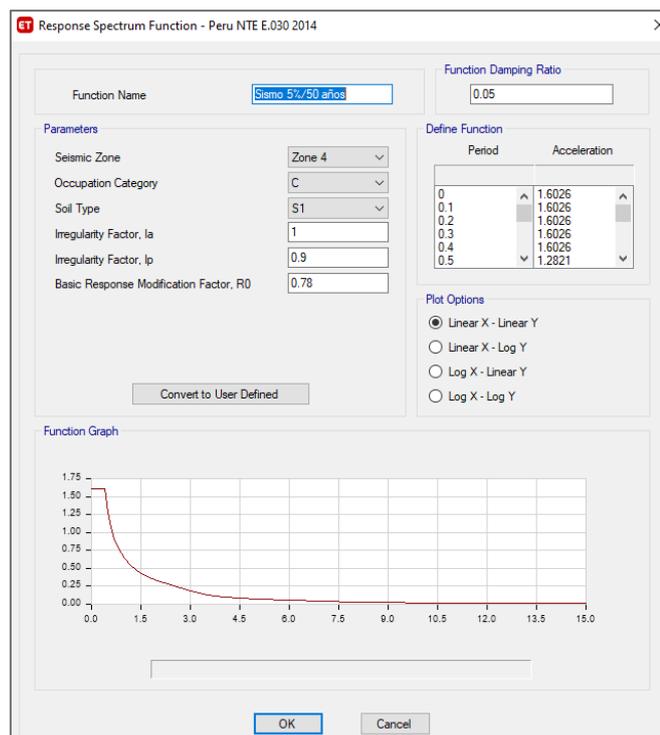
$$R = 1/1.28$$

$$R = 0.78$$

Es así que se realizó la creación del espectro sísmico para el sismo de 5% de probabilidad de excedencia en 50 años, tal y como se observa en la figura 3-66.

figura 3-66

*Definición de Sismo de 5% / 50Años*

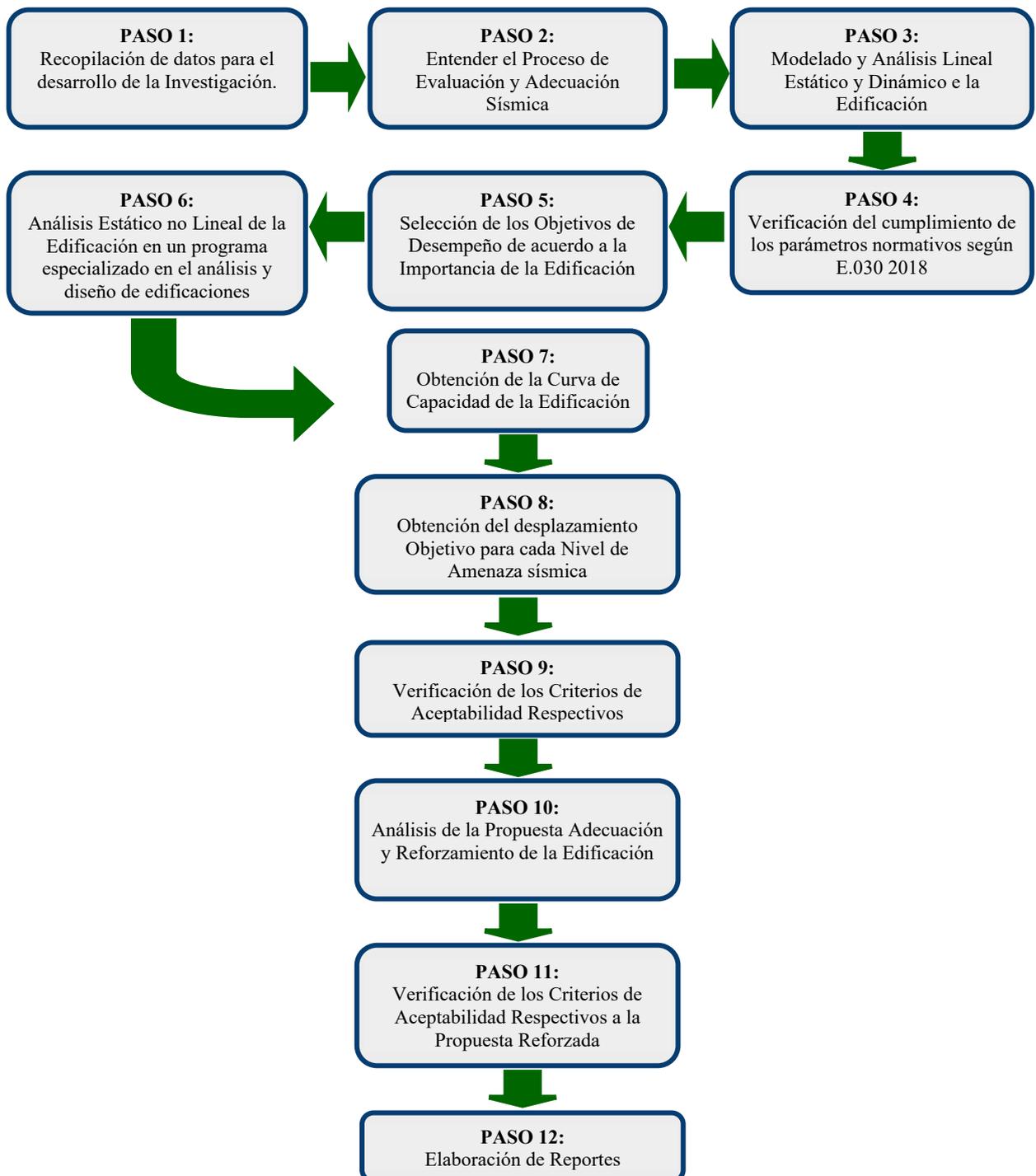


### 3.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A continuación, se presenta la Figura 3-67, que consiste en un esquema que resume el procedimiento de cada etapa en el desarrollo del presente trabajo de investigación:

**Figura 3-67**

*Esquema de Procedimiento de Trabajo para la Evaluación Sísmica de la Edificación*



# CAPITULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANALISIS LINEAL DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE

#### 4.1.1. ANALISIS LINEAL ESTÁTICO

##### 4.1.1.1. PARAMETROS NORMATIVOS ASIGNADOS

A continuación, en la Tabla 4-1 y Tabla 4-2, se muestran los parámetros sísmicos normativos asignados a la edificación existente, tanto para la dirección X-X como Y-Y:

**Tabla 4-1:**

*Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Existente X-X*

| FACTOR | VALOR |
|--------|-------|
| Z      | 0.45  |
| U      | 1.50  |
| C      | 2.50  |
| S      | 1.00  |
| Rx     | 7.20  |

**Tabla 4-2:**

*Resumen de Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Existente X-X*

| FACTOR | VALOR |
|--------|-------|
| Z      | 0.45  |
| U      | 1.50  |
| C      | 2.50  |
| S      | 1.00  |
| Ry     | 7.20  |

Cuya obtención y coeficiente sísmico estático asignado al programa se explican en el Item 3.5.10 de la presente investigación.

#### 4.1.1.2. CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

Del Análisis Estático Lineal de la edificación, se obtuvieron las derivas de entrepiso mostradas en la Tabla 4-3 para dirección X-X y en la Tabla 4-4 para la dirección Y-Y:

**Tabla 4-3:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Existente – Dirección X-X*

| Derivas de Entrepiso - Dirección X-X |                |        |                       |           |
|--------------------------------------|----------------|--------|-----------------------|-----------|
| Piso                                 | Elevación<br>m | X-Dir  | * 0.85 R <sub>x</sub> | CONTROL   |
| Piso 2                               | 7.575          | 0.0014 | 0.0088                | NO CUMPLE |
| Piso 1                               | 4.525          | 0.0013 | 0.0081                | NO CUMPLE |
| Base                                 | 0              | 0      |                       |           |

**Tabla 4-4:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Existente – Dirección Y-Y*

| Derivas de Entrepiso - Dirección Y-Y |                |         |                       |         |
|--------------------------------------|----------------|---------|-----------------------|---------|
| Piso                                 | Elevación<br>m | X-Dir   | * 0.85 R <sub>y</sub> | CONTROL |
| Piso 2                               | 7.575          | 0.00031 | 0.00192               | CUMPLE  |
| Piso 1                               | 4.525          | 0.00039 | 0.00241               | CUMPLE  |
| Base                                 | 0              | 0       |                       |         |

En las tablas precedentes, se muestra también el control realizado a las derivas obtenidas del análisis, mismo que se realizó multiplicando por un valor de 0.85 R, los resultados obtenidos del análisis lineal elástico en cada dirección, y comparándolo con el valor de deriva máxima para un sistema de pórticos de concreto armado, misma que es igual a 0.007. De lo mencionado se desprende que el Edificio

Existente “No Cumple” con la deriva máxima permitida por la Norma E 0.30 en la Dirección X-X, sin embargo, sí lo hace en la Dirección Y-Y.

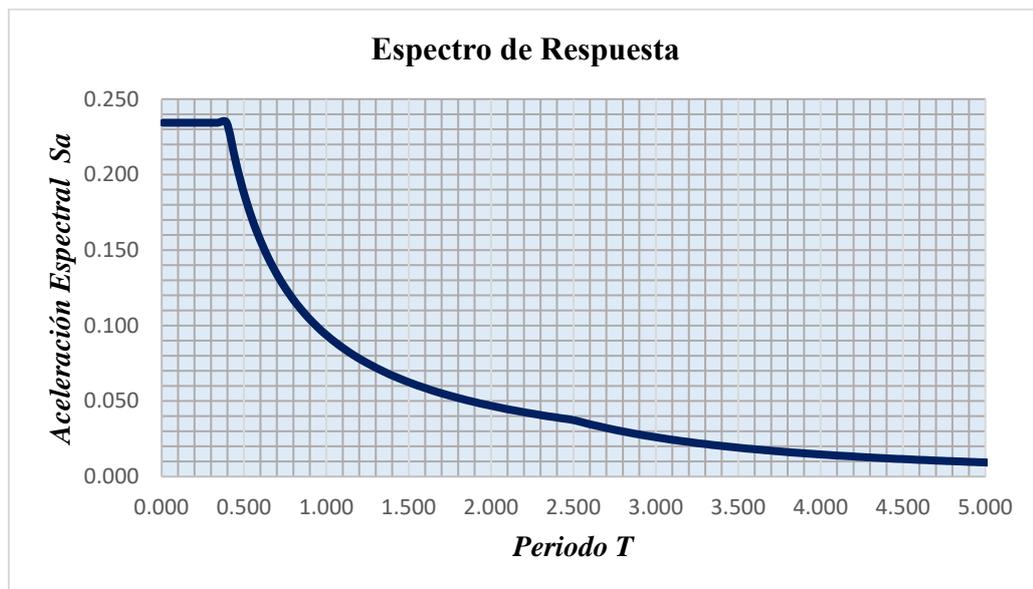
#### 4.1.2. ANÁLISIS LINEAL DINÁMICO

##### 4.1.2.1. PARAMETROS NORMATIVOS ASIGNADOS

Para el análisis dinámico de la edificación existente se empleó para ambas direcciones el espectro de respuesta mostrado en la Figura 4-1:

**Figura 4-1**

*Espectro de Respuesta de la Edificación Existente en la Dirección X-X e Y-Y*



La definición del mismo, se presenta en el Item 3.5.11 de la presente investigación.

##### 4.1.2.2. CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

Del Análisis Dinámico Lineal de la edificación, se obtuvieron las derivas de entrepiso mostradas en la Tabla 4-5 para dirección X-X y en la Tabla 4-6 para la dirección Y-Y:

**Tabla 4-5:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Existente – Dirección*

*X-X*

| <b>Derivas de Entrepiso - Dirección X-X</b> |                        |              |                  |                |
|---|------------------------|--------------|------------------|----------------|
| <b>Piso</b>                                 | <b>Elevación<br/>m</b> | <b>X-Dir</b> | <b>* 0.85 Rx</b> | <b>CONTROL</b> |
| Piso 2                                      | 7.575                  | 0.0014       | 0.0084           | NO CUMPLE      |
| Piso 1                                      | 4.525                  | 0.0012       | 0.0076           | NO CUMPLE      |
| Base  | 0                      | 0            |                  |                |

**Tabla 4-6:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Existente – Dirección*

*Y-Y*

| <b>Derivas de Entrepiso - Dirección Y-Y</b> |                        |              |                  |                |
|---|------------------------|--------------|------------------|----------------|
| <b>Piso</b>                                 | <b>Elevación<br/>m</b> | <b>X-Dir</b> | <b>* 0.85 Ry</b> | <b>CONTROL</b> |
| Piso 2                                      | 7.575                  | 0.00031      | 0.00188          | CUMPLE         |
| Piso 1                                      | 4.525                  | 0.00040      | 0.00243          | CUMPLE         |
| Base  | 0                      | 0            |                  |                |

De las tablas precedentes, se observa que los resultados son similares a los obtenidos por el análisis estático. Es decir, del control de derivas realizado al multiplicar por un valor de 0.85 R y compararlo con el valor de deriva máxima para un sistema de pórticos de concreto armado (0.007), arroja como resultado que el Edificio Existente “No Cumple” con la deriva máxima permitida en la Dirección X-X, sin embargo, sí lo hace en la Dirección Y-Y.

#### 4.1.2.3. CONTROL DE PORCENTAJE DE MASA PARTICIPATIVA EN LOS MODOS DE VIBRACIÓN

Debido a que la edificación es de dos niveles, se consideraron los primeros 6 modos de vibración (A razón de 3 modos por nivel), para los cuales se obtuvieron los porcentajes de masa participativa mostrados en la Tabla 4-7:

**Tabla 4-7:**

*Porcentajes de Masa Participativa – Análisis Dinámico de la Edificación Existente*

| Porcentajes de Masa Participativa |        |               |        |        |        |               |               |        |        |
|-----------------------------------|--------|---------------|--------|--------|--------|---------------|---------------|--------|--------|
| CASO                              | MODO   | Periodo (seg) | UX     | UY     | UZ     | SumUX         | SumUY         | SumUZ  | RX     |
| Modal                             | 1.0000 | 0.3580        | 0.9251 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9251        | 0.0000        | 0.0000 | 0.0000 |
| Modal                             | 2.0000 | 0.1780        | 0.0000 | 0.9504 | 0.0000 | 0.9251        | 0.9504        | 0.0000 | 0.1409 |
| Modal                             | 3.0000 | 0.1520        | 0.0017 | 0.0080 | 0.0000 | 0.9268        | 0.9584        | 0.0000 | 0.0014 |
| Modal                             | 4.0000 | 0.1150        | 0.0729 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9997        | 0.9584        | 0.0000 | 0.0000 |
| Modal                             | 5.0000 | 0.0650        | 0.0000 | 0.0400 | 0.0000 | 0.9998        | 0.9984        | 0.0000 | 0.8248 |
| Modal                             | 6.0000 | 0.0560        | 0.0001 | 0.0015 | 0.0000 | <b>0.9999</b> | <b>0.9999</b> | 0.0000 | 0.0319 |

De la tabla anterior, se desprende que la edificación existente “Cumple” con el Control por porcentaje de masas participativas en los modos de vibración (Apartado 4.6.1. de la norma E030 2018), debido a que la suma de las masas participativas encontrada, es mayor al 90% de la Masa Total de la edificación.

## 4.2. ANALISIS ESTÁTICO NO-LINEAL DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE

### 4.2.1. DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA

Los Niveles de amenaza sísmica empleados para la presente investigación, fueron los estipulados por la norma ASCE 41-13 para edificaciones existentes, es decir, los sismos BSE-2E y BSE-1E, además del “sismo común o de servicio” (50% de probabilidad de excedencia en 50 años) y el sismo normativo de acuerdo a la N.T.P. E.030. Los mencionados se detallan en la Tabla 4-8:

**Tabla 4-8:**

*Definición de Niveles de Amenaza Sísmica - Edificación Existente*

| Niveles de Amenaza sísmica | Probabilidad de excedencia (p,t) | Periodo de retorno T (años) |
|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| -                          | 50% en 50 años                   | 72                          |
| BSE-1E                     | 20% en 50 años                   | 225                         |
| Sismo Severo E.030         | 10% en 50 años                   | 475                         |
| BSE-2E                     | 5% en 50 años                    | 975                         |

### 4.2.2. DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESEMPEÑO

La edificación existente es del tipo “Esencial A2” según la Norma E030 -2018, por lo que de acuerdo al apartado c ítem 1.3, la edificación debería permanecer operativa en caso de un sismo severo (comparable a un sismo de 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, pero para edificaciones existentes ASCE 41-13 emplea el sismo BSE-1E). Por otro lado, de acuerdo al apartado b ítem 1.3, la edificación podría presentar daños reparables para movimientos sísmicos moderados (50%/50). Es así que, de acuerdo a lo mencionado, se emplearon los objetivos de desempeño que se detallan en la Tabla 4-9:

**Tabla 4-9:**

*Definición de Objetivos de Desempeño - Edificación Existente*

| Nivel de Amenaza Sísmica  | Nivel de Desempeño Operacional (1-A) | Nivel de Desempeño Ocupación Inmediata (1-B) | Nivel de Desempeño Seguridad de Vida (3-C) | Nivel de Desempeño Prevención de Colapso (3-C) |
|---------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 50%/50 años               | a                                    | b  | c  | d  |
| BSE - 1E<br>(20%/50 años) | e                                    | f  | g  | h  |
| BSE - 2E<br>(5%/50 años)  | i                                    | j  | k  | l  |

Los objetivos de desempeño elegidos son: a, f y k, lo que quiere decir que la edificación debería permanecer “Operacional” para un sismo “común” de 50% de probabilidad de Excedencia en 50 años, permanecer en el rango de “Ocupación Inmediata” para un sismo “BSE – 1E” de 20% de probabilidad de Excedencia en 50 años, y en un rango que garantice la “Seguridad de Vida” para un sismo “BSE – 2E” de 5% de probabilidad de excedencia en 50 años (Ver Tabla 2-4).

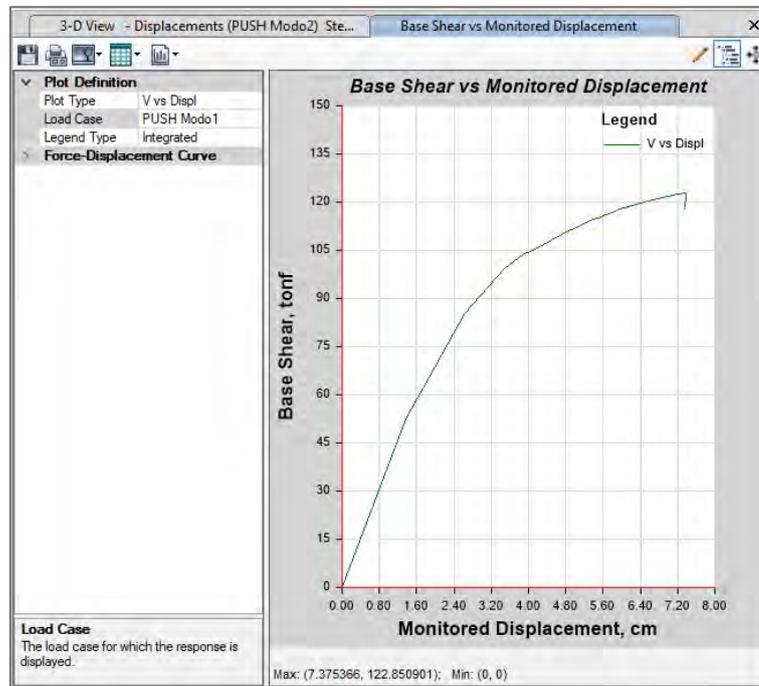
#### 4.2.3. OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DE LA EDIFICACIÓN

##### 4.2.3.1. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA DIRECCIÓN X-X

En la Figura 4-2 se muestra la curva de capacidad obtenida para el patrón de carga lateral equivalente al modo fundamental de vibración de la estructura en la dirección X-X y en la Figura 4-3 se muestra la correspondiente al patrón de cargas Push Fx. Por otro lado, la Tabla 4-10 muestra los valores tabulados por el software.

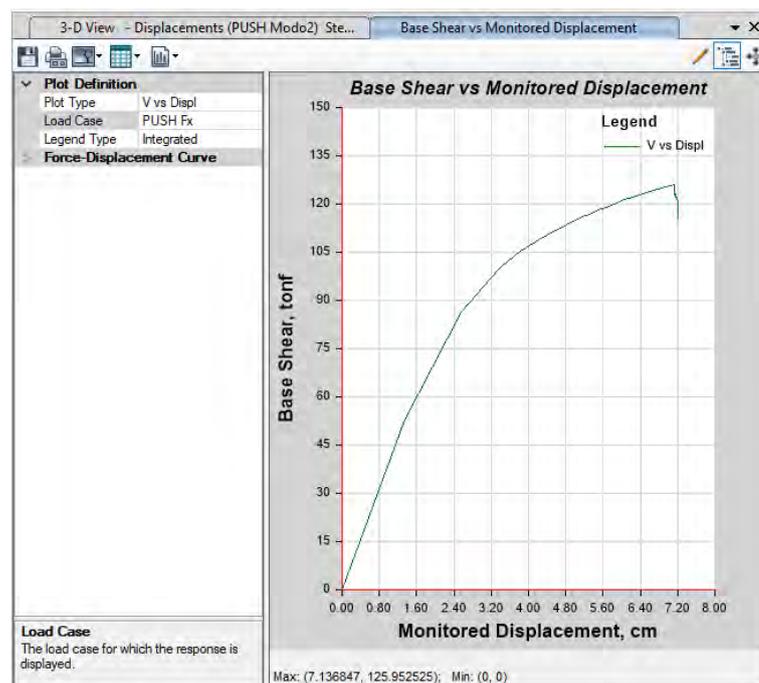
**Figura 4-2**

*Ploteo de Curva De Capacidad PUSH Modo 1- Edificación Existente*



**Figura 4-3**

*Ploteo de Curva De Capacidad PUSH Fx- Edificación Existente*



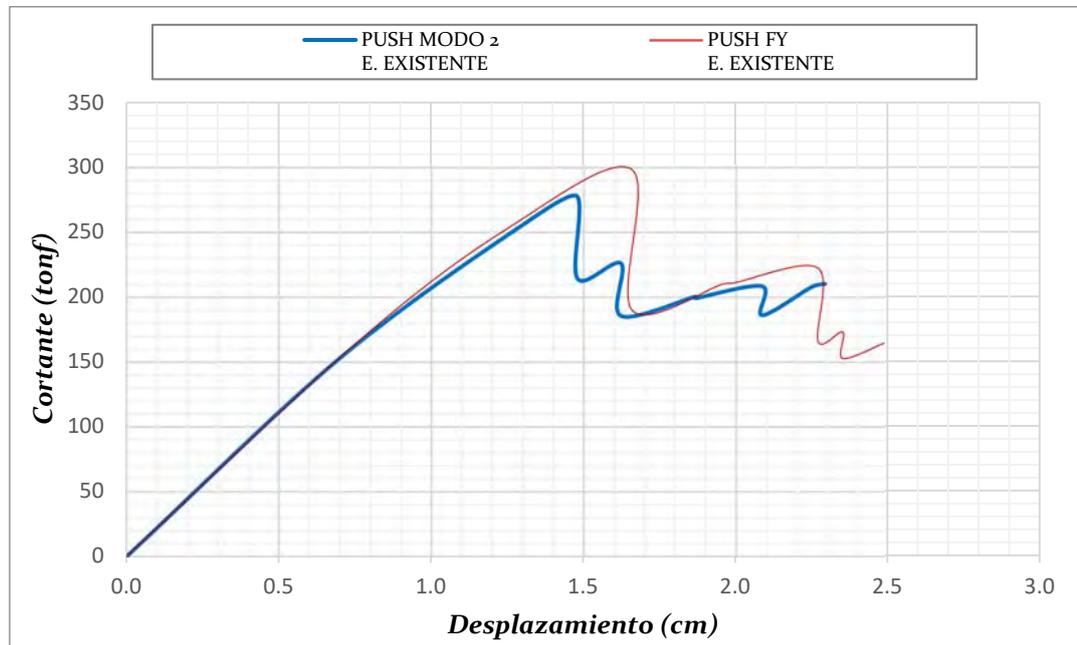
**Tabla 4-10:**

*Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Existente – Dirección X-X*

| <b>CURVA DE CAPACIDAD DIRECCIÓN X-X</b> |             |         |         |         |
|---|-------------|---------|---------|---------|
| Paso                                    | PUSH MODO 1 |         | PUSH FX |         |
|   | D(cm)       | V(tonf) | D(cm)   | V(tonf) |
| 0                                       | 0.0000      | 0.00    | 0.0000  | 0.00    |
| 1                                       | 1.3715      | 52.66   | 1.3302  | 52.91   |
| 2                                       | 2.6334      | 85.45   | 2.5712  | 86.43   |
| 3                                       | 3.4757      | 99.22   | 3.3443  | 99.73   |
| 4                                       | 3.9065      | 103.90  | 3.4268  | 100.55  |
| 5                                       | 4.1006      | 105.07  | 3.8146  | 105.52  |
| 6                                       | 4.8983      | 111.41  | 4.3359  | 110.14  |
| 7                                       | 4.9859      | 111.70  | 4.3906  | 110.40  |
| 8                                       | 5.3743      | 114.50  | 5.1903  | 116.26  |
| 9                                       | 5.4946      | 114.89  | 5.2532  | 116.44  |
| 10                                      | 5.9542      | 117.82  | 5.5587  | 118.59  |
| 11                                      | 6.6524      | 120.79  | 5.6626  | 119.01  |
| 12                                      | 6.7511      | 120.89  | 6.0572  | 121.47  |
| 13                                      | 7.2169      | 122.61  | 6.2304  | 122.08  |
| 14                                      | 7.3754      | 122.85  | 6.6956  | 124.39  |
| 15                                      | 7.3757      | 117.68  | 6.8681  | 124.82  |
| 16                                      | 7.3768      | 117.62  | 7.1368  | 125.95  |
| 17                                      | 7.3768      | 117.62  | 7.1372  | 122.89  |
| 18                                      | 7.3811      | 117.42  | 7.1467  | 123.04  |
| 19                                      | 7.3815      | 117.43  | 7.1471  | 121.99  |
| 20                                      |             |         | 7.1763  | 122.02  |
| 21                                      |             |         | 7.2016  | 120.61  |
| 22                                      |             |         | 7.2082  | 119.90  |
| 23                                      |             |         | 7.2127  | 119.59  |
| 24                                      |             |         | 7.2131  | 115.60  |
| 25                                      |             |         | 7.2131  | 115.60  |
| 26                                      |             |         | 7.2143  | 115.32  |
| 27                                      |             |         | 7.2152  | 115.29  |
| 28                                      |             |         | 7.2152  | 115.29  |

**Figura 4-4**

*Curvas de Capacidad Superpuestas - Dirección X-X- Edificación Existente*



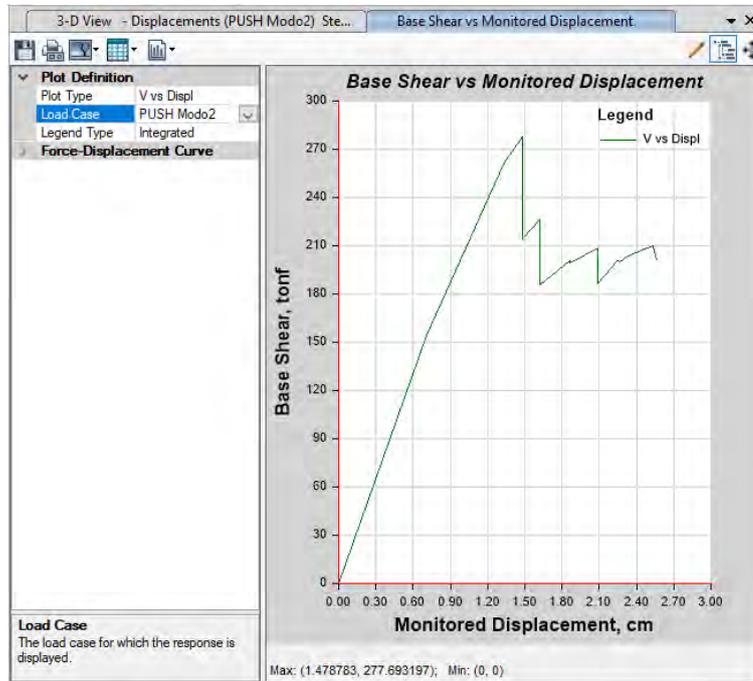
De las Curvas de Capacidad mostradas en la Figura 4-4, se desprende que las mismas son muy parecidas. Para la presente investigación, se empleará la curva correspondiente al PUSH Modo 1 debido a que la norma ASCE 41-13 en su apartado 7.4.3.2.3. recomienda emplear para el análisis una distribución de fuerzas equivalente a la forma del primer modo de vibración.

#### **4.2.3.2. CURVA DE CAPACIDAD PARA LA DIRECCIÓN Y-Y**

En la Figura 4-5 se muestra la curva de capacidad obtenida para el patrón de carga lateral equivalente al modo fundamental de vibración de la estructura en la dirección Y-Y y en la Figura 4-6 se muestra la correspondiente al patrón de cargas Push Fy. Por otro lado, la Tabla 4-11 muestra los valores tabulados por el software.

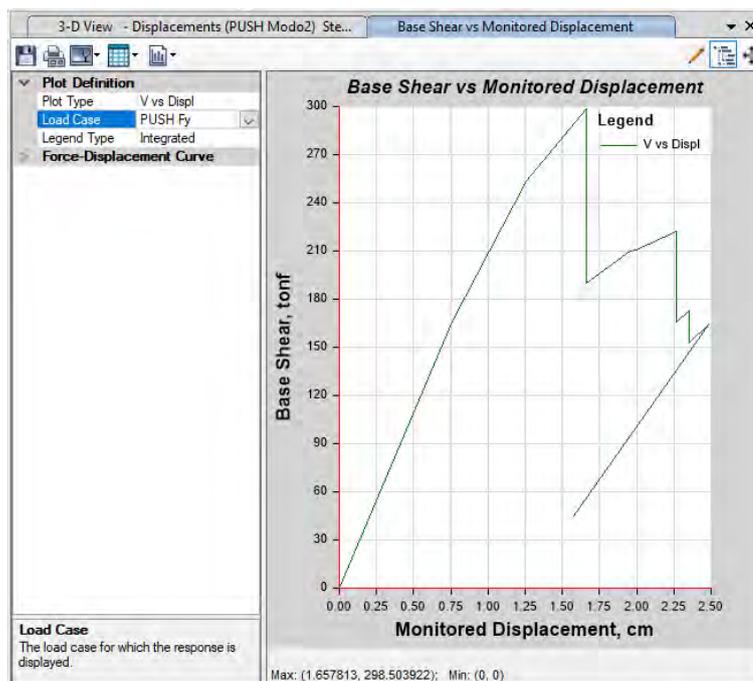
**Figura 4-5**

*Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Modo 2- Edificación Existente*



**Figura 4-6**

*Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Fy- Edificación Existente*

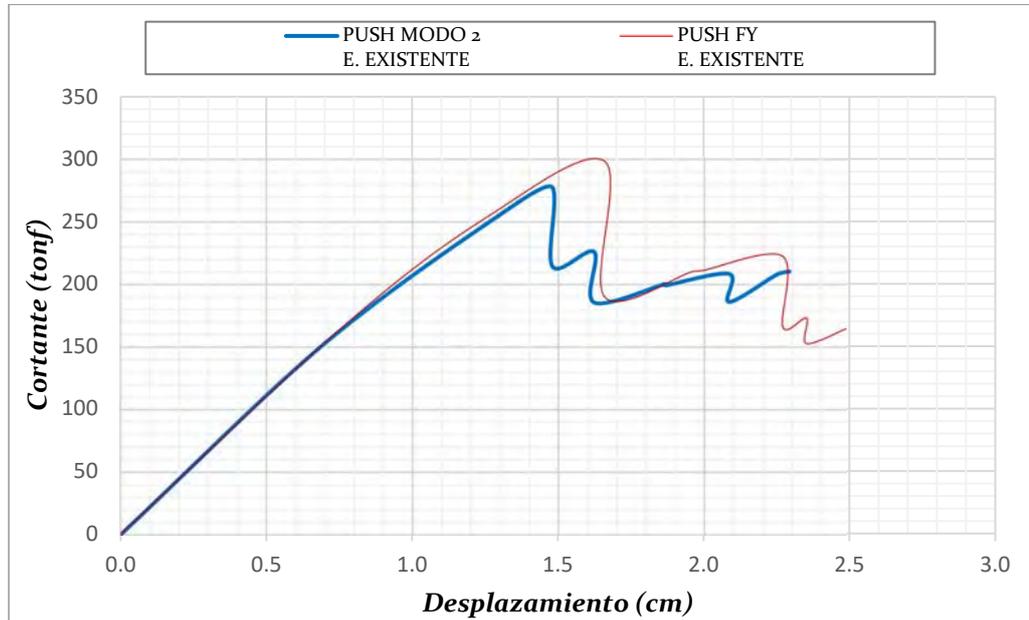


**Tabla 4-11:**

*Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Existente – Dirección Y-Y*

| <b>CURVA DE CAPACIDAD DIRECCIÓN Y-Y</b> |             |         |         |         |
|---|-------------|---------|---------|---------|
| Paso                                    | PUSH MODO 2 |         | PUSH FY |         |
|   | D(cm)       | V(tonf) | D(cm)   | V(tonf) |
| 0                                       | 0.0000      | 0.00    | 0.0000  | 0.00    |
| 1                                       | 0.7052      | 154.15  | 0.7641  | 166.39  |
| 2                                       | 1.3352      | 261.53  | 1.2548  | 253.52  |
| 3                                       | 1.4788      | 277.69  | 1.6578  | 298.50  |
| 4                                       | 1.4792      | 214.43  | 1.6582  | 190.14  |
| 5                                       | 1.6220      | 226.23  | 1.9567  | 209.94  |
| 6                                       | 1.6224      | 185.59  | 1.9948  | 210.98  |
| 7                                       | 1.8655      | 200.56  | 2.2692  | 222.39  |
| 8                                       | 1.8657      | 199.29  | 2.2696  | 165.79  |
| 9                                       | 2.0846      | 208.58  | 2.3504  | 172.93  |
| 10                                      | 2.0850      | 186.63  | 2.3507  | 152.57  |
| 11                                      | 2.2465      | 200.56  | 2.4851  | 164.39  |
| 12                                      | 2.2627      | 200.10  | 1.6674  | 55.37   |

**Figura 4-7**  
*Curvas de Capacidad Superpuestas - Dirección Y-Y- Edificación Existente*



De las Curvas de Capacidad mostradas en la Figura 4-7, se desprende que las mismas son muy parecidas en el rango lineal. Para la presente investigación, se empleará la curva correspondiente al PUSH Modo 2 debido a que la norma ASCE 41-13 en su apartado 7.4.3.2.3. recomienda emplear para el análisis una distribución de fuerzas equivalente a la forma del primer modo de vibración.

#### **4.2.4. OBTENCIÓN DE LOS PUNTOS DE DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE**

La norma ASCE 41-13 propone el método de los coeficientes de desplazamientos modificado como procedimiento para obtener el punto de “Desplazamiento Objetivo”, más conocido como el “Punto de Desempeño”.

##### **4.2.4.1. DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE PARA LA DIRECCIÓN X-X**

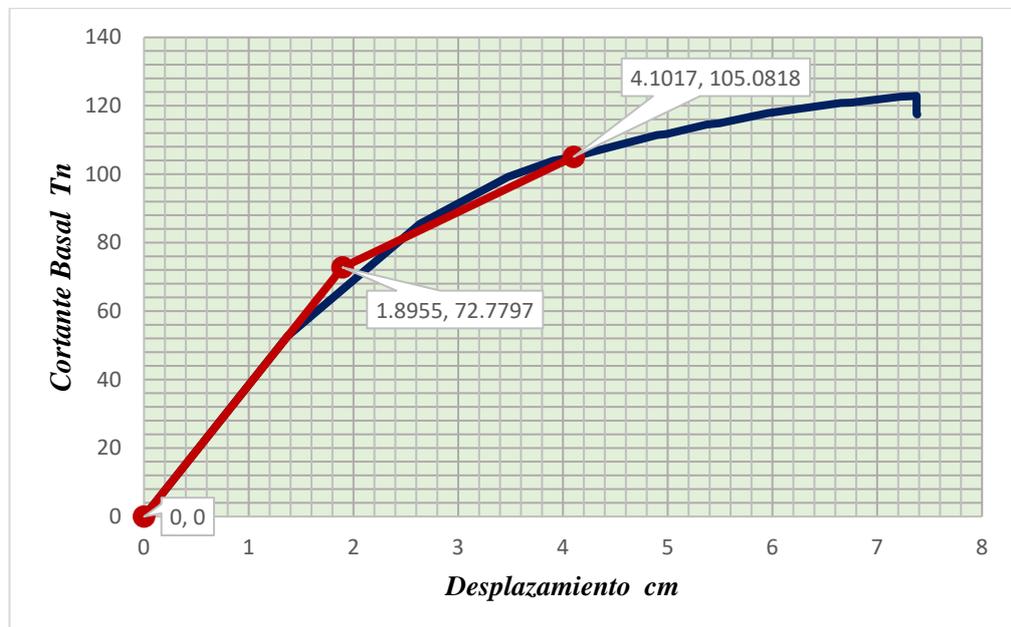
A continuación, se muestran los gráficos de obtención de los puntos de desempeño de acuerdo a cada nivel de amenaza sísmica para la dirección X-X.

- **Sismo 50% / 50 Años:**

La Figura 4-8 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de servicio de 50%/50 Años en la dirección X-X, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-12.

**Figura 4-8**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Existente*



**Tabla 4-12:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Existente*

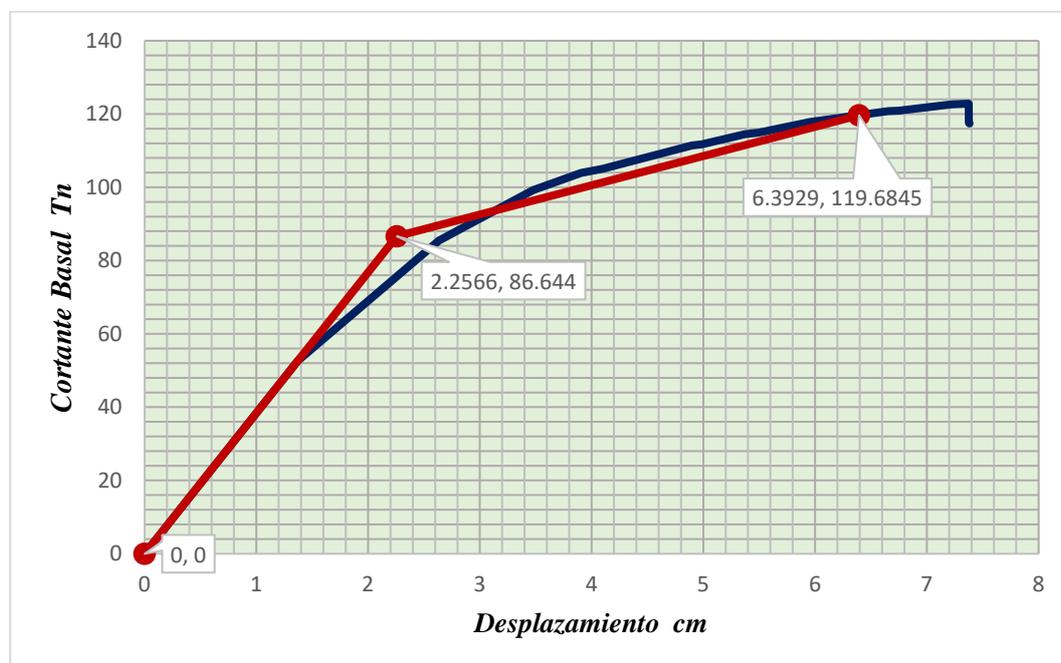
|                                   | Desplazamiento | Fuerza Cortante |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|
|                                   | cm             | Tn              |
| <b>Origen</b>                     | 0              | 0               |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 1.8955         | 72.7797         |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 4.1017         | 105.0818        |

- **BSE – 1E 20% / 50 Años:**

La Figura 4-9 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de 20%/50 Años en la dirección X-X, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-13.

**Figura 4-9**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente*



**Tabla 4-13:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección X-X - Edificación Existente*

|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 2.2566               | 86.644                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 6.3929               | 119.6845              |

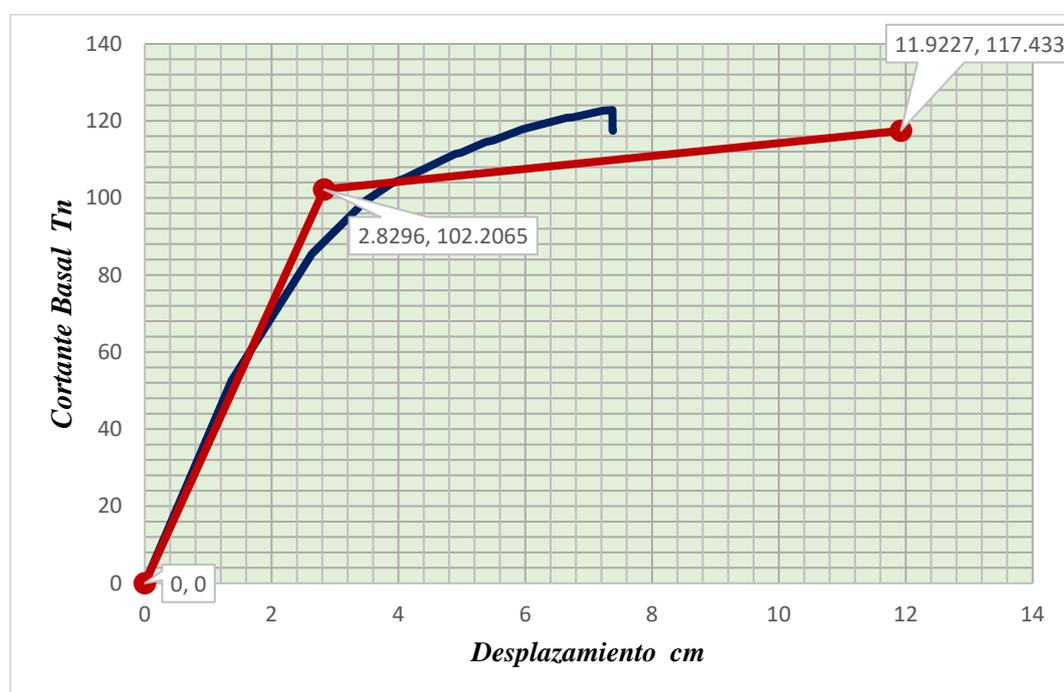
- **BSE – 2E 5% / 50 Años:**

La Figura 4-10 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo máximo de 5%/50 Años en la dirección X-X, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-14.

**Figura 4-10**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años –*

*Dirección X-X - Edificación Existente*



**Tabla 4-14:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años –*

*Dirección X-X - Edificación Existente*

|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 2.8296               | 102.2065              |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 11.9227              | 117.433               |

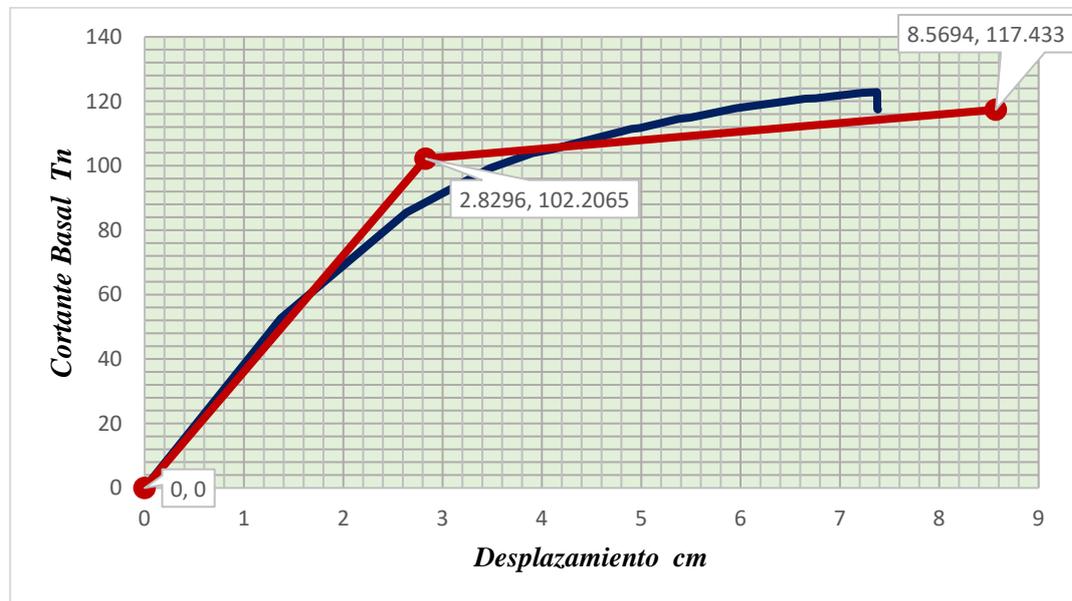
- **Sismo de Diseño E 030 (10%/50 Años)**

Se consideró el Sismo de Diseño de 10 % de probabilidad de excedencia en 50 años a fin de verificar la filosofía de diseño de la norma E 0.30, la cual estipula que la edificación debería continuar operativa en caso de un Sismo Severo.

La Figura 4-11 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de la E.030, de 10%/50 Años en la dirección X-X, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-15.

**Figura 4-11**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Existente*



**Tabla 4-15:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Existente*

|                                   | Desplazamiento | Fuerza Cortante |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|
|                                   | cm             | Tn              |
| <b>Origen</b>                     | 0              | 0               |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 2.8296         | 102.2065        |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 8.5694         | 117.433         |

A continuación, en la Tabla 4-16, se presentan los puntos de Desplazamiento Objetivo obtenidos para cada Nivel de amenaza sísmica, además del Nivel establecido por el sismo de diseño de la norma E 0.30:

**Tabla 4-16:**

*Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección X-X - Edificación Existente*

| Nivel de Amenaza<br>sísmica | Desplazamiento Objetivo |          |
|-----------------------------|-------------------------|----------|
|                             | D(cm)                   | V(tonf)  |
| 50%/50 A                    | 4.1017                  | 105.0818 |
| BSE-1E                      | 6.3929                  | 119.6845 |
| BSE-2E                      | 11.9227                 | 122.8509 |
| 10%/50 A                    | 8.5694                  | 122.8509 |

#### **4.2.4.2. DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE PARA LA DIRECCIÓN Y-Y**

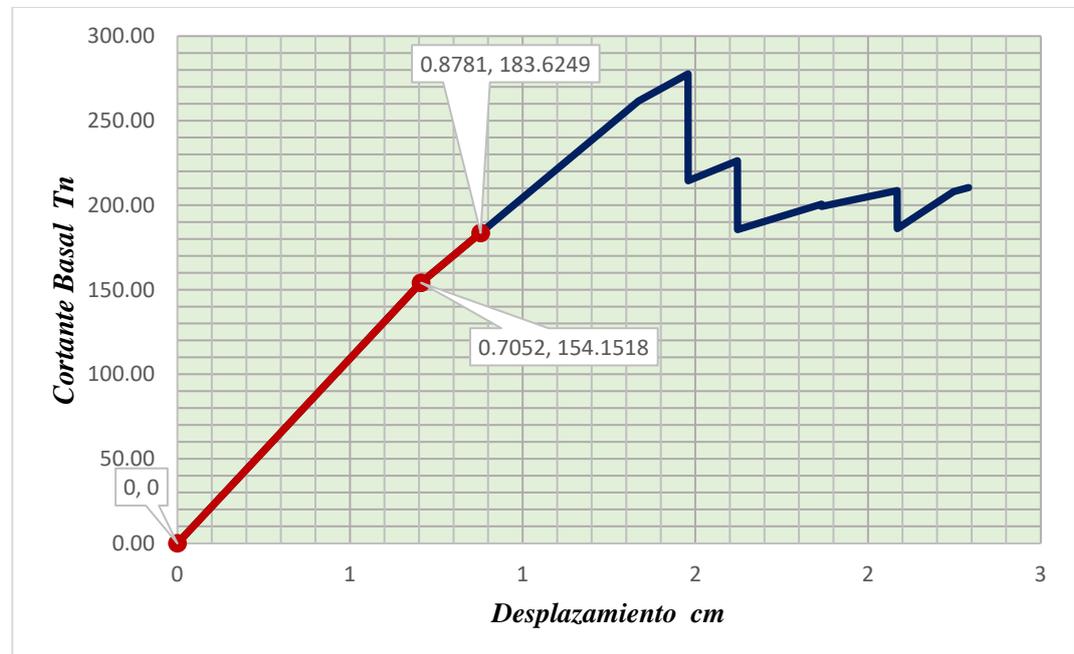
A continuación, se muestran los gráficos de obtención de los puntos de desempeño de acuerdo a cada nivel de amenaza sísmica para la dirección Y-Y.

- **Sismo 50% / 50 Años:**

La Figura 4-8 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de servicio de 50%/50 Años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-17.

**Figura 4-12**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente*



**Tabla 4-17:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente*

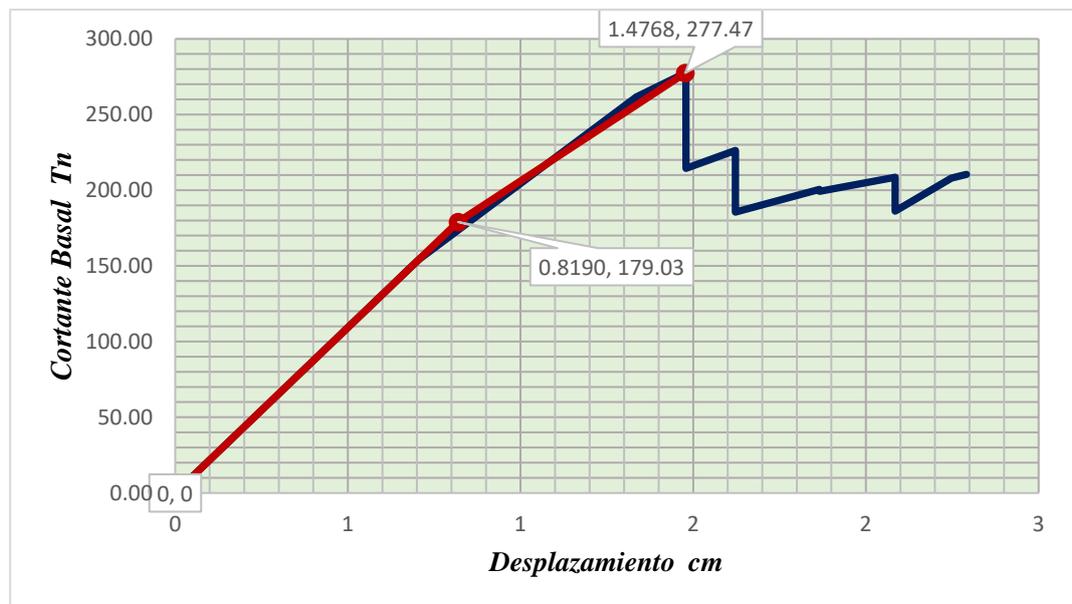
|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 1.8955               | 0.7052                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 4.1017               | 0.8781                |

- **BSE – 1E 20% / 50 Años:**

La Figura 4-13 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de 20%/50 Años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-18.

**Figura 4-13**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente*



**Tabla 4-18:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años – Dirección Y-Y - Edificación Existente*

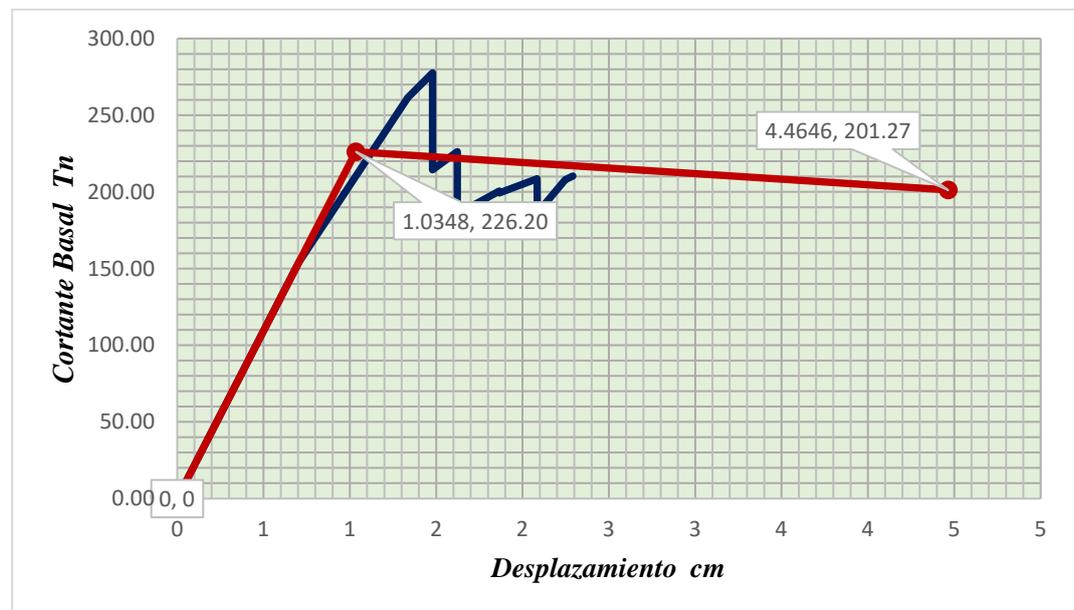
|                                   | Desplazamiento Fuerza Cortante |        |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------|
|                                   | cm                             | Tn     |
| <b>Origen</b>                     | 0                              | 0      |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 2.2566                         | 0.8190 |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 6.3929                         | 1.4768 |

- **BSE – 2E 5% / 50 Años:**

La Figura 4-14 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de 20%/50 Años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-19.

**Figura 4-14**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Existente*



**Tabla 4-19:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Existente*

|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 2.8296               | 1.0348                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 11.9227              | 4.4646                |

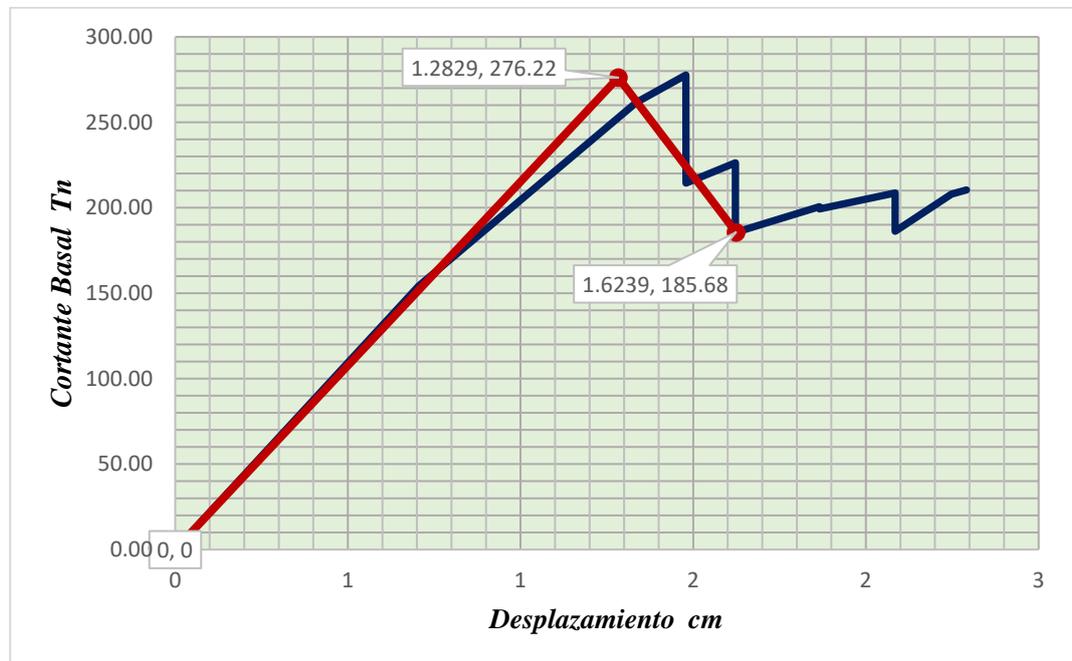
- Sismo de Diseño E 030 (10%/50 Años)

Se consideró el Sismo de Diseño de 10 % de probabilidad de excedencia en 50 años a fin de verificar la filosofía de diseño de la norma E 0.30, la cual estipula que la edificación debería continuar operativa en caso de un Sismo Severo.

La **Figura 4-15** muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de 20%/50 Años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la **Tabla 4-20**.

**Figura 4-15**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Existente*



**Tabla 4-20:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Existente*

|                                   | Desplazamiento | Fuerza Cortante |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|
|                                   | cm             | Tn              |
| <b>Origen</b>                     | 0              | 0               |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 2.8296         | 1.2829          |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 8.5694         | 1.6239          |

A continuación, en la Tabla 4-21, se presentan los puntos de Desplazamiento Objetivo obtenidos para cada Nivel de amenaza sísmica, además del Nivel establecido por el sismo de diseño de la norma E 0.30:

**Tabla 4-21:**

*Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección Y-Y - Edificación Existente*

| Nivel de Amenaza sísmica | Desplazamiento Objetivo |         |
|--------------------------|-------------------------|---------|
|                          | D(cm)                   | V(tonf) |
| 50%/50 A                 | 0.8781                  | 183.62  |
| BSE-1E                   | 1.4768                  | 277.47  |
| BSE-2E                   | 4.4646                  | 201.27  |
| 10%/50 A                 | 1.6239                  | 185.68  |

#### **4.2.5. VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN**

##### **4.2.5.1. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE DESEMPEÑO**

Para realizar la verificación del cumplimiento de los Objetivos de desempeño de la edificación, partimos de entender cómo se establecen los límites para cada rango. Es

importante tener en cuenta que estableceremos tres límites debido a que emplearemos 3 rangos: el límite para el Rango de Ocupación Inmediata, el límite para el rango de Seguridad de Vida y el correspondiente a la Prevención de Colapso, a pesar de que en los Objetivos de desempeño observábamos la aparición de 4 rangos en la matriz de los mismos. Esto se debe a que en la presente investigación, estamos realizando un análisis de los componentes estructurales de la edificación existente, dejando los componentes no estructurales como materia de profundización en una futura investigación, es así que la comparación del cumplimiento de los Rangos de Desempeño se realizarán con los tres rangos mencionados, mismos que tienen origen en la tabla C2-8 de la norma ASCE 41-13, donde encontramos la relación entre los niveles de desempeño estructural y no estructural, para la obtención del Nivel de Desempeño General de la edificación, a continuación mostramos la Tabla 4-22:

**Tabla 4-22:**

*Objetivos de Desempeño – Edificación Existente*

| NIVEL DE DESEMPEÑO NO ESTRUCTURAL | NIVEL DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL |                       |                         |                          |                             |                        |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                   | Ocupación Inmediata (S-1)      | Control de Daño (S-2) | Seguridad de Vida (S-3) | Seguridad Limitada (S-4) | Prevención de Colapso (S-5) | No considerado (S-6)   |
| Operacional (N-A)                 | Operacional (A-1)              | 2-A                   | NR                      | NR                       | NR                          | NR                     |
| Retención de Posición (N-A)       | Inmediata Ocupación (1-B)      | 2-B                   | 3-B                     | 4-B                      | NR                          | NR                     |
| Seguridad de Vida (N-A)           | 1-C                            | 2-C                   | Seguridad de Vida (3-C) | 4-C                      | 5-C                         | 6-C                    |
| No Considerado (N-A)              | NR                             | NR                    | 3-D                     | 4-D                      | Prevención de Colapso (5-D) | No Evaluar ni Reforzar |

\* No recomendado

En la tabla observamos en celdas resaltadas los niveles de desempeño escogidos para la presente investigación, y en negrita los Rangos a emplear correspondientes a los elementos estructurales (Ocupación Inmediata S-1, Seguridad de Vida S-3 y Prevención de Colapso S-5).

El Análisis y comparación de los Objetivos de desempeño se realizará en base al Patrón de Fuerzas Laterales Equivalentes al Modo Fundamental de la edificación, es así que, para este patrón de cargas no-lineal, establecimos los rangos límites, partiendo del análisis de las rótulas plásticas de la edificación existente en su conjunto.

#### **4.2.5.1.1. DEFINICIÓN DE RANGOS PARA EL CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO EN LA DIRECCIÓN X-X:**

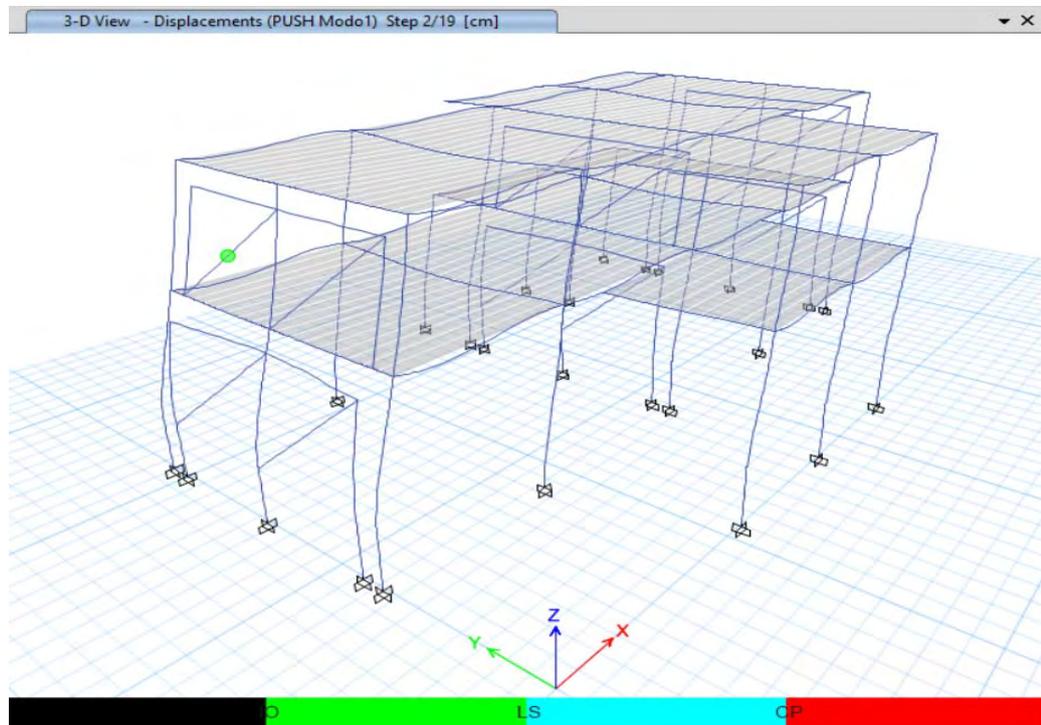
- **Límite para el rango de Ocupación Inmediata:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 1 (Push Modo 1), se ha definido el primer rango de desempeño desde el Paso 0 hasta el Paso 2 (Figura 4-16). Esto se debe a que de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, la edificación no debería presentar derivas permanentes y retener sustancialmente su resistencia y rigidez original. Por lo que, de la curva de capacidad de la edificación se desprende que el paso 2 es el inmediato al punto de fluencia. Además, ninguna de las rótulas asignadas en vigas y columnas, supera el nivel de desempeño de ocupación inmediata.

Es importante recalcar que solo se mencionó a los elementos vigas y columnas, ya que para el paso 2, uno de los puntales equivalentes ha alcanzado el rango de Seguridad de Vida, sin embargo, el mismo, no aporta rigidez significativa en la dirección en análisis, motivo por el cual se ha despreciado su comportamiento.

**Figura 4-16**

*Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección X-X - Edificación Existente*



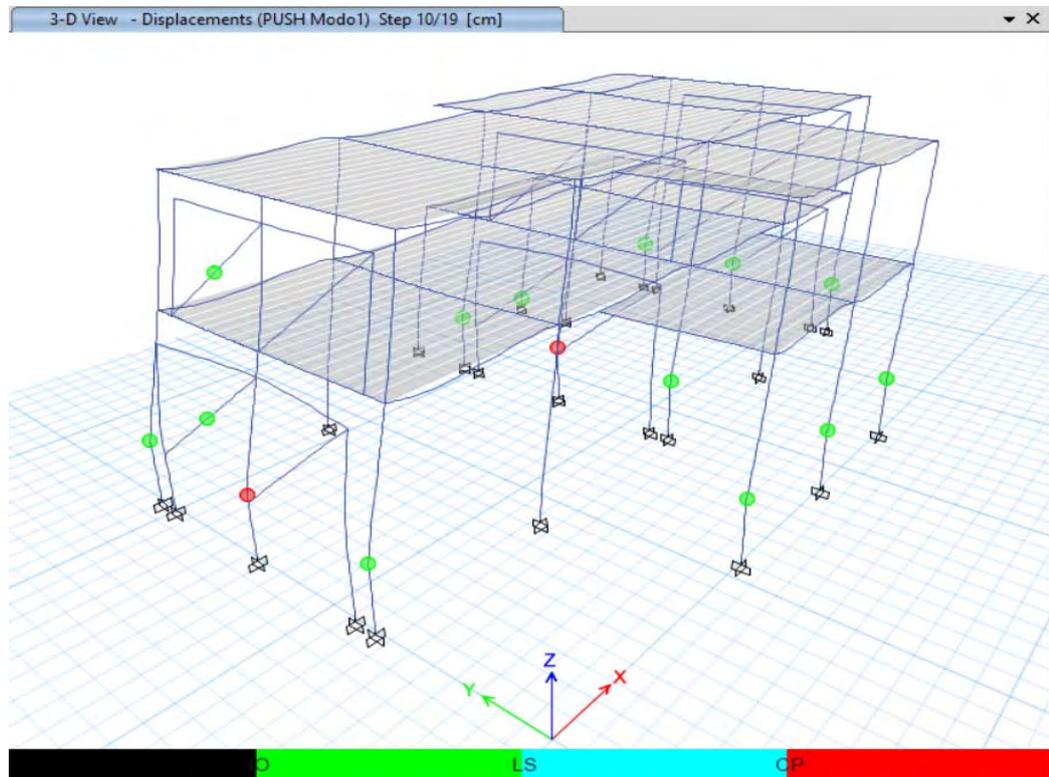
- Límite para el rango de Seguridad de Vida:

Para el Pushover del Modo Fundamental 1 (Push Modo 1), se ha definido el segundo rango de desempeño desde el Paso 2 hasta el Paso 10 (Figura 4-17). Esto se debe a que de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, la edificación debería mantener su resistencia residual y rigidez en todos los pisos. Después del Paso 10, cinco de las rótulas asignadas al modelo presentan el nivel de desempeño de prevención de colapso, siendo así que, es correcto definir el límite para el rango de seguridad de vida en el Paso 10, pues en adelante, la edificación no mantendría su resistencia residual ni rigidez global.

**Figura 4-17**

*Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección X-X - Edificación*

*Existente*



De acuerdo a la Tabla C1-3 del FEMA 356, la edificación puede presentar agrietamiento extendido y formación de rótulas en elementos secundarios.

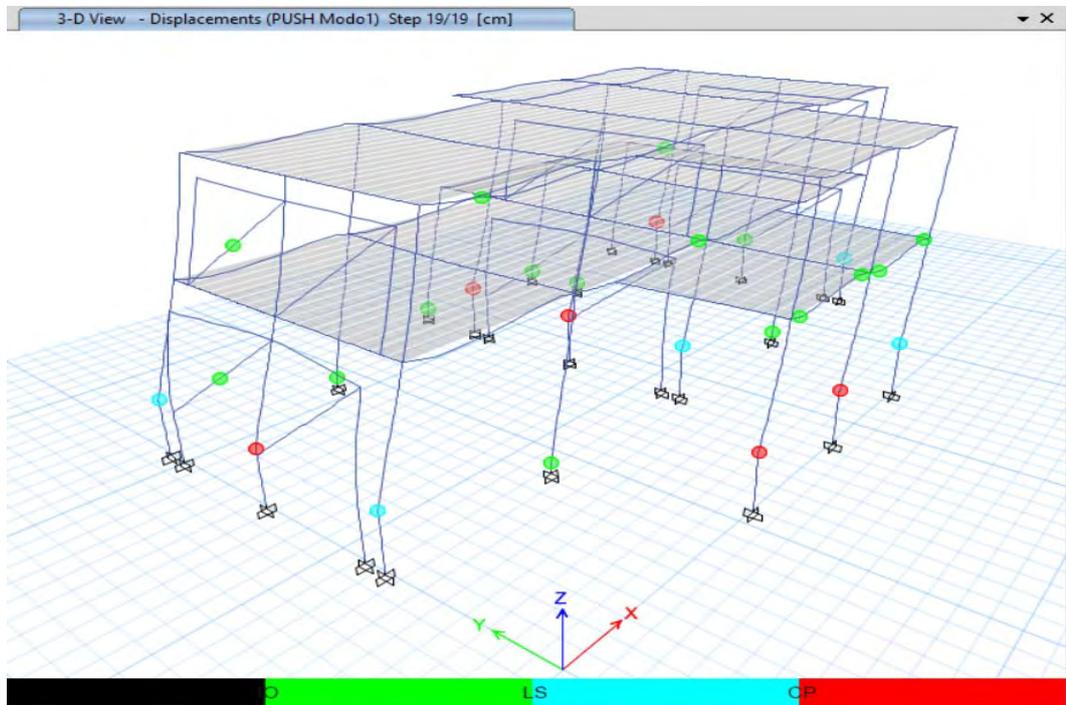
- Límite para el rango de Prevención de Colapso:

Para el Pushover del Modo Fundamental 1 (Push Modo 1), se ha definido el tercer rango de desempeño desde el Paso 10 hasta el Paso 19 (Figura 4-18). Esto se debe a que el Paso 19 es el más cercano al punto de colapso de la curva de capacidad de la edificación. Se entiende que en este rango la edificación posee poca rigidez residual y resistencia a cargas laterales, además, las columnas y muros mantienen su capacidad de resistir cargas de gravedad.

**Figura 4-18**

*Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección X-X - Edificación*

*Existente*



De lo mencionado, se desprende que los rangos para el Control de objetivos de desempeño en la Dirección X-X, de acuerdo al ASCE 41- 13, son los mostrados en la Tabla 4-23.

**Tabla 4-23:**

*Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección X-X – Edificación*

*Existente*

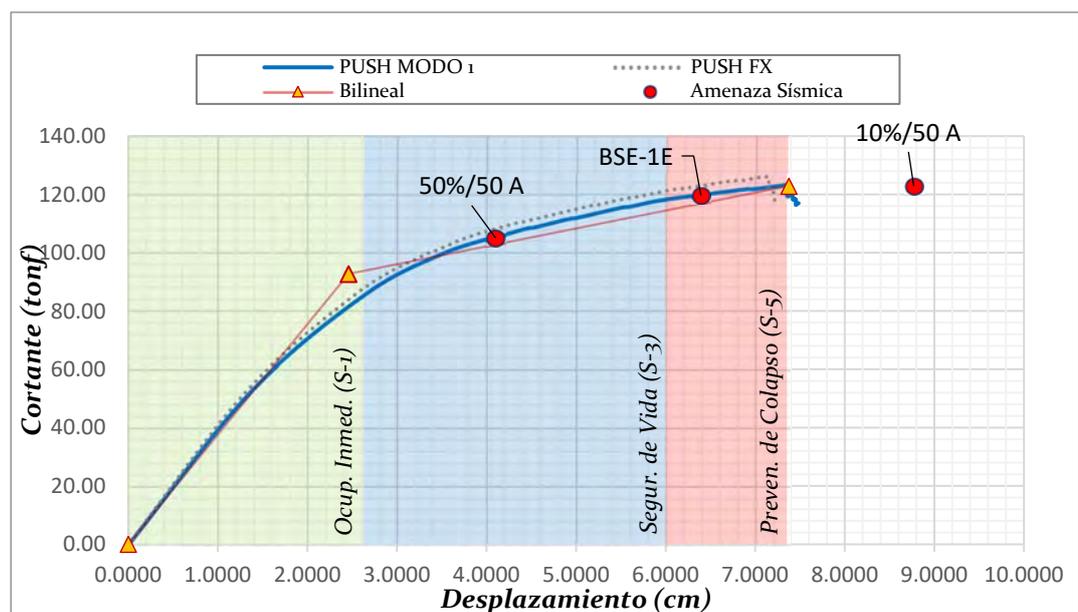
| <b>RANGOS PARA CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO-ASCE 41-13</b> |                           |                             |                                 |
|---|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| <b>H edif. =757.5 cm</b>  | <b>Ocup. Inmed. (S-1)</b> | <b>Segur. de Vida (S-3)</b> | <b>Preven. de Colapso (S-5)</b> |
| Desplazamiento Escogido/H edif.                                 | 0.3%                      | 0.8%                        | 1.0%                            |
| Desplazamiento Escogido   | 2.63 cm                   | 5.95 cm                     | 7.38 cm                         |
| Desplazamiento - Gráfica  | 2.63 cm                   | 3.32 cm                     | 1.43 cm                         |

Es así que contando con los valores obtenidos para los desplazamientos objetivos correspondientes al sismo de servicio 50%/50 años, sismo de diseño 20%/50 años, el sismo máximos de 5%/50 años y las fuerzas cortantes correspondientes a los mismos, se procede a graficar los mismos en la curva de capacidad de la edificación, junto con los rangos de control mostrados en la Tabla 4-23, llegando así a la obtención de la Figura 4-19 donde podemos encontrar los objetivos de desempeño de la edificación existente en la dirección X-X.

Una vez conseguidos los datos de la Figura 4-19, se procedió a realizar el control del cumplimiento de los objetivos de desempeño de acuerdo al código ASCE 41-13, de acuerdo a la Tabla 4-24, de donde se desprende que la estructura de la I.E.I. Santa Rosa de Lima, no presenta un desempeño adecuado ante las amenazas sísmicas planteadas por el código ASCE 41-13 en la dirección X-X.

**Figura 4-19**

*Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – Dirección X-X - Edificación Existente*



**Tabla 4-24:**

*Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13*

*– Dirección X-X – Edificación Existente*

|                        | <b>Objetivo de desempeño ASCE 41-13</b> | <b>Objetivo de Desempeño Real</b>  | <b>Control</b> |
|------------------------|---|------------------------------------|----------------|
| 50%/50 años            | Ocupación Inmediata                     | Seguridad de Vida                  | No cumple      |
| BSE - 1<br>20%/50 años | Ocupación Inmediata                     | prevención de Colapso              | No cumple      |
| BSE-2<br>5%/50 años    | Seguridad de Vida                       | No cuenta con capacidad suficiente | No cumple      |

#### 4.2.5.1.2. DEFINICIÓN DE RANGOS PARA EL CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO EN LA DIRECCIÓN Y-Y:

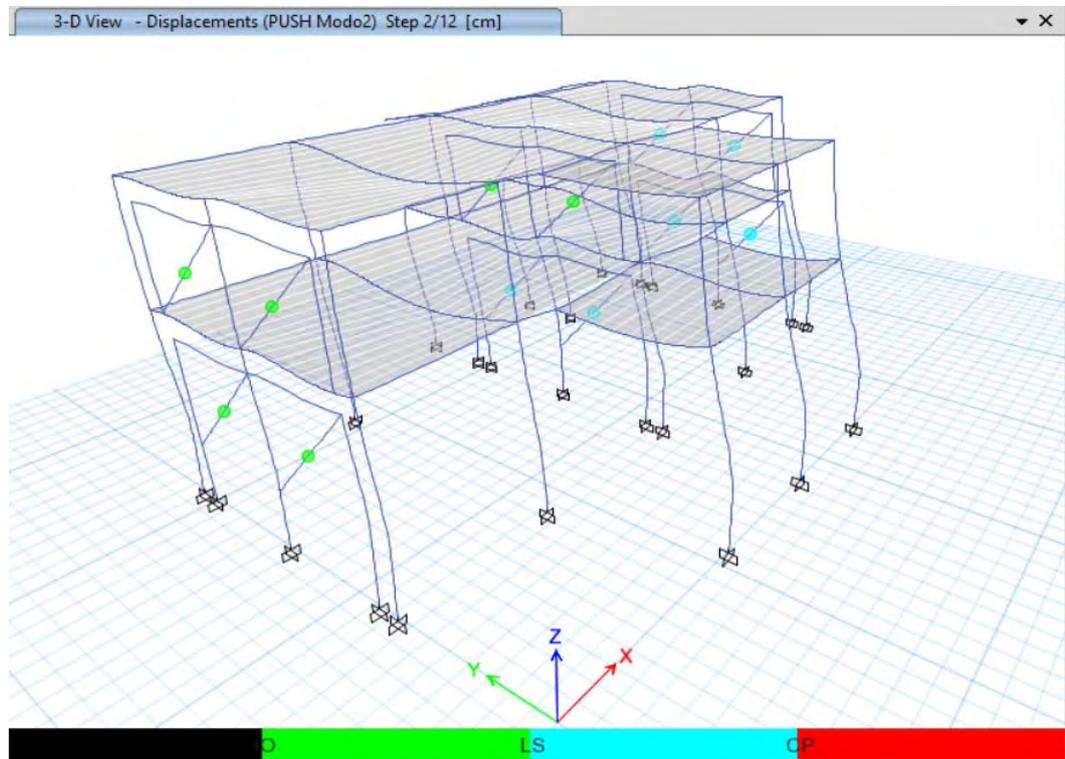
- **Límite para el rango de Ocupación Inmediata:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 2 (Push Modo 2), se ha definido el primer rango de desempeño desde el Paso 0 hasta el Paso 2 (Figura 4-20). Esto se debe a que de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, la edificación no debería presentar derivas permanentes y retener sustancialmente su resistencia y rigidez original. Por lo que, al alcanzar el nivel de desempeño de Prevención de Colapso en seis de las rótulas asignadas, se entiende que los muros a los que corresponden dichas rótulas han superado el 75% de su capacidad (Sin llegar al 100%) por lo que aseguramos que su resistencia y rigidez no se ven afectadas.

**Figura 4-20**

*Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección Y-Y - Edificación*

*Existente*



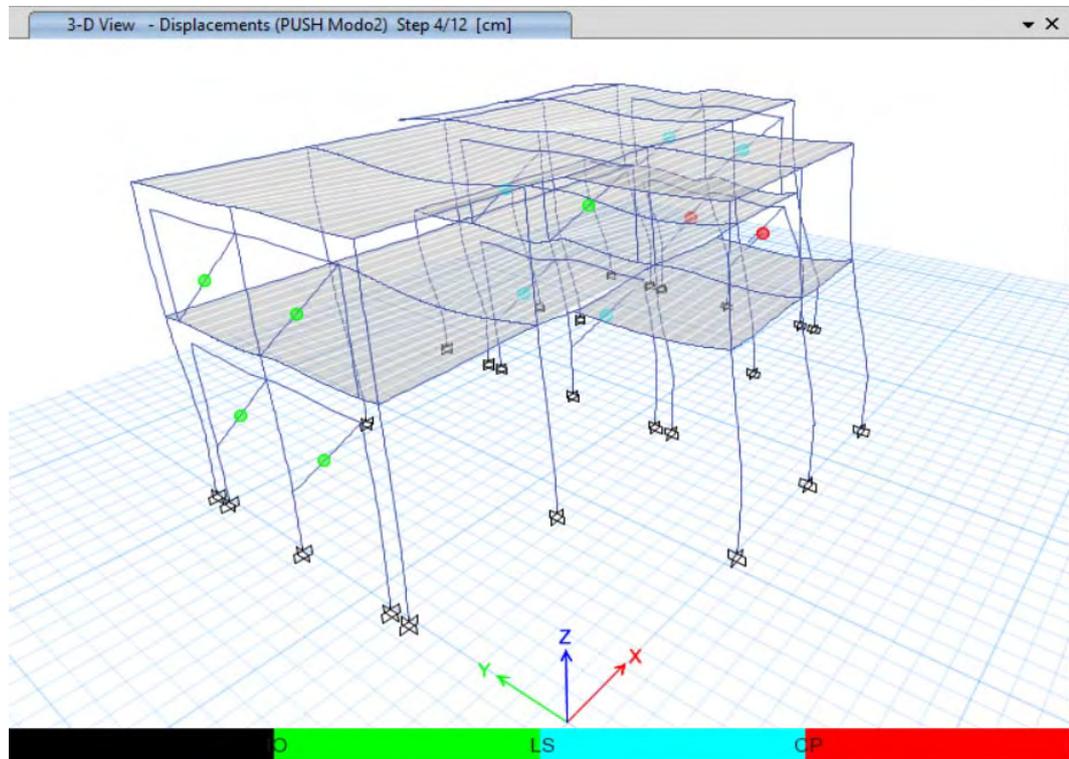
- **Límite para el rango de Seguridad de Vida:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 2 (Push Modo 2), se ha definido el segundo rango de desempeño desde el Paso 2 hasta el Paso 4 (Figura 4-21). Esto se debe a que de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, los elementos resistentes a cargas de gravedad deberían de mantenerse funcionales y no presentar fallas fuera del plano de los muros. Del modelo se observa que en el Paso 4, dos de las rótulas asignadas a los puntales equivalentes han alcanzado el 100% de su capacidad, por lo que se presentarían fallas fuera del plano de los muros, definiendo así el límite del rango.

**Figura 4-21**

*Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección Y-Y - Edificación*

*Existente*



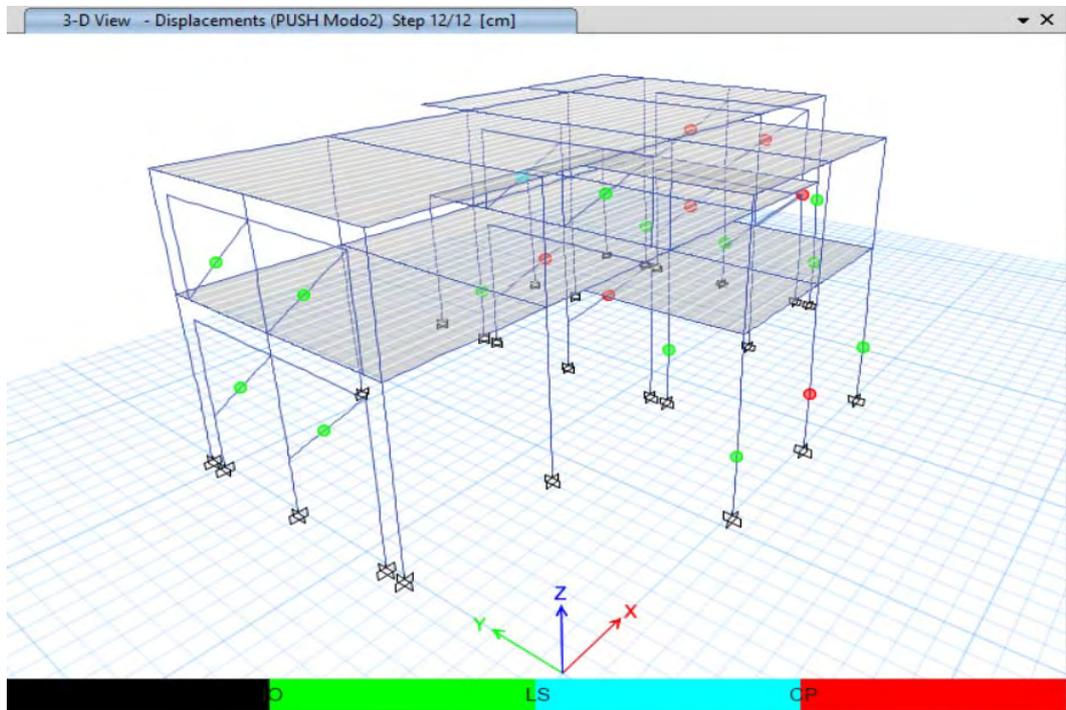
- **Límite para el rango de Prevención de Colapso:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 2 (Push Modo 2), se ha definido el tercer rango de desempeño desde el Paso 4 hasta el Paso 12(Figura 4-22). Esto se debe a que el Paso 12 es el más cercano al punto de colapso de la curva de capacidad de la edificación. Se entiende que en este rango la edificación posee poca rigidez residual y resistencia a cargas laterales, además, las columnas y muros mantienen su capacidad de resistir cargas de gravedad.

**Figura 4-22**

*Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección Y-Y - Edificación*

*Existente*



De lo mencionado, se desprende que los rangos para el Control de objetivos de desempeño en la Dirección Y-Y, de acuerdo al ASCE 41- 13, son los mostrados en la Tabla 4-25.

**Tabla 4-25:**

*Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección Y-Y – Edificación*

*Existente*

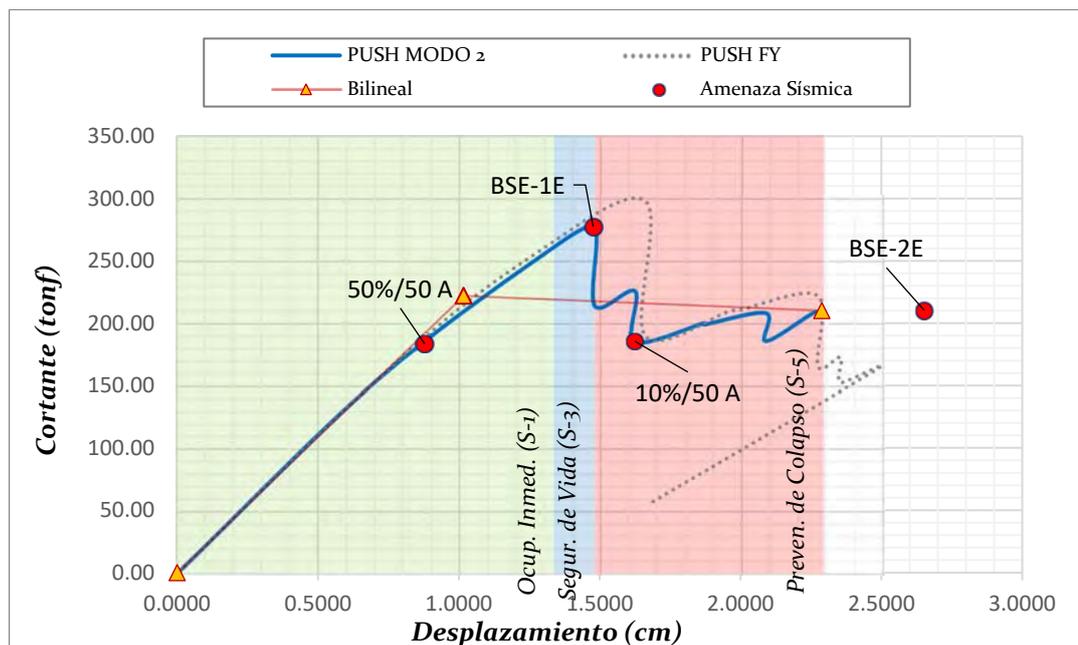
| <b>RANGOS PARA CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO-ASCE 41-13</b> |                           |                             |                                 |
|---|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| <b>H edif. =757.5 cm</b>  | <b>Ocup. Inmed. (S-1)</b> | <b>Segur. de Vida (S-3)</b> | <b>Preven. de Colapso (S-5)</b> |
| Desplazamiento Escogido/H edif.                                 | 0.2%                      | 0.2%                        | 0.3%                            |
| Desplazamiento Escogido   | 1.34 cm                   | 1.48 cm                     | 2.29 cm                         |
| Desplazamiento - Gráfica  | 1.34 cm                   | 0.14 cm                     | 0.81cm                          |

Es así que contando con los valores obtenidos para los desplazamientos objetivos correspondientes al sismo de servicio 50%/50 años, sismo de diseño 20%/50 años, el sismo máximos de 5%/50 años y las fuerzas cortantes correspondientes a los mismos, se procede a graficar los mismos en la curva de capacidad de la edificación, junto con los rangos de control mostrados en la Tabla 4-25, llegando así a la obtención de la Figura 4-23, donde podemos encontrar los objetivos de desempeño de la edificación existente en la dirección Y-Y.

Una vez conseguidos los datos de la Figura 4-23, se procedió a realizar el control del cumplimiento de los objetivos de desempeño de acuerdo al código ASCE 41-13, de acuerdo a la Tabla 4-26, de donde se desprende que la estructura de la I.E.I. Santa Rosa de Lima, no presenta un desempeño adecuado ante las amenazas sísmicas planteadas por el código ASCE 41-13 en la dirección Y-Y.

**Figura 4-23**

*Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – dirección Y-Y – Edificación Existente*



**Tabla 4-26:**

*Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13  
– Dirección Y-Y – Edificación Existente*

|                        | <b>Objetivo de desempeño ASCE<br/>41-13</b> | <b>Objetivo de Desempeño<br/>Real</b> | <b>Control</b> |
|------------------------|---|---------------------------------------|----------------|
| 50%/50 años<br>BSE - 1 | Ocupación Inmediata                         | Ocupación Inmediata                   | Cumple         |
| 20%/50 años<br>BSE-2   | Ocupación Inmediata                         | Seguridad de Vida                     | No cumple      |
| 5%/50 años             | Seguridad de Vida                           | No cuenta con capacidad suficiente    | No cumple      |

#### **4.2.5.2. VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD PARA RÓTULAS PLÁSTICAS**

Los criterios de aceptación correspondientes a los niveles de desempeño según ASCE 41-13, están dados en las tablas 10.7 y 10.8 de la norma en cuestión, es así que con la ayuda del Software especializado en el análisis y diseño de edificaciones se realiza la verificación de los mismos. A continuación, en la Tabla 4-27, mostramos un cuadro resumen de los niveles de desempeño alcanzados en cada una de las rótulas plásticas asignadas, para cada paso del Pushover Modo 1:

**Tabla 4-27:**

*Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección X-X – Edificación Existente*

| Paso | Desplaz. | Cortante |     |     |     |     |    |      |       |       |     |       |
|------|----------|----------|-----|-----|-----|-----|----|------|-------|-------|-----|-------|
|      | cm       | tonf     | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | A-IO | IO-LS | LS-CP | >CP | Total |
| 0    | 0.000    | 0.000    | 201 | 0   | 0   | 0   | 0  | 201  | 0     | 0     | 0   | 201   |
| 1    | 1.372    | 52.661   | 200 | 1   | 0   | 0   | 0  | 201  | 0     | 0     | 0   | 201   |
| 2    | 2.633    | 85.454   | 185 | 16  | 0   | 0   | 0  | 200  | 1     | 0     | 0   | 201   |
| 3    | 3.476    | 99.217   | 170 | 31  | 0   | 0   | 0  | 199  | 1     | 0     | 1   | 201   |
| 4    | 3.907    | 103.901  | 161 | 40  | 0   | 0   | 0  | 196  | 4     | 0     | 1   | 201   |
| 5    | 4.101    | 105.073  | 160 | 41  | 0   | 0   | 0  | 193  | 7     | 0     | 1   | 201   |
| 6    | 4.898    | 111.415  | 155 | 46  | 0   | 0   | 0  | 188  | 11    | 0     | 2   | 201   |
| 7    | 4.986    | 111.702  | 155 | 46  | 0   | 0   | 0  | 188  | 11    | 0     | 2   | 201   |
| 8    | 5.374    | 114.499  | 152 | 49  | 0   | 0   | 0  | 188  | 11    | 0     | 2   | 201   |
| 9    | 5.495    | 114.894  | 151 | 50  | 0   | 0   | 0  | 187  | 12    | 0     | 2   | 201   |
| 10   | 5.954    | 117.819  | 146 | 55  | 0   | 0   | 0  | 186  | 13    | 0     | 2   | 201   |
| 11   | 6.652    | 120.788  | 139 | 62  | 0   | 0   | 0  | 180  | 14    | 5     | 2   | 201   |
| 12   | 6.751    | 120.894  | 138 | 63  | 0   | 0   | 0  | 179  | 13    | 7     | 2   | 201   |
| 13   | 7.217    | 122.606  | 135 | 66  | 0   | 0   | 0  | 178  | 12    | 9     | 2   | 201   |
| 14   | 7.375    | 122.851  | 134 | 65  | 2   | 0   | 0  | 174  | 16    | 9     | 2   | 201   |
| 15   | 7.376    | 117.676  | 134 | 63  | 3   | 0   | 1  | 174  | 16    | 5     | 6   | 201   |
| 16   | 7.377    | 117.620  | 134 | 63  | 3   | 0   | 1  | 174  | 16    | 5     | 6   | 201   |
| 17   | 7.377    | 117.620  | 134 | 63  | 3   | 0   | 1  | 174  | 16    | 5     | 6   | 201   |
| 18   | 7.381    | 117.420  | 134 | 63  | 3   | 0   | 1  | 174  | 16    | 5     | 6   | 201   |
| 19   | 7.382    | 117.433  | 134 | 63  | 3   | 0   | 1  | 174  | 16    | 5     | 6   | 201   |

A continuación, en la Tabla 4-28, se muestra el cuadro resumen de los niveles de desempeño alcanzados en cada una de las rótulas plásticas asignadas, para cada paso del Pushover Modo 2:

**Tabla 4-28:**

*Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección Y-Y – Edificación*

*Existente*

| Paso | Desplaz. | Cortante | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | A-IO | IO-LS | LS-CP | >CP | Total |
|------|----------|----------|-----|-----|-----|-----|----|------|-------|-------|-----|-------|
|      | cm       | tonf     |     |     |     |     |    |      |       |       |     |       |
| 0    | 0.000    | 0.000    | 201 | 0   | 0   | 0   | 0  | 201  | 0     | 0     | 0   | 201   |
| 1    | 0.705    | 154.152  | 201 | 0   | 0   | 0   | 0  | 189  | 12    | 0     | 0   | 201   |
| 2    | 1.335    | 261.529  | 178 | 23  | 0   | 0   | 0  | 189  | 6     | 6     | 0   | 201   |
| 3    | 1.479    | 277.693  | 172 | 29  | 0   | 0   | 0  | 189  | 5     | 7     | 0   | 201   |
| 4    | 1.479    | 214.433  | 167 | 32  | 0   | 0   | 2  | 189  | 5     | 5     | 2   | 201   |
| 5    | 1.622    | 226.234  | 166 | 33  | 0   | 0   | 2  | 189  | 5     | 5     | 2   | 201   |
| 6    | 1.622    | 185.588  | 162 | 35  | 0   | 0   | 4  | 186  | 8     | 3     | 4   | 201   |
| 7    | 1.865    | 200.560  | 155 | 42  | 0   | 0   | 4  | 184  | 10    | 3     | 4   | 201   |
| 8    | 1.866    | 199.288  | 155 | 42  | 0   | 0   | 4  | 184  | 10    | 3     | 4   | 201   |
| 9    | 2.085    | 208.579  | 152 | 45  | 0   | 0   | 4  | 182  | 11    | 4     | 4   | 201   |
| 10   | 2.085    | 186.158  | 149 | 47  | 0   | 0   | 5  | 182  | 11    | 3     | 5   | 201   |
| 11   | 2.248    | 208.010  | 148 | 47  | 0   | 0   | 6  | 181  | 12    | 1     | 7   | 201   |
| 12   | 2.291    | 210.389  | 148 | 47  | 0   | 0   | 6  | 180  | 13    | 1     | 7   | 201   |

### 4.2.5.3. MECANISMO DE COLAPSO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE:

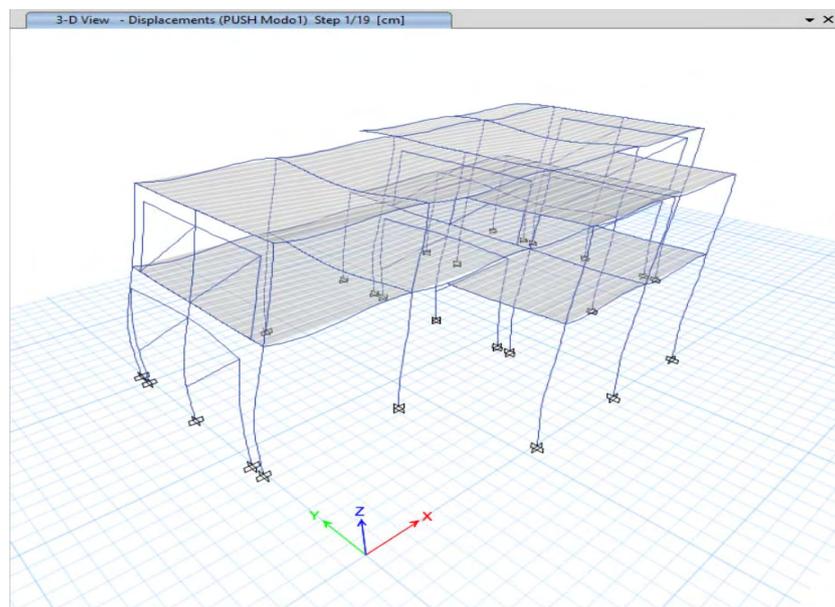
#### 4.2.5.3.1. MECANISMO DE COLAPSO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE EN LA DIRECCIÓN X-X

- **DE PASO 1 HASTA PASO 2:**

En los pasos mencionados la edificación se encuentra en el nivel de desempeño de “Ocupación Inmediata”. Se puede afirmar que la estructura retiene sustancialmente su resistencia y rigidez original. No se presentaron derivas permanentes. (Ver Figura 4-24)

#### Figura 4-24

*Desplazamiento para Paso 1, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X -  
Edificación Existente*



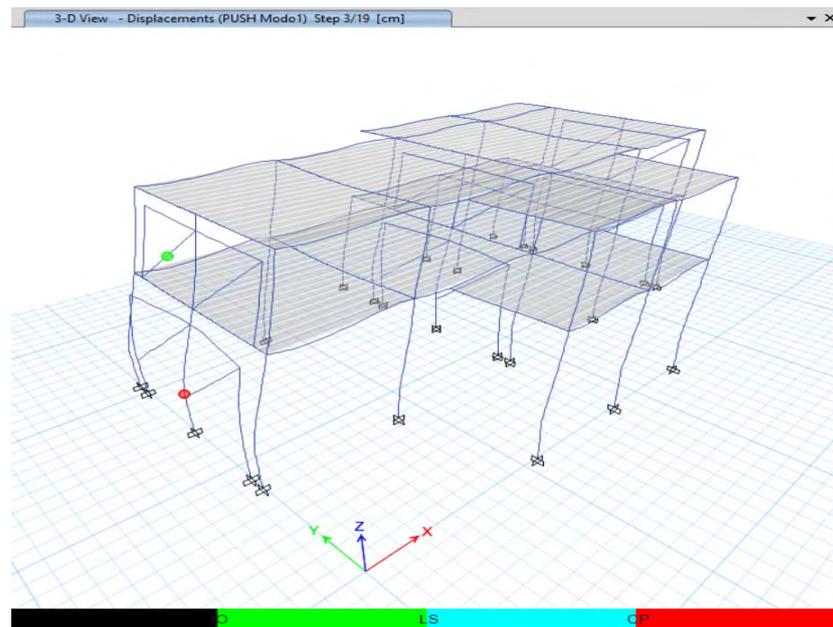
- **PASO 3:**

Se observa que para este paso una de las rótulas asignadas al modelo en un elemento secundario tipo columna, alcanza el colapso (se rotula), por lo que se produce una redistribución de cargas en los elementos resistentes de la

edificación. Además, uno de los tabiques idealizado como un puntal alcanza la “Seguridad de vida”. (Ver Figura 4-25)

### Figura 4-25

*Desplazamiento para Paso 3, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X -  
Edificación Existente*



- **DE PASO 4 HASTA 10:**

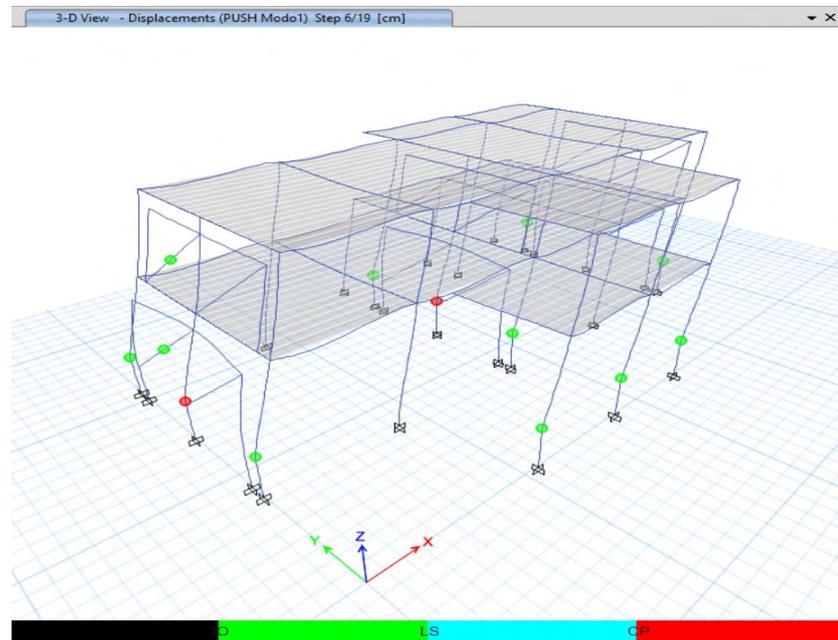
En estos pasos podemos apreciar que otra de las rótulas asignadas a un elemento secundario tipo columna alcanza el colapso. Por otro lado, vemos que más elementos, tanto primarios como secundarios, han incurrido en el nivel de desempeño de “Seguridad de vida”. Lo que quiere decir que, podríamos presenciar daños extensos en vigas, desprendimiento del recubrimiento y agrietamiento por corte para columnas dúctiles.

Por otro lado, afirmamos que el mecanismo de colapso activado para este instante, no es el óptimo, ya que la formación de rótulas inicia en su mayoría en elementos primarios tipo columnas. (Ver Figura 4-26)

**Figura 4-26**

*Desplazamiento para Paso 6, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X -*

*Edificación Existente*



- **DE PASO 11 HASTA PASO 14:**

Para estos pasos siete de las rotulas asignadas a elementos primarios tipo columna han incursionado en el nivel de desempeño de “Prevención de Colapso”. De esto se desprende que la estructura ha perdido gran parte de su rigidez y resistencia residual ante cargas laterales, sin embargo, mantendría aun capacidad de resistir cargas de gravedad. (Ver Figura 4-27)

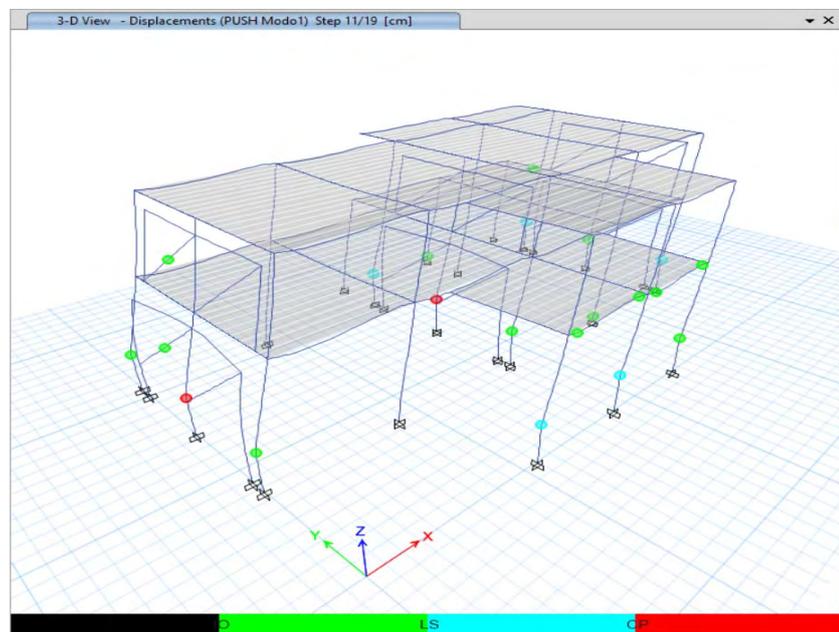
- **DE PASO 15 HASTA PASO 19:**

Observamos que, para estos pasos, cuatro de las rotulas asignadas a elementos estructurales primarios, han alcanzado el colapso (se han rotulado). Por lo que se interpreta que la edificación debería permanecer inhabitable, por representar un riesgo latente a la seguridad de vida de los ocupantes. (Ver Figura 4-28)

**Figura 4-27**

*Desplazamiento para Paso 11, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X -*

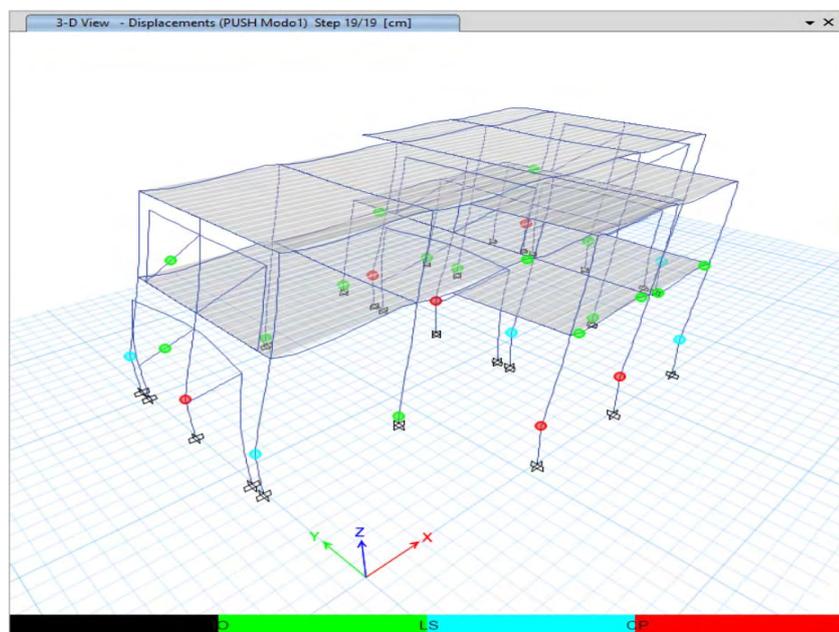
*Edificación Existente*



**Figura 4-28**

*Desplazamiento para Paso 19, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X -*

*Edificación Existente*



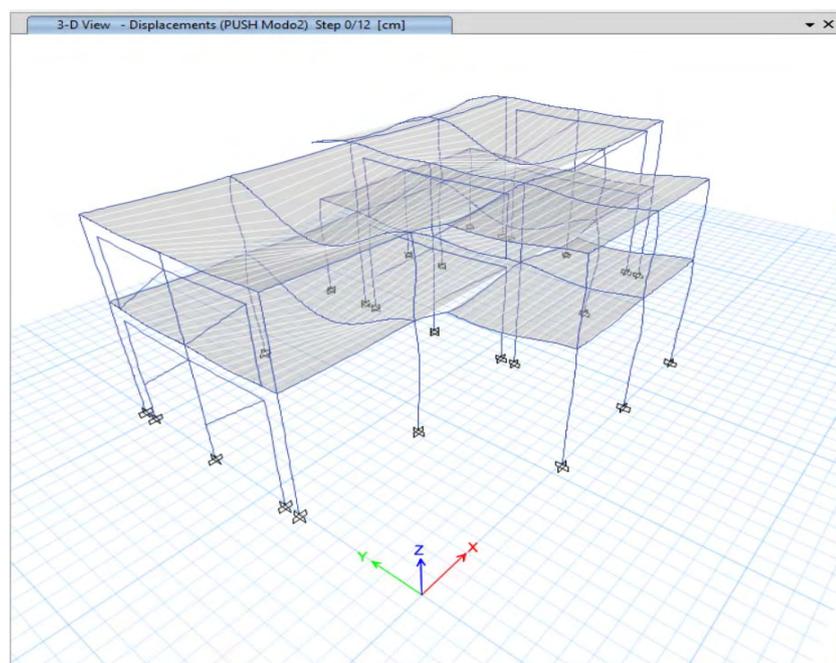
#### 4.2.5.3.2. MECANISMO DE COLAPSO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE EN LA DIRECCIÓN Y-Y

- **PASO 0:**

El Paso 0 muestra que todas las rótulas asignadas a los elementos estructurales se encuentran en el nivel de desempeño de “Ocupación Inmediata”. Se puede afirmar que, la estructura retiene sustancialmente su resistencia y rigidez original. No se presentan derivas permanentes. (Ver Figura 4-29)

#### Figura 4-29

*Desplazamiento para Paso 0, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente*



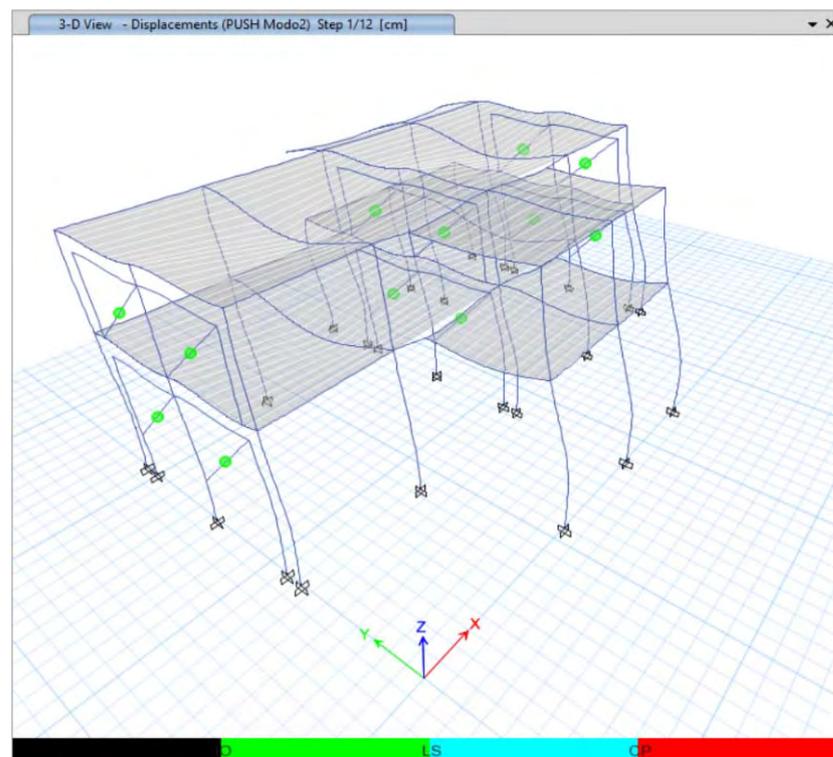
- **PASO 1:**

Para este paso se observa que los tabiques de albañilería modelados como elementos tipo puntal incurrieron en el nivel de desempeño de “Seguridad de vida”. Por lo que, podemos asegurar que algunos de los muros de

albañilería pueden presentar fisuras extensivas y en algunos casos aplastamiento. Sin embargo, todos los muros se mantienen en su plano. (Ver Figura 4-30)

### Figura 4-30

*Desplazamiento para Paso 1, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y - Edificación Existente*



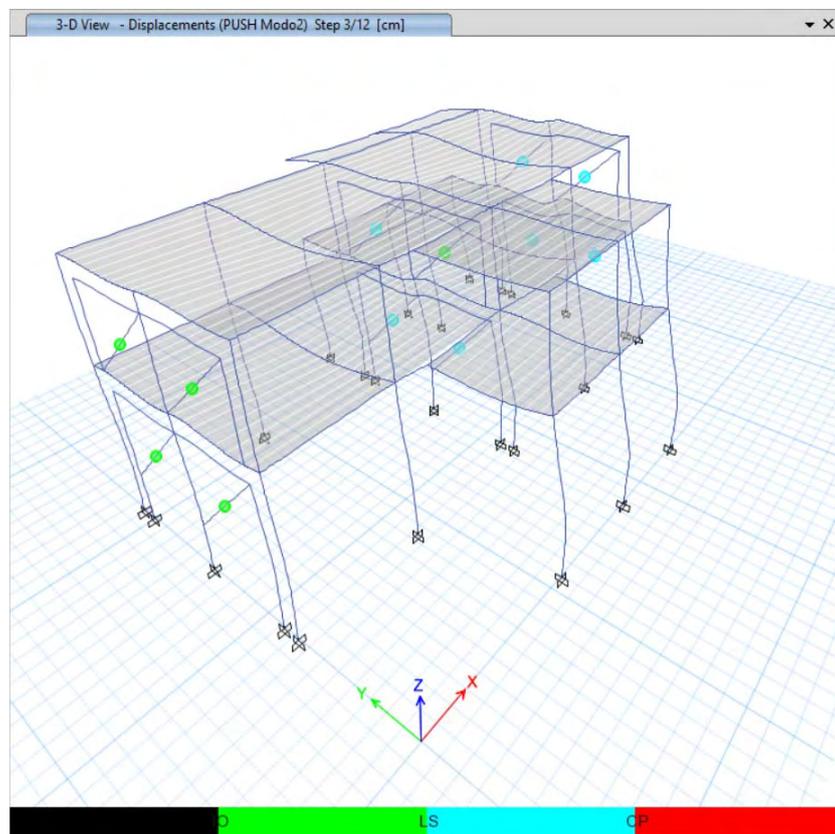
- **DE PASO 2 HASTA PASO 3:**

Desde el paso 2 hasta el paso 3, siete de los tabiques antes mencionados incurrieron en el nivel de desempeño de “Prevención de colapso” lo que significa que dichos elementos podrían presentar grietas y fisuras extensas en la cara del muro, además de desviaciones notables dentro y fuera de su plano. (Ver Figura 4-31)

**Figura 4-31**

*Desplazamiento para Paso 3, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Existente*



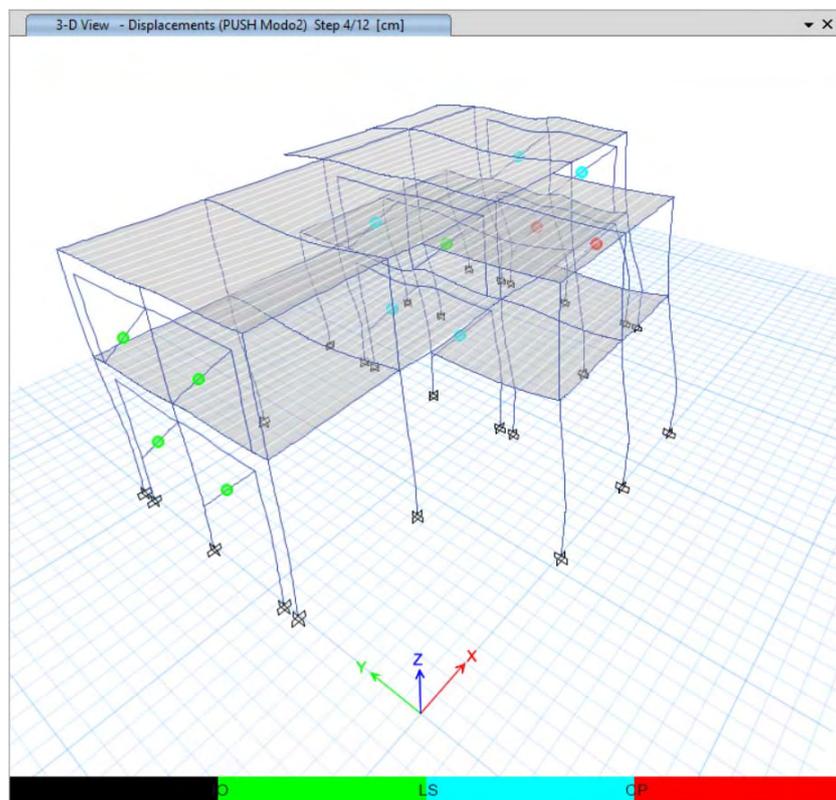
- **DE PASO 4 HASTA PASO 5:**

Observamos para el paso 4 que dos tabiques han colapsado, lo que implica que, al rotularse los muros y perder sustancialmente su rigidez, los pórticos serán quienes absorban las cargas laterales provenientes del Pushover (Push Modo2). Cabe mencionar que para el paso 5 la edificación ya alcanzó el rango de “Prevención de colapso”, lo que indica que, la edificación ha perdido gran parte de su rigidez y resistencia residual ante cargas laterales, sin embargo, mantiene su capacidad de resistir cargas de gravedad. (Ver Figura 4-32)

**Figura 4-32**

*Desplazamiento para Paso 4, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Existente*



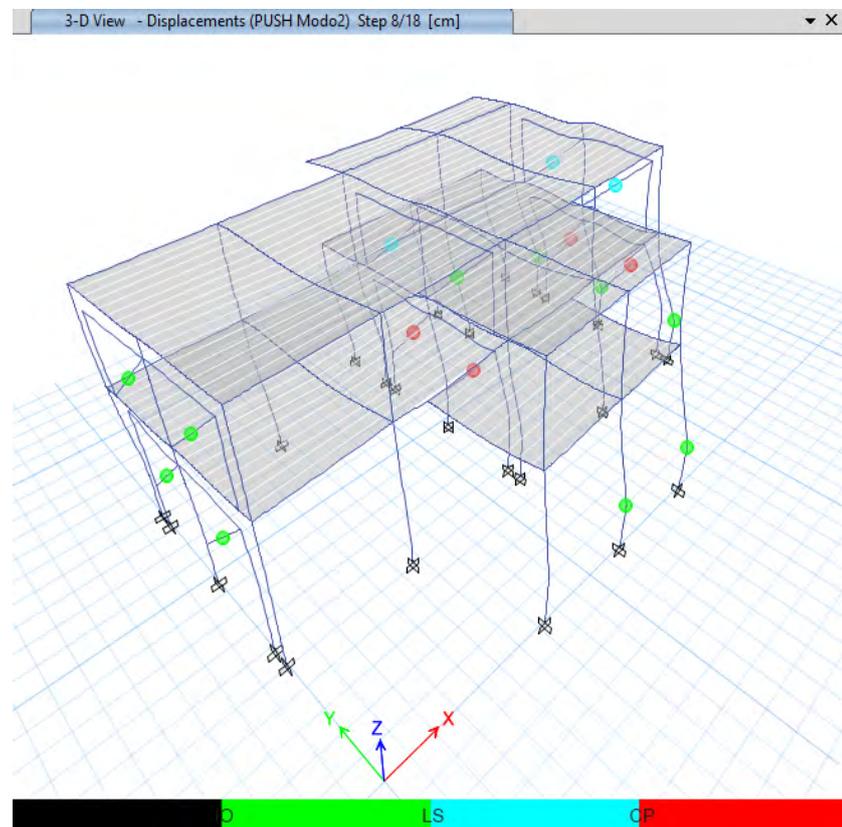
- **DE PASO 6 HASTA PASO 8:**

Para los pasos en mención los elementos tipo tabique continúan alcanzando progresivamente el colapso, es así que se originan redistribuciones de cargas, lo que induce a que algunas de las rotulas asignadas a los elementos tipo columna incurrieren en el nivel de desempeño de “Seguridad de vida”. Dichas columnas podrían presentar desprendimientos menores de recubrimiento. (Ver Figura 4-33)

**Figura 4-33**

*Desplazamiento para Paso 8, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Existente*



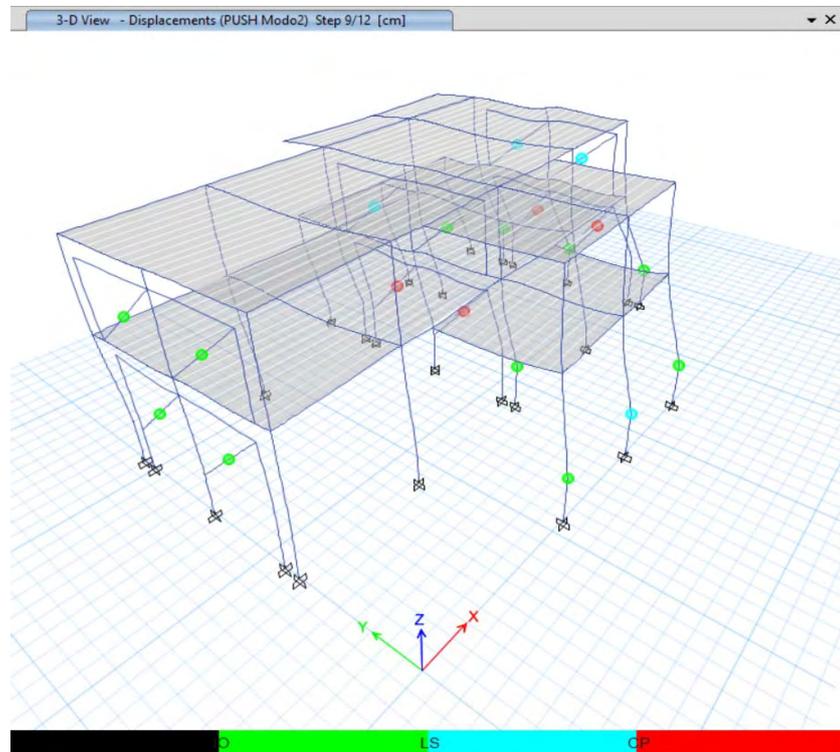
- **DE PASO 9 HASTA PASO 10:**

Para los pasos en mención, vemos más rotulas asignadas a los tabiques alcanzando progresivamente el colapso. Por otro lado, una de las rotulas asignadas a un elemento tipo columna incursiona en el nivel de desempeño de “Prevención de colapso”, de lo podríamos afirmar que, para estos pasos, los elementos podrían presentar amplias formaciones de fisuras y agrietamientos limitados. (Ver Figura 4-34)

**Figura 4-34**

*Desplazamiento para Paso 9, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Existente*



- **DE PASO 11 HASTA PASO 12:**

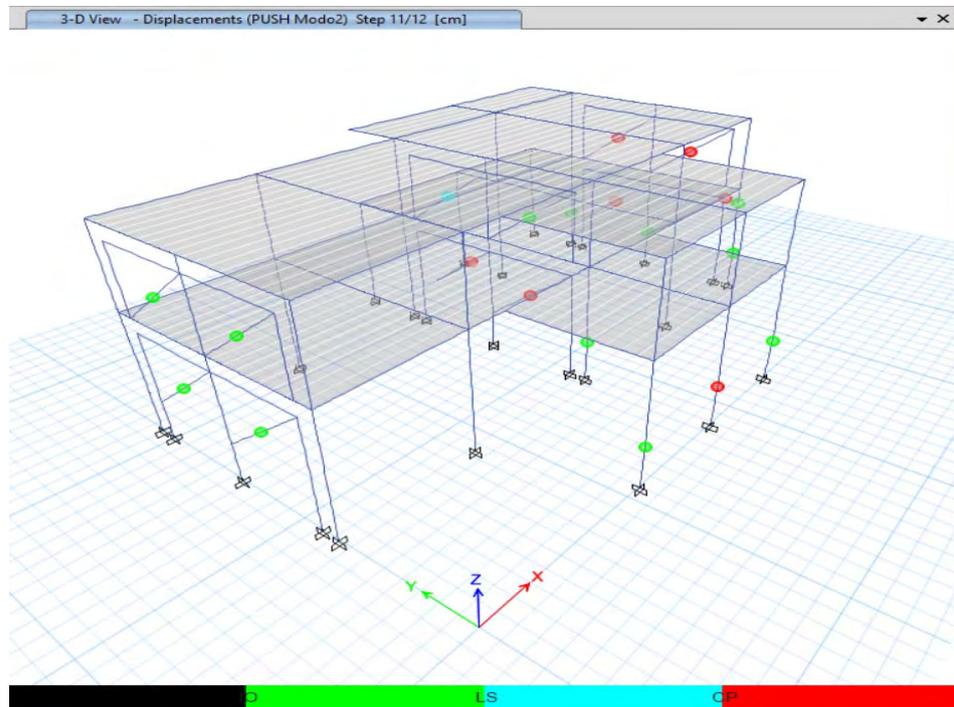
De los pasos en mención se observa que, la rótula que incurrió en el nivel de desempeño de "Prevención de colapso" en el paso 10, ha alcanzado el colapso (se ha rotulado), por lo que se produciría una redistribución de cargas en los elementos restantes, que, al estar en niveles cercanos a la prevención de colapso, no cuentan con la resistencia necesaria para que la curva de capacidad siga desarrollándose, marcando así el fin de la misma.

Cabe mencionar que el mecanismo de colapso para esta dirección de análisis, no es el óptimo, ya que la formación de rótulas en los pórticos inicia en su mayoría en elementos primarios tipo columnas. (Ver Figura 4-35)

**Figura 4-35**

*Desplazamiento para Paso 11, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Existente*



#### 4.2.5.4. DUCTILIDAD POR DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE

Durante el análisis de una edificación de acuerdo a los parámetros normativos establecidos por la norma E030, definimos un sismo estático y dinámico que consideran un factor de reducción sísmica "R", que representa la reducción de las fuerzas elásticas debido a la ductilidad, sin embargo, este valor es tomado directamente de la tabla N°07 (Tabla de coeficientes básicos de reducción sísmica de acuerdo al sistema estructural) de la norma en mención y multiplicado por factores de irregularidad que correspondan. Esta es una representación aproximada del valor “real” de la ductilidad de la edificación, es por ello que, conocida la curva de capacidad de la edificación, obtenida por el análisis estático no-lineal (AENL),

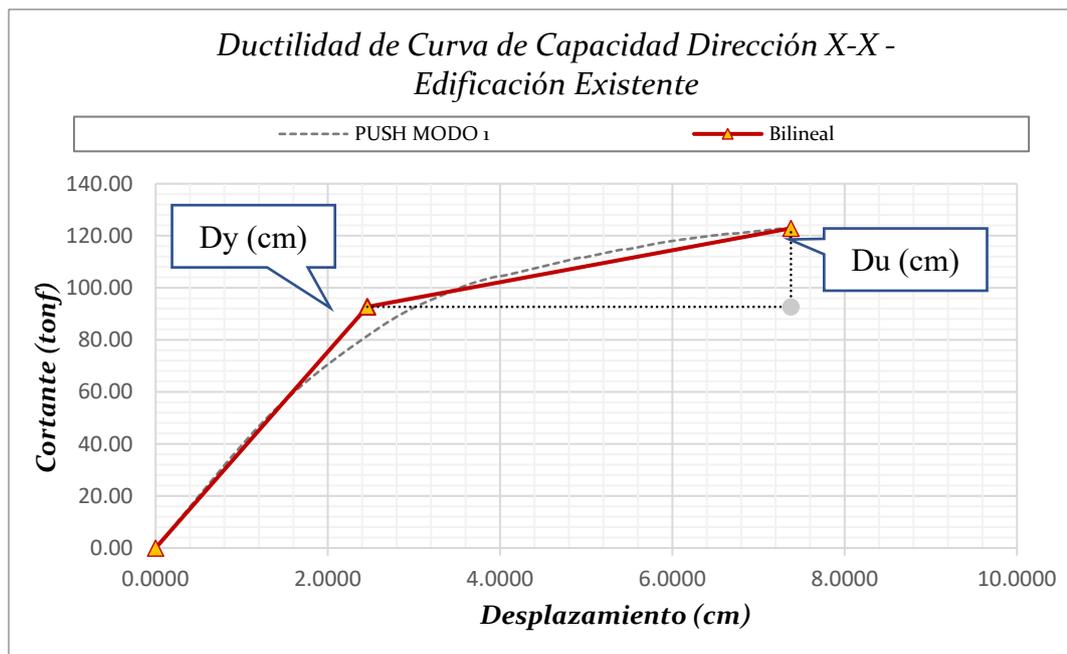
podemos aplicar criterios para obtener el valor de la ductilidad “real” de la edificación, y por ende, conocer el verdadero valor del factor de reducción sísmica "R"; es así que, a continuación y en primer lugar, procederemos a obtener la ductilidad de la edificación, en esta ocasión calculada en base a los valores de desplazamientos.

#### 4.2.5.4.1. DUCTILIDAD POR DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE PARA LA DIRECCIÓN X-X

En la **Figura 4-36**, se presenta la curva bilineal de la edificación existente en la dirección X-X, pudiendo obtener de la misma, el desplazamiento último y el desplazamiento cedente, así como las fuerzas cortantes correspondientes a los mismos en la dirección X-X, es así que, obtenidos estos datos, se procede al cálculo de la ductilidad de la edificación en dicha dirección.

**Figura 4-36**

*Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección X-X - Edificación Existente*



$$\mu_x = \frac{Du}{Dy}$$

De la curva bilineal de la edificación reforzada para la dirección “X” sabemos que:

$$Du = 7.376 \text{ cm.}$$

$$Dy = 2.459 \text{ cm.}$$

Entonces:

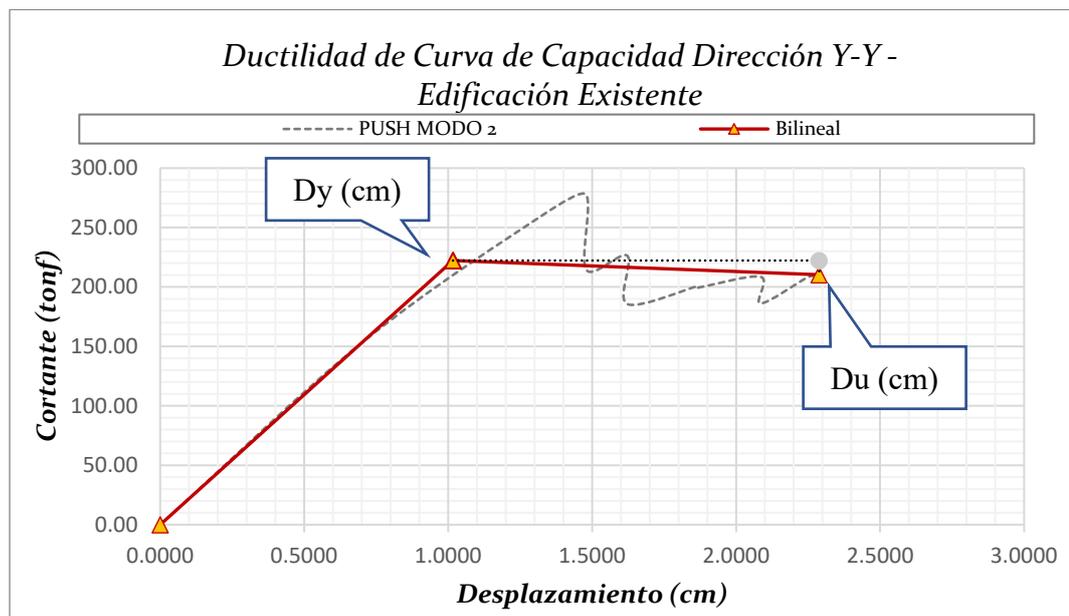
$$\mu_x = \frac{7.376}{2.459} = 3.00$$

#### 4.2.5.4.2. DUCTILIDAD POR DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN EXISTENTE PARA LA DIRECCIÓN Y-Y

En la **Figura 4-37**, se presenta la curva bilineal de la edificación existente en la dirección Y-Y, pudiendo obtener de la misma, el desplazamiento último y el desplazamiento cedente, así como las fuerzas cortantes correspondientes a los mismos en la dirección Y-Y, es así que, obtenidos estos datos, se procede al cálculo de la ductilidad de la edificación en dicha dirección.

**Figura 4-37**

*Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección Y-Y- Edificación Existente*



$$\mu_y = \frac{Du}{Dy}$$

De la curva bilineal de la edificación reforzada para la dirección “Y” sabemos que:

$$Du = 2.288 \text{ cm.}$$

$$Dy = 1.016 \text{ cm.}$$

Entonces:

$$\mu_y = \frac{2.288}{1.016} = 2.252$$

#### **4.2.5.4.3. CALCULO DEL FACTOR DE REDUCCION SISMICA REAL PARA LA EDIFICACIÓN EXISTENTE**

Teniendo los valores para la ductilidad por desplazamiento, procederemos a encontrar los valores para el factor de reducción sísmica "real" de la edificación reforzada (factor R) para cada dirección en análisis, para esto emplearemos las siguientes expresiones:

$$R_x = 1.25 * \mu_x$$

$$R_y = 1.25 * \mu_y$$

Por lo que reemplazando los valores tenemos:

$$R_x = 1.25 * 3.000 = 3.750$$

$$R_y = 1.25 * 2.252 = 2.815$$

De los valores de “R” obtenidos para la edificación existente observamos que, para ambas direcciones de análisis, los valores se encuentran lejanos al empleado en el análisis estático y dinámico ( $R=7.20$ ).

Durante la evaluación del análisis lineal estático y dinámico de la edificación se descubrió que el diseño no cumplió con los requisitos de ductilidad y resistencia de la norma E030, podemos mencionar que el diseño hecho no fue el óptimo.

Luego del AENL de la estructura verificamos que la edificación posee muy poca ductilidad y resistencia, hecho que es evidente al contemplar la diferencia entre valores de “R” reales obtenidos y los empleados en el análisis estático y dinámico lineal, por lo que se concluye que, es necesario el planteamiento del reforzamiento de la edificación existente.

#### **4.3. PROPUESTA DE ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN**

Después del análisis y debido a que la edificación estudiada no cumple con los objetivos de desempeño escogidos (Ver Item 4.2.5), se plantea el reforzamiento de la estructura principal mediante el reforzamiento de columnas y la incorporación de placas de concreto armado.

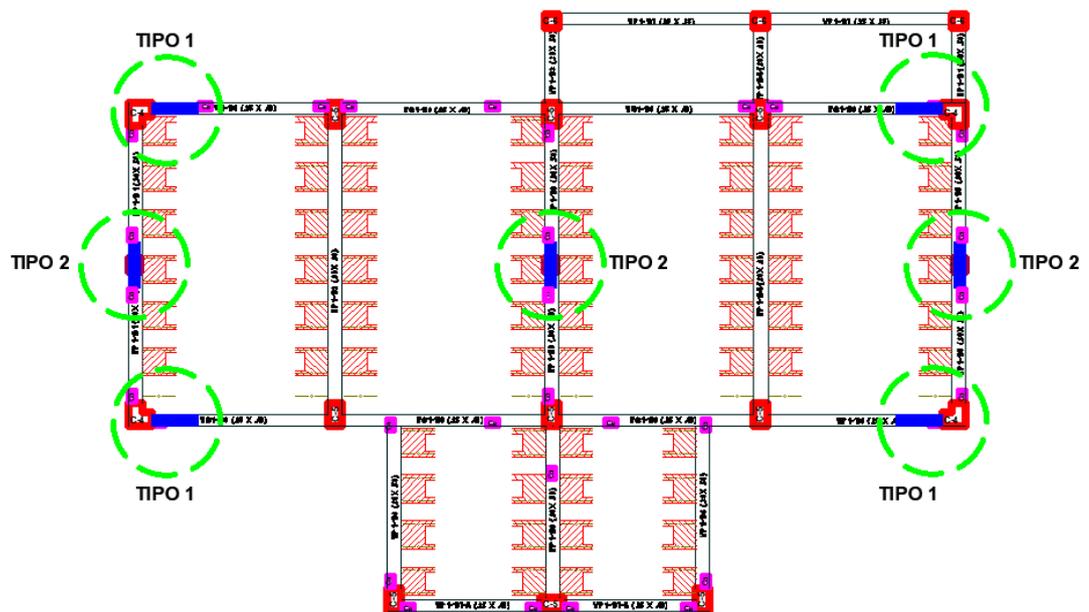
Partiendo de la evaluación del mecanismo de colapso de la edificación observamos que las primeras columnas que comienzan a rotularse son las ubicadas en el centro de los pórticos A-A, D-D y I-I (ver **Figura 4-26**) por lo que se propone reforzarlas con muros de corte de concreto armado (Placas Tipo 2, según sección 4.3) para mejorar el comportamiento de la edificación en la dirección Y-Y. Por otro lado, para los pórticos en la dirección X-X también se propone la incorporación de muros de

corte de concreto armado (Placas Tipo 1, según sección 4.3) a fin de mejorar su desempeño ante las amenazas sísmicas analizadas.

A continuación, se muestra la Figura 4-38, donde se ubican los elementos tipo placa de concreto armado que serán incorporados en el primer y segundo nivel de la edificación, mismos que son representados con color azul.

**Figura 4-38**

*Plano en Planta del Planteamiento de Reforzamiento Estructural*

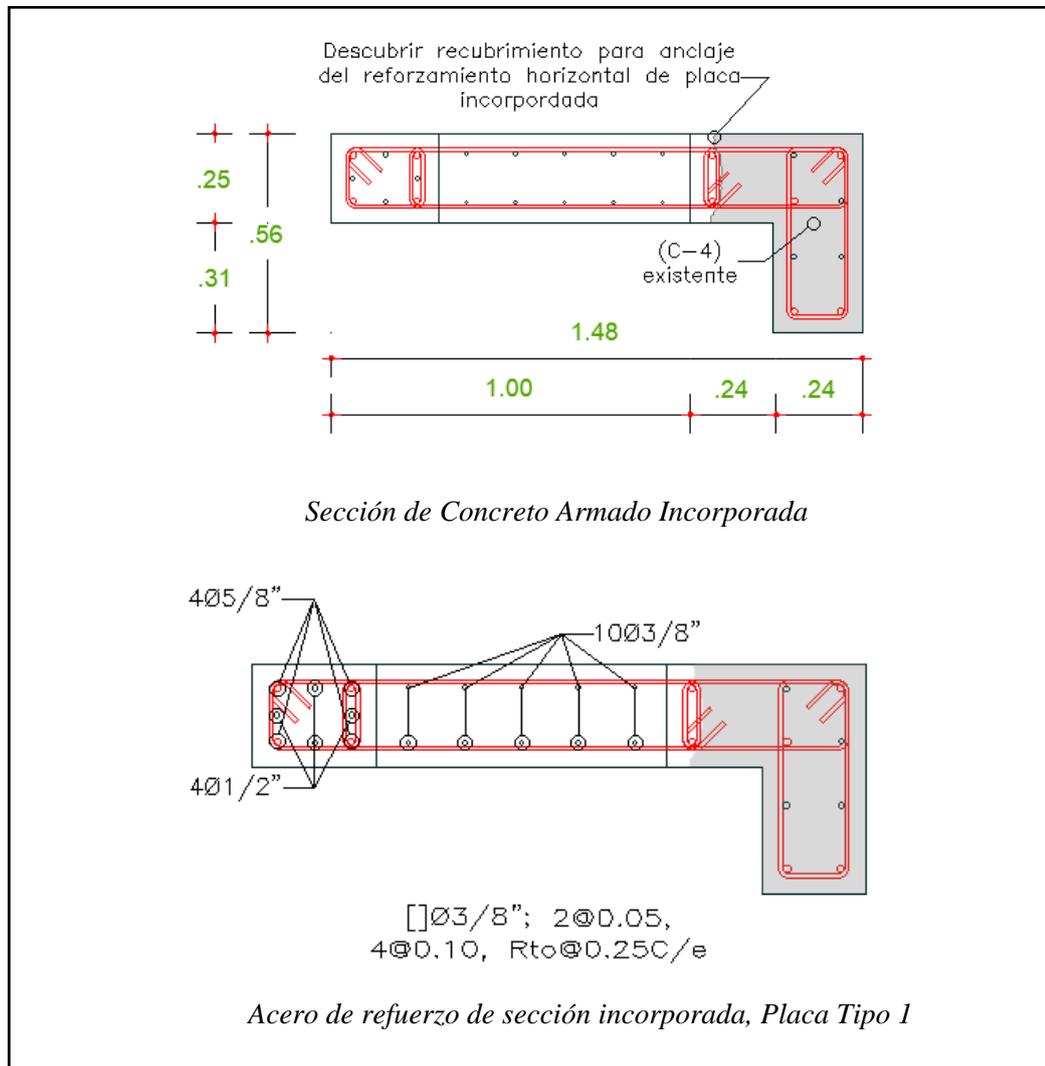


**PLACAS TIPO 1:**

Estas placas son el resultado de reforzar las columnas C-4 (Sección tipo L, ya existentes de la edificación) con una placa de concreto armado de 0.25m x 1.00m. (Ver Figura 4-39). Las dimensiones fueron verificadas de manera que, en el Análisis lineal dinámico, la edificación cumpla con el control de derivas y el acero de refuerzo cumpla con lo descrito por el marco normativo de la ACI 318-14

**Figura 4-39**

*Detalle de Sección Reforzada, Placa Tipo 1*

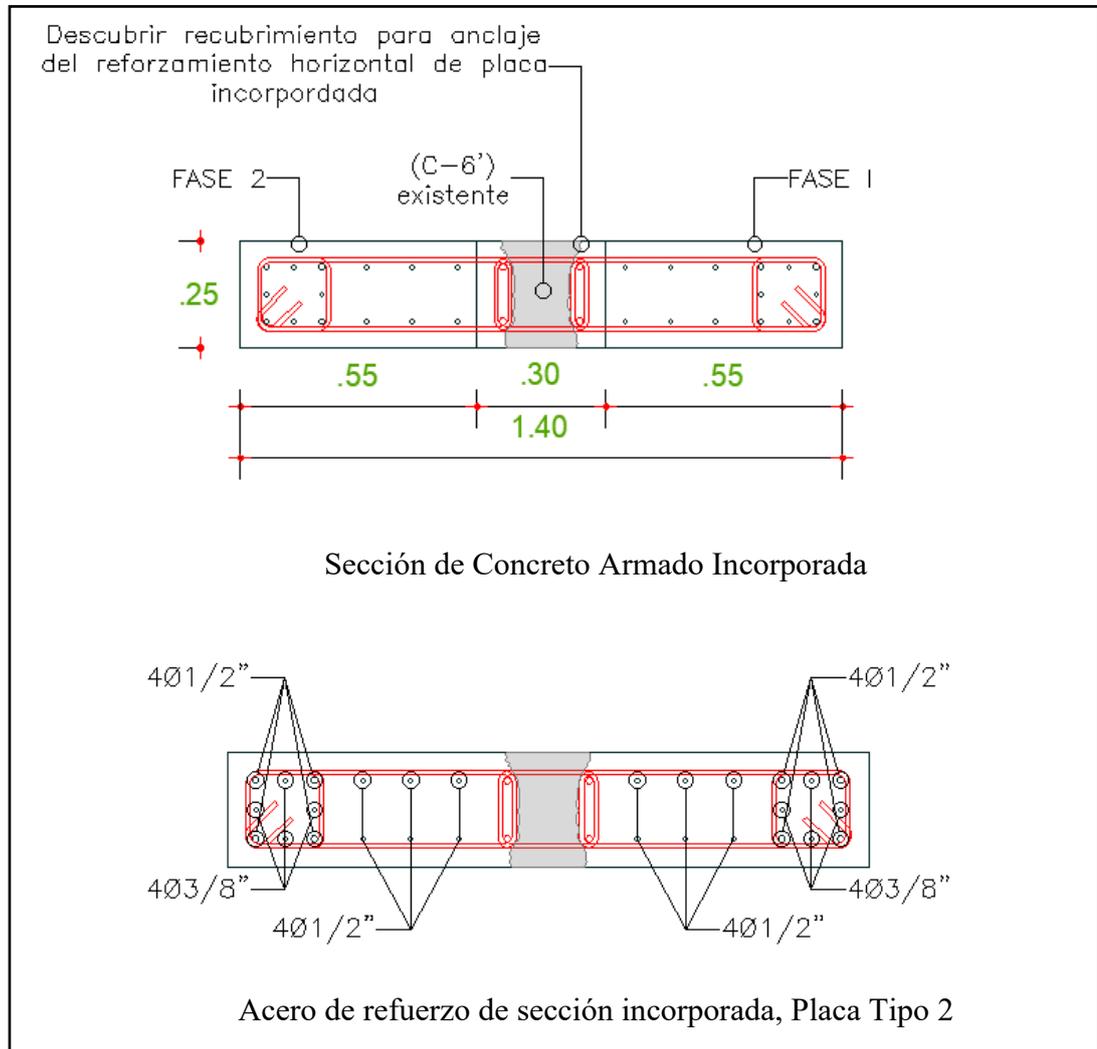


### PLACAS TIPO 2:

Estas placas son el resultado de reforzar las columnas C-6' (sección tipo rectangular, ya existentes de la edificación) con dos placas de concreto armado de 0.25m x 0.55m. a cada lado en su longitud más larga (Ver Figura 4-40). Las dimensiones fueron verificadas de manera que, en el Análisis lineal dinámico, la edificación cumpla con el control de derivas y el acero de refuerzo cumpla con el marco normativo de la ACI 318-14.

**Figura 4-40**

*Detalle de Sección Reforzada, Placa Tipo 2*

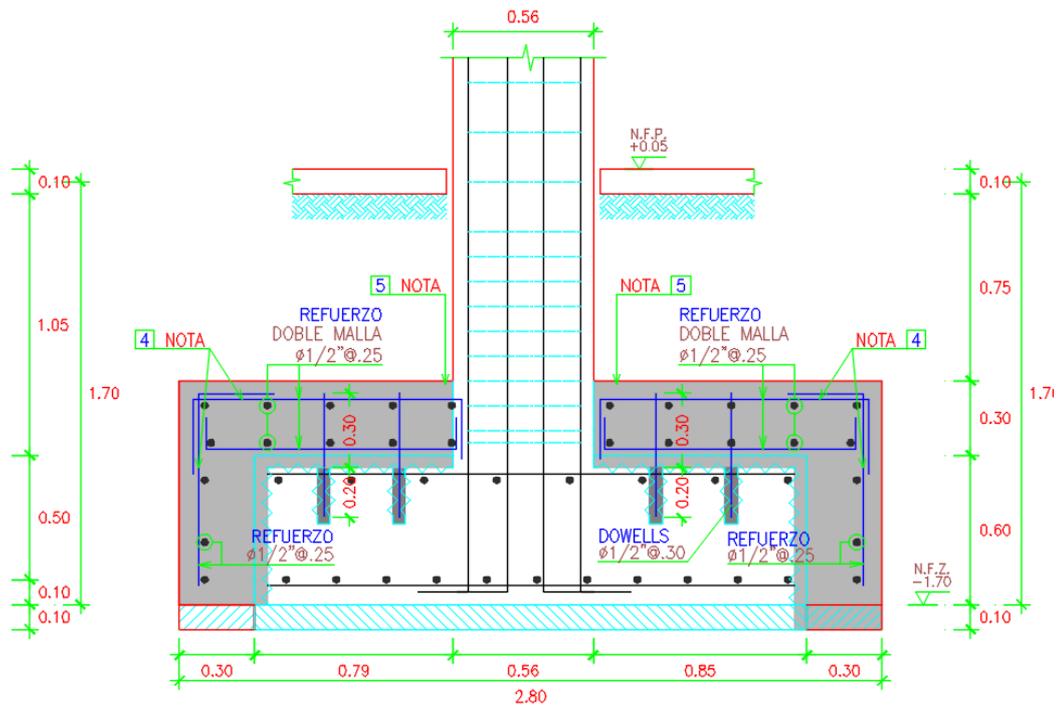


Debido a la incorporación de los elementos verticales de reforzamiento, la superestructura de la edificación en su conjunto es modificada, es así que, a bien de garantizar el desempeño correcto de la subestructura original, se planteó la adecuación a nivel de zapatas. Esto con el fin de asegurar la longitud de desarrollo del acero vertical de los elementos de reforzamiento, y el cumplimiento del marco normativo en relación a los controles planteados a nivel de cimentación. A continuación, se detalla en la Figura 4-41,

Figura 4-42, Figura 4-43 y figura 4-44, el planteamiento de las adecuaciones a las zapatas del bloque de aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima:

**Figura 4-41**

*Adecuación de Cimentación – Zapata 01*



**Figura 4-42**

*Adecuación de Cimentación – Zapata 02*

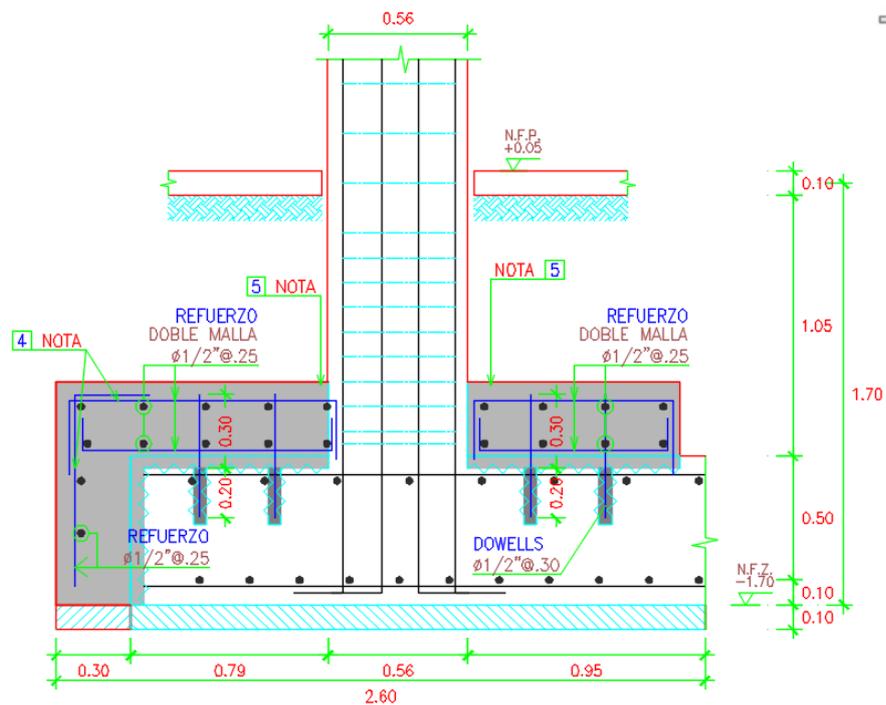


Figura 4-43

Adecuación de Cimentación – Zapata 03

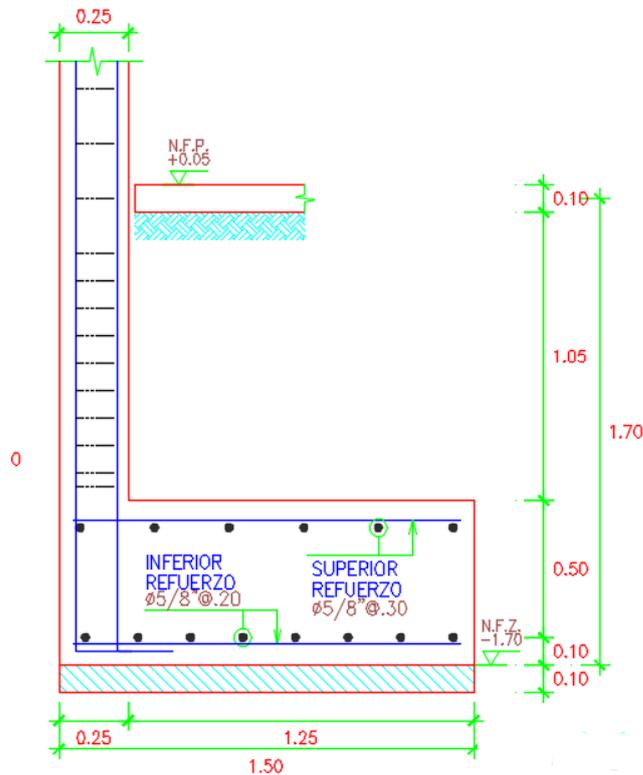
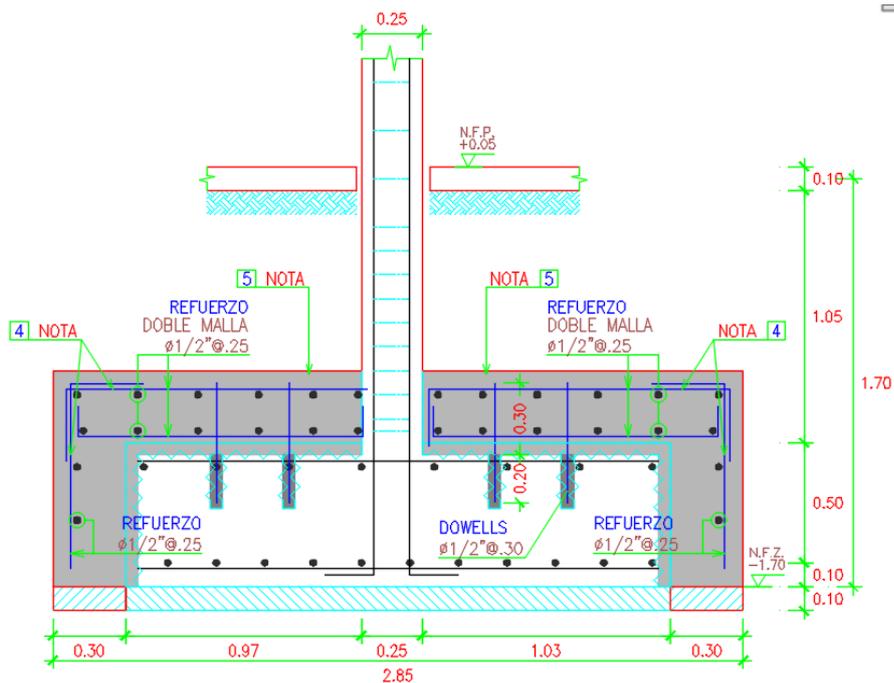


figura 4-44

Adecuación de Cimentación – Zapata 04



Dado el planteamiento de adecuación de las cimentaciones, y a fin de velar por la operatividad y el cumplimiento de requisitos técnicos normativos, se procedió a realizar la verificación de la subestructura de la edificación (Ver Anexo N° 08). Encontrando que las dimensiones y el despiece de acero cumplen con las normas E.050 y E.060 respectivamente.

#### 4.4. ANALISIS LINEAL DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA

##### 4.4.1. ANALISIS LINEAL ESTÁTICO

##### 4.4.1.1. PARAMETROS NORMATIVOS ASIGNADOS

A continuación, en la Tabla 4-29 y Tabla 4-30, se muestran los parámetros normativos asignados, tanto para la dirección X-X como Y-Y:

**Tabla 4-29:**

*Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Reforzada X-*

*X*

| FACTOR         | VALOR |
|----------------|-------|
| Z              | 0.45  |
| U              | 1.50  |
| C              | 2.50  |
| S              | 1.00  |
| R <sub>x</sub> | 5.40  |

**Tabla 4-30:**

*Valores de los Factores Obtenidos para el Análisis de la Edificación Reforzada Y-Y*

| FACTOR         | VALOR |
|----------------|-------|
| Z              | 0.45  |
| U              | 1.50  |
| C              | 2.50  |
| S              | 1.00  |
| R <sub>y</sub> | 5.40  |

Cuya obtención y factor de Coeficiente sísmico estático asignado al programa se explican en el Item 3.5.10, exceptuando que para el análisis de la edificación reforzada el factor reducción sísmica “R” tendrá un valor de 5.4 considerando un sistema estructural de “Muros Estructurales” ( $R_o = 6$ ) y un factor de irregularidad en planta igual a 0.9 (Ver Anexo N° 06).

#### 4.4.1.2. CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

Del Análisis Estático Lineal de la edificación reforzada, se obtuvieron las siguientes derivas de entrepiso que se detallan en la Tabla 4-31 y Tabla 4-32.

**Tabla 4-31:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Reforzada – Dirección X-X*

| Derivas de Entrepiso - Dirección X-X |                |         |              |         |
|--------------------------------------|----------------|---------|--------------|---------|
| Piso                                 | Elevación<br>m | X-Dir   | * 0.85 $R_x$ | CONTROL |
| Piso 2                               | 7.575          | 0.00065 | 0.0030       | CUMPLE  |
| Piso 1                               | 4.525          | 0.00034 | 0.0016       | CUMPLE  |
| Base                                 | 0              | 0       |              |         |

**Tabla 4-32:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Estático de la Edificación Reforzada – Dirección Y-Y*

| Derivas de Entrepiso - Dirección Y-Y |           |         |              |         |
|--------------------------------------|-----------|---------|--------------|---------|
| Piso                                 | Elevación | X-Dir   | * 0.85 $R_y$ | CONTROL |
|                                      | m         |         |              |         |
| Piso 2                               | 7.575     | 0.00031 | 0.0014       | CUMPLE  |
| Piso 1                               | 4.525     | 0.00023 | 0.0011       | CUMPLE  |
| Base                                 | 0         | 0       |              |         |

En las tablas precedentes podemos observar que, debido a la incorporación de muros de corte para el reforzamiento de la edificación, el control de derivas en el Análisis Lineal Estático cumple con lo estipulado en la E030 del reglamento nacional de edificaciones.

El control de derivas se realizó multiplicando por un valor de 0.85 R, los resultados obtenidos, y comparándolo con el valor de deriva máxima para un sistema de muros de concreto (nuevo sistema resistente de la edificación), misma que es igual a 0.007. De lo mencionado se desprende que el Edificio Reforzado “Cumple” con la deriva máxima permitida por la Norma E 0.30 en la Dirección X-X, al igual que lo hace en la Dirección Y-Y.

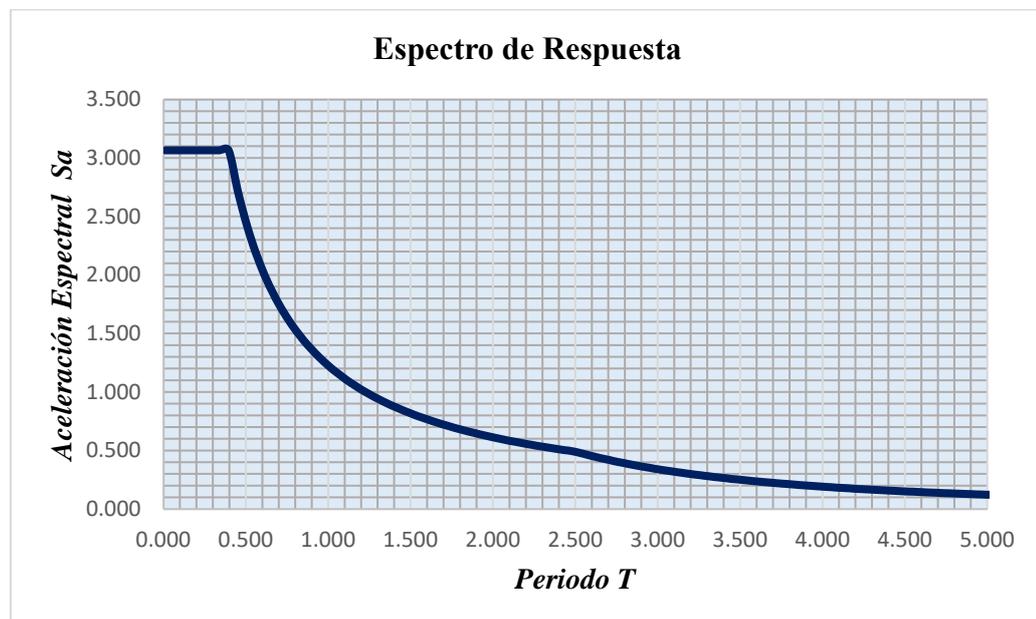
#### 4.4.2. ANÁLISIS LINEAL DINÁMICO

##### 4.4.2.1. PARAMETROS NORMATIVOS ASIGNADOS

Para el Análisis Lineal Dinámico de la edificación existente se empleó para ambas direcciones el siguiente espectro de respuesta:

**Figura 4-45**

*Espectro de Respuesta de la Edificación Reforzada*



En esta ocasión con un  $R= 5.4$  debido a que se trata del nuevo sistema estructural de la edificación reforzada.

#### 4.4.2.2. CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

Del análisis dinámico Lineal de la edificación, se obtuvieron las siguientes derivas de entrepiso que se detallan en la **Tabla 4-33** y **Tabla 4-34**:

**Tabla 4-33:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Reforzada – Dirección*

*X-X*

| Derivas de Entrepiso - Dirección X-X |           |         |              |         |
|--------------------------------------|-----------|---------|--------------|---------|
| Piso                                 | Elevación | X-Dir   | * 0.85 $R_x$ | CONTROL |
|                                      | m         |         |              |         |
| Piso 2                               | 7.575     | 0.00060 | 0.0027       | CUMPLE  |
| Piso 1                               | 4.525     | 0.00031 | 0.0014       | CUMPLE  |
| Base                                 | 0         | 0       |              |         |

**Tabla 4-34:**

*Derivas de Entrepiso – Análisis Dinámico de la Edificación Reforzada – Dirección*

*Y-Y*

| Derivas de Entrepiso - Dirección Y-Y |           |         |              |         |
|--------------------------------------|-----------|---------|--------------|---------|
| Piso                                 | Elevación | X-Dir   | * 0.85 $R_y$ | CONTROL |
|                                      | m         |         |              |         |
| Piso 2                               | 7.575     | 0.00031 | 0.0014       | CUMPLE  |
| Piso 1                               | 4.525     | 0.00022 | 0.0010       | CUMPLE  |
| Base                                 | 0         | 0       |              |         |

Observamos de las tablas que los resultados son similares a los obtenidos por el análisis estático, cuyo control de derivas (realizado al multiplicar por un valor de 0.85 R los resultados obtenidos del análisis lineal dinámico en cada dirección y compararlo con el valor de deriva máxima para un sistema de muros de concreto armado), arroja como resultado que el Edificio Reforzado “Cumple” con la deriva máxima permitida en la Dirección X-X, y a la vez lo hace para la Dirección Y-Y.

#### 4.4.2.3. CONTROL DE PORCENTAJE DE MASA PARTICIPATIVA EN LOS MODOS DE VIBRACIÓN

Debido a que la edificación es de dos niveles, se consideraron 6 modos de vibración (A razón de 3 modos por nivel), para los cuales se obtuvieron los porcentajes de masa participativa mostrados en la Tabla 4-35.

**Tabla 4-35:**

*Porcentajes de Masa Participativa – Análisis Dinámico de la Edificación*

*Reforzada*

| Porcentajes de Masa Participativa |      |                  |        |        |    |               |               |       |               |
|-----------------------------------|------|------------------|--------|--------|----|---------------|---------------|-------|---------------|
| CASO                              | MODO | Periodo<br>(seg) | UX     | UY     | UZ | SumUX         | SumUY         | SumUZ | SumRZ         |
| Modal                             | 1    | 0.176            | 0.8048 | 0.0001 | 0  | 0.8048        | 0.0001        | 0     | 2.82E-05      |
| Modal                             | 2    | 0.129            | 0.0001 | 0.8497 | 0  | 0.8049        | 0.8498        | 0     | 0.0038        |
| Modal                             | 3    | 0.097            | 0.0001 | 0.0037 | 0  | 0.805         | 0.8535        | 0     | 0.82          |
| Modal                             | 4    | 0.038            | 0.1408 | 0.0001 | 0  | 0.9458        | 0.8536        | 0     | 0.82          |
| Modal                             | 5    | 0.035            | 0.0001 | 0.092  | 0  | 0.9459        | 0.9456        | 0     | 0.8208        |
| Modal                             | 6    | 0.026            | 0.0004 | 0.0007 | 0  | <b>0.9463</b> | <b>0.9463</b> | 0     | <b>0.9116</b> |

De la tabla anterior, se desprende que la edificación reforzada “Cumple” con el Control por porcentaje de masas participativas en los modos de vibración (Apartado 4.6.1. de la norma E030 2018), debido a que la suma de las masas participativas encontrada, es mayor al 90% de la Masa Total de la edificación.

#### 4.5. ANALISIS ESTÁTICO NO-LINEAL DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA

##### 4.5.1. DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA

Al igual que para la definición de los niveles de amenaza sísmica para la edificación existente se tomaron los Niveles de amenaza sísmica estipulados por la norma ASCE 41-13 para edificaciones existentes, es decir, los sismos BSE-2E y BSE-1E, además del “sismo común” (50% de probabilidad de excedencia en 50 años) y el sismo normativo de acuerdo a la N.T.P. E.030. Los mencionados se detallan en la Tabla 4-36.

**Tabla 4-36:**

*Definición de Niveles de Amenaza Sísmica – Edificación Reforzada*

| Niveles de Amenaza<br>sísmica | Probabilidad de<br>excedencia (p,t) | Periodo de retorno T<br>(años) |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| -                             | 50% en 50 años                      | 72                             |
| BSE-1E                        | 20% en 50 años                      | 225                            |
| Sismo Severo E.030            | 10% en 50 años                      | 475                            |
| BSE-2E                        | 5% en 50 años                       | 975                            |

##### 4.5.2. DETERMINACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESEMPEÑO

Del mismo modo que para el análisis de la edificación existente se emplearon los objetivos de desempeño que se detallan en la Tabla 4-37.

**Tabla 4-37:**

*Definición de Objetivos de Desempeño – Edificación Reforzada*

| Nivel de Amenaza Sísmica  | Nivel de Desempeño Operacional (1-A) | Nivel de Desempeño Ocupación Inmediata (1-B) | Nivel de Desempeño Seguridad de Vida (3-C) | Nivel de Desempeño Prevención de Colapso (3-C) |
|---------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 50%/50 años               | a                                    | b  | c  | d  |
| BSE - 1E<br>(20%/50 años) | e                                    | f  | g  | h  |
| BSE - 2E<br>(5%/50 años)  | i                                    | j  | k  | l  |

Por tanto, los objetivos de desempeño empleados para la presente investigación son los objetivos: a, f y k. Es así como la edificación debido a su Uso debería permanecer “Operacional” para un “sismo común o de servicio” de 50% de probabilidad de Excedencia en 50 años, permanecer en el rango de “Ocupación Inmediata” para un sismo BSE – 1E de 20% de probabilidad de Excedencia en 50 años, y en un rango que garantice la “Seguridad de Vida” para un sismo BSE – 2E de 5% de probabilidad de excedencia en 50 años.

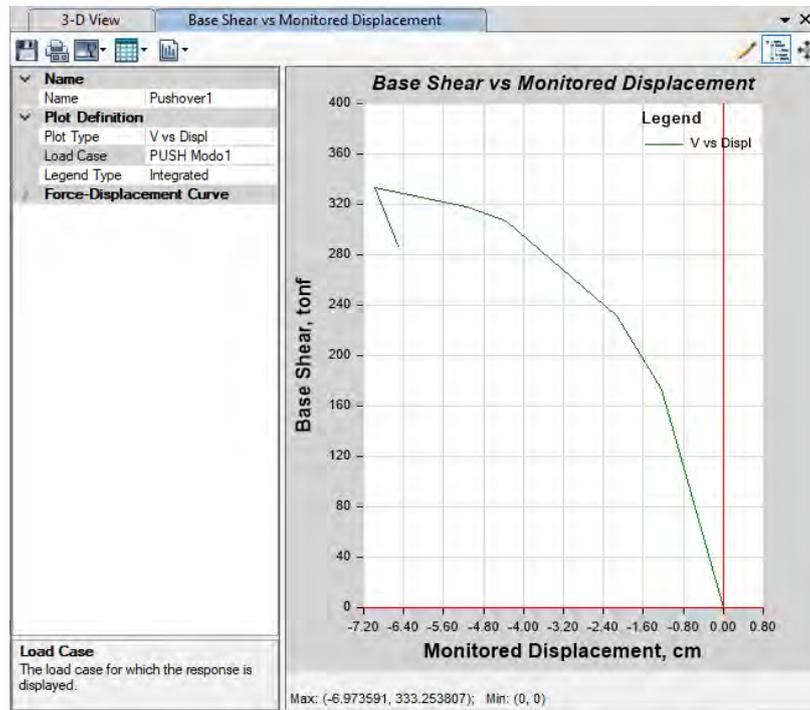
#### 4.5.3. OBTENCIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA

##### 4.5.3.1. CURVA DE CAPACIDAD DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA - DIRECCIÓN X-X

En la Figura 4-46 se muestra la curva de capacidad obtenida para el patrón de carga lateral equivalente al modo fundamental de vibración de la estructura reforzada en la dirección X-X y en la Figura 4-47 se muestra la correspondiente al patrón de cargas Push Fx. Por otro lado, la Tabla 4-38 muestra los valores tabulados por el software.

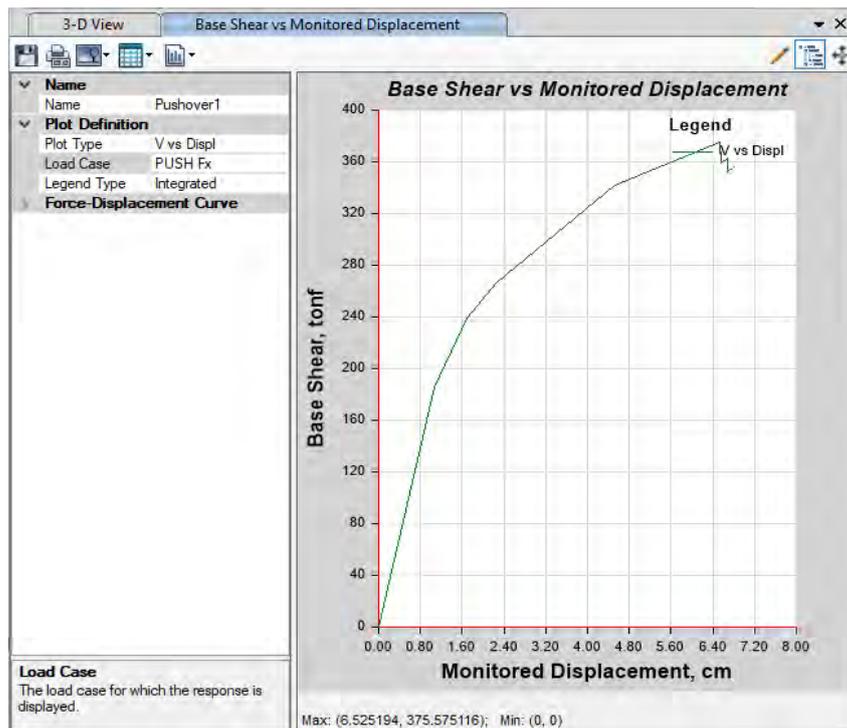
**Figura 4-46**

*Ploteo de la de Curva De Capacidad PUSH Modo 1 - Edificación Reforzada*



**Figura 4-47**

*Ploteo de la de Curva De Capacidad PUSH Fx- Edificación Reforzada*



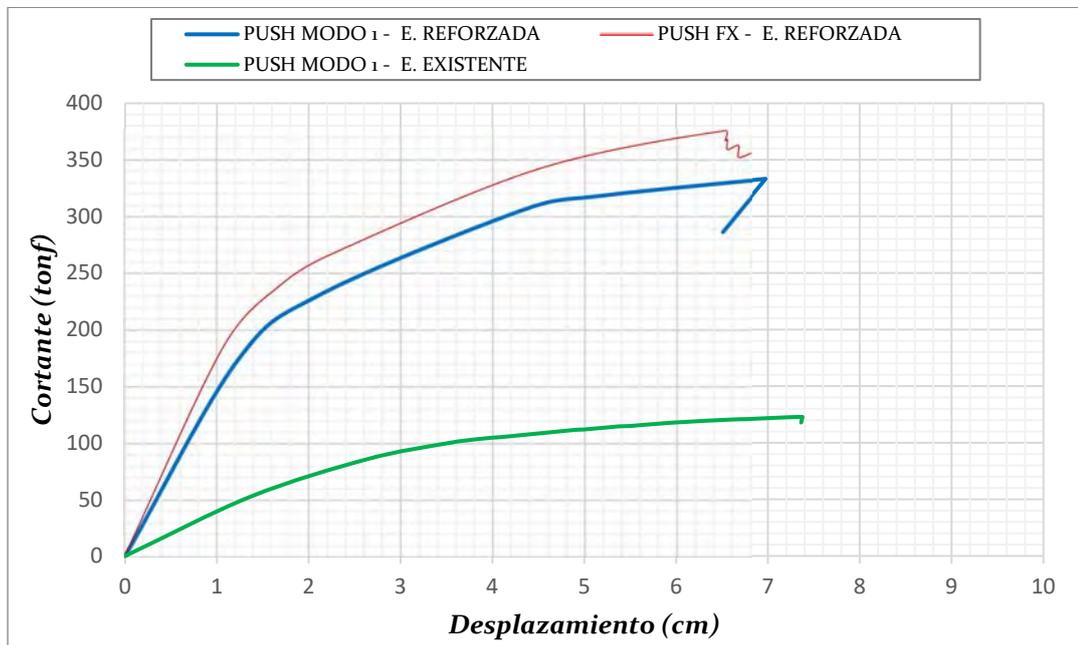
**Tabla 4-38:**

*Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Reforzada – Dirección X-X*

| <b>CURVA DE CAPACIDAD DIRECCIÓN X-X</b> |             |         |         |         |
|---|-------------|---------|---------|---------|
| Paso                                    | PUSH MODO 1 |         | PUSH FX |         |
|   | D(cm)       | V(tonf) | D(cm)   | V(tonf) |
| 0                                       | 0.0000      | 0.00    | 0.0000  | 0.00    |
| 1                                       | 1.2271      | 173.25  | 1.0796  | 185.56  |
| 2                                       | 2.1346      | 231.72  | 1.6937  | 239.30  |
| 3                                       | 4.3362      | 306.23  | 2.2580  | 267.07  |
| 4                                       | 5.1417      | 318.15  | 4.5141  | 342.25  |
| 5                                       | 6.9736      | 333.25  | 6.5252  | 375.58  |
| 6                                       | 6.9736      | 333.25  | 6.5256  | 366.89  |
| 7                                       | 6.4998      | 286.49  | 6.5510  | 367.67  |
| 8                                       |             |         | 6.5513  | 358.99  |
| 9                                       |             |         | 6.6714  | 362.63  |
| 10                                      |             |         | 6.6717  | 352.09  |
| 11                                      |             |         | 6.8051  | 355.75  |
| 12                                      |             |         |         |         |

**Figura 4-48**

*Curvas de Capacidad superpuestas - dirección X-X - Edificación Reforzada*



En la Figura 4-48 observamos que las curvas de capacidad de la estructura reforzada, tanto para PUSH MODO 1 y PUSH FX, presentan un incremento significativo de resistencia a diferencia de la curva obtenida y analizada para la edificación existente (PUSH MODO 1 – EDIF. EXISTENTE).

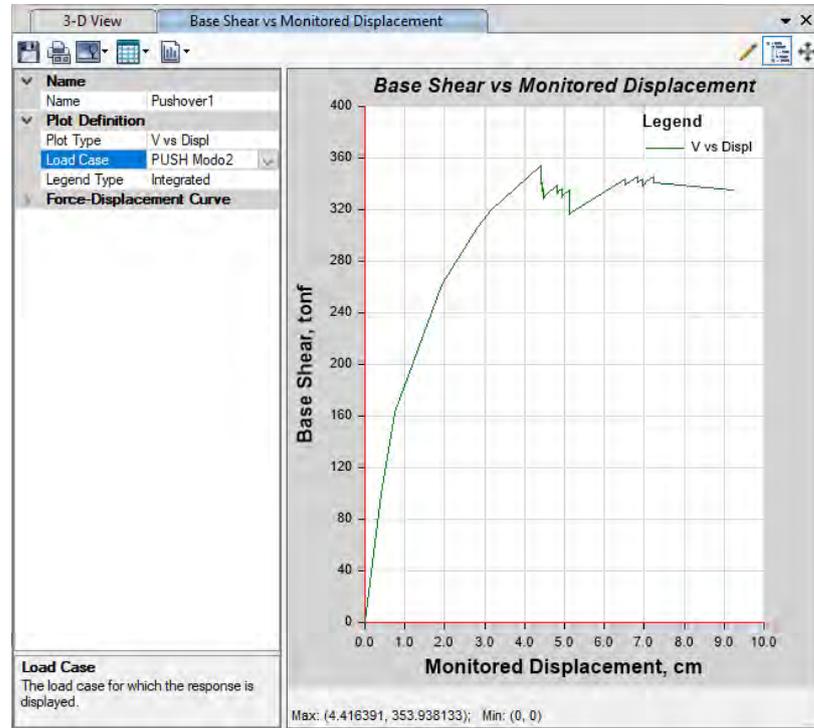
Otra vez, y según lo ya mencionado en los resultados de curvas de capacidad de la edificación existente, determinamos utilizar la referida al PUSH Modo 1 debido a que la norma ASCE 41-13 en su apartado 7.4.3.2.3. recomienda emplear una distribución de fuerzas equivalente a la forma del primer modo de vibración.

#### **4.5.3.2. CURVA DE CAPACIDAD DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA - DIRECCIÓN Y-Y**

En la Figura 4-49 se muestra la curva de capacidad obtenida para el patrón de carga lateral equivalente al modo fundamental de vibración de la estructura reforzada en la dirección Y-Y y en la Figura 4-50 se muestra la correspondiente al patrón de cargas Push Fy. Por otro lado, la Tabla 4-39 muestra los valores tabulados por el software.

**Figura 4-49**

*Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Modo 2 - Edificación Reforzada*



**Figura 4-50**

*Ploteo de Curva de Capacidad PUSH Fy - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-39:**

*Valores Obtenidos para la obtención de la Gráfica de la Curva de Capacidad de la Edificación Reforzada – Dirección Y-Y*

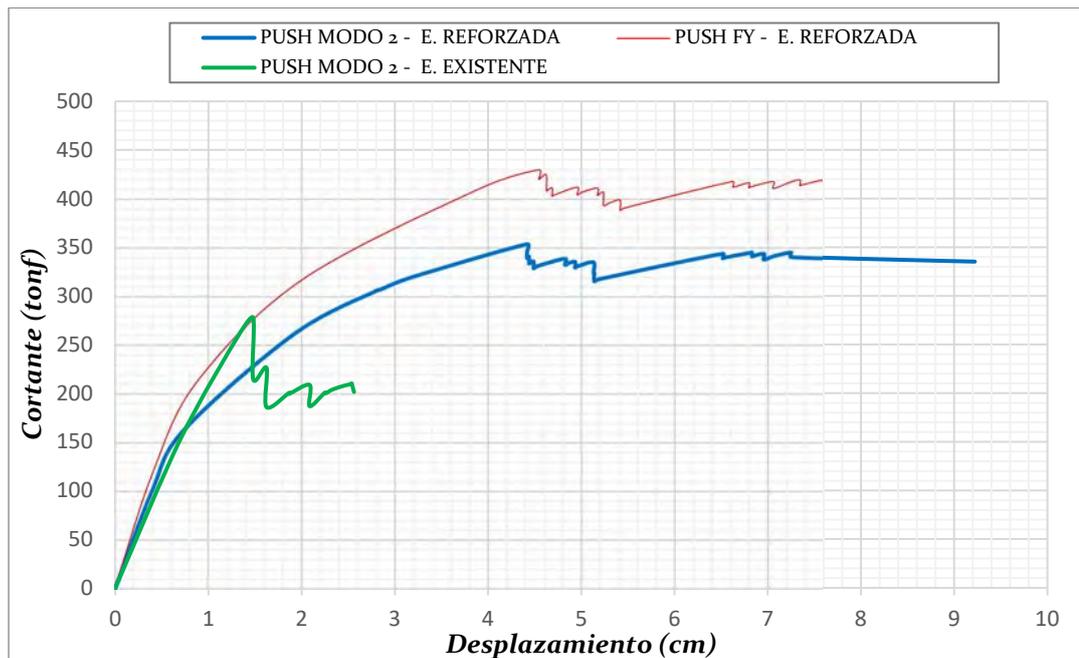
| <b>CURVA DE CAPACIDAD DIRECCIÓN Y-Y</b> |             |         |         |         |
|---|-------------|---------|---------|---------|
| Paso                                    | PUSH MODO 2 |         | PUSH FY |         |
|   | D(cm)       | V(tonf) | D(cm)   | V(tonf) |
| 0                                       | 0.0000      | 0.00    | 0.0000  | 0.00    |
| 1                                       | 0.3953      | 100.06  | 0.4093  | 119.32  |
| 2                                       | 0.7392      | 163.12  | 0.8956  | 214.00  |
| 3                                       | 1.9281      | 262.19  | 2.0245  | 318.05  |
| 4                                       | 2.8141      | 306.67  | 3.9148  | 410.67  |
| 5                                       | 2.8382      | 307.04  | 4.5453  | 429.81  |
| 6                                       | 3.1827      | 320.03  | 4.5456  | 420.46  |
| 7                                       | 4.4164      | 353.94  | 4.5772  | 422.65  |
| 8                                       | 4.4168      | 346.37  | 4.6283  | 424.53  |
| 9                                       | 4.4171      | 339.74  | 4.6286  | 408.14  |
| 10                                      | 4.4282      | 340.78  | 4.6435  | 409.46  |
| 11                                      | 4.4372      | 341.32  | 4.6888  | 411.38  |
| 12                                      | 4.4375      | 334.01  | 4.6892  | 402.69  |
| 13                                      | 4.4496      | 334.79  | 4.6989  | 403.59  |
| 14                                      | 4.4866      | 336.24  | 4.9558  | 412.02  |
| 15                                      | 4.4870      | 329.04  | 4.9562  | 404.18  |
| 16                                      | 4.5218      | 331.21  | 5.0048  | 406.70  |
| 17                                      | 4.8222      | 338.98  | 5.1742  | 411.27  |
| 18                                      | 4.8226      | 332.68  | 5.1746  | 403.76  |
| 19                                      | 4.8717      | 334.77  | 5.1946  | 405.10  |
| 20                                      | 4.9311      | 335.86  | 5.2405  | 406.61  |
| 21                                      | 4.9314      | 329.76  | 5.2409  | 393.33  |
| 22                                      | 4.9381      | 330.32  | 5.2944  | 395.54  |
| 23                                      | 4.9566      | 331.20  | 5.4151  | 398.93  |
| 24                                      | 5.1282      | 335.38  | 5.4155  | 388.11  |
| 25                                      | 5.1285      | 324.16  | 5.4206  | 388.55  |
| 26                                      | 5.1377      | 324.59  | 5.4728  | 391.00  |
| 27                                      | 5.1381      | 315.79  | 6.6244  | 417.92  |

**CURVA DE CAPACIDAD DIRECCIÓN Y-Y**

| Paso | PUSH MODO 2 |         | PUSH FY |         |
|------|-------------|---------|---------|---------|
|      | D(cm)       | V(tonf) | D(cm)   | V(tonf) |
| 28   | 5.1932      | 318.09  | 6.6248  | 412.21  |
| 29   | 6.5142      | 344.13  | 6.7954  | 416.62  |
| 30   | 6.5145      | 339.42  | 6.7955  | 411.47  |
| 31   | 6.5455      | 340.36  | 6.8149  | 412.36  |
| 32   | 6.8194      | 345.26  | 7.0586  | 417.89  |
| 33   | 6.8274      | 345.47  | 7.0590  | 410.79  |
| 34   | 6.8277      | 341.22  | 7.2385  | 417.20  |
| 35   | 6.8401      | 341.77  | 7.3436  | 419.54  |
| 36   | 6.9549      | 344.08  | 7.3440  | 413.60  |
| 37   | 6.9553      | 338.08  | 7.3531  | 414.12  |
| 38   | 7.0565      | 341.46  | 7.5757  | 419.31  |
| 39   | 7.2483      | 345.36  | 7.5761  | 418.62  |
| 40   | 7.2487      | 340.53  | 7.5761  | 418.62  |
| 41   | 9.2220      | 335.19  | 7.5763  | 418.64  |

**Figura 4-51**

*Curvas de Capacidad superpuestas - dirección Y-Y - Edificación Reforzada*



De la **Figura 4-51**, observamos las curvas de capacidad de la estructura reforzada para la dirección Y-Y, tanto para PUSH MODO 2 y PUSH FY, estas presentan un incremento significativo de resistencia a diferencia de la curva obtenida y analizada para la edificación existente (PUSH MODO 2 – EDIF. EXISTENTE).

Además, podemos observar que la curva de capacidad se muestra menos frágil y más dúctil, esto debido al arreglo que se hizo en el reforzamiento, donde se optó por aislar los muros de albañilería de la edificación en su totalidad y reforzar la dirección Y-Y con muros de concreto armado.

Otra vez, y según lo ya mencionado en los resultados de curvas de capacidad de la edificación existente, determinamos utilizar la curva de nivel PUSH Modo 2 debido a que la norma ASCE 41-13 en su apartado 7.4.3.2.3. recomienda emplear una distribución de fuerzas equivalente a la forma del primer modo de vibración.

#### **4.5.4. OBTENCIÓN DE LOS PUNTOS DE DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE LA ESTRUCTURA REFORZADA**

La norma ASCE 41-13 propone el método de los coeficientes de desplazamientos modificado como procedimiento para obtener el punto de “Desplazamiento Objetivo”, más conocido como el “Punto de Desempeño”.

##### **4.5.4.1. DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA PARA LA DIRECCIÓN X-X**

A continuación, se muestran los gráficos de obtención de los puntos de desempeño de acuerdo a cada nivel de amenaza sísmica para la dirección X-X.

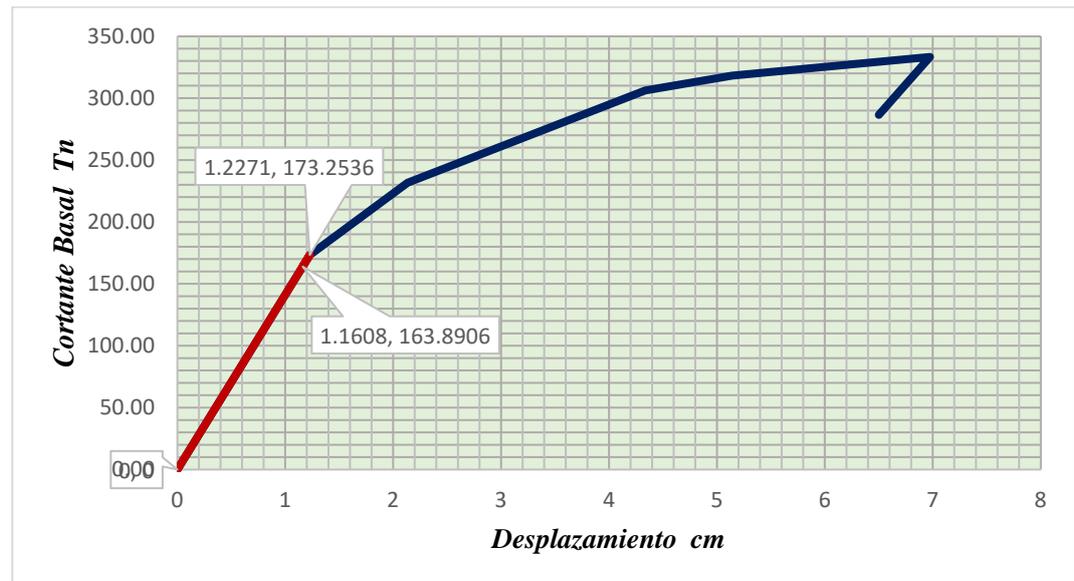
##### **- Sismo 50% / 50 Años:**

La Figura 4-52 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de servicio de 50%/50 Años en la dirección X-X, cuyo

valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-40.

**Figura 4-52**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-40:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*

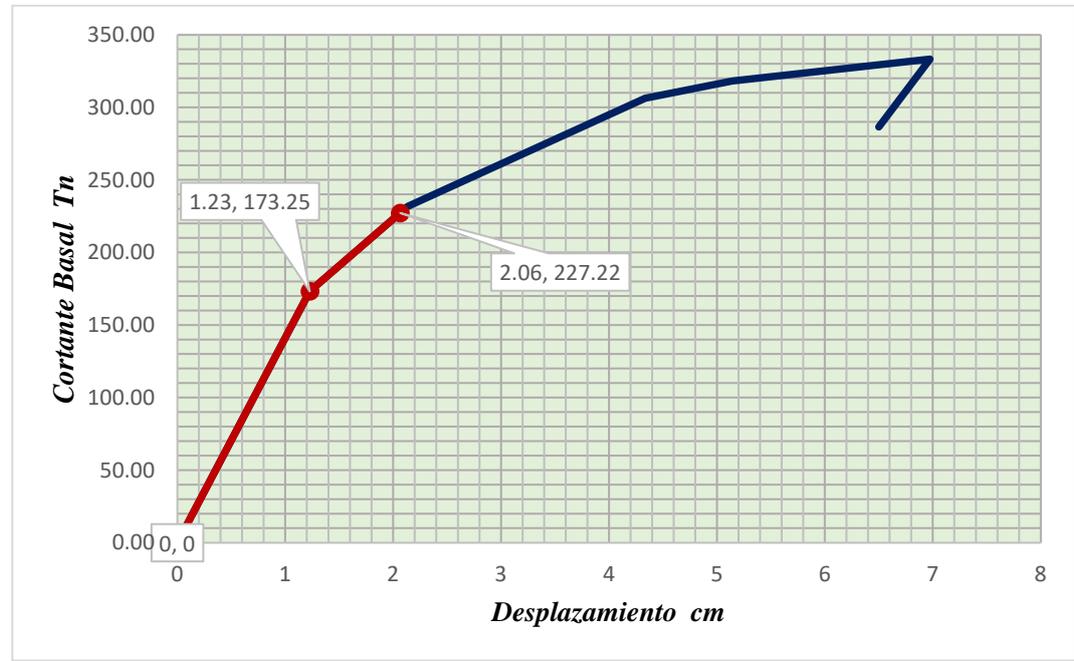
|                            | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Origen                     | 0                    | 0                     |
| Desplazamiento de Cedencia | 1.2271               | 173.25                |
| Desplazamiento Objetivo    | 1.1608               | 163.89                |

**- BSE – 1E 20% / 50 Años:**

La Figura 4-53 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de 20%/50 años en la dirección X-X, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-41

**Figura 4-53**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-41:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*

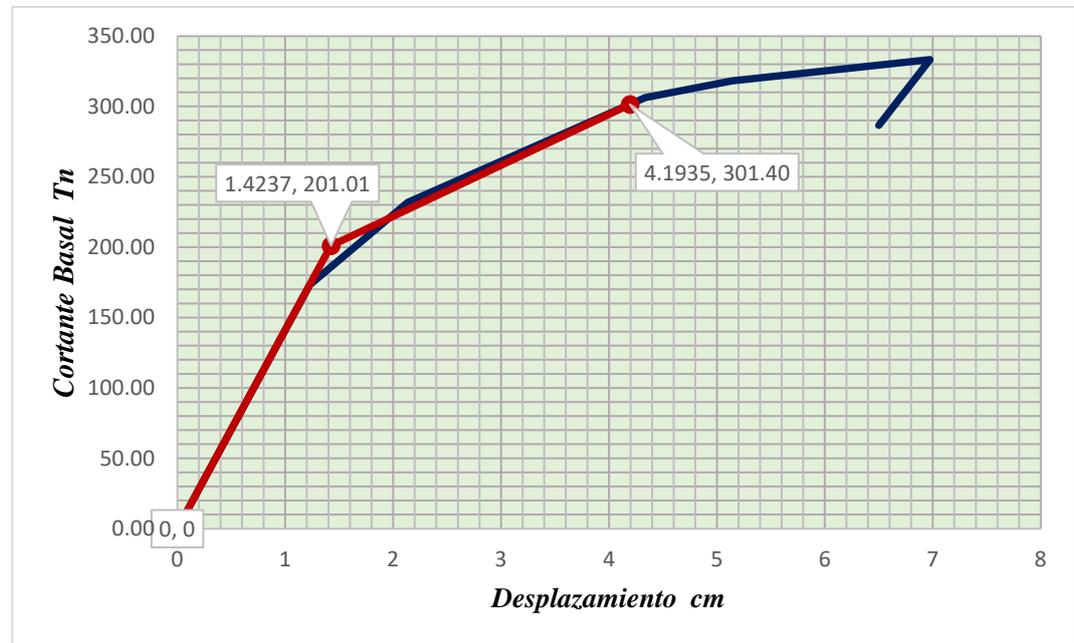
|                            | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Origen                     | 0                    | 0                     |
| Desplazamiento de Cedencia | 1.2271               | 173.2536              |
| Desplazamiento Objetivo    | 2.0647               | 227.2169              |

- **BSE – 2E 5% / 50 Años:**

La Figura 4-54 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo máximo de 5%/50 Años en la dirección X-X, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-42

**Figura 4-54**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-42:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*

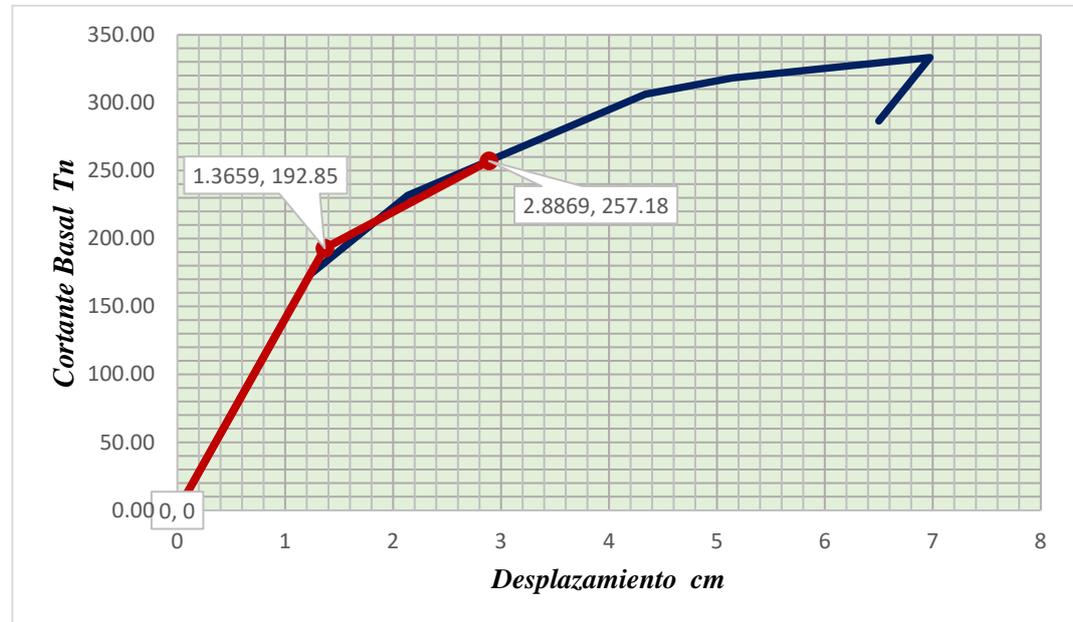
|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 1.4237               | 201.01                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 4.1935               | 301.40                |

**- Sismo de Diseño E 030 (10%/50 Años)**

La Figura 4-55 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de la E.030 2018, de 10%/50 años en la dirección X-X, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-43

**Figura 4-55**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-43:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años –  
Dirección X-X - Edificación Reforzada*

|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 1.3659               | 192.85                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 2.8869               | 257.18                |

Se consideró el Sismo de Diseño de 10 % de probabilidad de excedencia en 50 años a fin de verificar la filosofía de diseño de la norma E 0.30, que nos dice que la edificación debería continuar operativa en caso de un Sismo Severo. Es así como a continuación, en la Tabla 4-44, se presentan los puntos de desplazamiento Objetivo obtenidos para la edificación reforzada en la dirección X-X para cada uno de los niveles de amenaza a

sísmica establecidos por el código ASCE 41-13, además del nivel establecido por el sismo de diseño de la norma E 0.30:

**Tabla 4-44:**

*Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección X-X - Edificación Reforzada*

| Nivel de Amenaza<br>sísmica | Desplazamiento Objetivo |          |
|-----------------------------|-------------------------|----------|
|                             | D(cm)                   | V(tonf)  |
| 50%/50 A                    | 1.1608                  | 163.8906 |
| BSE-1E                      | 2.0647                  | 227.2169 |
| BSE-2E                      | 4.1935                  | 301.3989 |
| 10%/50 A                    | 2.8869                  | 257.1811 |

**4.5.4.2. DESPLAZAMIENTO OBJETIVO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA PARA LA DIRECCIÓN Y-Y**

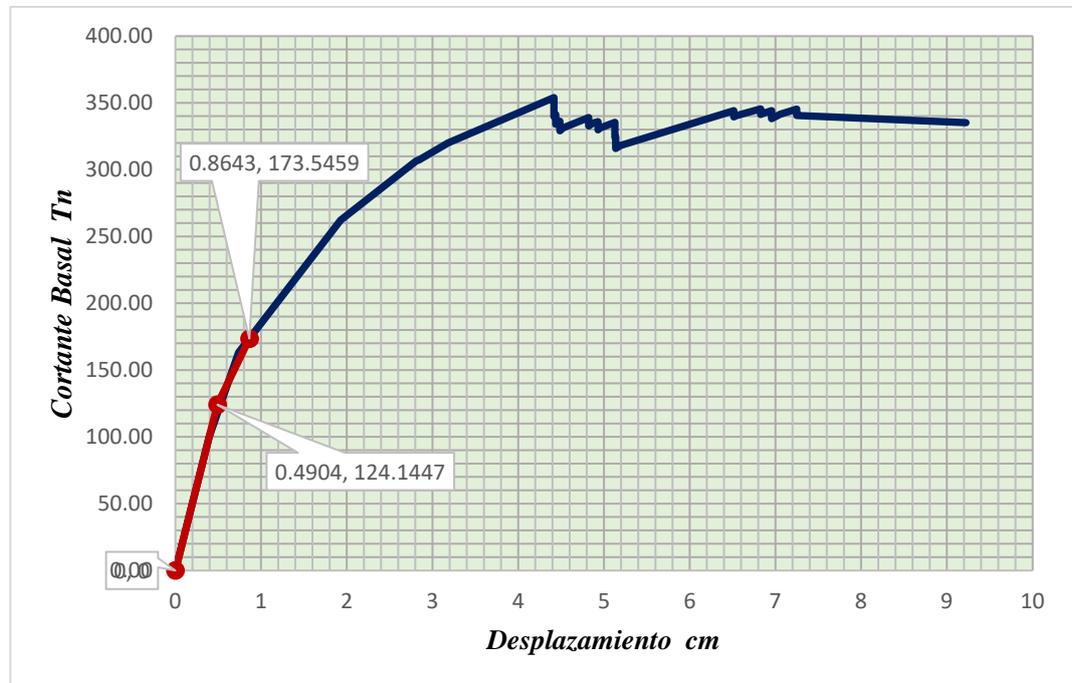
A continuación, se muestran los gráficos de obtención de los puntos de desempeño de acuerdo a cada nivel de amenaza sísmica para la dirección Y-Y.

**- Sismo 50% / 50 Años:**

La Figura 4-56 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de servicio de 50%/50 años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-45.

**Figura 4-56**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 50% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-45:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 50% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*

|                            | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Origen                     | 0                    | 0                     |
| Desplazamiento de Cedencia | 0.4904               | 124.1447              |
| Desplazamiento Objetivo    | 0.8643               | 173.5459              |

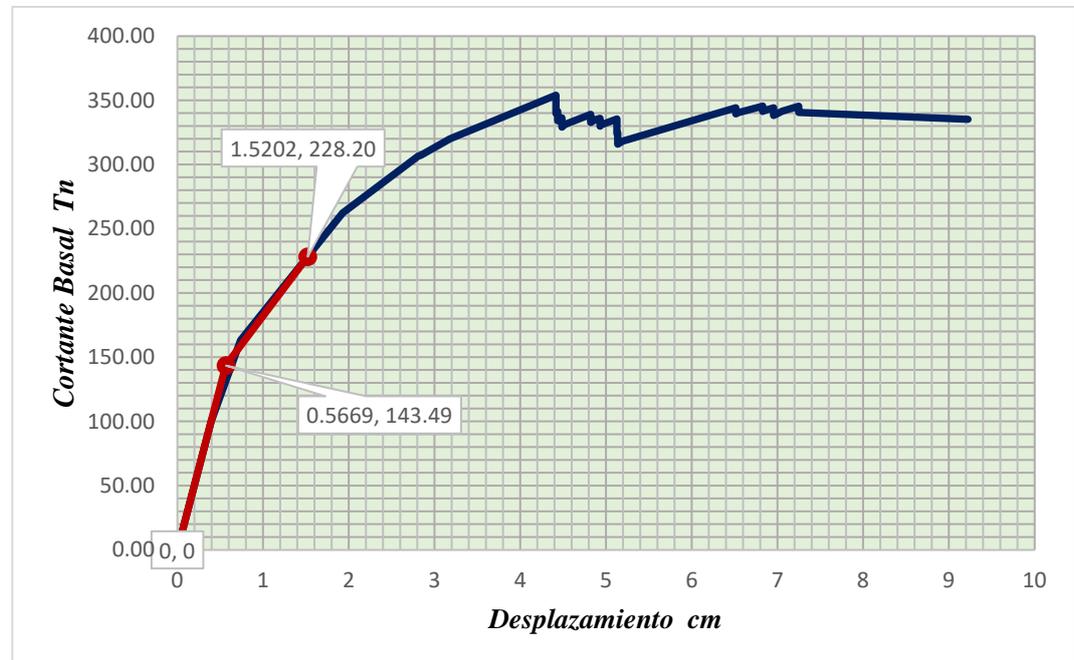
- **BSE – 1E 20% / 50 Años:**

La Figura 4-57 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de 20%/50 años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-46.

**Figura 4-57**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 20% / 50 Años –*

*Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-46:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 20% / 50 Años –*

*Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*

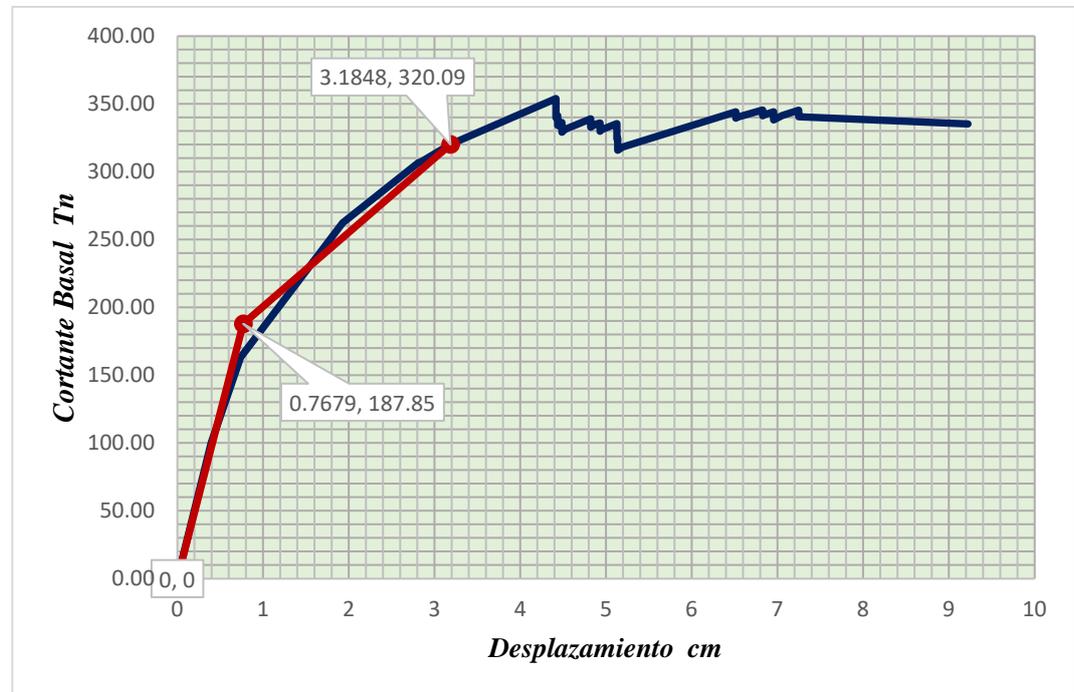
|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 0.5669               | 143.49                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 1.5202               | 228.20                |

- **BSE – 2E 5% / 50 Años:**

La Figura 4-58 muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de máximo de 5%/50 años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-47.

**Figura 4-58**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 5% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-47:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 5% / 50 Años –  
Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*

|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 0.7679               | 187.85                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 3.1848               | 320.09                |

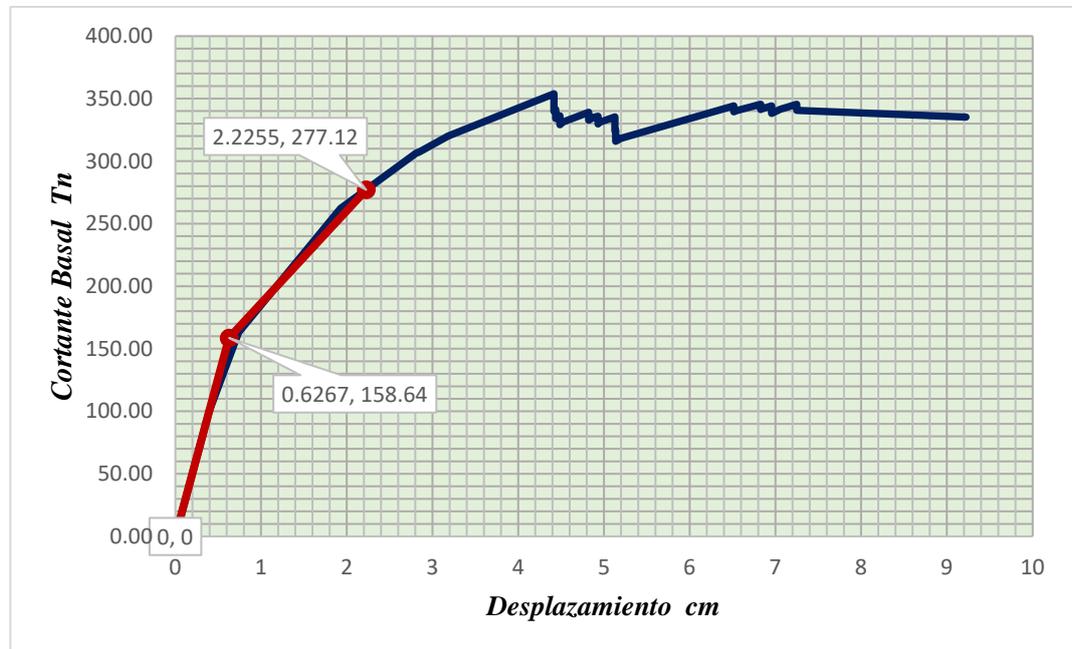
- **Sismo de Diseño E 030 (10%/50 Años):**

La **Figura 4-59** muestra gráficamente el valor del desplazamiento objetivo obtenido para el sismo de diseño de la E.030 2018, de 10%/50 años en la dirección Y-Y, cuyo valor se detalla junto con la fuerza cortante que le corresponde mediante la Tabla 4-48.

**Figura 4-59**

*Gráfica de Desplazamiento Objetivo para un Sismo de 10% / 50 Años –*

*Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*



**Tabla 4-48:**

*Desplazamiento Objetivo – Fuerza Cortante para un Sismo de 10% / 50 Años –*

*Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*

|                                   | Desplazamiento<br>cm | Fuerza Cortante<br>Tn |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Origen</b>                     | 0                    | 0                     |
| <b>Desplazamiento de Cedencia</b> | 0.6267               | 158.64                |
| <b>Desplazamiento Objetivo</b>    | 2.2255               | 277.12                |

Se consideró el Sismo de Diseño de 10 % de probabilidad de excedencia en 50 años a fin de verificar la filosofía de diseño de la norma E 0.30, que nos dice que la edificación debería continuar operativa en caso de un Sismo Severo.

Es así como a continuación, en la Tabla 4-49, se presentan los puntos de desplazamiento objetivo de la edificación reforzada en la dirección Y-Y, obtenidos para cada uno de los

niveles de amenaza sísmica establecidos por el ASCE 41-13, además del Nivel establecido por el sismo de diseño de la norma E 0.30:

**Tabla 4-49:**

*Resumen de Desplazamientos Objetivos – Fuerzas Cortantes, Obtenidos por Nivel de Amenaza Sísmica – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*

| Nivel de Amenaza<br>sísmica | Desplazamiento Objetivo |          |
|-----------------------------|-------------------------|----------|
|                             | D(cm)                   | V(tonf)  |
| 50%/50 A                    | 0.8643                  | 173.5459 |
| BSE-1E                      | 1.5202                  | 228.2008 |
| BSE-2E                      | 3.1848                  | 320.0867 |
| 10%/50 A                    | 2.2255                  | 277.1159 |

#### **4.5.5. VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA**

##### **4.5.5.1. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE DESEMPEÑO**

Tal como observamos en el apartado 4.2.5.1 de la presente investigación partimos por establecer los límites para cada rango de desempeño:

- Rango de Ocupación Inmediata.
- Rango de Seguridad de Vida.
- Rango Prevención de Colapso.

El Análisis y comparación de los Objetivos de desempeño se realizará en base al Patrón de Fuerzas Laterales Equivalentes al Modo Fundamental de la edificación de cada dirección de análisis, es así que, para este patrón de cargas no-lineal, establecimos los rangos límites, partiendo del análisis de las rótulas plásticas de la edificación Reforzada en su conjunto.

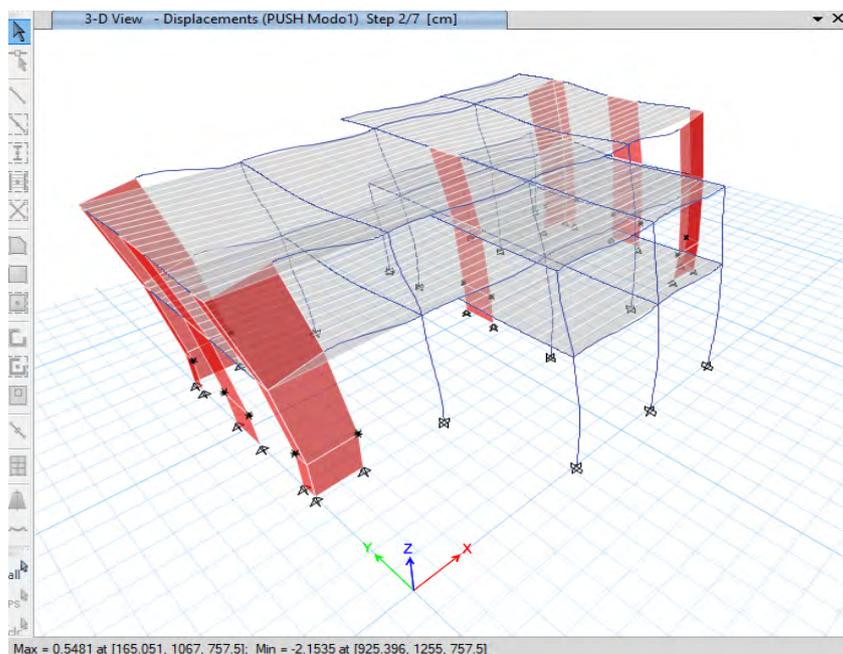
#### 4.5.5.2. DEFINICIÓN DE RANGOS PARA EL CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO PARA DIRECCIÓN X-X

- **Límite para el rango de Ocupación Inmediata:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 1 (Push Modo 1) de la edificación reforzada, se ha definido el primer rango de desempeño desde el Paso 0 hasta el Paso 2 (Ver Figura 4-60). Esto se debe a que de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, la edificación no debería presentar derivas permanentes y retener sustancialmente su resistencia y rigidez original. Así mismo, del modelo de análisis observamos que en el paso 3, cinco de las rotulas asignadas a la edificación han incurrido en el nivel de desempeño de seguridad de vida. Además, podemos decir que el paso 2 es el inmediato al punto de fluencia.

**Figura 4-60**

*Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección X-X - Edificación Reforzada*

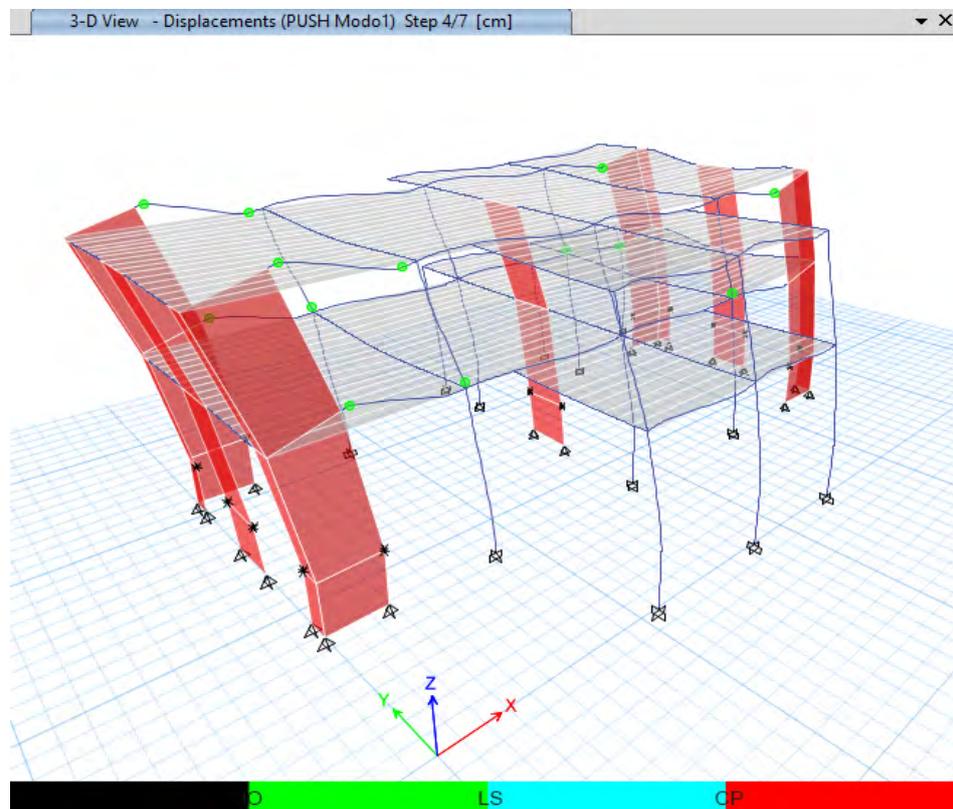


- **Límite para el rango de Seguridad de Vida:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 1 (Push Modo 1) de la edificación reforzada, se ha definido el segundo rango de desempeño desde el Paso 2 hasta el Paso 4 (Ver Figura 4-61). Esto se debe a que de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, la edificación debería mantener su resistencia residual y rigidez en todos los pisos. Después del Paso 4, dos de las rótulas asignadas al modelo presentan el nivel de desempeño de prevención de colapso, siendo así que, es correcto definir el límite para el rango de seguridad de vida en el Paso 4, pues en adelante, la edificación no mantendría su resistencia residual ni rigidez global.

**Figura 4-61**

*Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección X-X - Edificación Reforzada*

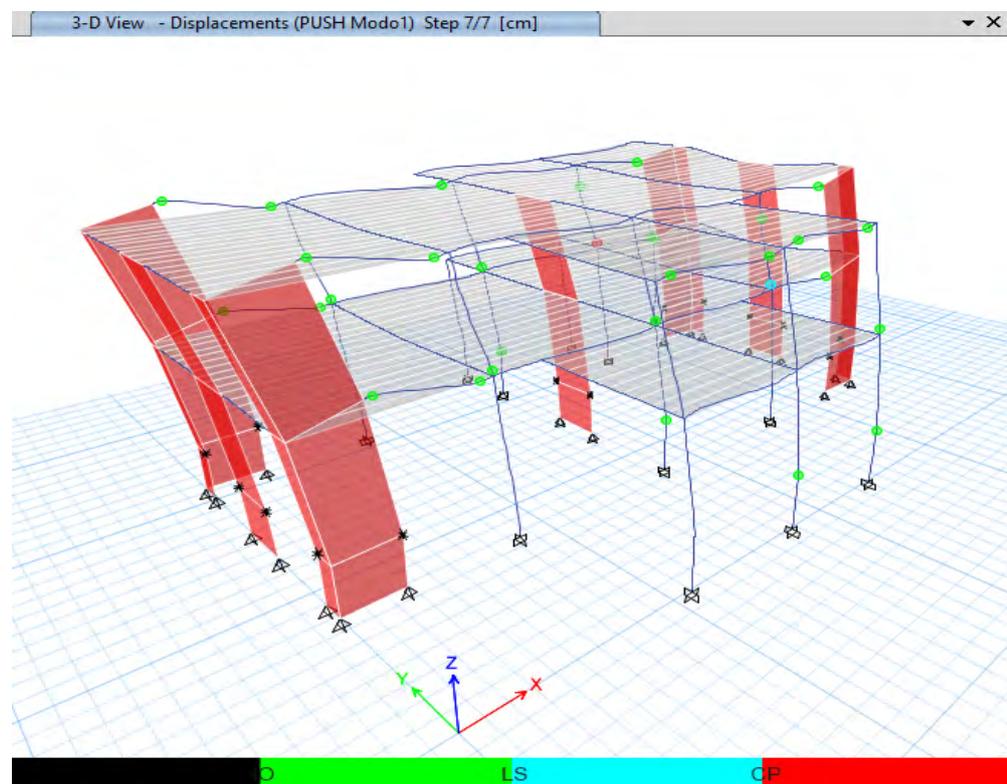


- **Límite para el rango de Prevención de Colapso:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 1 (Push Modo 1) de la edificación reforzada, se ha definido el tercer rango de desempeño desde el Paso 4 hasta el Paso 7 (Ver Figura 4-62). Esto se debe a que el Paso 7 es el más cercano al punto de colapso de la curva de capacidad de la edificación. Se entiende que en este rango la edificación posee poca rigidez residual y resistencia a cargas laterales, además, las columnas y muros mantienen su capacidad de resistir cargas de gravedad.

**Figura 4-62**

*Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección X-X - Edificación Reforzada*



De lo mencionado, se desprende que los rangos para el Control de objetivos de desempeño en la Dirección X-X, de acuerdo al ASCE 41- 13, son los mostrados en la Tabla 4-49.

**Tabla 4-50:**

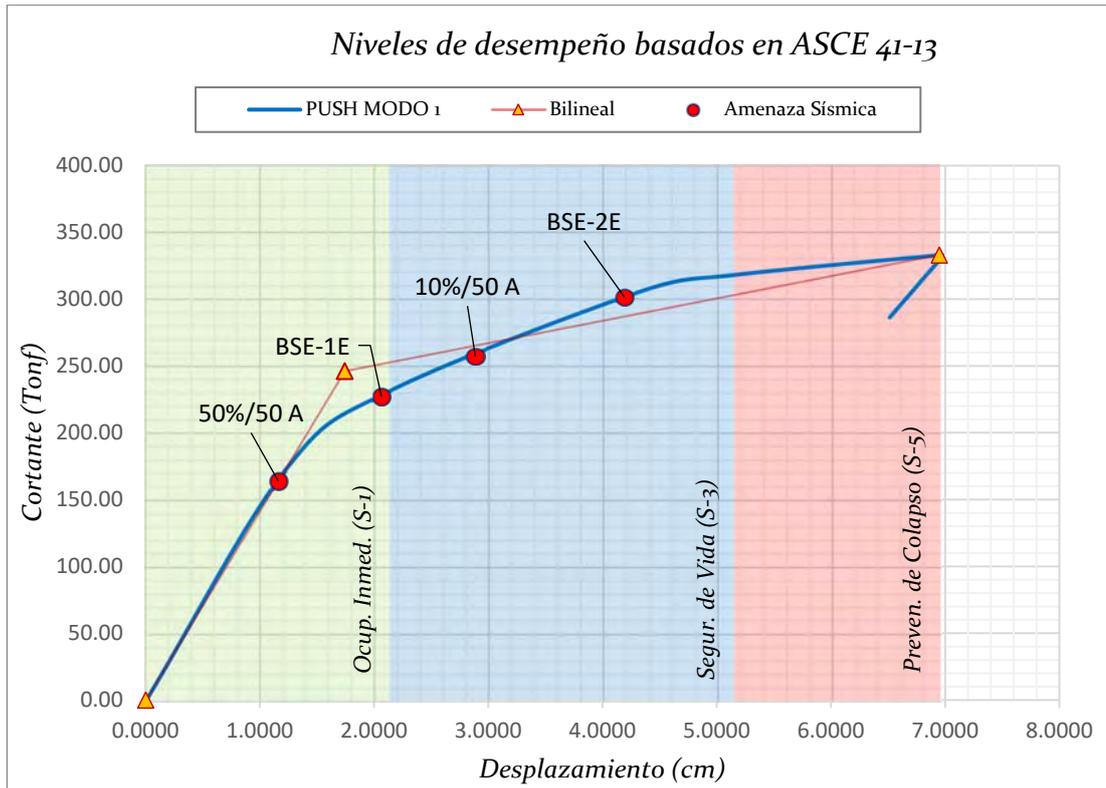
*Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección X-X - Edificación Reforzada*

| <b>RANGOS PARA CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO-ASCE 41-13</b> |                           |                             |                                 |
|---|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| <b>H edif. =757.5 cm</b>  | <b>Ocup. Inmed. (S-1)</b> | <b>Segur. de Vida (S-3)</b> | <b>Preven. de Colapso (S-5)</b> |
| Desplazamiento Escogido/H edif.                                 | 0.3%                      | 0.7%                        | 0.9%                            |
| Desplazamiento Escogido   | 2.13 cm                   | 5.14 cm                     | 6.95 cm                         |
| Desplazamiento - Gráfica  | 2.13 cm                   | 3.01 cm                     | 1.81 cm                         |

Es así que contando con los valores obtenidos para los desplazamientos objetivos correspondientes al sismo de servicio 50%/50 años, sismo de diseño 20%/50 años, el sismo máximos de 5%/50 años y las fuerzas cortantes correspondientes a los mismos, se procede a graficar los mismos en la curva de capacidad de la edificación reforzada, junto con los rangos de control mostrados en la Tabla 4-49, llegando así a la obtención de la Figura 4-63, donde podemos encontrar los objetivos de desempeño de la edificación existente en la dirección X-X.

**Figura 4-63**

*Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – Dirección X-X – Edificación Reforzada*



Una vez conseguidos los datos de la Figura 4-63, se procedió a realizar el control del cumplimiento de los objetivos de desempeño de acuerdo al código ASCE 41-13, de acuerdo a la Tabla 4-54, de donde se desprende que la propuesta de adecuación y reforzamiento para la estructura de la I.E.I. Santa Rosa de Lima, presenta un desempeño adecuado ante las amenazas sísmicas planteadas por el código ASCE 41-13 en la dirección X-X.

**Tabla 4-51:**

*Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13*

*– Dirección X-X – Edificación Reforzada*

|             | Objetivo de desempeño ASCE<br>41-13 | Objetivo de Desempeño<br>Real | Control |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------|
| 50%/50 años | Ocupación Inmediata                 | Ocupación Inmediata           | Cumple  |
| BSE - 1     | Ocupación Inmediata                 | Ocupación Inmediata           | Cumple  |
| 20%/50 años |                                     |                               |         |
| BSE-2       | Seguridad de Vida                   | Seguridad de Vida             | Cumple  |
| 5%/50 años  |                                     |                               |         |

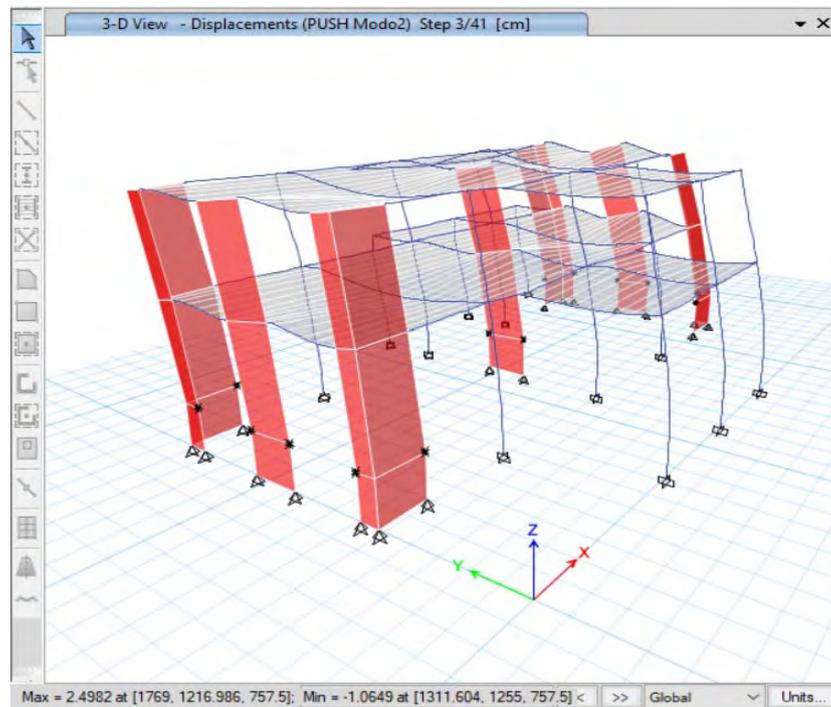
#### 4.5.5.1. DEFINICIÓN DE RANGOS PARA EL CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO PARA DIRECCIÓN Y-Y

- **Límite para el rango de Ocupación Inmediata:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 2 (Push Modo 2) de la edificación reforzada, se ha definido el primer rango de desempeño desde el Paso 0 hasta el Paso 3 (Ver Figura 4-64). Esto se debe a que de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, la edificación no debería presentar derivas permanentes y retener sustancialmente su resistencia y rigidez original. Así mismo, del modelo de análisis observamos que en el paso 4, cinco de las rotulas asignadas a la edificación han incursionado en el nivel de desempeño de seguridad de vida. Además, podemos decir que el paso 3 es el inmediato al punto de fluencia.

**Figura 4-64**

*Límite para el Rango de Ocupación Inmediata – Dirección Y-Y – Edificación Reforzada*



- **Límite para el rango de Seguridad de Vida:**

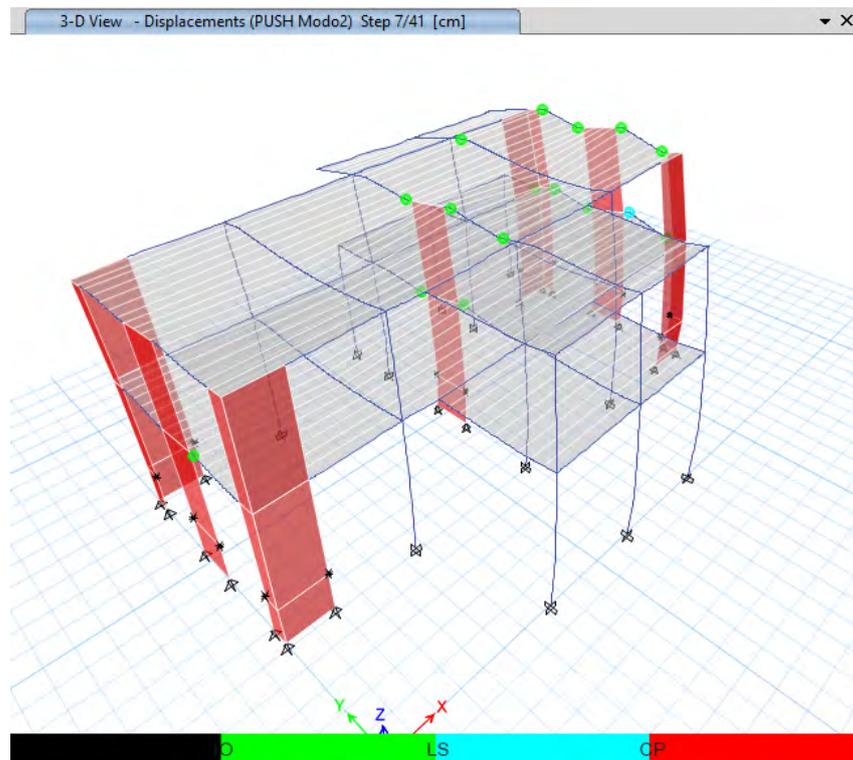
Para el Pushover del Modo Fundamental 2 (Push Modo 2) de la edificación reforzada, se ha definido el segundo rango de desempeño desde el Paso 3 hasta el Paso 7 (Ver Figura 4-65). Esto se debe a que, de acuerdo a la Tabla C2-3 del ASCE41-13, la edificación debería mantener su resistencia residual y rigidez en todos los pisos.

Observamos que en el paso 7 solo una de las rotulas asignadas al modelo incursiona en el nivel de desempeño de prevención de colapso. A pesar de ello, se definió el límite para el rango de seguridad de vida en dicho paso; ya que de acuerdo a la

tabla C2-4 del ASCE 41-13, la edificación puede presentar la formación de rotulas platicas en elementos dúctiles considerados como secundarios.

### Figura 4-65

*Límite para el Rango de Seguridad de Vida – Dirección Y-Y – Edificación Reforzada*

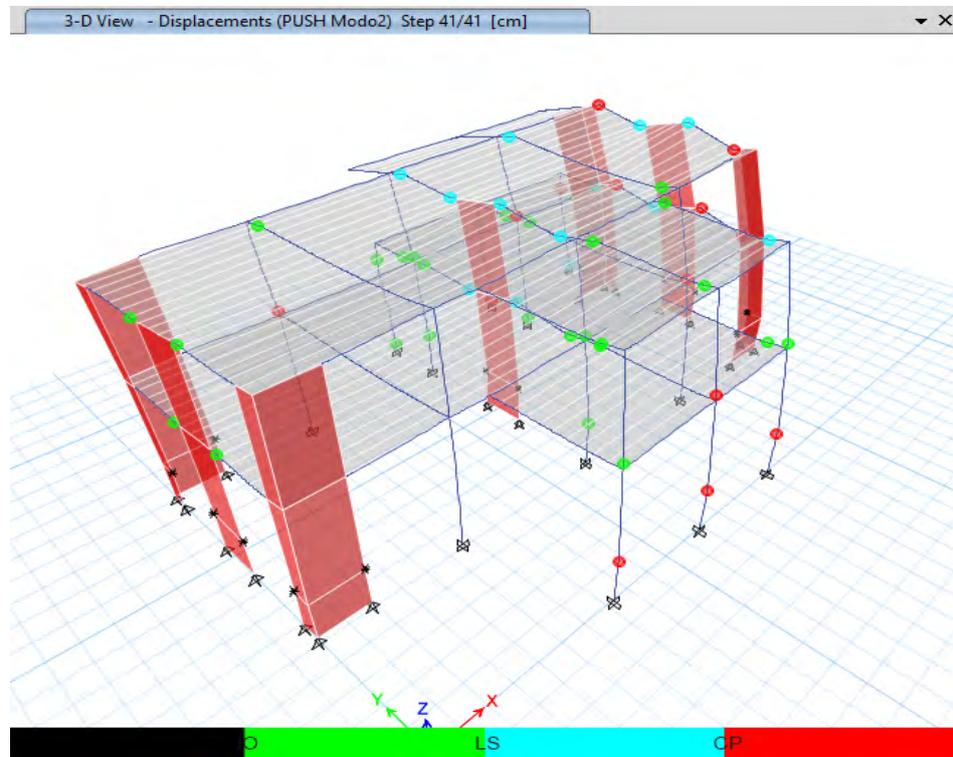


- **Límite para el rango de Prevención de Colapso:**

Para el Pushover del Modo Fundamental 2 (Push Modo 2) de la edificación reforzada, se ha definido el tercer rango de desempeño desde el Paso 7 hasta el Paso 41 (Ver Figura 4-66). Esto se debe a que el Paso 41 es el referido al punto de colapso de la curva de capacidad de la edificación. Se entiende que en este rango la edificación posee poca rigidez residual y resistencia a cargas laterales, además, las columnas y muros mantienen su capacidad de resistir cargas de gravedad.

**Figura 4-66**

*Límite para el Rango de Prevención de Colapso – Dirección Y-Y – Edificación Reforzada*



De lo mencionado, se desprende que los rangos para el Control de objetivos de desempeño en la Dirección Y-Y, de acuerdo al ASCE 41- 13, son los establecidos en la Tabla 4-52.

**Tabla 4-52:**

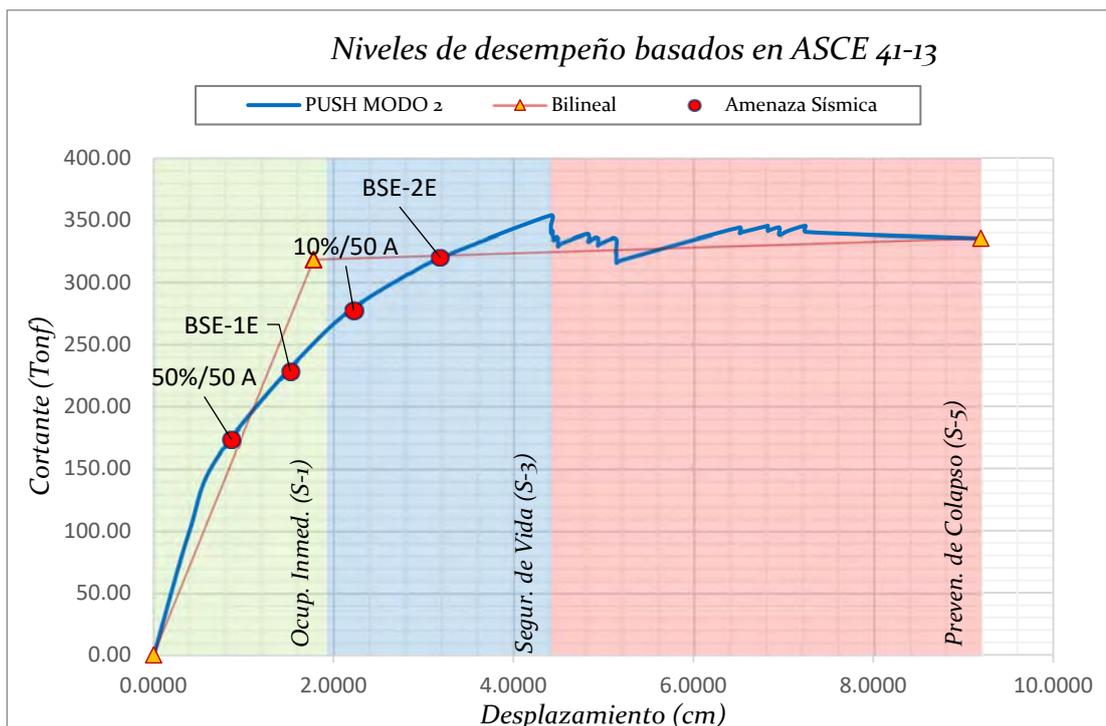
*Rangos para Control de Objetivos de Desempeño – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*

| <b>RANGOS PARA CONTROL DE OBJETIVOS DE DESEMPEÑO-ASCE 41-13</b> |                           |                             |                                 |
|---|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| <b>H edif. =757.5 cm</b>  | <b>Ocup. Inmed. (S-1)</b> | <b>Segur. de Vida (S-3)</b> | <b>Preven. de Colapso (S-5)</b> |
| Desplazamiento Escogido/H edif.                                 | 0.3%                      | 0.6%                        | 1.2%                            |
| Desplazamiento Escogido   | 1.93 cm                   | 4.42 cm                     | 9.22 cm                         |
| Desplazamiento - Gráfica  | 1.93 cm                   | 2.49 cm                     | 4.81 cm                         |

Contando con los valores obtenidos para los desplazamientos objetivos correspondientes al sismo de servicio 50%/50 años, sismo de diseño 20%/50 años, el sismo máximos de 5%/50 años y las fuerzas cortantes correspondientes a los mismos, se procede a graficar los valores en la curva de capacidad de la edificación reforzada, junto con los rangos de control mostrados en la Tabla 4-52, llegando así a la obtención de la Figura 4-67, donde podemos encontrar los objetivos de desempeño de la edificación existente en la dirección Y-Y.

**Figura 4-67**

*Niveles de Desempeño Obtenidos del Análisis Pushover – Dirección Y-Y–  
Edificación Reforzada*



Una vez conseguidos los datos de la Figura 4-67, se procedió a realizar el control del cumplimiento de los objetivos de desempeño de acuerdo al código ASCE 41-13, de acuerdo a la Tabla 4-53, de donde se desprende que la propuesta de

adecuación y reforzamiento para la estructura de la I.E.I. Santa Rosa de Lima, presenta un desempeño adecuado ante las amenazas sísmicas planteadas por el código ASCE 41-13 en la dirección Y-Y.

**Tabla 4-53:**

*Control de Cumplimiento de Objetivos de Desempeño de Acuerdo a ASCE 41-13*

*– Dirección Y-Y – Edificación Reforzada*

|             | <b>Objetivo de desempeño ASCE</b> | <b>Objetivo de Desempeño</b> | <b>Control</b> |
|-------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------|
|             | <b>41-13</b>                      | <b>Real</b>                  |                |
| 50%/50 años | Ocupación Inmediata               | Ocupación Inmediata          | Cumple         |
| BSE - 1     |                                   |                              |                |
| 20%/50 años | Ocupación Inmediata               | Ocupación Inmediata          | Cumple         |
| BSE-2       |                                   |                              |                |
| 5%/50 años  | Seguridad de Vida                 | Seguridad de Vida            | Cumple         |

**4.5.5.2. VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD PARA RÓTULAS PLÁSTICAS**

Los criterios de aceptación correspondientes a los niveles de desempeño según ASCE 41-13, están dados en las tablas 10.7 y 10.8 de la norma en cuestión, es así que, con la ayuda del Software especializado en el análisis y diseño de edificaciones, se realiza la verificación de los mismos. A continuación, en la Tabla 4-54, mostramos un resumen de los niveles de desempeño alcanzados en cada una de las rótulas plásticas asignadas, para cada paso del Pushover Modo 1 de la edificación reforzada:

**Tabla 4-54:**

*Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección X-X - Edificación*

*Reforzada*

| Paso | Desplazamiento<br>cm | Cortante<br>tonf | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | A-  | IO- | LS- | >CP | Total |
|------|----------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
|      |                      |                  |     |     |     |     |    | IO  | LS  | CP  |     |       |
| 0    | 0                    | 0                | 179 | 0   | 0   | 0   | 0  | 179 | 0   | 0   | 0   | 179   |
| 1    | -1.23                | 173.25           | 179 | 0   | 0   | 0   | 0  | 179 | 0   | 0   | 0   | 179   |
| 2    | -2.13                | 231.72           | 156 | 23  | 0   | 0   | 0  | 179 | 0   | 0   | 0   | 179   |
| 3    | -4.34                | 306.23           | 121 | 58  | 0   | 0   | 0  | 174 | 5   | 0   | 0   | 179   |
| 4    | -5.14                | 318.15           | 109 | 70  | 0   | 0   | 0  | 166 | 13  | 0   | 0   | 179   |
| 5    | -6.97                | 333.25           | 100 | 78  | 1   | 0   | 0  | 148 | 29  | 2   | 0   | 179   |
| 6    | -6.97                | 333.25           | 100 | 78  | 1   | 0   | 0  | 148 | 29  | 2   | 0   | 179   |
| 7    | -6.50                | 286.49           | 100 | 78  | 1   | 0   | 0  | 148 | 29  | 1   | 1   | 179   |

A continuación, en la Tabla 4-55, se muestra el resumen de los niveles de desempeño alcanzados en cada una de las rótulas plásticas asignadas, para cada paso del Pushover Modo 2 correspondiente a la edificación reforzada:

**Tabla 4-55:**

*Resumen de Niveles de Desempeño en cada Rotula – Dirección Y-Y - Edificación*

*Reforzada*

| Paso | Desplazamiento<br>cm | Cortante<br>tonf | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | A-  | IO- | LS- | >CP | Total |
|------|----------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
|      |                      |                  |     |     |     |     |    | IO  | LS  | CP  |     |       |
| 0    | 0.00                 | 0.00             | 179 | 0   | 0   | 0   | 0  | 179 | 0   | 0   | 0   | 179   |
| 1    | 0.40                 | 100.06           | 178 | 1   | 0   | 0   | 0  | 179 | 0   | 0   | 0   | 179   |
| 2    | 0.74                 | 163.12           | 163 | 16  | 0   | 0   | 0  | 179 | 0   | 0   | 0   | 179   |
| 3    | 1.93                 | 262.19           | 146 | 33  | 0   | 0   | 0  | 179 | 0   | 0   | 0   | 179   |
| 4    | 2.81                 | 306.67           | 134 | 45  | 0   | 0   | 0  | 171 | 8   | 0   | 0   | 179   |
| 5    | 2.84                 | 307.04           | 134 | 45  | 0   | 0   | 0  | 171 | 8   | 0   | 0   | 179   |
| 6    | 3.18                 | 320.03           | 129 | 50  | 0   | 0   | 0  | 168 | 11  | 0   | 0   | 179   |
| 7    | 4.42                 | 353.94           | 117 | 61  | 1   | 0   | 0  | 163 | 15  | 1   | 0   | 179   |

| Paso | Desplazamiento<br>cm | Cortante<br>tonf |     |     |     |     |    | A-  | IO- | LS- | >CP | Total |
|------|----------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
|      |                      |                  | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | IO  | LS  | CP  |     |       |
| 8    | 4.42                 | 346.37           | 117 | 60  | 1   | 1   | 0  | 163 | 15  | 1   | 0   | 179   |
| 9    | 4.42                 | 339.74           | 117 | 60  | 0   | 2   | 0  | 163 | 14  | 2   | 0   | 179   |
| 10   | 4.43                 | 340.78           | 117 | 60  | 0   | 2   | 0  | 163 | 14  | 2   | 0   | 179   |
| 11   | 4.44                 | 341.32           | 117 | 59  | 1   | 2   | 0  | 163 | 14  | 2   | 0   | 179   |
| 12   | 4.44                 | 334.01           | 117 | 59  | 0   | 3   | 0  | 163 | 13  | 3   | 0   | 179   |
| 13   | 4.45                 | 334.79           | 117 | 59  | 0   | 3   | 0  | 163 | 13  | 3   | 0   | 179   |
| 14   | 4.49                 | 336.24           | 117 | 58  | 1   | 3   | 0  | 163 | 13  | 3   | 0   | 179   |
| 15   | 4.49                 | 329.04           | 117 | 58  | 0   | 4   | 0  | 162 | 13  | 4   | 0   | 179   |
| 16   | 4.52                 | 331.21           | 117 | 58  | 0   | 4   | 0  | 160 | 15  | 4   | 0   | 179   |
| 17   | 4.82                 | 338.98           | 114 | 60  | 1   | 4   | 0  | 157 | 18  | 4   | 0   | 179   |
| 18   | 4.82                 | 332.68           | 114 | 60  | 0   | 5   | 0  | 156 | 18  | 5   | 0   | 179   |
| 19   | 4.87                 | 334.77           | 114 | 60  | 0   | 5   | 0  | 156 | 18  | 5   | 0   | 179   |
| 20   | 4.93                 | 335.86           | 114 | 59  | 1   | 5   | 0  | 155 | 19  | 5   | 0   | 179   |
| 21   | 4.93                 | 329.76           | 114 | 59  | 0   | 6   | 0  | 155 | 18  | 6   | 0   | 179   |
| 22   | 4.94                 | 330.32           | 114 | 59  | 0   | 6   | 0  | 155 | 18  | 6   | 0   | 179   |
| 23   | 4.96                 | 331.20           | 114 | 59  | 0   | 6   | 0  | 155 | 18  | 6   | 0   | 179   |
| 24   | 5.13                 | 335.38           | 114 | 58  | 1   | 6   | 0  | 155 | 17  | 7   | 0   | 179   |
| 25   | 5.13                 | 324.16           | 114 | 58  | 0   | 7   | 0  | 155 | 16  | 8   | 0   | 179   |
| 26   | 5.14                 | 324.59           | 114 | 57  | 1   | 7   | 0  | 155 | 16  | 8   | 0   | 179   |
| 27   | 5.14                 | 315.79           | 114 | 57  | 0   | 8   | 0  | 155 | 15  | 9   | 0   | 179   |
| 28   | 5.19                 | 318.09           | 113 | 58  | 0   | 8   | 0  | 154 | 16  | 9   | 0   | 179   |
| 29   | 6.51                 | 344.13           | 103 | 67  | 1   | 8   | 0  | 139 | 28  | 9   | 3   | 179   |
| 30   | 6.51                 | 339.42           | 103 | 67  | 0   | 9   | 0  | 139 | 27  | 10  | 3   | 179   |
| 31   | 6.55                 | 340.36           | 103 | 67  | 0   | 9   | 0  | 138 | 28  | 10  | 3   | 179   |
| 32   | 6.82                 | 345.26           | 101 | 68  | 1   | 9   | 0  | 136 | 30  | 9   | 4   | 179   |
| 33   | 6.83                 | 345.47           | 101 | 68  | 1   | 9   | 0  | 136 | 30  | 9   | 4   | 179   |
| 34   | 6.83                 | 341.22           | 101 | 68  | 0   | 10  | 0  | 136 | 29  | 10  | 4   | 179   |
| 35   | 6.84                 | 341.77           | 101 | 68  | 0   | 10  | 0  | 136 | 29  | 10  | 4   | 179   |
| 36   | 6.95                 | 344.08           | 101 | 67  | 1   | 10  | 0  | 135 | 30  | 10  | 4   | 179   |
| 37   | 6.96                 | 338.08           | 100 | 68  | 0   | 11  | 0  | 135 | 29  | 11  | 4   | 179   |
| 38   | 7.06                 | 341.46           | 99  | 69  | 0   | 11  | 0  | 135 | 29  | 11  | 4   | 179   |
| 39   | 7.25                 | 345.36           | 97  | 70  | 1   | 11  | 0  | 132 | 32  | 11  | 4   | 179   |
| 40   | 7.25                 | 340.53           | 97  | 70  | 0   | 12  | 0  | 132 | 31  | 12  | 4   | 179   |
| 41   | 9.22                 | 335.19           | 88  | 71  | 2   | 9   | 9  | 125 | 26  | 14  | 14  | 179   |

### 4.5.5.3. MECANISMOS DE COLAPSO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA

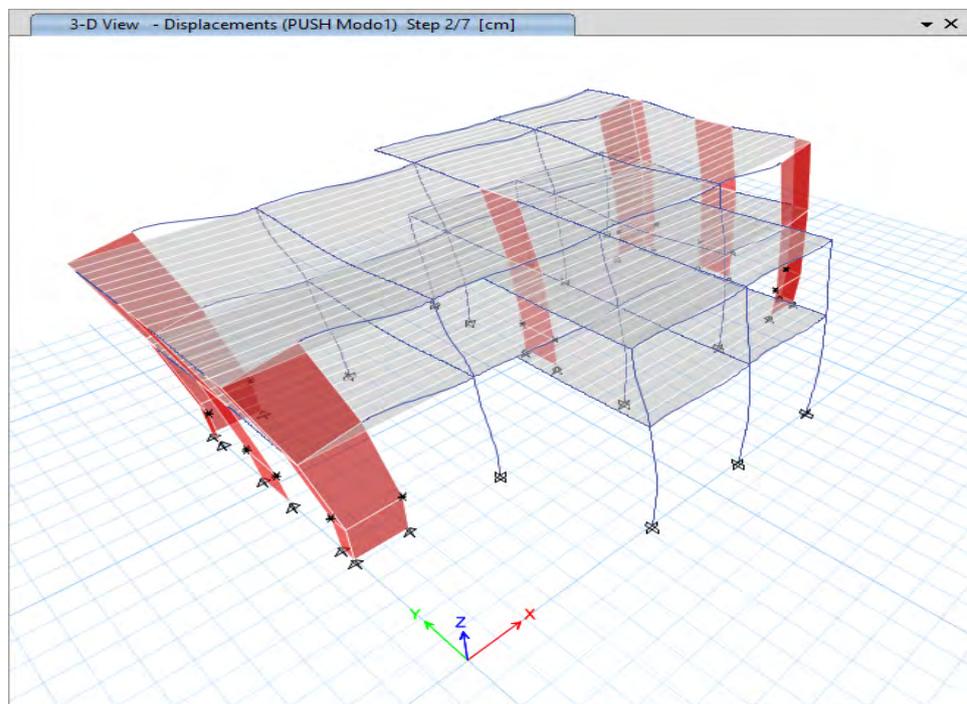
#### 4.5.5.3.1. MECANISMO DE COLAPSO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA EN LA DIRECCIÓN X-X

- **DE PASO 1 HASTA PASO 2:** (Ver Figura 4-68)

En los pasos mencionados la edificación se encuentra en el nivel de desempeño de “Ocupación Inmediata”. Se puede afirmar que la estructura retiene sustancialmente su resistencia y rigidez original. No se presentan derivas permanentes.

#### Figura 4-68

*Desplazamiento para Paso 2, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X -  
Edificación Reforzada*



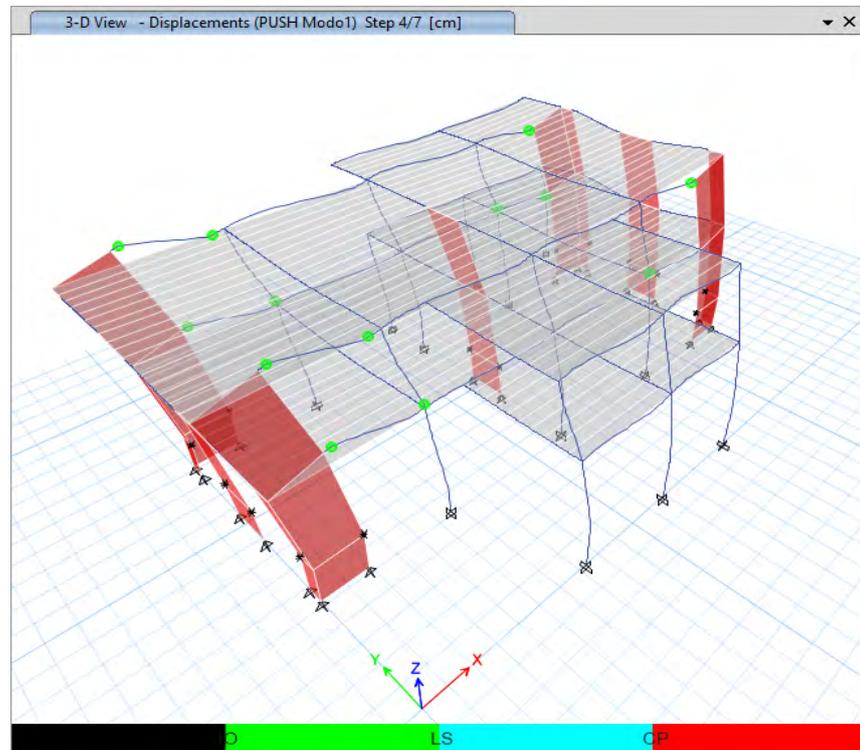
- **DE PASO 3 HASTA PASO 4:** (Ver Figura 4-69)

Entre los pasos 3 y 4 la mayoría de las vigas conectadas a elementos tipo placas incursionan en el nivel de desempeño de “Seguridad de Vida” al mismo tiempo que lo hacen algunas columnas del segundo nivel de la edificación. Por lo que podemos decir que la edificación mantiene su rigidez y resistencia residual además de su capacidad de resistir cargas de gravedad.

De lo observado concluimos que el mecanismo de colapso inicia de modo adecuado, ya que, presenciamos que la mayor parte de las rotulas mencionadas en el párrafo anterior les pertenecen a elementos tipo viga, y en menor proporción a elementos tipo columna.

**Figura 4-69**

*Desplazamiento para Paso 4, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Reforzada*



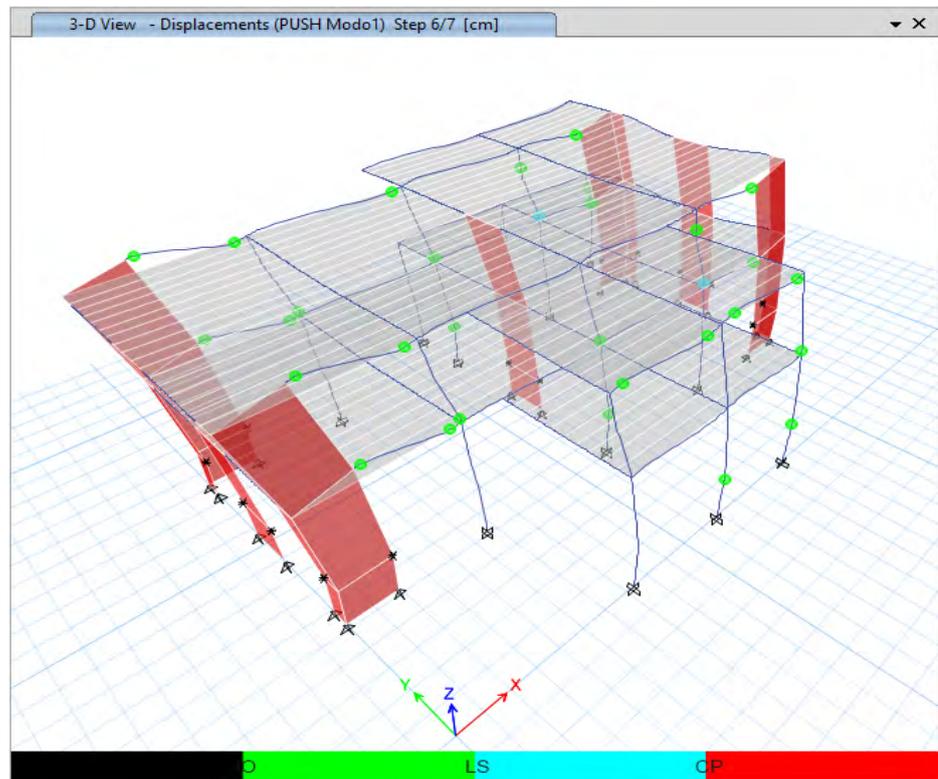
- **DE PASO 5 HASTA PASO 6:** (Ver Figura 4-70)

Entre estos pasos observamos que la mayor parte de las rotulas asignadas a vigas y columnas han incurrido en el nivel de desempeño de “Seguridad de vida”. Sin embargo, dos rotulas asignadas a elementos tipo columnas han alcanzado el nivel de desempeño de “Prevención de Colapso”. De esto se deduce que, dichos elementos podrían presentar amplia formación de fisuras y grietas además de degradación de la rigidez y la resistencia a las cargas laterales, sin embargo, las columnas y muros continuarían resistiendo las cargas de gravedad.

**Figura 4-70**

*Desplazamiento para Paso 6, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X -*

*Edificación Reforzada*

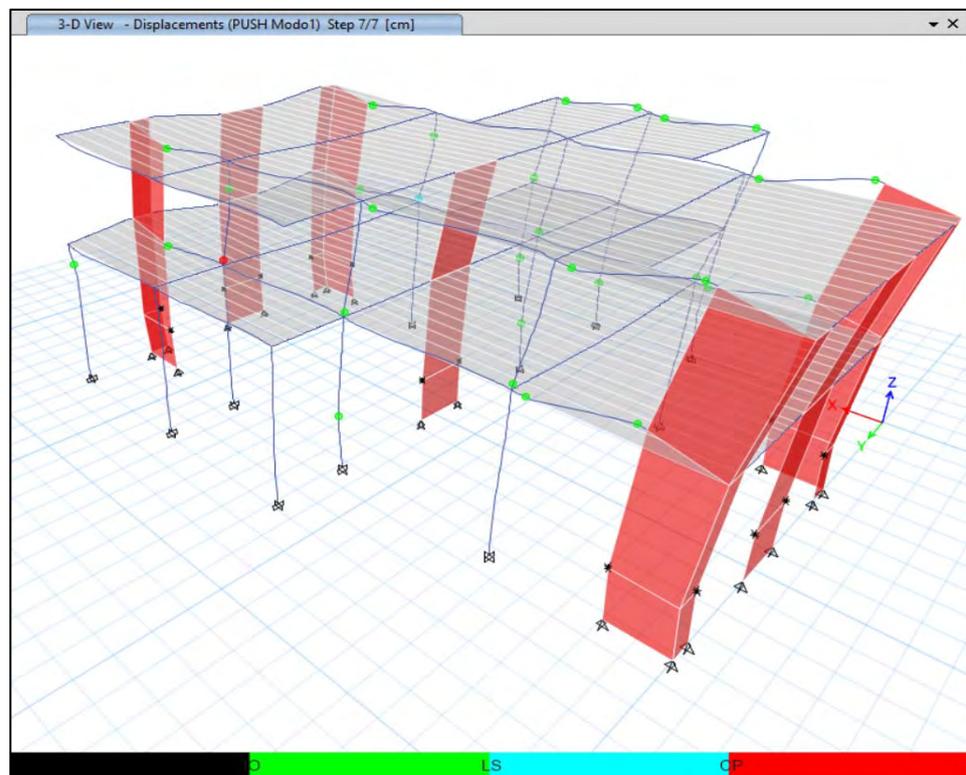


- **PASO 7:** (Ver Figura 4-71)

En el paso mostrado una de las rótulas asignadas a un elemento primario (tipo columna) alcanza el colapso, generando la redistribución de cargas en los elementos restantes, y provocando así una drástica caída en la curva de capacidad de la edificación, marcando el fin de la misma.

### Figura 4-71

*Desplazamiento para Paso 7, Carga Push Modo 1 – Dirección X-X - Edificación Reforzada*



#### 4.5.5.3.2. MECANISMO DE COLAPSO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA EN LA DIRECCIÓN Y-Y

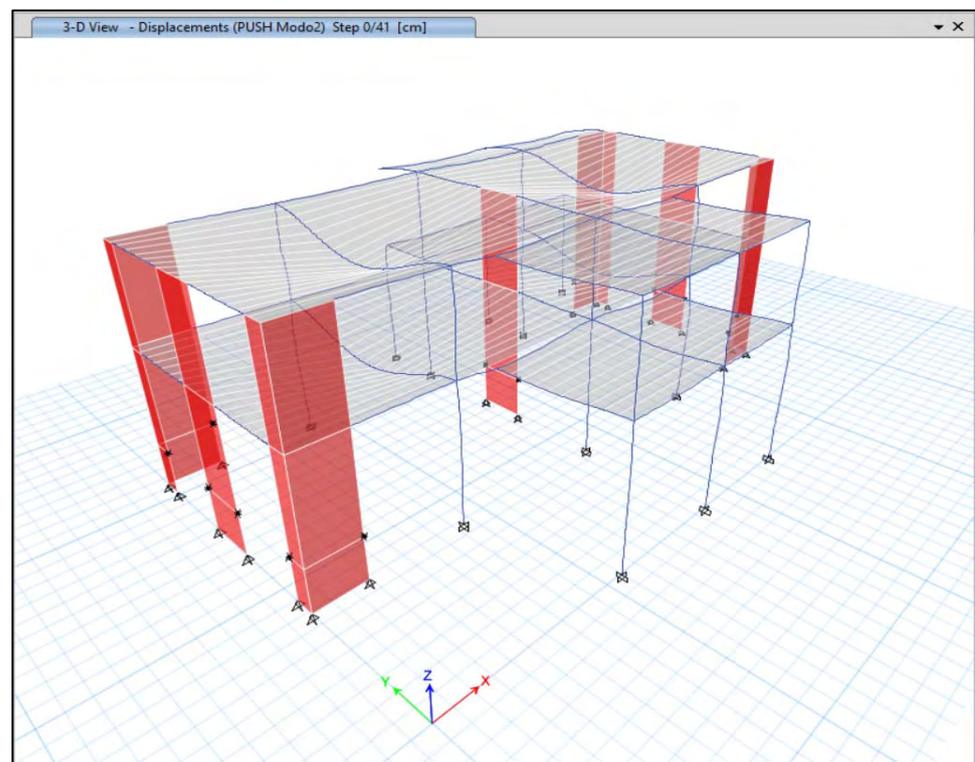
- **DE PASO 1 HASTA PASO 3:** (Ver Figura 4-72)

En los pasos mencionados la edificación se encuentra en el nivel de desempeño de “Ocupación Inmediata”. Se puede afirmar que la estructura retiene sustancialmente su resistencia y rigidez original. No se presentan derivas permanentes.

#### Figura 4-72

*Desplazamiento para Paso 0, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Reforzada*



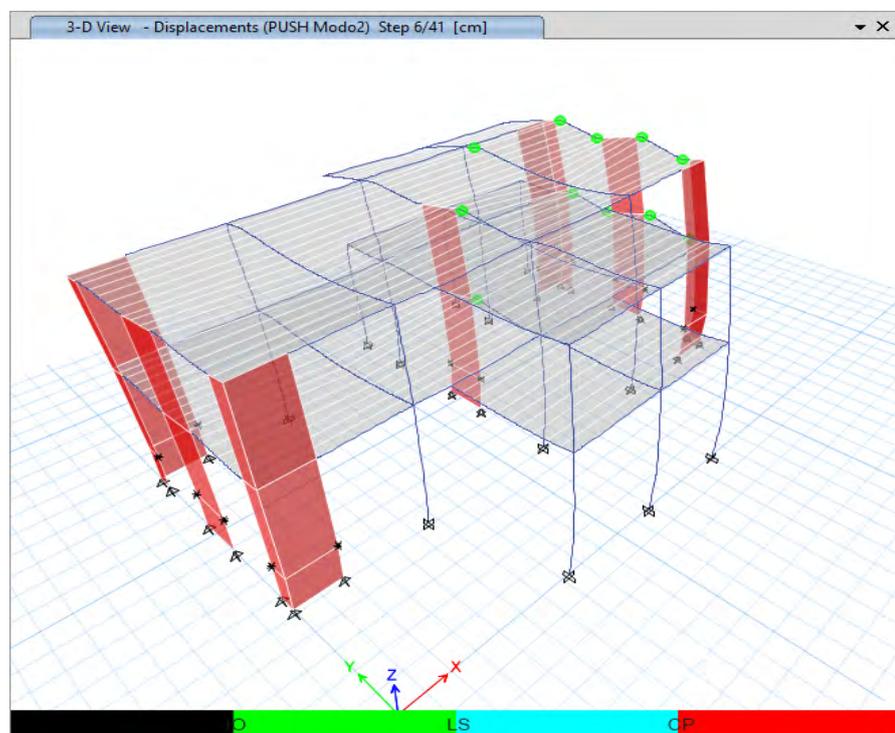
- **DE PASO 4 HASTA PASO 6:** (Ver Figura 4-73)

Entre los pasos 4 hasta el 6 algunas de las vigas que conectan los elementos tipo placa inician su incursión en el nivel de desempeño de “Seguridad de vida”. Lo que se interpreta que las mismas pueden presentar daños extensos, desprendimientos del recubrimiento y agrietamiento por corte.

Por otro lado, observamos que la formación de rotulas plásticas inicia en elementos tipo vigas, y no columnas. Comportamiento adecuado para el mecanismo de colapso de la edificación y que fue conseguido debido al reforzamiento con placas de la edificación.

### Figura 4-73

*Desplazamiento para Paso 6, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -  
Edificación Reforzada*



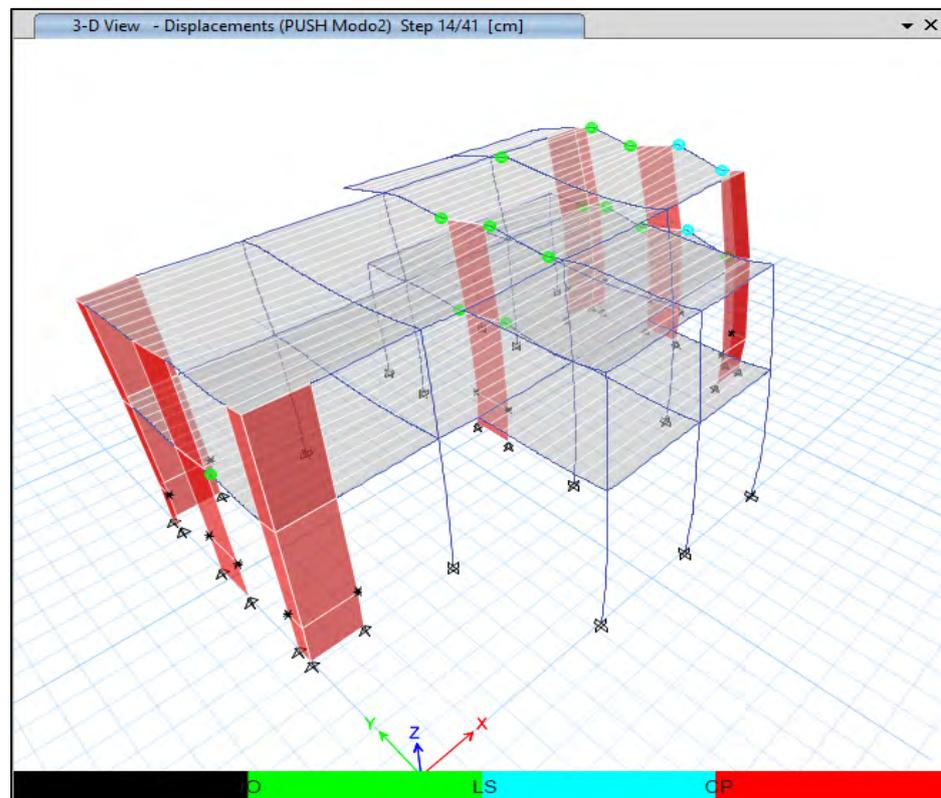
- **DE PASO 7 HASTA PASO 14:** (Ver Figura 4-74)

Desde el paso 7 hasta el paso 14 se continúan la formación progresiva de rotulas en vigas correspondientes al nivel de desempeño de “Seguridad de vida”, además de algunas otras que incursionan en el nivel de desempeño de “Prevención de colapso” (en vigas que conectan elementos tipo placa).

Para el paso 14 la edificación podría presentar gran disminución de su resistencia y rigidez residual ante cargas laterales, sin embargo, continuaría resistiendo cargas de gravedad.

#### Figura 4-74

*Desplazamiento para Paso 14, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -  
Edificación Reforzada*



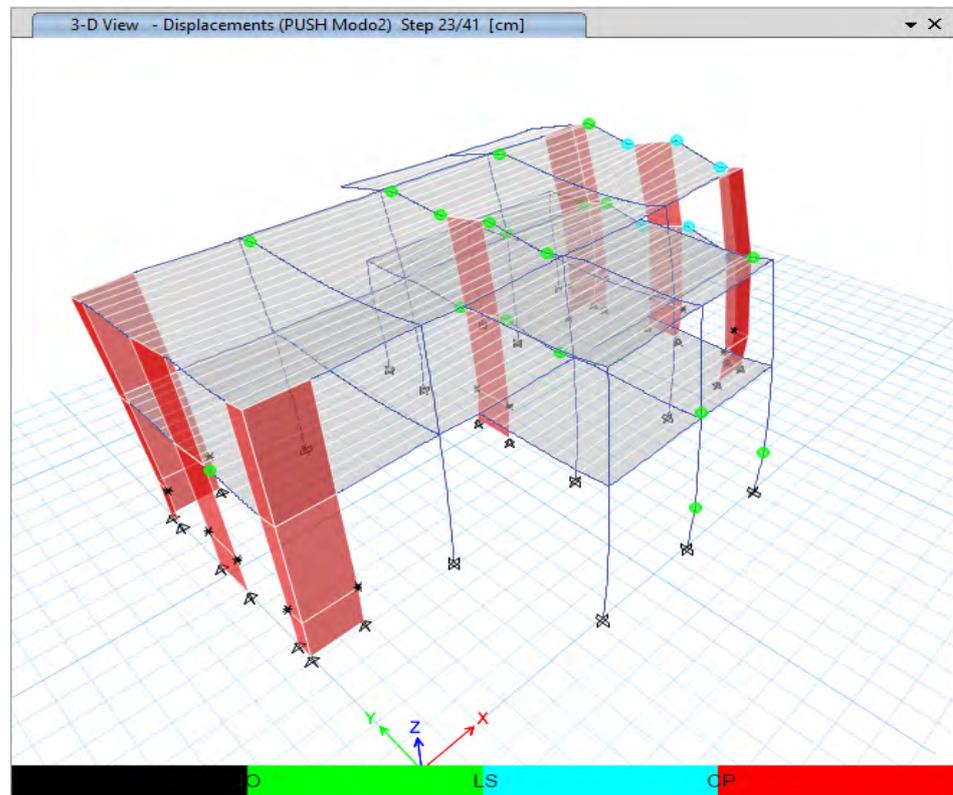
- **DE PASO 15 HASTA PASO 23:** (Ver Figura 4-75)

Desde el paso 15 hasta el paso 23 vemos las primeras incursiones, de tres rotulas asignadas a elementos tipo columnas, en el nivel de desempeño de “Seguridad de vida”. Lo que se infiere que estos elementos tipo columna podrían presentar desprendimientos menores de recubrimiento.

**Figura 4-75**

*Desplazamiento para Paso 23, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Reforzada*



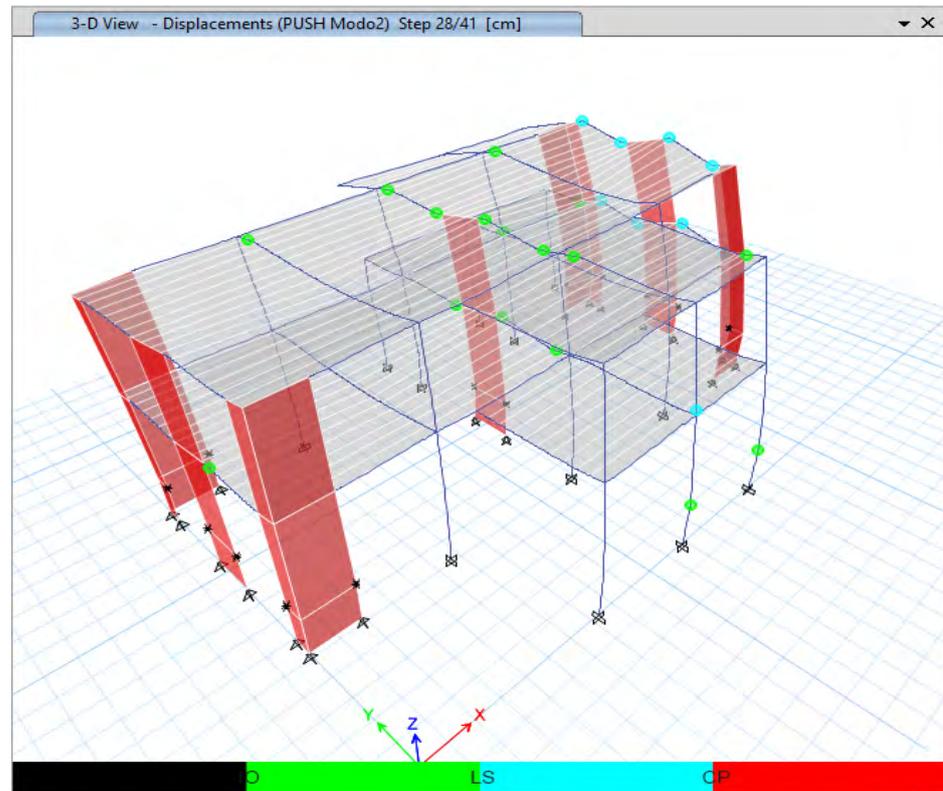
- **DE PASO 23 HASTA PASO 28:** (Ver Figura 4-76)

De los pasos citados se puede observar que las rotulas que incursionaron en el nivel de desempeño de “Seguridad de vida”, en paso anteriores, alcanzan ahora la “Prevención de colapso”. Además, observamos la primera incursión en el nivel de desempeño de “prevención de colapso” en un elemento tipo columna. De lo mencionado se interpreta que para el paso 28 la edificación presenta gran pérdida de su resistencia y rigidez residual ante cargas laterales, pero aún mantiene su capacidad para resistir cargas de gravedad.

**Figura 4-76**

*Desplazamiento para Paso 28, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -*

*Edificación Reforzada*



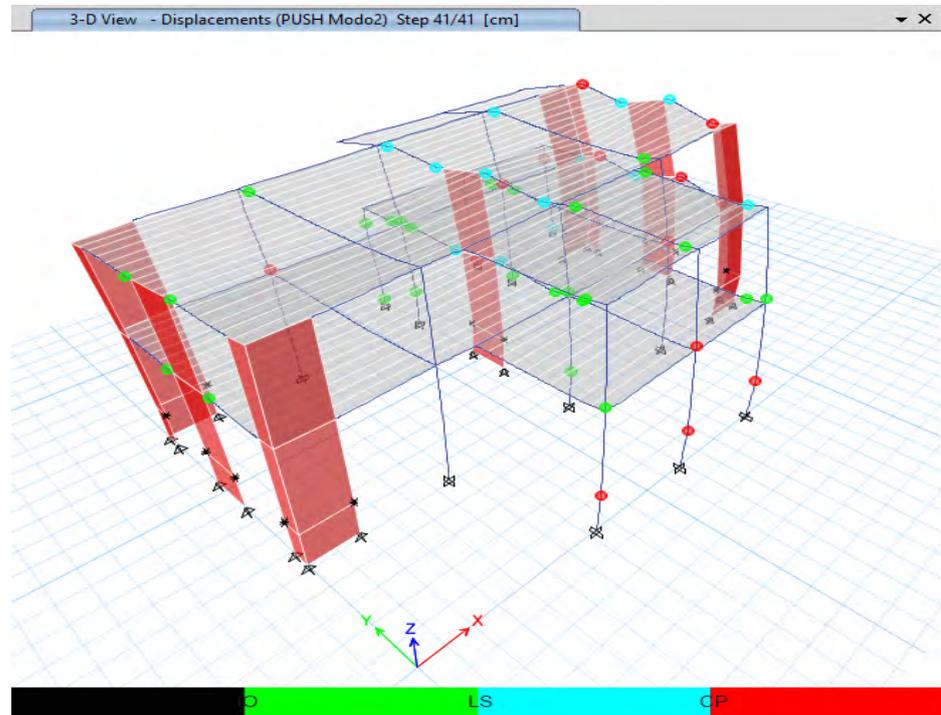
- **DE PASO 29 HASTA PASO 41:** (Ver Figura 4-77)

Entre el paso 29 y el 41 inicia la incursión al colapso de las distintas rotulas plásticas asignadas al modelo, lo que quiere decir que estas se han rotulado lo que conlleva a la inestabilidad del modelo y el colapso del mismo en el paso 41.

En este rango la edificación ha perdido la mayor parte de su rigidez y resistencia ante cargas laterales, sin embargo, antes de el paso 41 mantiene su capacidad de resistir cargas de gravedad.

**Figura 4-77**

*Desplazamiento para Paso 41, Carga Push Modo 2 – Dirección Y-Y -  
Edificación Reforzada*



#### 4.5.5.4. DUCTILIDAD POR DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA

Durante el análisis de una edificación de acuerdo a los parámetros normativos establecidos por la norma E030, definimos un sismo estático y dinámico que consideran un factor de reducción sísmica "R", que representa la reducción de las fuerzas elásticas debido a la ductilidad, sin embargo, este valor es tomado directamente de la tabla N°07 (Tabla de coeficientes básicos de reducción sísmica de acuerdo al sistema estructural) de la norma en mención y multiplicado por factores de irregularidad que correspondan. Esta es una representación aproximada del valor “real” de la ductilidad de la edificación, es por ello que, conocida la curva de capacidad de la edificación, obtenida por el análisis estático no-lineal (AENL),

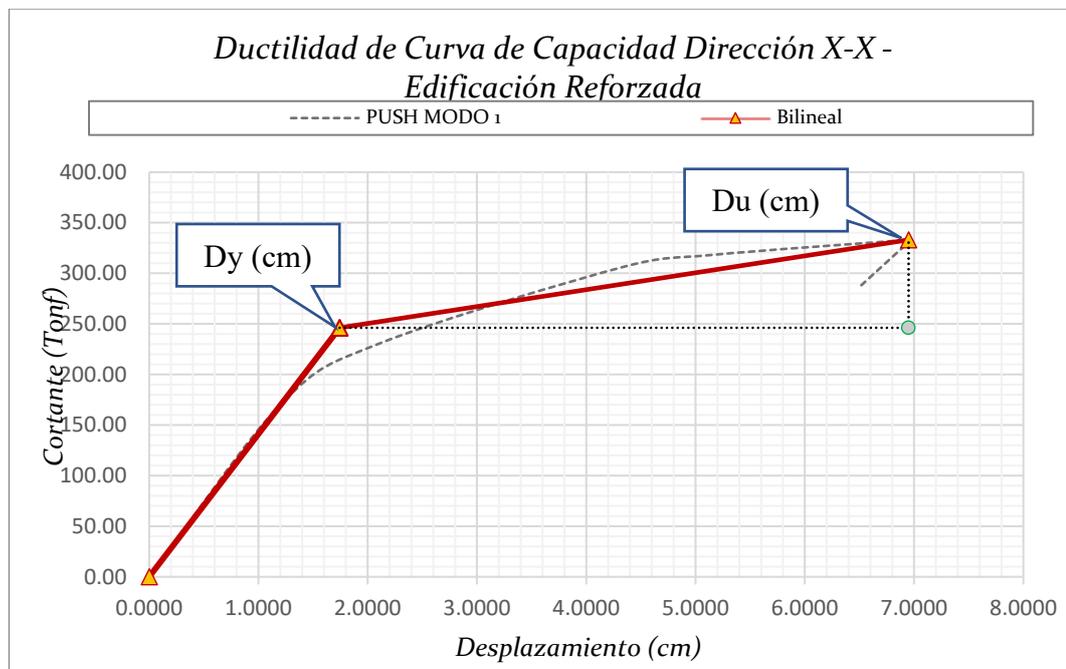
podemos aplicar criterios para obtener el valor de la ductilidad “real” de la edificación, y por ende, conocer el verdadero valor del factor de reducción sísmica "R"; es así que, a continuación y en primer lugar, procederemos a obtener la ductilidad de la edificación, en esta ocasión calculada en base a los valores de desplazamientos.

#### 4.5.5.4.1. DUCTILIDAD POR DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA PARA LA DIRECCIÓN X-X

En la Figura 4-78, se presenta la curva bilineal de la edificación reforzada en la dirección X-X, pudiendo obtener de la misma, el desplazamiento último y el desplazamiento cedente, así como las fuerzas cortantes correspondientes dichos desplazamientos, es así que, obtenidos estos datos, se procede al cálculo de la ductilidad de la edificación reforzada en dicha dirección.

**Figura 4-78**

*Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección X-X - Edificación Reforzada*



$$\mu_x = \frac{Du}{Dy}$$

De la curva bilineal de la edificación reforzada para la dirección “X” sabemos que:

$$D_u = 6.949 \text{ cm.}$$

$$D_y = 1.744 \text{ cm.}$$

Entonces:

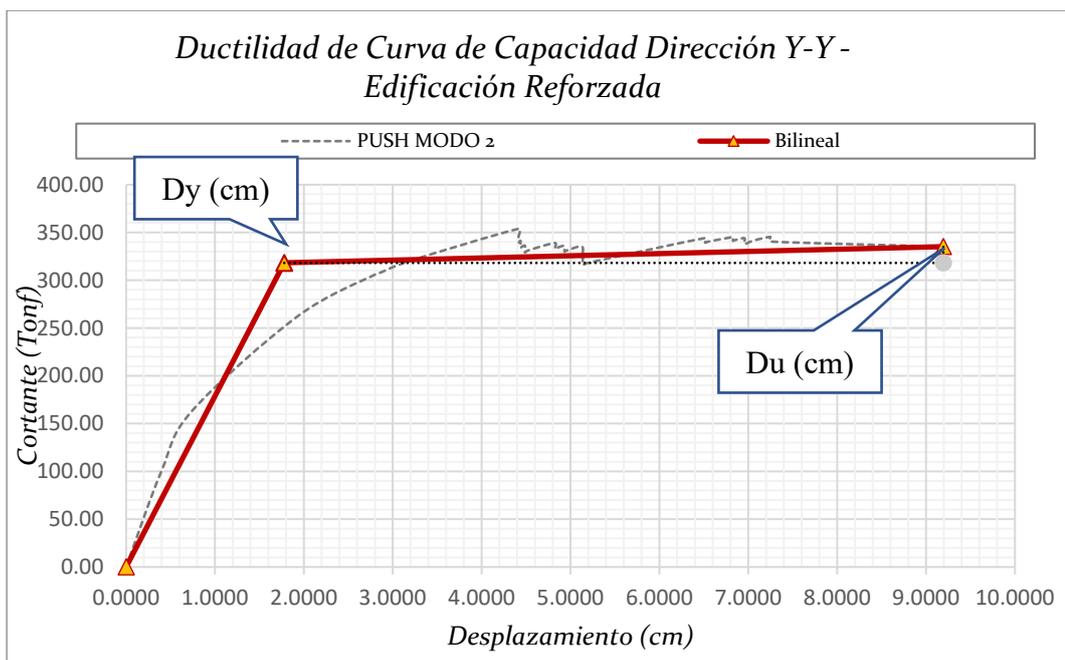
$$\mu_x = \frac{6.949}{1.744} = 3.985$$

#### 4.5.5.4.2. DUCTILIDAD POR DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN REFORZADA PARA LA DIRECCIÓN Y-Y

En la Figura 4-79, se presenta la curva bilineal de la edificación reforzada en la dirección Y-Y, pudiendo obtener de la misma, el desplazamiento último y el desplazamiento cedente, así como las fuerzas cortantes correspondientes dichos desplazamientos, es así que, obtenidos estos datos, se procede al cálculo de la ductilidad de la edificación reforzada en dicha dirección.

**Figura 4-79**

*Ductilidad de Curva de Capacidad – Dirección Y-Y - Edificación Reforzada*



$$\mu_y = \frac{Du}{Dy}$$

De la curva bilineal de la edificación reforzada para la dirección “Y” sabemos que:

$$Du = 9.194 \text{ cm.}$$

$$Dy = 1.779 \text{ cm.}$$

Entonces:

$$\mu_y = \frac{9.194}{1.779} = 5.168$$

#### 4.5.5.4.3. CALCULO DEL FACTOR DE REDUCCION SISMICA REAL PARA LA EDIFICACIÓN REFORZADA

Teniendo los valores para la ductilidad por desplazamiento, procederemos a encontrar los valores para el factor de reducción sísmica "real" de la edificación reforzada (R) para cada dirección en análisis, para esto emplearemos las siguientes expresiones:

$$R_x = 1.25 * \mu_x$$

$$R_y = 1.25 * \mu_y$$

Por lo que reemplazando los valores tenemos:

$$R_x = 1.25 * 3.985 = 4.981$$

$$R_y = 1.25 * 5.168 = 6.460$$

De los valores de “R” obtenidos para la edificación reforzada, podemos observar que para ambas direcciones de análisis los valores se encuentran cercanos al

empleado en el análisis estático y dinámico ( $R=5.4$ ). Sin embargo, observamos que el valor del “R” real en la dirección “X” es un tanto menor, por lo que la fuerza sísmica que correspondió emplearse para el diseño debió ser un tanto mayor. No obstante, habiendo realizado el Análisis Estático No-Lineal Pushover (AENL) y verificado que el comportamiento de la edificación reforzada está dentro de los lineamientos establecidos por el ASCE 41-13, afirmamos que, la propuesta de reforzamiento es adecuada.

Por otro lado, el valor de “R” real para a dirección “Y” es un tanto mayor al empleado en el análisis estático y dinámico de la edificación, por lo que, podemos afirmar que el diseño de la edificación reforzada para esa dirección es conservador.

# **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES Y**

## **RECOMENDACIONES**

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1.1.1. CONCLUSIONES

- Se generó el modelo matemático de la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima” en un programa especializado en el análisis y diseño de edificaciones, definiendo las características no-lineales de los materiales (Concreto y Acero), de las secciones (Acero dimensionado de acuerdo a planos As Built de la I.E.I) y de los elementos estructurales (Vigas, columnas, placas y muros de albañilería).
- Se realizó el análisis dinámico espectral de la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima” mediante la norma E.030 – 2018, encontrando que la edificación no cumple con las derivas máximas permitidas por la norma, así mismo, se evidenció un diseño donde el dimensionamiento de las secciones de concreto reforzado resultaron deficientes demostrando la falta de resistencia y rigidez global de la estructura.
- Se efectuó el Análisis Estático no-lineal de la estructura del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”, creando dos patrones de carga no-lineal para cada dirección de análisis (PUSH Modo 1, PUSH X y PUSH Modo 2, PUSH Y), realizando la asignación de rótulas plásticas a los elementos primarios y secundarios de la estructura en base al código ASCE 41-13, obteniendo así la curva de capacidad de la edificación Existente para cada dirección de análisis, misma que evidenció que la edificación no poseía una adecuada ductilidad.

- Se encontraron los desplazamientos objetivos para cada nivel de amenaza sísmica tanto en la dirección X-X como Y-Y, empleando para ellos el patrón de cargas proporcional al modo fundamental de la estructura, es decir las cargas PUSH Modo 1 para la dirección X-X y PUSH Modo 2 para la dirección Y-Y, obteniendo los siguientes valores:

En la dirección X-X:

- o Sismo 50%/50 años : 4.1017 cm
- o Sismo BSE-1E : 6.3929 cm
- o Sismo BSE-2E : 11.9277 cm

En la dirección Y-Y:

- o Sismo 50%/50 años : 0.8781 cm
- o Sismo BSE-1E : 1.4768 cm
- o Sismo BSE-2E : 1.6239 cm

- Se encontró que para la carga de Pushover (PUSH Modo 1) correspondiente a la dirección X-X, el pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima” (edificación existente), presenta los siguientes niveles de desempeño de acuerdo al código ASCE 41-13:

- o Sismo 50%/50 años : Seguridad de Vida
- o Sismo BSE-1E : Prevención de Colapso
- o Sismo 10%/50 años : La estructura no cuenta con capacidad Suficiente.
- o Sismo BSE-2E : La estructura no cuenta con capacidad Suficiente.

Así mismo, para la carga Pushover (PUSH Modo 2) correspondiente a la Dirección Y-Y, los niveles de desempeño obtenidos de acuerdo al código ASCE 41-13 son:

- Sismo 50%/50 años : Ocupación Inmediata.
- Sismo BSE-1E : Seguridad de Vida
- Sismo 10%/50 años : Prevención de Colapso
- Sismo BSE-2E : La estructura no cuenta con capacidad Suficiente.

Al no cumplir con los objetivos de desempeño establecidos de acuerdo a la matriz de desempeño para la edificación en análisis, hicieron necesaria la elaboración de una propuesta de reforzamiento y adecuación.

- Luego de identificar que la edificación carecía de resistencia y rigidez para superar los requisitos estipulados por la norma E.030 – 2018, además de no cumplir con los objetivos de desempeño establecidos por el código ASCE 41-13, se planteó un reforzamiento estructural mediante la incorporación de placas de concreto armado, mejorando el comportamiento de la estructura, y cumpliendo con el control de derivas de entrepiso establecido por la E.030.
- Se realizó el análisis estático no lineal de la edificación reforzada (Pabellón de aulas N° 01), de acuerdo al código ASCE 41-13, encontrando que, para la dirección X-X e Y-Y, los niveles de desempeño son los siguientes:
  - Sismo 50%/50 años : Ocupación Inmediata.
  - Sismo BSE-1E : Ocupación Inmediata.
  - Sismo 10%/50 años : Seguridad de Vida.

- Sismo BSE-2E : Seguridad de Vida.

Mismos que cumplen con los objetivos de desempeño establecidos de acuerdo a la matriz de desempeño del código ASCE 41-13, y son los esperados para una edificación esencial (A2), de acuerdo a la norma E.030 – 2018, por lo que se deriva que la propuesta de reforzamiento y adecuación del pabellón de aulas N° 01 de la I.E.I. N° 652-02 “Santa Rosa de Lima”, posee un diseño óptimo y que garantiza el desempeño adecuado de la edificación.

- Se obtuvo un presupuesto en base a los metrados obtenidos de la propuesta de adecuación y reforzamiento del bloque de aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima (Ver Anexo N° 09), encontrando que el mismo ascendería a un valor total de S/ 130,008.52 (Ciento treinta mil ocho con 52/100 soles).

#### **5.1.1.2. RECOMENDACIONES**

- Después de observar que el bloque de aulas N° 01 de la I.E.I. Santa Rosa de Lima (Edificación Existente), no cuenta con la capacidad suficiente para cumplir con los objetivos de desempeño del código ASCE 41-13, se recomienda efectuar el proceso de adecuación y reforzamiento de la edificación, a fin de que esta cumpla con la filosofía de diseño de la norma E.030 – 2018, y no represente un riesgo latente para sus ocupantes en caso de un sismo severo.
- Realizada la propuesta de adecuación y reforzamiento se sugiere ahondar la investigación a nivel de cimentaciones, a fin de evaluar el efecto de la

interacción suelo-estructura y su impacto en el desempeño sísmico global de la edificación.

- Habiéndose realizado el Análisis Estático No-Lineal (AENL), Pushover, y teniendo como base que el análisis se realizó íntegramente para los elementos estructurales primarios y secundarios, se recomienda ampliar la investigación a fin de que pueda complementarse con la influencia de los elementos no estructurales de la edificación (tabiques, mobiliario, redes de electricidad, redes sanitarias, etc.) de acuerdo a lo estipulado en el código ASCE 41-13.
- Partiendo de la premisa de que la edificación en estudio forma parte de un paquete de siete (07) proyectos, para la construcción de infraestructura educativa, se recomienda realizar un estudio detallado de evaluación estructural donde se evalúe el desempeño sísmico de cada una de las edificaciones restantes.
- Debido a que la normatividad peruana no cuenta con parámetros específicos para la realización procesos de evaluación, adecuación y reforzamiento estructural. se recomienda la elaboración de una propuesta de norma que se refiera a los tópicos en mención, específicamente aplicado al análisis de edificaciones existentes.

## BIBLIOGRAFÍA

- American Society of Civil Engineers, A. 4.-1. (2014). *ASCE 41-13*. United States of America: American Society of Civil Engineers.
- Asmat, C. (2016). *Disposiciones Sísmicas de Diseño y Análisis en Base a Desempeño Aplicables a edificaciones de Concreto Armado*. Lima: PUCP.
- Bazán, E., Meli, & Roberto. (2002). *Diseño Sísmico de Edificios*. México: Limusa S.A.
- Blanco, E., & Muriá, D. (2009). *Modelos para analizar miembros compuestos de concreto y acero*. México: SID/659. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/296699249\\_Modelos\\_para\\_analizar\\_miembros\\_compuestos\\_de\\_concreto\\_y\\_acero](https://www.researchgate.net/publication/296699249_Modelos_para_analizar_miembros_compuestos_de_concreto_y_acero)
- Bondarenko, S. (2018). *Desempeño Sísmico*. Cartagena: CCIP Perú.
- Bondarenko, S. (2018). *Ductilidad de Miembros y Sistemas*. CCIP.
- Bondarenko, S. (2018). *Estudio de la Albañilería*. Ica: CCIP.
- Bondarenko, S. (2018). *Procedimientos de Adecuación Sísmica de Edificaciones Existentes*. Ica: CCIP.
- Bonett, R. , Pujades, L. , Hurtado, J. (2003). *Vulnerabilidad Y Riesgo Sísmico De Edificios. Aplicación A Entornos Urbanos En Zonas De Amenaza Alta Y Moderada*. Universidad Politecnica de Cataluña. Barcelona: UPC.
- Briceño, O., & Ordoñez, R. (2018). *Comparación del Desempeño Sísmico del Pabellón “C” de la I.E. N°88047- Augusto Salazar Bondy, considerando los parámetros indicados en la Norma Técnica E.030-2006 y la actualizada E.030-2016*. Nuevo Chimbote: UNS.
- California Seismic Safety Commission, A. 4. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (Vol. I)*. California: Applied technology Council.
- Comité Europeo del Concreto, C. (2008). *Constitutive modelling of high strength/ high performance concrete*. ISBN 978-2-88394-082-6.
- Delgadillo, J. (2005). *Análisis No Lineal Estático de Estructuras y la Norma E-030*. Lima: UNI.
- Diaz, L., & Santos, D. (2013). *Desempeño Sísmico de un Edificio Aporticado de Cuatro Pisos Diseñado con el Reglamento Nacional De Edificaciones y Aceptando una Deriva Máxima de 1%*. PUCP. Lima: PUCP.
- Duarte, C., Martinez, M., & Santamaría, J. (2017). *Análisis Estático No Lineal (Pushover) del Cuerpo Central del Edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de el Salvador*. San Salvador: UDES.
- Duarte, C., Martinez, M., & Satamaria, J. (2017). *Análisis Estático No Lineal (Pushover) del Cuerpo Central del Edificio de la Facultad de Medicina de la universidad de el Salvador*. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA. El Salvador: UDES. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13405/1/An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20%28Pushover%29%20del%20cuerpo%20central%20del%20edificio%20de%20la%20Facultad%20de%20Medicina%20de%20la%20Universidad%20de%20El%20Salvador.pdf>
- FEMA 440, F. E. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington D.C.: Department of Homeland Security FEMA.
- Femto engineers. (01 de 11 de 2018). <https://www.femto.eu/stories/linear-non-linear-analysis-explained/>. Obtenido de Femto Engineering: <https://www.femto.eu/stories/linear-non-linear-analysis-explained/>
- Hernandez, E. (2017). *Deformación Máxima y Ductilidad de Miembros Sometidos a Flexión*. INESA ADIESTRAMIENTO, Madrid.

- Hernandez, E. (2017). *Diagrama de Interacción P-M y Curvatura en Secciones a Flexo-Compresión*. INESA Adiestramiento. Barcelona: Publicaciones INESA.
- Hernandez, E. (2017). *Diagrama de Momento-Curvatura en Secciones a Flexión*. Barcelona: Inesa Adiestramiento.
- Hernandez, E. (2017). *Dinámica de Sistemas de N Grados de Libertad*. INESA Adiestramiento.
- Hernandez, E. (2017). *Diseño Por Desempeño Sísmico en Edificaciones Parte I*. Barcelona: INESA Adiestramiento.
- Hernandez, E. (2017). Grados de Libertad Estáticos y Dinámicos. *Venezuela* (pág. 9). Inesa Adiestramiento.
- Hognestad, E. (1951). *Study of combined bending and axial load in reinforced concrete Members*. Norway: Illinois.
- Huaripata, J. (2014). *Desempeño Sismoresistente del Pabellón de la I.E.I Antonio Guillermo Urrelo*. Cajamarca: UNC.
- Luis, B., & Adolfo, P. (2007). *Desempeño Sísmico De Un Edificio Aporticado Peruano De Seis Pisos*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. LIMA: PUCP. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/974/BORDA\\_M EZA\\_LUIS\\_EDIFICIO\\_APORTICADO\\_SEIS\\_PISOS.pdf](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/974/BORDA_M EZA_LUIS_EDIFICIO_APORTICADO_SEIS_PISOS.pdf)
- Mander, J., M.J., P., & Park, R. (1988). *Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete*. California: ASCE.
- McCormac, J. (2010). *Análisis de Estructuras, Métodos Clásico y Matricial*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- Noriega, R. (2018). *Estudio Experimental De Redistribución De Momentos En Vigas De Concreto Armado*. Lima: PUCP.
- NSR-10, M. d. (2010). *Reglamento Colombiano de construcción Sismo Resistente*. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Ottazzi, G. (2011). *Diseño en Concreto Armado*. Lima: Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto.
- Pareja, N. (2012). *Estudio Del Comportamiento Lineal Y No Lineal De Pórticos Metálicos Resistentes A Momentos*. Lima: UNI.
- Park, R., & Paulay, T. (1975). *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley & Sons, New York: Wiley-Intercience.
- Paulay, T., Park, R., y Priestley. (1978). *Reinforced concrete beam-column joints under seismic actions*. ACI.
- RM N°355-2018, V. (2018). *Norma Técnica E-030 Diseño Sismoresistente*. Lima: MVCS.
- San Bartolomé, A. (2008). *Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 "Albañilería"*. SENCICO. Lima: SENCICO.
- Sánchez, M. (2010). *Diseño Sísmico Basado en Desempeño para una Edificación Esencial de Concreto Reforzado*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey: ITM. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11285/570630>
- Santana, D. (2012). *Diseño Sísmico por Desempeño de Estructuras de Albañilería Confinada*. Lima: UNI.
- Taipe, J. (2003). *Criterios de Diseño por Desempeño para la Norma Peruana de Diseño Sismoresistente*. Lima: UNI. Obtenido de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1103522>
- Vergara, L., & Zevallos, M. (2014). *Análisis Sísmico por Desempeño Estático No Lineal de un Edificio de 6 Niveles en la Ciudad de Trujillo, La Libertad*. Trujillo: UPAO.

# ANEXOS

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO N° 01:** Resolución de Alcaldía N° 524 – 2016 – ALC/MVES.
- ANEXO N° 02:** Resultados de la Primera Fecha de Extracción de Prismas Diamantinos.
- ANEXO N° 03:** Resultados de la Segunda Fecha de Extracción de Prismas Diamantinos.
- ANEXO N° 04:** Panel Fotográfico.
- ANEXO N° 05:** Ficha Técnica Losa Vigüeta – Bovedilla.
- ANEXO N° 06:** Verificación de Irregularidades de la Edificación Existente la Edificación Reforzada.
- ANEXO N° 07:** Cálculo del Puntal Equivalente de Albañilería.
- ANEXO N° 08:** Verificación de la Cimentación de la Edificación Reforzada.
- ANEXO N° 09:** Presupuesto de Propuesta de Reforzamiento.
- ANEXO N° 10:** Planos de la Propuesta de Reforzamiento.
- ANEXO N° 11:** Planos As Built de la Edificación Existente.
- ANEXO N° 12:** Esquema de Distribución de La I.E.I. Santa Rosa de Lima

# **ANEXO N° 01:**

**Resolución de Alcaldía N° 524 – 2016 – ALC/MVES.**



CENTRAL TELEFÓNICA 319-2530  
TELEFAX: 287-1071  
www.munives.gob.pe

# RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N° 524-2016-ALC/MVES

Villa El Salvador, 23 de Junio del 2016

## EL ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VILLA EL SALVADOR

VISTOS, el memorando N°933-2016-GM/MVES cursado por la Gerencia Municipal, el informe N°225-2016-OAJ/MVES emitido por la Oficina de Asesoría Jurídica y el informe N°090-2016-OPP/MVES emitido por la Oficina de Planeamiento y Presupuesto, y;

### CONSIDERANDO:

Que, el artículo 194° de la Constitución Política del Perú concordado con el artículo II del Título Preliminar de la ley N°27972, Ley Orgánica de Municipalidades, establece que los gobiernos locales gozan de autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia, esta autonomía radica en la facultad de ejercer actos de gobiernos, administrativos y de administración, con sujeción al ordenamiento jurídico;

Que, mediante Acuerdo de Concejo N°115-2015-MVES se aprueba el presupuesto institucional de apertura (PIA) para el año fiscal 2016, el cual es promulgado mediante Resolución de Alcaldía N°1027-2015-ALC/MVES, la cual es modificada por Resolución de Alcaldía N°20-2016-ALC/MVES, en aplicación de la segunda disposición complementaria transitoria de la Ley N°30372, Ley de presupuesto del sector público para el año fiscal 2016, concordante con la Resolución Directoral N°027-2015-EF/50.01;

Que, mediante Decreto Supremo N°156-2016-EF, se autoriza la transferencia de partidas en el Presupuesto del Sector Público para el año fiscal 2016, a favor de diversos gobiernos regionales y gobiernos locales para financiar la continuidad de la ejecución de proyectos de inversión pública en Infraestructura Educativa, asimismo, conforme al Anexo N°1 A, el cual forma parte del aludido decreto, se transfiere en favor de la Municipalidad Distrital de Villa el Salvador el importe de **S/.14'351,862.00 (catorce millones trescientos cincuenta y un mil ochocientos sesenta y dos con 00/100 soles)**, dichos recursos serán destinados a la ejecución de proyectos de inversión pública, durante el ejercicio fiscal 2016, el cual obra según el siguiente detalle:

|  |                          |
|--|--------------------------|
| - 2.259804 INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL PRINCIPE DE ASTURIAS DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA DE LIMA, REGION LIMA. (SNIP 313967)  | S/ 2'329,387.00          |
| - 2.266186 AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DEL NIVEL INICIAL N° 652-22 SEÑOR DE LOS MILAGROS EN EL SECTOR 2 GRUPO 21-A, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA. (SNIP 311848)  | S/ 4'352,737.00          |
| - 2.270643 AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL I.E.I. N° 652 23 LOS PORTALES EN LA LOCALIDAD DE PACHACAMAC IV ETAPA DEL CENTRO POBLADO DE PACHACAMAC, DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y REGION LIMA. (SNIP 319278) | S/ 1'207,180 00          |
| - 2.251663 INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA INSTITUCION EDUCATIVAS INICIAL N° 7097, VILLA AMSTELVEEN, LOCALIDAD SECTOR 3, DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR - LIMA METROPOLITANA. (SNIP 306299)                                    | S/ 2'536,807.00          |
| - 2.250962 INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N° 677 MI SEGUNDO HOGAR EN EL SECTOR 2 PACHACAMAC IV ETAPA, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA. (SNIP 289224)   | S/ 1'121,230.00          |
| - 2.265397 AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N°652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA. (SNIP 303973)                                       | S/ 2'804,521.00          |
| <b>TOTAL</b>   | <b>S/. 14'351,862.00</b> |

"Villa El Salvador, Ciudad Mensajera de la Paz"  
PROCLAMADA POR LAS NACIONES UNIDAS EL 15 - 09 - 87  
Premio Príncipe de Asturias de la Concordia



CENTRAL TELEFÓNICA 319-2530  
TELEFAX: 287-1071  
www.munives.gob.pe

# RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N° 524-2016-ALC/MVES

Villa El Salvador, 23 de Junio del 2016

Que, la ley N°28411, Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto, en sus artículos 38° y 39°, establece los procedimientos para la realización de las modificaciones presupuestarias en los presupuestos institucionales de las entidades del sector público;

Estando a lo expuesto, en uso de las atribuciones conferidas al alcalde por el artículo 20° de la ley N°27972, Ley Orgánica de Municipalidades;

## SE RESUELVE:

**Artículo 1°.- APROBAR** la desagregación de recursos en el presupuesto institucional de la Municipalidad Distrital de Villa El Salvador, Departamento de Lima, para el año fiscal 2016, hasta por la suma de **S/.14'351,862.00 (catorce millones trescientos cincuenta y un mil ochocientos sesenta y dos con 00/100 soles)**, para financiar la ejecución del proyecto de inversión pública en Infraestructura Educativa, en la Fuente de Financiamiento 3 - Recursos por Operaciones Oficiales de Crédito, Rubro de Financiamiento 19 - Recursos por Operaciones Oficiales de Crédito, el cual queda conforme al siguiente detalle:

### DESAGREGACIÓN DE RECURSOS

PLIEGO : 301291 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VILLA EL SALVADOR  
FUENTE : 3 Recursos Por Operaciones Oficiales De Crédito  
RUBRO : 19 Recursos Por Operaciones Oficiales De Crédito  
TIPO DE RECURSO PRESUPUESTAL : B Endeudamiento Interno  
TIPO DE RECURSO FINANCIERO : F Subcuenta - Endeudamiento - Bonos

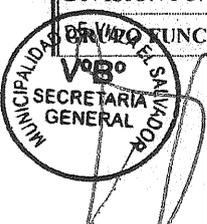
### INGRESOS

|                       |  |                          |
|-----------------------|--|--------------------------|
| 1.                    | INGRESOS PRESUPUESTARIOS               |                          |
| 1.8                   | ENDEUDAMIENTO                          |                          |
| 1.8.2                 | ENDEUDAMIENTO INTERNO                  |                          |
| 1.8.2.2               | COLOCACION INTERNA DE TITULOS VALORES  |                          |
| 1.8.2.2.1             | COLOCACION DE TITULOS VALORES INTERNOS |                          |
| 1.8.2.2.1.1           | BONOS DEL TESORO PUBLICO               | S/. 14'351,862.00        |
| <b>TOTAL INGRESOS</b> |  | <b>S/. 14'351,862.00</b> |

### EGRESOS

|               |          |   |
|---------------|----------|---|
| PROGRAMA      | 0091     | INCREMENTO EN EL ACCESO DE LA POBLACION DE 3 A 16 AÑOS A LOS SERVICIOS EDUCATIVOS PUBLICOS DE LA EDUCACION BASICA REGULAR                                     |
| PROYECTO      | 2.259804 | INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL PRINCIPE DE ASTURIAS DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA DE LIMA, REGION LIMA |
| OBRA          | 4.000017 | INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN INICIAL   |
| FUNCION       | 22       | EDUCACIÓN   |
| DIVISION FUNC | 047      | EDUCACIÓN BASICA  |
| DIVISION FUNC | 0103     | EDUCACIÓN INICIAL   |

"Villa El Salvador, Ciudad Mensajera de la Paz"  
PROCLAMADA POR LAS NACIONES UNIDAS EL 15 - 09 - 87  
Premio Príncipe de Asturias de la Concordia





# RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N° 524-2016-ALC/MVES

Villa El Salvador, 23 de Junio del 2016

CENTRAL TELEFÓNICA 319-630  
TELEFAX: 287-1071  
www.munives.gob.pe

|                      |             |  |                        |
|----------------------|-------------|--|------------------------|
| <b>META</b>          | <b>0102</b> | <b>INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL PRINCIPE DE ASTURIAS DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA DE LIMA, REGION LIMA</b> |                        |
| 2.6.8.1.4.3          |             | GASTO POR LA CONTRATACION DE SERVICIOS   | S/ 31,164.00           |
| 2.6.2.2.2.2          |             | COSTO DE CONSTRUCCION POR CONTRATA   | S/ 2,298,223.00        |
| <b>TOTAL EGRESOS</b> |             |  | <b>S/ 2'329,387.00</b> |

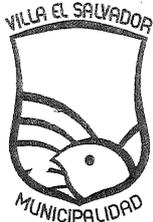
|                      |                 |  |                        |
|----------------------|-----------------|--|------------------------|
| <b>PROGRAMA</b>      | <b>0091</b>     | <b>INCREMENTO EN EL ACCESO DE LA POBLACION DE 3 A 16 AÑOS A LOS SERVICIOS EDUCATIVOS PUBLICOS DE LA EDUCACION BASICA REGULAR</b>                                 |                        |
| <b>PROYECTO</b>      | <b>2.266186</b> | <b>AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N° 652-22 SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 2 GRUPO 21-A, DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA</b> |                        |
| <b>OBRA</b>          | <b>4.000017</b> | <b>INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN INICIAL</b>   |                        |
| <b>FUNCION</b>       | <b>22</b>       | <b>EDUCACIÓN</b>   |                        |
| <b>DIVISION FUNC</b> | <b>047</b>      | <b>EDUCACIÓN BASICA</b>  |                        |
| <b>GRUPO FUNC</b>    | <b>0103</b>     | <b>EDUCACIÓN INICIAL</b>   |                        |
| <b>META</b>          | <b>0103</b>     | <b>AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N° 652-22 SEÑOR DE LOS MILAGROS SECTOR 2 GRUPO 21-A, DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA</b> |                        |
| 2.6.8.1.4.3          |                 | GASTO POR LA CONTRATACION DE SERVICIOS   | S/ 77,184.00           |
| 2.6.2.2.2.2          |                 | COSTO DE CONSTRUCCION POR CONTRATA   | S/ 4,275,553.00        |
| <b>TOTAL EGRESOS</b> |                 |  | <b>S/ 4'352,737.00</b> |

|                      |                 |  |                        |
|----------------------|-----------------|--|------------------------|
| <b>PROGRAMA</b>      | <b>0091</b>     | <b>INCREMENTO EN EL ACCESO DE LA POBLACION DE 3 A 16 AÑOS A LOS SERVICIOS EDUCATIVOS PUBLICOS DE LA EDUCACION BASICA REGULAR</b>   |                        |
| <b>PROYECTO</b>      | <b>2.270643</b> | <b>AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL I.E.I N 652-23 LOS PORTALES EN LA LOCALIDAD DE PACHACAMAC IV ETAPA DEL CENTRO POBLADO DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y REGION LIMA</b> |                        |
| <b>OBRA</b>          | <b>4.000017</b> | <b>INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN INICIAL</b>   |                        |
| <b>FUNCION</b>       | <b>22</b>       | <b>EDUCACIÓN</b>   |                        |
| <b>DIVISION FUNC</b> | <b>047</b>      | <b>EDUCACIÓN BASICA</b>  |                        |
| <b>GRUPO FUNC</b>    | <b>0103</b>     | <b>EDUCACIÓN INICIAL</b>   |                        |
| <b>META</b>          | <b>0104</b>     | <b>AMPLIACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL I.E.I N 652-23 LOS PORTALES EN LA LOCALIDAD DE PACHACAMAC IV ETAPA DEL CENTRO POBLADO DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y REGION LIMA</b> |                        |
| 2.6.8.1.4.3          |                 | GASTO POR LA CONTRATACION DE SERVICIOS   | S/ 21,348.00           |
| 2.6.2.2.2.2          |                 | COSTO DE CONSTRUCCION POR CONTRATA   | S/ 1,185,832.00        |
| <b>TOTAL EGRESOS</b> |                 |  | <b>S/ 1'207,180.00</b> |

|                      |                 |  |              |
|----------------------|-----------------|--|--------------|
| <b>PROGRAMA</b>      | <b>0091</b>     | <b>INCREMENTO EN EL ACCESO DE LA POBLACION DE 3 A 16 AÑOS A LOS SERVICIOS EDUCATIVOS PUBLICOS DE LA EDUCACION BASICA REGULAR</b>   |              |
| <b>PROYECTO</b>      | <b>2.251663</b> | <b>INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL N 7097, VILLA AMSTELVEEN, LOCALIDAD SECTOR 3, DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR - LIMA METROPOLITANA</b> |              |
| <b>OBRA</b>          | <b>4.000017</b> | <b>INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN INICIAL</b>   |              |
| <b>FUNCION</b>       | <b>22</b>       | <b>EDUCACIÓN</b>   |              |
| <b>DIVISION FUNC</b> | <b>047</b>      | <b>EDUCACIÓN BASICA</b>  |              |
| <b>GRUPO FUNC</b>    | <b>0103</b>     | <b>EDUCACIÓN INICIAL</b>   |              |
| <b>META</b>          | <b>0105</b>     | <b>INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA INSTITUCION EDUCATIVA INICIAL N 7097, VILLA AMSTELVEEN, LOCALIDAD SECTOR 3, DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR - LIMA METROPOLITANA</b> |              |
| 2.6.8.1.4.3          |                 | GASTO POR LA CONTRATACION DE SERVICIOS   | S/ 19,792.00 |



"Villa El Salvador, Ciudad Mensajera de la Paz"  
PROCLAMADA POR LAS NACIONES UNIDAS EL 15 - 09 - 87  
Premio Príncipe de Asturias de la Concordia



# RESOLUCIÓN DE ALCALDÍA N° 524-2016-ALC/MVES

Villa El Salvador, 23 de Junio del 2016

CENTRAL TELEFÓNICA 319-4599  
TELEFAX: 287-1071  
www.munives.gob.pe

|                      |                                    |                        |
|----------------------|------------------------------------|------------------------|
| 2.6.2.2.2            | COSTO DE CONSTRUCCION POR CONTRATA | S/ 2,517,015.00        |
| <b>TOTAL EGRESOS</b> |                                    | <b>S/ 2'536,807.00</b> |

|                      |  |  |
|----------------------|--|--|
| PROGRAMA             | 0091                                   | INCREMENTO EN EL ACCESO DE LA POBLACION DE 3 A 16 AÑOS A LOS SERVICIOS EDUCATIVOS PUBLICOS DE LA EDUCACION BASICA REGULAR                                      |
| PROYECTO             | 2.250962                               | INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N677 MI SEGUNDO HOGAR EN EL SECTOR 2, PACHACAMAC IV ETAPA, DISTRITO VILLA EL SALVADOR - LIMA METROPOLITANA |
| OBRA                 | 4.000017                               | INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN INICIAL  |
| FUNCION              | 22                                     | EDUCACIÓN  |
| DIVISIÓN FUNC        | 047                                    | EDUCACIÓN BASICA   |
| GRUPO FUNC           | 0103                                   | EDUCACIÓN INICIAL  |
| META                 | 0106                                   | INSTALACION DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N677 MI SEGUNDO HOGAR EN EL SECTOR 2, PACHACAMAC IV ETAPA, DISTRITO VILLA EL SALVADOR - LIMA METROPOLITANA |
| 2.6.8.1.4.3          | GASTO POR LA CONTRATACION DE SERVICIOS | S/ 8,964.00  |
| 2.6.2.2.2.2          | COSTO DE CONSTRUCCION POR CONTRATA     | S/ 1'112,266.00  |
| <b>TOTAL EGRESOS</b> |  | <b>S/ 1'121,230.00</b>   |



|                      |  |  |
|----------------------|--|--|
| PROGRAMA             | 0091                                   | INCREMENTO EN EL ACCESO DE LA POBLACION DE 3 A 16 AÑOS A LOS SERVICIOS EDUCATIVOS PUBLICOS DE LA EDUCACION BASICA REGULAR  |
| PROYECTO             | 2.265397                               | AMPLIACIÓN DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA |
| OBRA                 | 4.000017                               | INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE EDUCACIÓN INICIAL  |
| FUNCION              | 22                                     | EDUCACIÓN  |
| DIVISIÓN FUNC        | 047                                    | EDUCACIÓN BASICA   |
| GRUPO FUNC           | 0103                                   | EDUCACIÓN INICIAL  |
| META                 | 0107                                   | AMPLIACIÓN DEL SERVICIO EDUCATIVO DE NIVEL INICIAL N 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA |
| 2.6.8.1.4.3          | GASTO POR LA CONTRATACION DE SERVICIOS | S/ 66,936.00   |
| 2.6.2.2.2.2          | COSTO DE CONSTRUCCION POR CONTRATA     | S/ 2'737,585.00  |
| <b>TOTAL EGRESOS</b> |  | <b>S/ 2'804,521.00</b>   |



## Artículo 2º.- NOTAS PARA MODIFICACIÓN PRESUPUESTARIA

La Oficina de Presupuesto o la que haga sus veces en el pliego, elabora las correspondientes, notas para modificación presupuestaria que se requieran como consecuencia de los dispuesto en la presente norma.

**Artículo 3º.- CURSAR** copia del presente dispositivo, dentro de los 5 (cinco) días siguientes de su aprobación a los organismos señalados en el numeral 23.2 del artículo 23º del Texto Único Ordenado de la ley N°28411, Ley General del Sistema Nacional de Presupuesto.

## REGISTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

Municipalidad De Villa El Salvador

ABOG. VICENTE GONZALEZ NAVARRO  
SECRETARIO GENERAL

Municipalidad Distrital De Villa El Salvador

GUIDO YNIGO PERALTA  
ALCALDE

"Villa El Salvador, Ciudad Mensajera de la Paz"  
PROCLAMADA POR LAS NACIONES UNIDAS EL 15 - 09 - 87  
Premio Príncipe de Asturias de la Concordia

## **ANEXO N° 02:**

**Resultados de la Primera Fecha de Extracción de Prismas  
Diamantinos.**



**SOLICITUD DE SERVICIO**  
**REPORTE EN CAMPO Y LABORATORIO PARA EXTRACCIONES Y ENSAYOS DE NÚCLEOS DE CONCRETO**  
 NTP 339.065 / NTP 339.034

Código: F011-AC-FR-01  
 Versión: 2  
 Página: 1 de 1  
 Fecha: 09/03/2018



Expediente N°: JE-3307

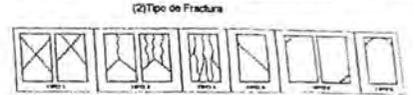
SOLICITANTE (Empresa): Municipalidad de Villa el Salvador  
 REPRESENTANTE (Nombre): OSCAR FRANCISCO PACHECO VARELA  
 FIRMA: [Firma]  
11:10 am

Fecha y Hora de Llegada al Campo: 4:47 AM 19/19  
 Fecha y Hora de Salida del Campo: \_\_\_\_\_  
 Fecha y Hora de Aserrado: \_\_\_\_\_  
 Fecha y Hora de Encofrado: \_\_\_\_\_

(1) Indicar el Tipo de Elemento:

|         |   |        |   |
|---------|---|--------|---|
| COLUMNA | C | LOSA   | L |
| VIGA    | V | ZAPATA | Z |
| PLACA   | P | OTRO   | O |

Humedad del Ambiente: \_\_\_\_\_



(3) Indicar si el núcleo extraído es perpendicular (PP) o paralelo (LL) al sentido en que fue vaciado el concreto (lado izquierdo) y si la dirección de extracción es perpendicular al elemento (lado derecho) indicar sí o no, en caso de no indicar ángulo aproximado.

| Núcleo N° | Identificación | Tipo de Elemento (1) | Dirección de la Perforación (3) | DATOS EN CAMPO        |                                  |                  |                  | Fecha del Vaciado de Concreto | Corte |      | DATOS EN LABORATORIO |               | ENSAYO           |                    |              |
|-----------|----------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|------|----------------------|---------------|------------------|--------------------|--------------|
|           |                |                      |                                 | Longitud (Extracción) | Obtención (Extrac.) (Fecha/Hora) | Hora de Enbaleje | TNA del Agregado |                               | Fecha | Hora | Masa (g)             | Diámetro (cm) | Antes del Capado | Después del Capado | Fecha Ensayo |
| 1         | Vs             | V                    | PP                              | 16:00                 | 10:13                            | 10:18            | 3/4 m            |                               |       |      |                      |               |                  |                    |              |
| 2         | CGD            | C                    | PP                              | 17:00                 | 19/19/18                         | 10:40            | 3/4"             |                               |       |      |                      |               |                  |                    |              |
| 3         | CGE            | C                    | PP                              | 17:20                 | 19/19/18                         | 10:09            | 3/4"             |                               |       |      |                      |               |                  |                    |              |

- Nota:**
- Entrega de informe 07 Días Hábiles a Partir de la Fecha de Llegada de las Muestras (Extracciones de Diamantinas) al Laboratorio. Obtención (Extracción) de Muestras.
  - Determinar que muestras contienen metal embebido. Anotar la ubicación, forma y tamaño del metal embebido. Estas solo serán ensayadas previo acuerdo con el cliente.
  - Solo se colocará la fecha del vaciado del concreto si se conoce.
  - Se consultará al cliente sobre el Tamaño Nominal Máximo del agregado usado para el concreto.

|                         |     | NÚCLEO N° |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|-------------------------|-----|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Presenta Metal Embebido | SI: | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|                         | NO: | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Si el diámetro del corazón diamantino es menor que 94 mm, indicar la razón del uso de diámetros menores:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: Presente a la rotura: 9:30 AM

Ingeniero: \_\_\_\_\_

Técnico: \_\_\_\_\_

Villa El Salvador, 27 de setiembre de 2018

## **OFICIO N° 110-2020-SGPOP-GDU-MVES**

Señor  
**JAVIER BERNUY ESPINOZA**  
Gerente de Desarrollo Urbano

Presente. -

**ASUNTO : RESULTADOS DE ENSAYOS SOLICITADOS POR EL ORGANO DE CONTROL INSITUCIONAL OCI**

*De mi especial consideración:*

*Reciban los más cordiales saludos en nombre de la Gerencia de Desarrollo Urbano, a través de mi persona como Subgerente de Proyectos y Obras Públicas de la Municipalidad Distrital de Villa El Salvador, asimismo sirva el presente para comunicarle lo siguiente:*

*Que habiéndose realizado la extracción de 3 muestras de Ensayos de Diamantina a solicitud del Órgano de Control Institucional OCI, con fecha 19.09.2018, y habiendo estado nuestra sub gerencia presente en la realización de los mismos, presento mediante el presente, los resultados obtenidos. Cabe mencionar que debido a que una de las muestras a dado un valor por debajo de los límites permisibles, deberá solicitarse la realización de extracciones adicionales de muestras de ensayos de Diamantina.*

*Es cuanto informo a su persona, solicitando realizar la coordinación con el órgano respectivo. Agradeciendo de antemano la atención que brinde al presente, quedo de Usted.*

Atentamente,

  
MUNICIPALIDAD DE VILLA EL SALVADOR  
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO  
SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y OBRAS PÚBLICAS  
*Roy Sanchez*  
Ing. Robert Roy Sanchez Trigueros  
SUBGERENTE DE PROYECTOS Y OBRAS PÚBLICAS

### ADJUNTO

- CUADRO DE DATOS RECOLECTADOS INSUTU.
- CUADRO DE RESULTADOS PROCESADOS POR LA SGOP

**REPORTE EN CAMPO Y LABORATORIO PARA EXTRACCIONES Y ENSAYOS DE NÚCLEOS DE CONCRETO  
NTP 339.059/ NTP 339.034**

**INSTITUCIÓN:** MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VILLA EL SALVADOR

**FECHA DE TOMA DE MUESTRAS:** 19 de Setiembre de 2018

**FECHA DE ROTURA:** 25 de Setiembre de 2018

| N° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | FECHA DE EXTRACCIÓN | DIÁMETRO (cm) | ALTURA (cm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA (Kg) | FACTOR DE CORRECCIÓN (Alt./Diám.) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa) | TIPO DE FRACTURA |
|----|----------------------------|---------------------|---------------|-------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|------------------|
| 1  | V1-VIGA                    | 19/09/2018          | 8.25          | 13.5        | 53.46                   | 8242       | 0.97                              | 150   | 14.7                              | TIPO 3           |
| 2  | C6D-COLUMNA                | 19/09/2018          | 8.25          | 13.6        | 53.46                   | 11947      | 0.97                              | 217   | 21.3                              | TIPO 3           |
| 3  | C6I-COLUMNA                | 19/09/2018          | 8.25          | 13.6        | 53.46                   | 13046      | 0.97                              | 237   | 23.3                              | TIPO 3           |

## **ANEXO N° 03:**

**Resultados de la Segunda Fecha de Extracción de Prismas  
Diamantinos.**

**REPORTE EN CAMPO Y LABORATORIO PARA EXTRACCIONES Y ENSAYOS DE NÚCLEOS DE CONCRETO  
NTP 339.059/ NTP 339.034**

**INSTITUCIÓN:** MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VILLA EL SALVADOR  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRAS:** 29 y 30 de Octubre de 2018  
**FECHA DE ROTURA:** 6 de Noviembre de 2018

| N° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | FECHA DE EXTRACCIÓN | DIÁMETRO (cm) | ALTURA (cm) | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | CARGA (Kg) | FACTOR DE CORRECCIÓN (Alt./Diám.) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa) | TIPO DE FRACTURA |
|----|----------------------------|---------------------|---------------|-------------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|------------------|
| 1  | VP1-112-VIGA               | 29/10/2018          | 7.38          | 14          | 42.8                    | 10243      | 1                                 | 239   | 23.5                              | TIPO 3           |
| 2  | VP1-113-VIGA               | 29/10/2018          | 7.38          | 14          | 42.8                    | 9201       | 1                                 | 215   | 21.1                              | TIPO 3           |
| 3  | VP1-112-1-VIGA             | 29/10/2018          | 7.38          | 14          | 42.8                    | 14480      | 1                                 | 338   | 33.2                              | TIPO 3           |
| 4  | VP1-113-2-VIGA             | 29/10/2018          | 7.38          | 14          | 42.8                    | 14048      | 1                                 | 328   | 32.3                              | TIPO 3           |
| 5  | VP1-104-8-VIGA             | 29/10/2018          | 7.38          | 13.9        | 42.8                    | 19525      | 1                                 | 456   | 44.8                              | TIPO 4           |
| 6  | VP1-105-7-VIGA             | 29/10/2018          | 7.38          | 14          | 42.8                    | 19924      | 1                                 | 466   | 45.8                              | TIPO 3           |
| 7  | TECHO1 - LOSA              | 30/10/2018          | 7.38          | 8           | 42.8                    | 23185      | 0.89                              | 482   | 47.4                              | TIPO 2           |
| 8  | TECHO 2 - LOSA             | 30/10/2018          | 7.38          | 9.7         | 42.8                    | 12490      | 0.94                              | 274   | 26.9                              | TIPO 3           |
| 9  | VP1-105-6-VIGA             | 30/10/2018          | 7.38          | 14          | 42.8                    | 11952      | 1                                 | 279   | 27.4                              | TIPO 3           |
| 10 | VP1-104-5-VIGA             | 30/10/2018          | 7.38          | 14          | 42.8                    | 9212       | 1                                 | 215   | 21.1                              | TIPO 3           |
| 11 | VP1-107-9-VIGA             | 30/10/2018          | 7.38          | 11.8        | 42.8                    | 23011      | 0.97                              | 522   | 51.3                              | TIPO 2           |
| 12 | VP1-107-10-VIGA            | 30/10/2018          | 7.38          | 13.9        | 42.8                    | 10952      | 1                                 | 256   | 25.2                              | TIPO 3           |



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Página 1 de 1

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VILLA EL SALVADOR  
 Otrora : INSTITUCIÓN EDUCATIVA INICIAL N° 652-02 "SANTA ROSA DE LIMA"  
 Ubicación : SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC - VILLA EL SALVADOR  
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Testigos Diamantinos  
 Expediente N° : 18-3787  
 Recibo N° : 62714  
 Fecha : 06/11/2018

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 12 muestra de testigos diamantinos extraídos por el laboratorio.  
 Fecha de ensayo : 06/11/2018
2. DE LOS EQUIPOS : Máquina de ensayo uniaxial PROETI.  
 Certificado de Calibración LFP - 223 - 2017.
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Normas de referencia NTP 339.034:2015 y NTP 339.059:2017.  
 Procedimiento interno AT-PR-11 y Procedimiento interno AT-PR-12.

#### 4. RESULTADOS

| N° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | FECHA DE EXTRACCIÓN | DIÁMETRO (cm) | ALTURA (cm) | ÁREA (cm²) | CARGA (Kg) | FACTOR DE CORRECCIÓN (Alt/Diám.) | RESIST. A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²) | RESIST. A LA COMPRESIÓN (MPa) | TIPO DE FRACTURA |
|----|----------------------------|---------------------|---------------|-------------|------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------|
| 1  | VP1-112 - VIGA             | 29/10/2018          | 7.38          | 14.0        | 42.8       | 10243      | 1.00                             | 239                              | 23.5                          | TIPO 3           |
| 2  | VP1-113 - VIGA             | 29/10/2018          | 7.38          | 14.0        | 42.8       | 9201       | 1.00                             | 215                              | 21.1                          | TIPO 3           |
| 3  | VP1-112-1 - VIGA           | 29/10/2018          | 7.38          | 14.0        | 42.8       | 14480      | 1.00                             | 339                              | 33.2                          | TIPO 3           |
| 4  | VP1-113-2 - VIGA           | 29/10/2018          | 7.38          | 14.0        | 42.8       | 14048      | 1.00                             | 328                              | 32.2                          | TIPO 3           |
| 5  | VP1-104-8 - VIGA           | 29/10/2018          | 7.38          | 13.9        | 42.8       | 19525      | 1.00                             | 456                              | 44.8                          | TIPO 4           |
| 6  | VP1-105-7 - VIGA           | 29/10/2018          | 7.38          | 14.0        | 42.8       | 19924      | 1.00                             | 466                              | 45.7                          | TIPO 3           |
| 7  | TECHO 1 - LOSA             | 30/10/2018          | 7.38          | 8.0         | 42.8       | 23185      | 0.89                             | 482                              | 47.3                          | TIPO 2           |
| 8  | TECHO 2 - LOSA             | 30/10/2018          | 7.38          | 9.7         | 42.8       | 12490      | 0.94                             | 274                              | 26.8                          | TIPO 3           |
| 9  | VP1-105-6 - VIGA           | 30/10/2018          | 7.38          | 14.0        | 42.8       | 11952      | 1.00                             | 279                              | 27.4                          | TIPO 3           |
| 10 | VP1-104-5 - VIGA           | 30/10/2018          | 7.38          | 14.0        | 42.8       | 9212       | 1.00                             | 215                              | 21.1                          | TIPO 3           |
| 11 | VP1-107-9 - VIGA           | 30/10/2018          | 7.38          | 11.8        | 42.8       | 23011      | 0.97                             | 521                              | 51.1                          | TIPO 2           |
| 12 | VP1-107-10 - VIGA          | 30/10/2018          | 7.38          | 13.9        | 42.8       | 10952      | 1.00                             | 256                              | 25.1                          | TIPO 3           |

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

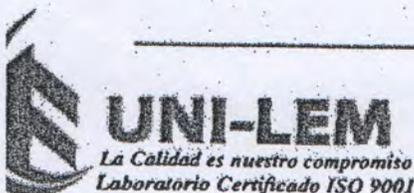
Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. T. M. T.



*Ana Torre Camilo*  
 Ms./Ing. Ana Torre Camilo  
 Jefe (e) del laboratorio

#### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras extraídas en la ubicación indicada por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI





Municipalidad Distrital de Villa El Salvador  
Órgano de Control Institucional

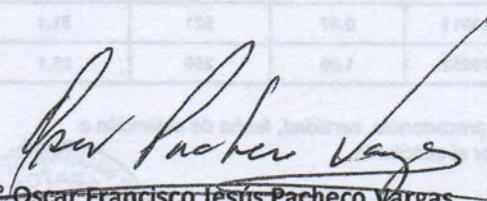
INFORME

| N° | IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS | FECHA DE EXTRACCIÓN | RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM2 |
|----|----------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1  | VP-112-VIGA                | 29-oct-18           | 239                                |
| 2  | VP1-113-VIGA               | 29-oct-18           | 215                                |
| 3  | VPI-112-1-VIGA             | 29-oct-18           | 339                                |
| 4  | VPI-113-2-VIGA             | 29-oct-18           | 328                                |
| 5  | VPI-104-8-VIGA             | 29-oct-18           | 456                                |
| 6  | VPI-105-7-VIGA             | 29-oct-18           | 466                                |
| 7  | TECHO 1 LOSA               | 30-oct-18           | 482                                |
| 8  | TECHO 2 LOSA               | 30-oct-18           | 274                                |
| 9  | VPI-105-6-VIGA             | 30-oct-18           | 279                                |
| 10 | VPI-104-5-VIGA             | 30-oct-18           | 215                                |
| 11 | VPI-107-9-VIGA             | 30-oct-18           | 521                                |
| 12 | VPI-107-10-VIGA            | 30-oct-18           | 256                                |

Cabe manifestar que los resultados obtenidos por el referido Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería DAN COMO RESULTADO RESISTENCIA MAYORES A LOS f°C 210 KG/CM2 (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN), QUE SEÑALAN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, PARA LA REFERIDA OBRA, SE ADJUNTA TABLA DE RESULTADOS.

Es lo que informo a usted para los fines consiguientes.

Att

  
Ing° Oscar Francisco Jesús Pacheco Vargas.

Especialista de la Comisión Auditora  
CIP 22813



www.muni.villa-el-salvador.gob.ni  
info@muni.villa-el-salvador.gob.ni  
Laboratorio de Ensayo  
de Materiales - UMI

Av. Topac Amun N° 210, Lima 22  
apachado 1301 - Perú  
(971) 381-3243  
(971) 481-1070 Anexo: 4081-4084

UNI-LEM  
La Oficina de Ensayo y Control de Materiales  
Laboratorio Central 120 2001



## **ANEXO N° 04:**

**Panel Fotográfico.**

## PANEL FOTOGRÁFICO



**FOTO N° 01.** En la imagen se muestra la Elevación Frontal de la Institución Educativa Inicial “Santa Rosa de Lima”.



**FOTO N° 02.** En la imagen se muestra una fisura en la unión entre el pórtico de entrada de la I.E.I. y el bloque de edificios administrativos.



**FOTO N° 03.** En la imagen se muestra la rampa de acceso al Bloque de Aulas de la Institución Educativa Inicial Santa Rosa de Lima, y una grieta longitudinal, en la junta fría formada con el bloque de aulas adenaño.



**FOTO N° 04.** En la imagen se observa una fisura vertical, formada en la unión del parapeto perteneciente al bloque de aulas, y el parapeto propio del volado de la escalera independiente colindante.



**FOTO N° 05.** En la imagen se muestra una fisura en la unión entre el final del bloque de aulas de la I.E.I. Santa Rosa de Lima y el bloque correspondiente a la escalera independiente de acceso al segundo nivel.



**FOTO N° 06.** En la imagen se muestra una fisura en la unión entre el pórtico de entrada de la I.E.I. y el bloque de edificios administrativos.



**FOTO N° 07.** En la imagen se puede observar la colocación del perno de anclaje para la maquina extractora de prismas diamantinos. En el Punto C-6 – I (Muestra M3).



**FOTO N° 08.** En la imagen se visualiza el proceso de perforación para la extracción de la muestra M3 correspondiente al elemento C-6 – I.



**FOTO N° 09.** En la imagen se visualiza al personal encargado de los trabajos retirando de manera cuidadosa la muestra M3 correspondiente al elemento C-6 – I.



**FOTO N° 10.** En la imagen se muestra la toma de información (medidas) para los cálculos propios del ensayo; esto para la muestra M3 correspondiente al elemento C-6 – I.



**FOTO N° 11.** En la imagen se puede observar al personal de laboratorio, ubicando el acero de refuerzo de la columna, a fin de poder realizar el ensayo en el Elemento C-6 – D (Muestra M2) con normalidad.



**FOTO N° 12.** En la imagen se puede observar al personal de apoyo realizando el picado del recubrimiento de la columna, a fin de poder realizar el ensayo de esclerómetro en el Elemento C-6 – D (Muestra M2) con normalidad.



**FOTO N° 13.** En la imagen se puede observar al personal encargado de la extracción de primas diamantinos, realizar el proceso de perforación correspondiente. Esto en el Elemento C-6 – D (Muestra M2).



**FOTO N° 14.** En la imagen se puede observar el marcado de la superficie de la columna propio del ensayo de esclerometría - elemento C-6 – D (Muestra M2).



**FOTO N° 15.** En la fotografía se observa la toma de medidas de la muestra, para los cálculos posteriores propios del ensayo. Muestra M2 (elemento C-6 – D).



**FOTO N° 16.** En la fotografía se observa el proceso de perforación para la extracción de la Muestra M1.



**FOTO N° 17.** En la imagen se observa el ensayo de esclerometría con el equipo que el operador sostiene en manos. Muestra M1.



**FOTO N° 18.** En la imagen se observa la preparación del concreto autocompactante (Mortero reforzado con fibras SIKA REP), para reposición de los agujeros producto de la extracción de diamantinas.



**FOTO N° 19.** En la imagen se observa el proceso de sellado del Punto de donde se extrajo la Muestra M3 con el Mortero reforzado con Fibras SIKAREP.



**FOTO N° 20.** En la imagen se observa el proceso de sellado del Punto de donde se extrajo la Muestra M2 con el Mortero reforzado con Fibras SIKAREP.



**FOTO N° 21.** Identificación de acero de refuerzo previa extracción de la muestra M1.



**FOTO N° 22.** Personal de Laboratorio FIC UNI realizando la extracción de prisma diamantino, muestra M1.



**FOTO N° 23.** En la imagen se muestra la extracción de la muestra M3.



**FOTO N° 24.** En la imagen se muestra la identificación de acero de refuerzo para la extracción de la muestra M4.



**FOTO N° 25.** En la imagen se muestra el proceso de extracción del prisma diamantino, muestra M9.



**FOTO N° 27.** En la imagen se muestra el proceso de extracción del prisma diamantino, muestra M6.



**FOTO N° 28.** En la fotografía se muestra el proceso de extracción de la muestra M12.



**FOTO N° 29.** En la fotografía se muestran los puntos donde se realizó la extracción de las muestras M7 y M8 referentes a la losa de la edificación en análisis.



**FOTO N° 30.** En la imagen se muestra el prisma diamantino obtenido de la extracción de la muestra M7 y M8.



**FOTO N° 31.** En la imagen se muestra la identificación de acero de refuerzo para la extracción de la muestra M11.



**FOTO N° 32.** En la imagen se muestra el proceso de extracción del prisma diamantino M11.



**FOTO N° 33.** En la Fotografía se muestran las muestras obtenidas de la extracción de prismas diamantinos durante el segundo proceso de extracción (Días 1 y 2).



**FOTO N° 34.** En la imagen se muestra el prisma diamantino correspondiente a la muestra M2, antes del ensayo de rotura.



**FOTO N° 35.** En la imagen se muestra el registro de datos provenientes del ensayo de resistencia a la compresión.



**FOTO N° 36.** En la imagen se observan las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 después de la realización del ensayo de resistencia a la compresión.



**FOTO N° 37.** En la imagen se muestra el prisma diamantino correspondiente a la muestra M9, M10, M11 y M12, antes del ensayo de rotura.

## **ANEXO N° 05:**

**Ficha Técnica Losa Vigüeta – Bovedilla**

# VIGUETAS PRETENSADAS



## RAPIDEZ, SEGURIDAD Y AHORRO

Prefabricados diseñados para losas de viviendas unifamiliares,  
multifamiliares y oficinas.

Certificado por:



Ministerio  
de Vivienda,  
Construcción  
y Saneamiento

R.M. 331-2005-VIVIENDA

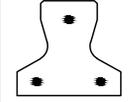
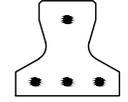
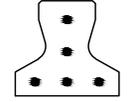
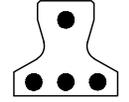
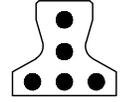
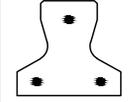
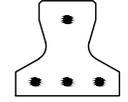
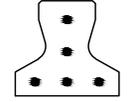
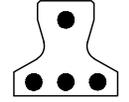
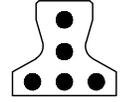
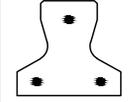
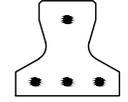
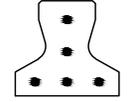
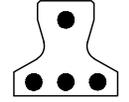
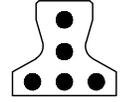
**CONCREMAX**

# VIGUETAS PRETENSADAS

| DESCRIPCIÓN   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>‡ Sistema constructivo compuesto por viguetas prefabricadas pretensadas, bovedillas (complementos aligerantes) y losa de compresión vaciada in situ.</li><li>‡ No requiere armado de fondo de losa, solo soleras y puntales como elementos de apoyo.</li><li>‡ Reduce la cantidad de material en la construcción de la losa, desde 5 hasta 12% por m<sup>2</sup>, dependiendo del diseño: menor cantidad de acero y concreto por m<sup>2</sup>.</li><li>‡ CONCREMAX ofrece viguetas de longitud variable, según el requerimiento de la obra. Permite paños más grandes con menor peralte, según condiciones de diseño.</li><li>‡ Certificadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento con RM N°331-2005-VIVIENDA. Cumplen requisitos de la NTP 334.189.</li></ul> |  |
| USOS  |  |
| Prefabricados diseñados para losas de viviendas unifamiliares, multifamiliares y oficinas.  |  |
| VENTAJAS  |  |
| <b>RAPIDEZ</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>‡ Proceso constructivo rápido y de fácil instalación. Reduce el tiempo de ejecución.</li><li>‡ Capacidad de despacho en el volumen y plazo requerido.</li><li>‡ Producción industrializada.</li><li>‡ Mínimo personal requerido para su instalación.</li></ul> |
| <b>SEGURIDAD</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>‡ Concreto pretensado de alta resistencia y durabilidad.</li><li>‡ Riguroso control de calidad durante su fabricación.</li></ul>   |
| <b>AHORRO</b>   | <ul style="list-style-type: none"><li>‡ Piezas despachadas a medida, evita desperdicio en obra.</li><li>‡ Menor cantidad de acero y concreto por m<sup>2</sup> respecto a un sistema convencional vaciado in situ.</li><li>‡ Mínima merma y desperdicio en obra.(*)</li></ul>                        |
| (*) El uso de bovedillas de concreto reduce la merma, aumentando la productividad.  |  |

**CONCREMAX ofrece viguetas de longitud variable, según el requerimiento de la obra. Permite paños más grandes con menor peralte, según condiciones de diseño.**

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

|   |  |   |  |   |              |              |   |   |   |  |   |
|---|--|---|--|---|--------------|--------------|---|---|---|--|---|
| <b>MATERIALES PARA SU FABRICACIÓN</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▮ <b>Concreto:</b> resistencia a la compresión <math>f'c</math> 350, 420 y 500 kg/cm<sup>2</sup>.</li> <li>▮ <b>Acero:</b> Alambre de acero de alta resistencia: <math>f_y=18,900</math> kg/cm<sup>2</sup> fabricados con acero Y1860 según Norma UNE 36094.</li> </ul>   |   |  |   |              |              |   |   |   |  |   |
| <b>ELEMENTOS ALIGERANTES</b>  | <p>Variedad de complementos aligerantes en alturas variables, desde 12 hasta 25 cm de altura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▮ Bovedillas (arcilla, concreto o poliestireno).</li> <li>▮ Mix (bandeja de concreto + bloque de poliestireno).</li> <li>▮ Bandejas especiales de concreto para instalaciones sanitarias.</li> </ul>  |   |  |   |              |              |   |   |   |  |   |
| <b>TIPOS DE VIGUETAS</b>  | <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="background-color: #f08080; color: white;"><b>V-101</b></td> <td style="background-color: #f0e68c; color: white;"><b>V-102</b></td> <td style="background-color: #c8e6c9; color: white;"><b>V-103</b></td> <td style="background-color: #81c784; color: white;"><b>V-104</b></td> <td style="background-color: #90caf9; color: white;"><b>V-105</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | <b>V-101</b>  | <b>V-102</b>   | <b>V-103</b>  | <b>V-104</b> | <b>V-105</b> |  |  |  |  |  |
| <b>V-101</b>  | <b>V-102</b>   | <b>V-103</b>  | <b>V-104</b>   | <b>V-105</b>  |              |              |   |   |   |  |   |
|  |   |  |  |  |              |              |   |   |   |  |   |

## CUADRO COMPARATIVO - PESO UNITARIO DE LOSA POR M<sup>2</sup>

| ESPESOR DE LOSA (CM) | SISTEMA TRADICIONAL LADRILLO ARCILLA A 40 CM | SISTEMA CON VIGUETAS PRETENSADAS CONCREMAX |   |                           |                            |
|----------------------|--|--|---|---------------------------|----------------------------|
|                      |  | BOVEDILLA POLIESTIRENO A 50 CM             | MIX (BANDEJA CONCRETO + BLOQUE DE POLIESTIRENO) A 50 CM | BOVEDILLA ARCILLA A 50 CM | BOVEDILLA CONCRETO A 50 CM |
| 17                   | 270 Kg                                       | 190 Kg                                     | 260 Kg  | 265 Kg                    | ----                       |
| 20                   | 300 Kg                                       | 210 Kg                                     | 278 Kg  | 280 Kg                    | 315 Kg                     |
| 25                   | 350 kg                                       | 250 kg                                     | 306 kg  | 335 kg                    | 360 Kg                     |
| 30                   | 400 Kg                                       | 300 Kg                                     | 336 Kg  | 400 Kg                    | ----                       |

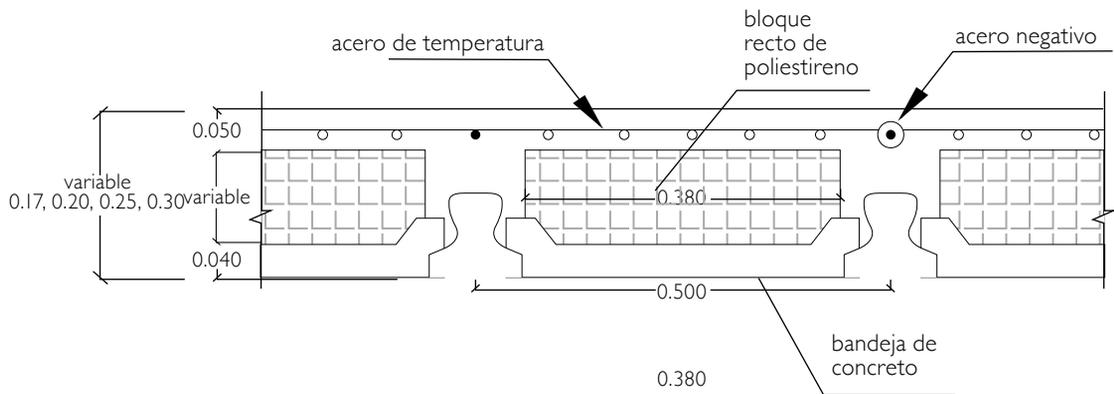
**TABLA DE PREDIMENSIONAMIENTO PARA USO DE VIGUETAS EN VIVIENDA UNIFAMILIAR**  
**SOBRECARGA DE USO (S/C): 250 Kg/m<sup>2</sup>**

**TIPO DE COMPLEMENTO**

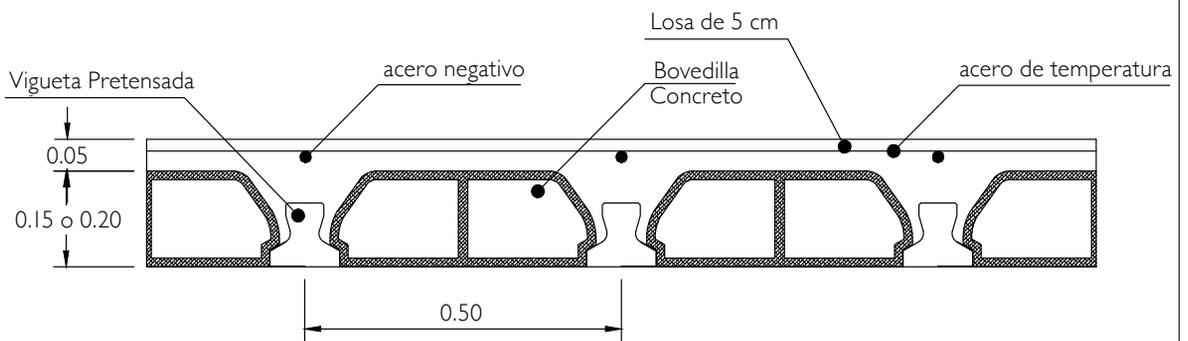
| LUZ LIBRE | BOVEDILLA DE POLIESTIRENO | BOVEDILLA DE ARCILLA | MIX (BANDEJA DE CONCRETO + BLOQUE DE POLIESTIRENO) | BOVEDILLA DE CONCRETO |
|-----------|---------------------------|----------------------|--|-----------------------|
| 2.50      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 2.60      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 2.70      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 2.80      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 2.90      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.00      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.10      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.20      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.30      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.40      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.50      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.60      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.70      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.80      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 3.90      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI01                  |
| 4.00      | VI01                      | VI01                 | VI01   | VI02                  |
| 4.10      | VI01                      | VI02                 | VI02   | VI02                  |
| 4.20      | VI01                      | VI02                 | VI02   | VI02                  |
| 4.30      | VI01                      | VI02                 | VI02   | VI02                  |
| 4.40      | VI02                      | VI02                 | VI02   | VI02                  |
| 4.50      | VI02                      | VI02                 | VI02   | VI02                  |
| 4.60      | VI02                      | VI02                 | VI02   | VI02                  |
| 4.70      | VI02                      | VI02                 | VI02   | VI03                  |
| 4.80      | VI02                      | VI03                 | VI03   | VI03                  |
| 4.90      | VI02                      | VI03                 | VI03   | VI03                  |
| 5.00      | VI02                      | VI03                 | VI03   | VI03                  |
| 5.10      | VI03                      | VI03                 | VI03   | VI03                  |
| 5.20      | VI03                      | VI03                 | VI03   | VI04                  |
| 5.30      | VI03                      | VI04                 | VI04   | VI04                  |
| 5.40      | VI03                      | VI04                 | VI04   | VI04                  |
| 5.50      | VI03                      | VI04                 | VI04   | VI04                  |
| 5.60      | VI04                      | VI04                 | VI04   | VI04                  |
| 5.70      | VI04                      | VI04                 | VI04   | VI04                  |
| 5.80      | VI04                      | VI04                 | VI04   | VI05                  |
| 5.90      | VI04                      | VI05                 | VI05   | VI05                  |
| 6.00      | VI04                      | VI05                 | VI05   | VI05                  |



### DETALLE MIX (BANDEJA DE CONCRETO CON BLOQUE RECTO POLIESTIRENO)

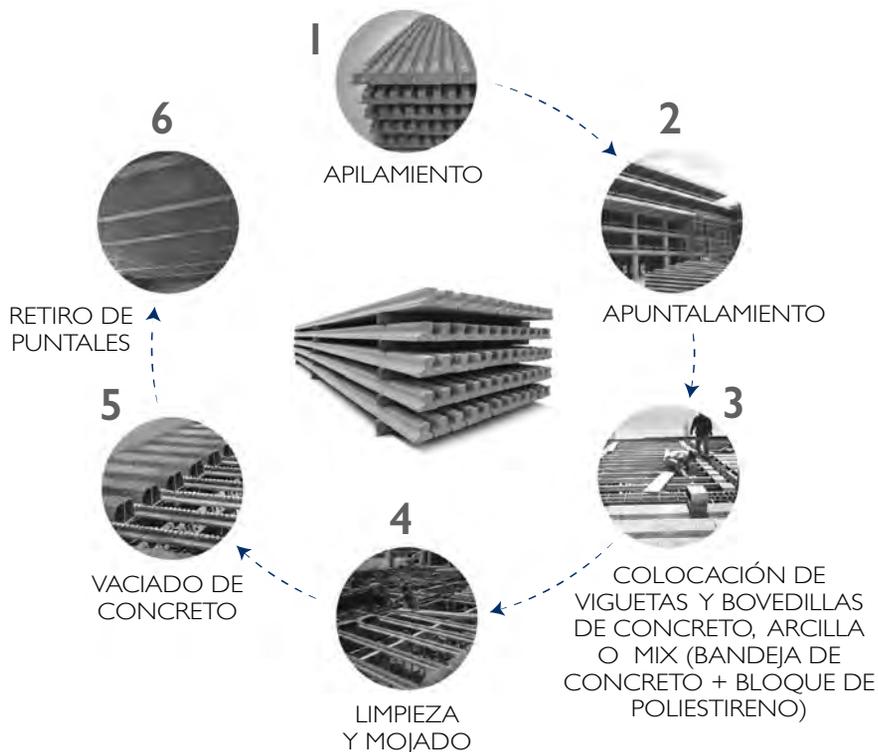


### SECCIONES TRANSVERSALES DE LOSA CON SISTEMA DE VIGUETAS CONCREMAX



# PROCESO CONSTRUCTIVO

|  |   |
|--|---|
| <b>APILAMIENTO</b>                         | El material es descargado y colocado en hileras. Cada hilera está separada por tacos, distanciados a 1.50 o 2 m. según la cantidad de hileras: 9 o 7. Con ello se garantiza la horizontalidad de la vigueta, así como su facilidad para el acarreo. |
| <b>APUNTALAMIENTO</b>                      | No se requiere un fondo de encofrado, solo requiere puntales separados a 1.50 m y soleras cuya separación va desde 1.50 m hasta 2 m según la altura de la losa.   |
| <b>COLOCACIÓN DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS</b> | La colocación es manual, comenzando por las viguetas, y utilizando las bovedillas como distanciadores.  |
| <b>LIMPIEZA Y MOJADO</b>                   | Luego de culminar el armado y previo al vaciado, se debe realizar la limpieza de la losa para eliminar cualquier material ajeno.  |
| <b>VACIADO DE CONCRETO</b>                 | El vaciado es similar que en una losa convencional, permitiendo realizarse con concreto premezclado o preparado in situ, con o sin bomba.   |
| <b>RETIRO DE PUNTALES</b>                  | Los puntales se retiran al llegar a una resistencia mínima de 140 Kg/cm <sup>2</sup> , debiendo realizarse un reapuntalamiento según la longitud de las luces.  |



(511) 217-2700

pretensados@concremax.com.pe

www.concremax.com.pe

 Concremax S.A.

## **ANEXO N° 06:**

**Verificación de Irregularidades de la Edificación Existente la  
Edificación Reforzada.**

# **CÁLCULO DE IRREGULARIDADES EDIFICACIÓN EXISTENTE**

## ANÁLISIS DE IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA Y EN PLANTA - EDIFICACIÓN EXISTENTE

**Proyecto:** Análisis Pushover de la I.E.I. " Santa Rosa de Lima"  
**Ubicación:** Villa el Salvador - Lima - Lima  
**Fecha:** 11/08/2020

**A. DATOS:** Rellenar los espacios de color ambar.

f'c columnas= 227 kg/cm<sup>2</sup>                      Rx= 8  
 f'c vigas= 331 kg/cm<sup>2</sup>                         Ry= 8

|                                     | Deriv. Elas. x | Deriv. Elas. Y | h de Entrepiso(m) | Peso Pi (Tn)  |
|-------------------------------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|
| ...                                 | ...            | ...            | ...               | ...           |
| 2° Nivel:                           | 0.001439       | 0.000314       | 7.575             | 128.31        |
| 1° Nivel:                           | 0.001321       | 0.000393       | 4.525             | 173.95        |
| <b>Peso Total de la Edificación</b> |                |                |                   | <b>302.26</b> |

Cortante Basal en X: 66.350 Tn  
 Cortante Basal en Y: 66.350 Tn

### **B. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA**

#### **1. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO**

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas. ambos evaluados para la misma condición de carga.

|          | Dirección | Rigidez Lateral ki | <70% k Piso i+1 | <80% k Piso ( i+1, i+2, i+3) | Por tanto la Edificación es: | la  |
|----------|-----------|--------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|-----|
| 1° Nivel | X         | 391.010            | Regular         | No aplica                    | Regular                      | 1   |
|          | Y         | 416.691            | Regular         | No aplica                    | Regular                      | 1   |
| 2° Nivel | X         | 65.754             | -               | -                            | -                            | -   |
|          | Y         | 377.447            | -               | -                            | -                            | -   |
| 3° Nivel | ...       | ...                | ...             | ...                          | ...                          | ... |

Por lo tanto:  **la= 1.00**

#### **2. IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA - PISO DEBIL**

Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Debido a que la resistencia a la compresión de los elementos es la misma en ambos niveles de la edificación, el análisis se simplifica a la comparación de las secciones de los Elementos.

|   | Nivel    | Cortante | 0.80 Vc | CONTROL | la |
|---|----------|----------|---------|---------|----|
| X | 1° Nivel | 61.6318  |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 34.4203  | 27.536  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |
| Y | 1° Nivel | 63.3254  |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 32.9546  | 26.364  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |

Por lo tanto:



la= 1.00

### 3. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ

Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

|          | Dirección | Rigidez Lateral ki | <60% k Piso i+1 | <70% k Piso (i+1, i+2, i+3) | CONTROL | la  |
|----------|-----------|--------------------|-----------------|-----------------------------|---------|-----|
| 1° Nivel | X         | 391.010            | Regular         | No aplica                   | Regular | 1   |
|          | Y         | 416.691            | Regular         | No aplica                   | Regular | 1   |
| 2° Nivel | X         | 65.754             | -               | -                           | -       | -   |
|          | Y         | 377.447            | -               | -                           | -       | -   |
| 3° Nivel | ...       | ...                | ...             | ...                         | ...     | ... |

Por lo tanto:



la= 1.00

### 4. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Debido a que la resistencia a la compresión de los elementos es la misma en ambos niveles de la edificación, el análisis se simplifica a la comparación de las secciones de los Elementos.

|   | Nivel    | Cortante | 0.65 Vc | CONTROL | la |
|---|----------|----------|---------|---------|----|
| X | 1° Nivel | 61.632   |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 34.420   | 22.373  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |
| Y | 1° Nivel | 63.325   |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 32.955   | 21.420  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |

Por lo tanto:



**la= 1.00**

### 5. IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

Se tiene irregularidad de masa o (peso) cuando el peso de un piso determinado es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

|          | Pi     | 1.5 P(i+1) | CONTROL | la |
|----------|--------|------------|---------|----|
| 1° Nivel | 173.95 | 192.462    | Regular | 1  |
| 2° Nivel | 128.31 | -          |         |    |
| 3° Nivel | ...    | ...        |         |    |

Por lo tanto:

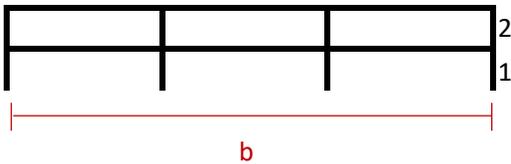


**la= 1.00**

### 6. IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor de 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

(No aplica a azoteas ni sótanos)



|    | En X  | En Y  |
|----|-------|-------|
| -  | -     | -     |
| -  | -     | -     |
| b2 | 18.00 | 12.54 |
| b1 | 18.00 | 12.54 |

Por lo tanto:

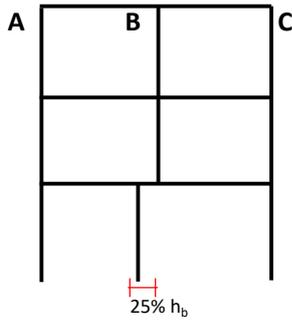


**lax= 1.00**  
**lay= 1.00**

### 7. IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.

En el presente análisis no se cuenta con ningún elemento que presente un cambio en su orientación o alineamiento, por tanto esta verificación no es aplicable.



$$B = b_b \times h_b$$



Donde el elemento B resiste más del 10% de V

$$10\% V_x = 6.635$$

$$10\% V_y = 6.635$$

Dimensiones de la Columna del Elemento:

$$b_b = 0$$

$$h_b = 0$$

El elemento cambia su orientación:

NO

El elemento se ha desplazado en x:

0.00 m

El elemento se ha desplazado en y:

0.00 m

Por lo tanto:



$$l_{ax} = 1.00$$

$$l_{ay} = 1.00$$

### 8. IRREGULARIDAD EXTREMA POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.

En el presente análisis no se cuenta con ningún elemento que presente un cambio en su orientación o alineamiento, por tanto esta verificación no es aplicable.

Algún elemento resistente soporta más del 25% de V:

El elemento discontinuo soporta en X:

|  |
|--|
|  |
|  |

, el 25%  $V_x$  es igual a: 16.5875

El elemento discontinuo soporta en Y:

, el 25%  $V_y$  es igual a: 16.5875

Por lo tanto:



$$l_{ax} = 1.00$$

$$l_{ay} = 1.00$$

### 9. CUADRO RESUMEN DE LAS IRREGULARIDADES EN ALTURA:

| IRREGULARIDADES EN ALTURA   | $l_{ax}$ | $l_{ay}$ |
|---|----------|----------|
| 1. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO                               | 1.00     | 1.00     |
| 2. IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA - PISO DEBIL                            | 1.00     | 1.00     |
| 3. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ                                     | 1.00     | 1.00     |
| 4. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA                                 | 1.00     | 1.00     |
| 5. IRREGULARIDAD DE MASA O PESO   | 1.00     | 1.00     |
| 6. IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL                                    | 1.00     | 1.00     |
| 7. IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES         | 1.00     | 1.00     |
| 8. IRREGULARIDAD EXTREMA POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES | 1.00     | 1.00     |

Por tanto tomaremos como la el mínimo valor de todos los obtenidos por las irregularidades:



$$l_{ax} = 1.00$$

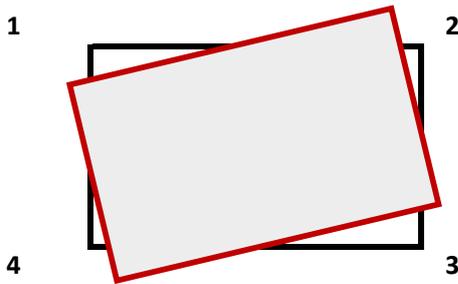


$$l_{ay} = 1.00$$

## C. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA

### 1. IRREGULARIDAD TORSIONAL

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo la excentricidad accidental ( $\Delta_{max}$ ), es mayor que 1.2 veces el desplazamiento relativo del centro de masa para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla 11, de la RM-355-2018-



| x        | $\Delta_{1-1}$ | $\Delta_{CM}$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|----------------|---------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -              | -             | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00136525     | 0.001309      | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.00123812     | 0.001185      | REGULAR | 1.00  |

| y        | $\Delta_{1-1}$ | $\Delta_{CM}$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|----------------|---------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -              | -             | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00030695     | 0.000275      | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.00039646     | 0.000358      | REGULAR | 1.00  |

Por lo tanto:



**$I_p$  x= 1.00**  
 **$I_p$  y= 1.00**

### 2. IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo la excentricidad accidental ( $\Delta_{max}$ ), es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo del centro de masa para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla 11, de la RM-355-2018-

|          | $\Delta_{1-1}$ | $\Delta_{CM}$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|----------------|---------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -              | -             | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00136525     | 0.001309      | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.00123812     | 0.001185      | REGULAR | 1.00  |

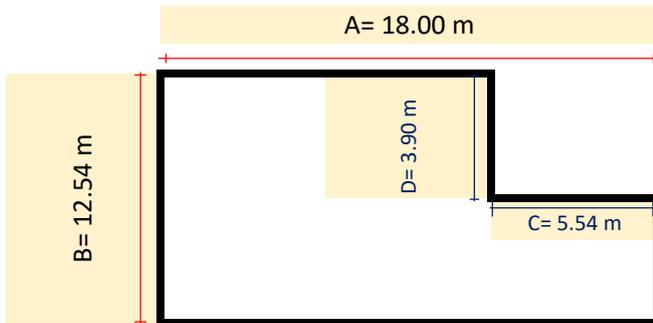
|          | $\Delta_{1-1}$ | $\Delta_{CM}$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|----------------|---------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -              | -             | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00030695     | 0.000275      | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.00039646     | 0.000358      | REGULAR | 1.00  |

Por lo tanto:



### 3. ESQUINAS ENTRANTES

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.

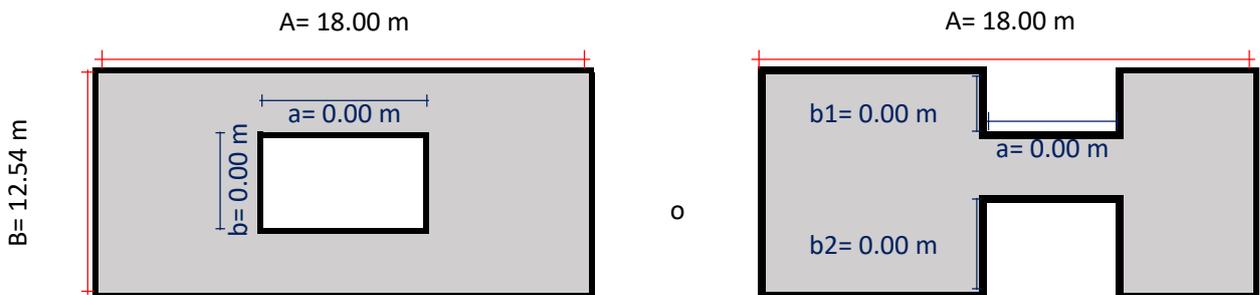


Por lo tanto:



### 4. DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección del área de la sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.

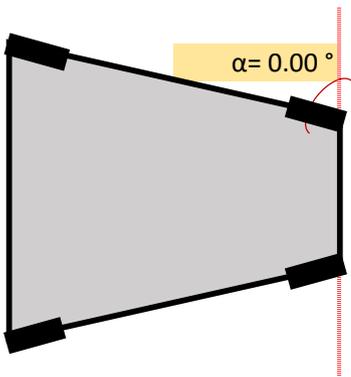


Por lo tanto:



### 5. SISTEMAS NO PARALELOS

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que  $30^\circ$  ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.



Por lo tanto:



$I_p = 1.00$

#### 6. CUADRO RESUMEN DE LAS IRREGULARIDADES:

| IRREGULARIDADES EN PLANTA          | $I_p x$ | $I_p y$ |
|------------------------------------|---------|---------|
| 1. IRREGULARIDAD TORSIONAL         | 1.00    | 1.00    |
| 2. IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA | 1.00    | 1.00    |
| 3. ESQUINAS ENTRANTES              | 0.90    | 0.90    |
| 4. DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA    | 1.00    | 1.00    |
| 5. SISTEMAS NO PARALELOS           | 1.00    | 1.00    |

Por tanto tomaremos como la el mínimo valor de todos los obtenidos por las irregularidades:



$I_p x = 0.90$



$I_p y = 0.90$

# **CÁLCULO DE IRREGULARIDADES EDIFICACIÓN REFORZADA**

# ANÁLISIS DE IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA Y EN PLANTA - EDIFICACIÓN REFORZADA

**Proyecto:** Análisis Pushover de la I.E.I. " Santa Rosa de Lima"

**Ubicación:** Villa el Salvador - Lima - Lima

**Fecha:** 11/08/2020

**A. DATOS:** Rellenar los espacios de color ambar.

f'c columnas= 227 kg/cm<sup>2</sup>

Rx= 7

f'c vigas= 331 kg/cm<sup>2</sup>

Ry= 7

|                                     | Deriv. Elas. x | Deriv. Elas. Y | h de Entrepiso(m) | Peso Pi (Tn)  |
|-------------------------------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|
| ...                                 | ...            | ...            | ...               | ...           |
| 2° Nivel:                           | 0.000595       | 0.000307       | 7.575             | 139.20        |
| 1° Nivel:                           | 0.000307       | 0.000224       | 4.525             | 184.97        |
| <b>Peso Total de la Edificación</b> |                |                |                   | <b>324.16</b> |

Cortante Basal en X: 114.079 Tn

Cortante Basal en Y: 114.079 Tn

## **B. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA**

### **1. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO**

Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas. ambos evaluados para la misma condición de carga.

|          | Dirección | Rigidez Lateral ki | <70% k Piso i+1 | <80% k Piso ( i+1, i+2, i+3) | Por tanto la Edificación es: | la  |
|----------|-----------|--------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|-----|
| 1° Nivel | X         | 763.126            | Regular         | No aplica                    | Regular                      | 1   |
|          | Y         | 1214.966           | Regular         | No aplica                    | Regular                      | 1   |
| 2° Nivel | X         | 261.587            | -               | -                            | -                            | -   |
|          | Y         | 602.601            | -               | -                            | -                            | -   |
| 3° Nivel | ...       | ...                | ...             | ...                          | ...                          | ... |

Por lo tanto:



**la= 1.00**

### **2. IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA - PISO DEBIL**

Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Debido a que la resistencia a la compresión de los elementos es la misma en ambos niveles de la edificación, el análisis se simplifica a la comparación de las secciones de los Elementos.

|   | Nivel    | Cortante | 0.80 Vc | CONTROL | la |
|---|----------|----------|---------|---------|----|
| X | 1° Nivel | 114.0794 |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 49.8742  | 39.899  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |
| Y | 1° Nivel | 111.0976 |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 49.8741  | 39.899  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |

Por lo tanto:



la= 1.00

### 3. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ

Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.

|          | Dirección | Rigidez Lateral ki | <60% k Piso i+1 | <70% k Piso (i+1, i+2, i+3) | CONTROL | la  |
|----------|-----------|--------------------|-----------------|-----------------------------|---------|-----|
| 1° Nivel | X         | 763.126            | Regular         | No aplica                   | Regular | 1   |
|          | Y         | 1214.966           | Regular         | No aplica                   | Regular | 1   |
| 2° Nivel | X         | 261.587            | -               | -                           | -       | -   |
|          | Y         | 602.601            | -               | -                           | -       | -   |
| 3° Nivel | ...       | ...                | ...             | ...                         | ...     | ... |

Por lo tanto:



la= 1.00

### 4. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA

Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

Debido a que la resistencia a la compresión de los elementos es la misma en ambos niveles de la edificación, el análisis se simplifica a la comparación de las secciones de los Elementos.

|   | Nivel    | Cortante | 0.65 Vc | CONTROL | la |
|---|----------|----------|---------|---------|----|
| X | 1° Nivel | 114.079  |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 49.874   | 32.418  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |
| Y | 1° Nivel | 111.098  |         |         |    |
|   | 2° Nivel | 49.874   | 32.418  | REGULAR | 1  |
|   |          |          |         |         |    |

Por lo tanto:



**la= 1.00**

### 5. IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

Se tiene irregularidad de masa o (peso) cuando el peso de un piso determinado es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

|          | Pi     | 1.5 P(i+1) | CONTROL | la |
|----------|--------|------------|---------|----|
| 1° Nivel | 184.97 | 208.794    | Regular | 1  |
| 2° Nivel | 139.20 | -          |         |    |
| 3° Nivel | ...    | ...        |         |    |

Por lo tanto:

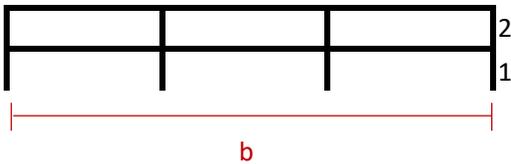


**la= 1.00**

### 6. IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor de 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

(No aplica a azoteas ni sótanos)



|    | En X  | En Y  |
|----|-------|-------|
| -  | -     | -     |
| -  | -     | -     |
| b2 | 18.00 | 12.54 |
| b1 | 18.00 | 12.54 |

Por lo tanto:

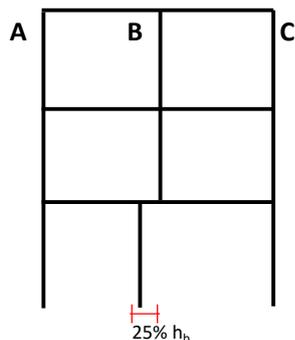


**lax= 1.00**  
**lay= 1.00**

### 7. IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES

Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.

En el presente análisis no se cuenta con ningún elemento que presente un cambio en su orientación o alineamiento, por tanto esta verificación no es aplicable.



$$B = b_b \times h_b$$



Donde el elemento B resiste más del 10% de V

$$10 \% V_x = 11.40794$$

$$10 \% V_y = 11.40794$$

Dimensiones de la Columna del Elemento:

$$b_b = 0$$

$$h_b = 0$$

El elemento cambia su orientación:

NO

El elemento se ha desplazado en x:

0.00 m

El elemento se ha desplazado en y:

0.00 m

Por lo tanto:



$$I_{ax} = 1.00$$

$$I_{ay} = 1.00$$

### 8. IRREGULARIDAD EXTREMA POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.

En el presente análisis no se cuenta con ningún elemento que presente un cambio en su orientación o alineamiento, por tanto esta verificación no es aplicable.

Algún elemento resistente soporta más del 25% de V:

El elemento discontinuo soporta en X:

|  |
|--|
|  |
|  |

, el 25%  $V_x$  es igual a: 28.51985

El elemento discontinuo soporta en Y:

, el 25%  $V_y$  es igual a: 28.51985

Por lo tanto:



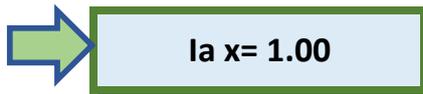
$$I_{ax} = 1.00$$

$$I_{ay} = 1.00$$

### 9. CUADRO RESUMEN DE LAS IRREGULARIDADES EN ALTURA:

| IRREGULARIDADES EN ALTURA   | I <sub>a x</sub> | I <sub>a y</sub> |
|---|------------------|------------------|
| 1. IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ - PISO BLANDO                               | 1.00             | 1.00             |
| 2. IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA - PISO DEBIL                            | 1.00             | 1.00             |
| 3. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RIGIDEZ                                     | 1.00             | 1.00             |
| 4. IRREGULARIDAD EXTREMA DE RESISTENCIA                                 | 1.00             | 1.00             |
| 5. IRREGULARIDAD DE MASA O PESO   | 1.00             | 1.00             |
| 6. IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL                                    | 1.00             | 1.00             |
| 7. IRREGULARIDAD POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES         | 1.00             | 1.00             |
| 8. IRREGULARIDAD EXTREMA POR DISCONTINUIDAD DE LOS SISTEMAS RESISTENTES | 1.00             | 1.00             |

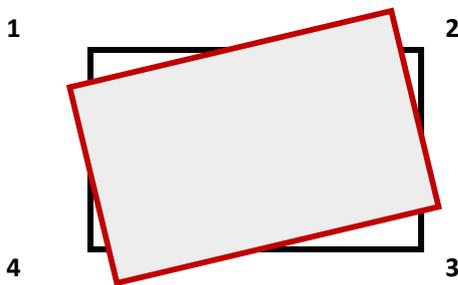
Por tanto tomaremos como la el mínimo valor de todos los obtenidos por las irregularidades:



**C. IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA**

**1. IRREGULARIDAD TORSIONAL**

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo la excentricidad accidental ( $\Delta_{max}$ ), es mayor que 1.2 veces el desplazamiento relativo del centro de masa para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla 11, de la RM-355-2018-



| x        | $\Delta_{1-1}$ | $\Delta_{CM}$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|----------------|---------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -              | -             | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00072168     | 0.00072168    | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.00041502     | 0.00041502    | REGULAR | 1.00  |

| y        | $\Delta_{1-1}$ | $\Delta_{CM}$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|----------------|---------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -              | -             | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00040357     | 0.00040357    | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.0003204      | 0.0003204     | REGULAR | 1.00  |

Por lo tanto:



**2. IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA**

Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo la excentricidad accidental ( $\Delta_{max}$ ), es mayor que 1.5 veces el desplazamiento relativo del centro de masa para la misma condición de carga ( $\Delta_{CM}$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla 11, de la RM-355-2018-

|          | $\Delta 1-1$ | $\Delta CM$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|--------------|-------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -            | -           | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00072168   | 0.00072168  | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.00041502   | 0.00041502  | REGULAR | 1.00  |

|          | $\Delta 1-1$ | $\Delta CM$ | CONTROL | $I_p$ |
|----------|--------------|-------------|---------|-------|
| 3° Nivel | -            | -           | -       | -     |
| 2° Nivel | 0.00040357   | 0.00040357  | REGULAR | 1.00  |
| 1° Nivel | 0.0003204    | 0.0003204   | REGULAR | 1.00  |

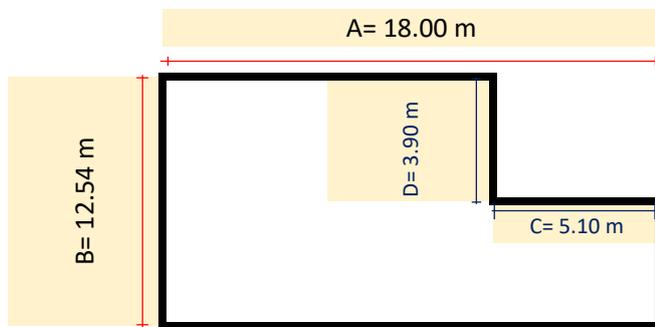
Por lo tanto:



$I_p x = 1.00$   
 $I_p y = 1.00$

### 3. ESQUINAS ENTRANTES

La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.



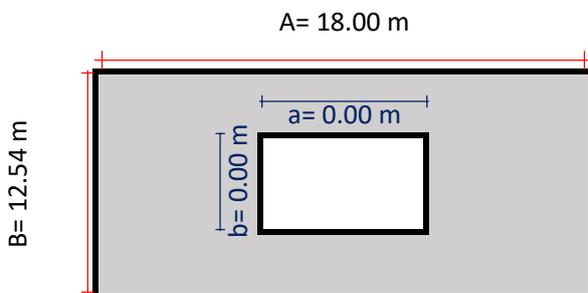
Por lo tanto:



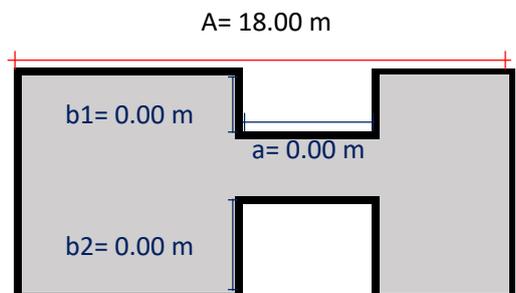
$I_p = 0.90$

### 4. DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA

La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección del área de la sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.



o



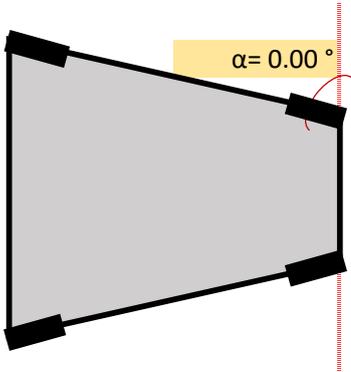
Por lo tanto:



$I_p = 1.00$

### 5. SISTEMAS NO PARALELOS

Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que  $30^\circ$  ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.



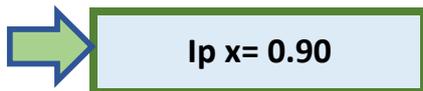
Por lo tanto:



### 6. CUADRO RESUMEN DE LAS IRREGULARIDADES:

| IRREGULARIDADES EN PLANTA          | $I_p x$ | $I_p y$ |
|------------------------------------|---------|---------|
| 1. IRREGULARIDAD TORSIONAL         | 1.00    | 1.00    |
| 2. IRREGULARIDAD TORSIONAL EXTREMA | 1.00    | 1.00    |
| 3. ESQUINAS ENTRANTES              | 0.90    | 0.90    |
| 4. DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA    | 1.00    | 1.00    |
| 5. SISTEMAS NO PARALELOS           | 1.00    | 1.00    |

Por tanto tomaremos como la el mínimo valor de todos los obtenidos por las irregularidades:



## **ANEXO N° 07:**

**Cálculo del Puntal Equivalente de Albañilería.**

# **CÁLCULO DEL PUNTAL DE ALBAÑILERÍA – 1 NIVEL**

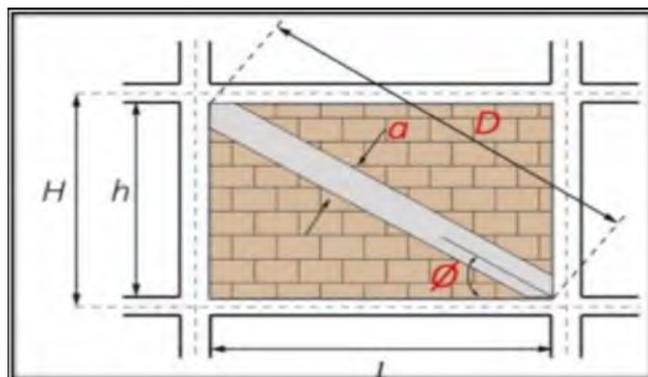
# CÁLCULO DEL PUNTAL DIAGONAL - RÓTULAS ALBAÑILERÍA

PRIMER PISO (H=3.15m)

## 1. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES:

|                  |                               |   |
|------------------|-------------------------------|---|
| f'c col=         | 227.00 kgf/cm <sup>2</sup>    | Esfuerzo a la compresión de concreto                                  |
| f <sub>m</sub> = | 65.00 kgf/cm <sup>2</sup>     | Esfuerzo a la compresión de la albañilería                            |
| v <sub>m</sub> = | 2.57 kgf/cm <sup>2</sup>      | Resistencia caracterisca de la albañilería al corte (Art. 13.8 E.070) |
| E <sub>m</sub> = | 32500.00 kgf/cm <sup>2</sup>  | Módulo de elasticidad de la albañilería                               |
| E <sub>c</sub> = | 227504.44 kgf/cm <sup>2</sup> | Módulo de elasticidad del concreto                                    |
| l <sub>c</sub> = | 0.00 m <sup>4</sup>           | Inecia de Columnas de confinamiento                                   |
| G <sub>m</sub> = | 13000.00 kgf/cm <sup>2</sup>  | Módulo de corte del concreto  |
| f <sub>s</sub> = | 4.00 kgf/cm <sup>2</sup>      | Resistencia última a cizalle de albañilería                           |

## 2. PROPIEDADES GEOMETRICAS:



|                   |                     |                                    |
|-------------------|---------------------|------------------------------------|
| t <sub>m</sub> =  | 0.15 m              | Espesor de muro de albañilería     |
| H=                | 3.15 m              | Altura bruta del muro              |
| L=                | 3.33 m              | Longitud bruta del muro            |
| h=                | 2.65 m              | Altura efetiva del muro            |
| l=                | 2.58 m              | Longitud efectiva del muro         |
| d=                | 3.70 m              | Longitud diagonal del Puntal       |
| θ=                | 0.76 rad            | Angulo del Puntal Equivalente      |
| A <sub>c1</sub> = | 0.04 m <sup>2</sup> | Area de columna de confinamiento 1 |
| A <sub>c2</sub> = | 0.08 m <sup>2</sup> | Area de columna de confinamiento 2 |

## 2. CÁLCULO DEL ANCHO DEL PUNTAL

\* BAZAN Y MELI:

$$a = (0.35 + 0.022\lambda) H \quad \text{Donde:} \quad \lambda = \left( \frac{E_c \cdot A_c}{G_m \cdot A_m} \right)$$

$$a = 1.11247784 \quad \lambda = 0.144$$

**\*MAINSTONE 1971**

$$a = 0.175 d (\lambda_1 H)^{-0.4}$$
$$a = 0.35995595$$

Donde:  $\lambda_1 = \left( \frac{E_m * t * \sin(2\theta)}{4 * E_c * I_{col} * h} \right)^{1/4}$

$$\lambda_1 = 1.376$$

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$a = d/4$$
$$a = 0.925$$

De los valores mencionados tomaremos el valor obtenido de acuerdo a la norma E.070. Se observa que el mismo guarda relación al obtenido mediante la fórmula de los autores Bazan y Meli, siendo el más crítico el de la norma E070 por ser menor.

**3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A ASIGNAR EN LA RÓTULA**

**- Aplastamiento:**

**\*MAINSTONE 1971**

$$R_{cr} = a * t_m * f_m$$
$$R_{cr} = 90150.9301 \text{ kg f}$$

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$R_{cr} = 0.12 * f_m * d * t_m$$
$$R_{cr} = 40010.7825 \text{ kg f}$$

**-Cizalle**

**\*MAINSTONE 1971**

$$R_{corte} = A_n * v_m$$
$$R_{corte} = 9953.09906 \text{ kg f}$$

Donde:  $A_n = l * t_m$

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$R_{corte} = f_s * t_m * d / (1 - 0.4 h/l)$$
$$R_{corte} = 37666.2995 \text{ kg f}$$

**-Tracción Diagonal**

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$R_{tr} = 0.85 \sqrt{F_m d t_m}$$
$$R_{tr} = 38018.2787 \text{ kg f}$$

De los valores hallados tomaremos como la resistencia del puntal el menor valor obtenido, en este caso es el que correspondiente al valor de la resistencia al cizalle.

# **CÁLCULO DEL PUNTAL DE ALBAÑILERÍA – 2 NIVEL**

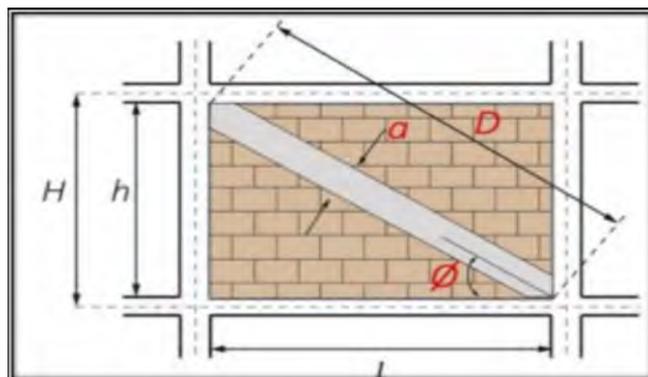
# CÁLCULO DEL PUNTAL DIAGONAL - RÓTULAS ALBAÑILERÍA

SEGUNDO PISO (H=3.385m)

## 1. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES:

|                     |                               |   |
|---------------------|-------------------------------|---|
| $f'c \text{ col} =$ | 227.00 kgf/cm <sup>2</sup>    | Esfuerzo a la compresión de concreto                                  |
| $f_m =$             | 65.00 kgf/cm <sup>2</sup>     | Esfuerzo a la compresión de la albañilería                            |
| $v_m =$             | 2.57 kgf/cm <sup>2</sup>      | Resistencia caracterisca de la albañilería al corte (Art. 13.8 E.070) |
| $E_m =$             | 32500.00 kgf/cm <sup>2</sup>  | Módulo de elasticidad de la albañilería                               |
| $E_c =$             | 227504.44 kgf/cm <sup>2</sup> | Módulo de elasticidad del concreto                                    |
| $l_c =$             | 0.00 m <sup>4</sup>           | Inecia de Columnas de confinamiento                                   |
| $G_m =$             | 13000.00 kgf/cm <sup>2</sup>  | Módulo de corte del concreto  |
| $f_s =$             | 4.00 kgf/cm <sup>2</sup>      | Resistencia última a cizalle de albañilería                           |

## 2. PROPIEDADES GEOMETRICAS:



|            |                     |                                    |
|------------|---------------------|------------------------------------|
| $t_m =$    | 0.15 m              | Espesor de muro de albañilería     |
| $H =$      | 3.05 m              | Altura bruta del muro              |
| $L =$      | 3.33 m              | Longitud bruta del muro            |
| $h =$      | 2.55 m              | Altura efetiva del muro            |
| $l =$      | 2.58 m              | Longitud efectiva del muro         |
| $d =$      | 3.63 m              | Longitud diagonal del Puntal       |
| $\theta =$ | 0.74 rad            | Angulo del Puntal Equivalente      |
| $A_{c1} =$ | 0.04 m <sup>2</sup> | Area de columna de confinamiento 1 |
| $A_{c2} =$ | 0.08 m <sup>2</sup> | Area de columna de confinamiento 2 |

## 2. CÁLCULO DEL ANCHO DEL PUNTAL

\* BAZAN Y MELI:

$$a = (0.35 + 0.022\lambda) H \quad \text{Donde:} \quad \lambda = \left( \frac{E_c * A_c}{G_m * A_m} \right)$$

$$a = 1.07753995 \quad \lambda = 0.150$$

**\*MAINSTONE 1971**

$$a = 0.175 d (\lambda_1 H)^{-0.4}$$
$$a = 0.35634176$$

Donde:  $\lambda_1 = \left( \frac{E_m * t * \sin(2\theta)}{4 * E_c * I_{col} * h} \right)^{1/4}$

$$\lambda_1 = 1.389$$

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$a = d/4$$
$$a = 0.907$$

De los valores mencionados tomaremos el valor obtenido de acuerdo a la norma E.070. Se observa que el mismo guarda relación al obtenido mediante la fórmula de los autores Bazan y Meli, siendo el más crítico el de la norma E070 por ser menor.

**3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A ASIGNAR EN LA RÓTULA**

**- Aplastamiento:**

**\*MAINSTONE 1971**

$$R_{cr} = a * t_m * f_m$$
$$R_{cr} = 88420.7955 \text{ kg f}$$

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$R_{cr} = 0.12 * f_m * d * t_m$$
$$R_{cr} = 38489.7825 \text{ kg f}$$

**-Cizalle**

**\*MAINSTONE 1971**

$$R_{corte} = A_n * v_m$$
$$R_{corte} = 9953.09906 \text{ kg f}$$

Donde:  $A_n = l * t_m$

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$R_{corte} = f_s * t_m * d / (1 - 0.4 h/l)$$
$$R_{corte} = 35996.1582 \text{ kg f}$$

**-Tracción Diagonal**

**\* NORMA E.070 ALBAÑILERÍA:**

$$R_{tr} = 0.85 \sqrt{F_m d t_m}$$
$$R_{tr} = 37288.6497 \text{ kg f}$$

De los valores hallados tomaremos como la resistencia del puntal el menor valor obtenido, en este caso es el que correspondiente al valor de la resistencia al cizalle.

## **ANEXO N° 08:**

**Verificación de la Cimentación de la Edificación Reforzada.**

---

## ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN

### 1 ESTRUCTURACIÓN PARA LA CIMENTACIÓN

Para la cimentación los modelos del proyecto de tesis “ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA” se empleará un sistema de zapatas combinadas según se muestra en los planos de estructura existente. Se verificará que estas con capaces de transmitir las cargas de los niveles superiores al suelo de fundación.

La geometría de la cimentación existente muestra solado de 10 cm, y 60cm de peralte de zapatas cimentadas a una profundidad de desplante de -1.80 m medida desde el nivel del terreno natural.

### 2 MODELAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

Para el modelamiento de la cimentación se ha utilizado un programa especializado en el análisis y diseño de edificaciones, que al igual que otros programas ha venido siendo implementado con la mejora de herramientas para el diseño estructural, siendo así que este entorno tiene la capacidad de calcular no solo estructuras complejas sino también sus cimentaciones.

Para la definición del suelo de soporte en la cimentación, colchón de resortes, se ha ingresado el Módulo de balasto en la función del programa: Define/Spring Properties/Area Springs.

En cuanto a los grados de libertad en la cimentación, se restringen los dos grados de libertad traslacionales (horizontales), y se libera el tercer grado de libertad (traslacional) en el eje “Z”, a fin de que actúe el 100% de las propiedades del colchón de resortes asignadas según los dos párrafos anteriores.

La definición de estas propiedades, según lo expuesto, permiten al calculista controlar los efectos de asentamiento y presiones en la cimentación que se presentarán más adelante.

## 2.1 DATOS PARA EL ANÁLISIS

- Capacidad portante del Terreno: se ha considerado usar un  $D_f=1.80$  m, medido desde el nivel de terreno natural, según EMS, se tiene  $Q_{adm}= 1.27 \text{ kg/cm}^2$ .
- Módulo de Balasto para Zapatas =  $K_s=2.7 \text{ kg/cm}^3$
- Concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para todos los elementos de cimentación.

## 2.2 COMBINACIONES DE CARGA PARA EL ANÁLISIS

- Para el análisis de la cimentación se adicionará como caso de carga, la carga producida por el peso del suelo de relleno, obtenido de la multiplicación de la altura de relleno con el peso específico del terreno.
- Para la verificación de las dimensiones de los elementos de la cimentación en análisis, se tendrá que realizar 3 combinaciones, con ellas se verificó la presión en el terreno, a fin de concluir que las dimensiones son las adecuadas.

$$\text{VERIFICACIÓN 1} = \text{CM} + \text{CV}$$

$$\text{VERIFICACIÓN 2} = \text{CM} + \text{CV} \pm 0.8\text{SD}_x$$

$$\text{VERIFICACIÓN 3} = \text{CM} + \text{CV} \pm 0.8\text{SD}_y$$

- Donde, CM es la carga debido al peso propio y las cargas permanentes asignadas, CV es la carga viva y SD es la carga de sismo.
- Las Cargas Eventuales SD, se reducirán hasta un 80%, y las cargas gravitacionales no presentarán factor de amplificación.

## 2.3 VERIFICACIÓN DE PRESIONES

- La presión ejercida por las zapatas en el terreno, no deberán ser mayores a la capacidad portante del suelo, de lo contrario estas deberán tener mayor dimensión.
- Las cargas de servicio correspondientes a la combinación VERIFICACIÓN 1, se verificarán para no sobrepasar la capacidad portante del suelo.
- Para las cargas eventuales, incluidas en las combinaciones VERIFICACIÓN 2 y 3, se verificarán para no sobrepasar la capacidad portante del suelo aumentado en un 30%. Art. 15.2.4. NTE: E.060.

## 2.4 COMBINACIONES DE CARGA PARA EL DISEÑO

### Concreto Armado

Los elementos estructurales de concreto armado han sido verificados para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño ( $\phi R_n$ ) por lo menos iguales a las resistencias requeridas ( $R_u$ ), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipula en la Norma E.060, Artículo 9.2. En todas las secciones de los elementos se debe cumplir:

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

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

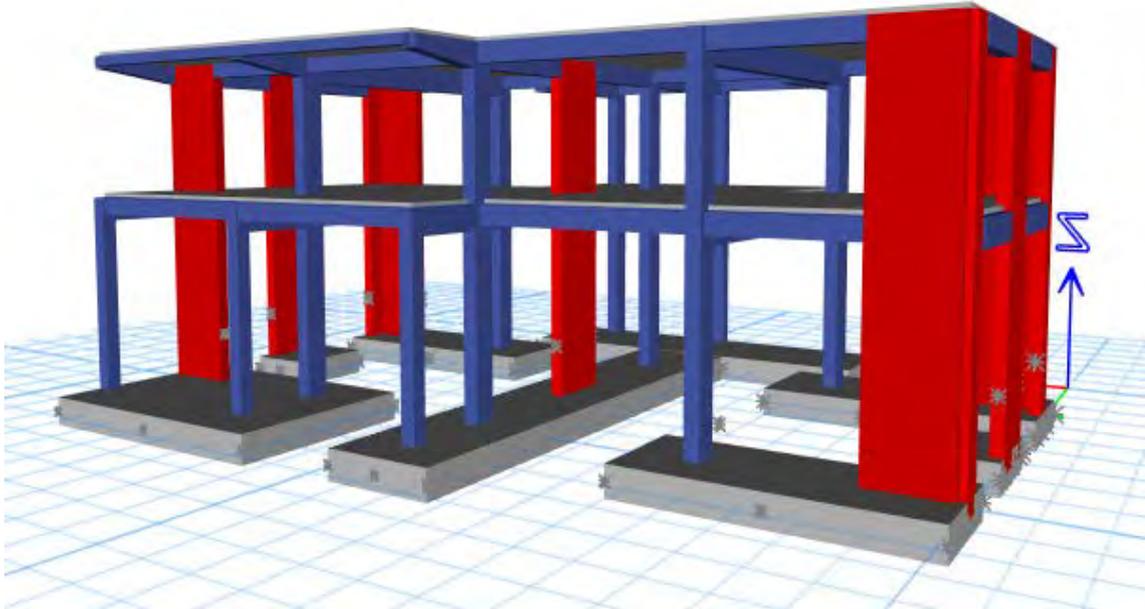
$$U = 0.9CM \pm CS$$

Donde CM es la carga muerta, CV la carga viva y CS la carga correspondiente al sismo. Así mismo la Norma E.060 en el Artículo 9.3.2 señala que la resistencia de diseño ( $\phi R_n$ ) proporcionada por un elemento, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, deberán tomarse como la resistencia nominal multiplicada por los factores  $\phi$  de reducción de resistencia especificada a continuación:

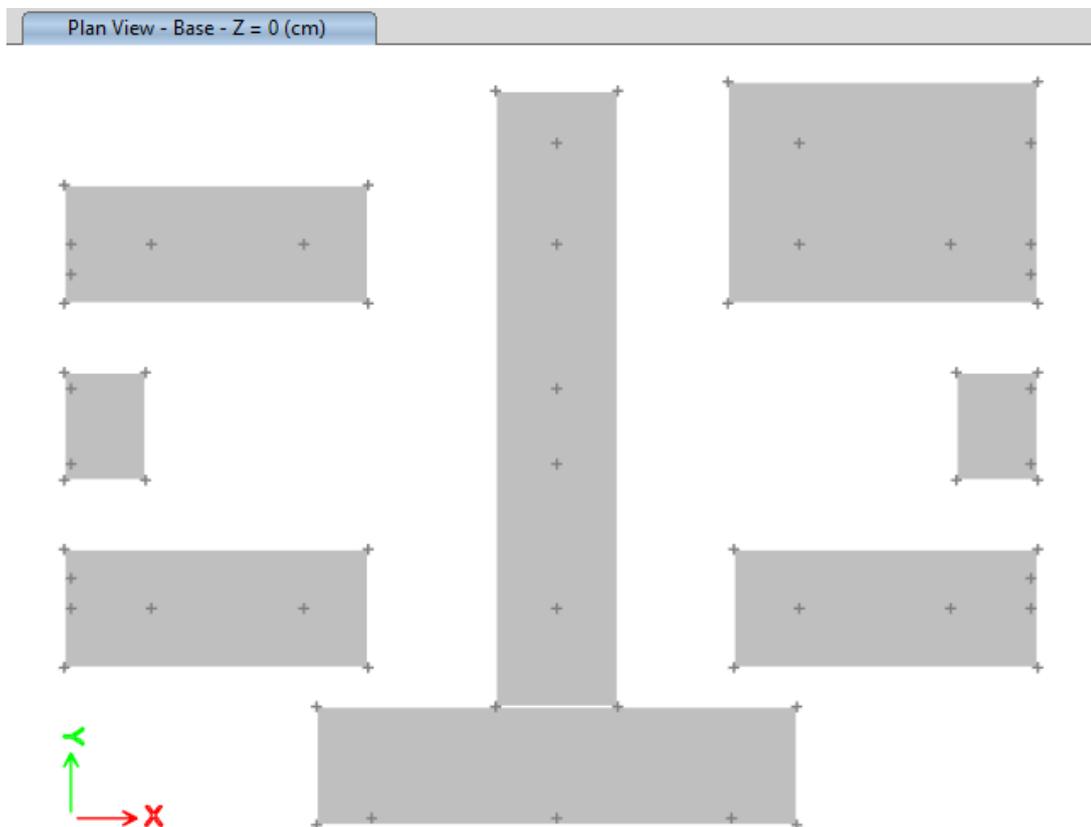


### 3 RESULTADOS DEL ANALISIS

VISTA 3D



VISTA EN PLANTA

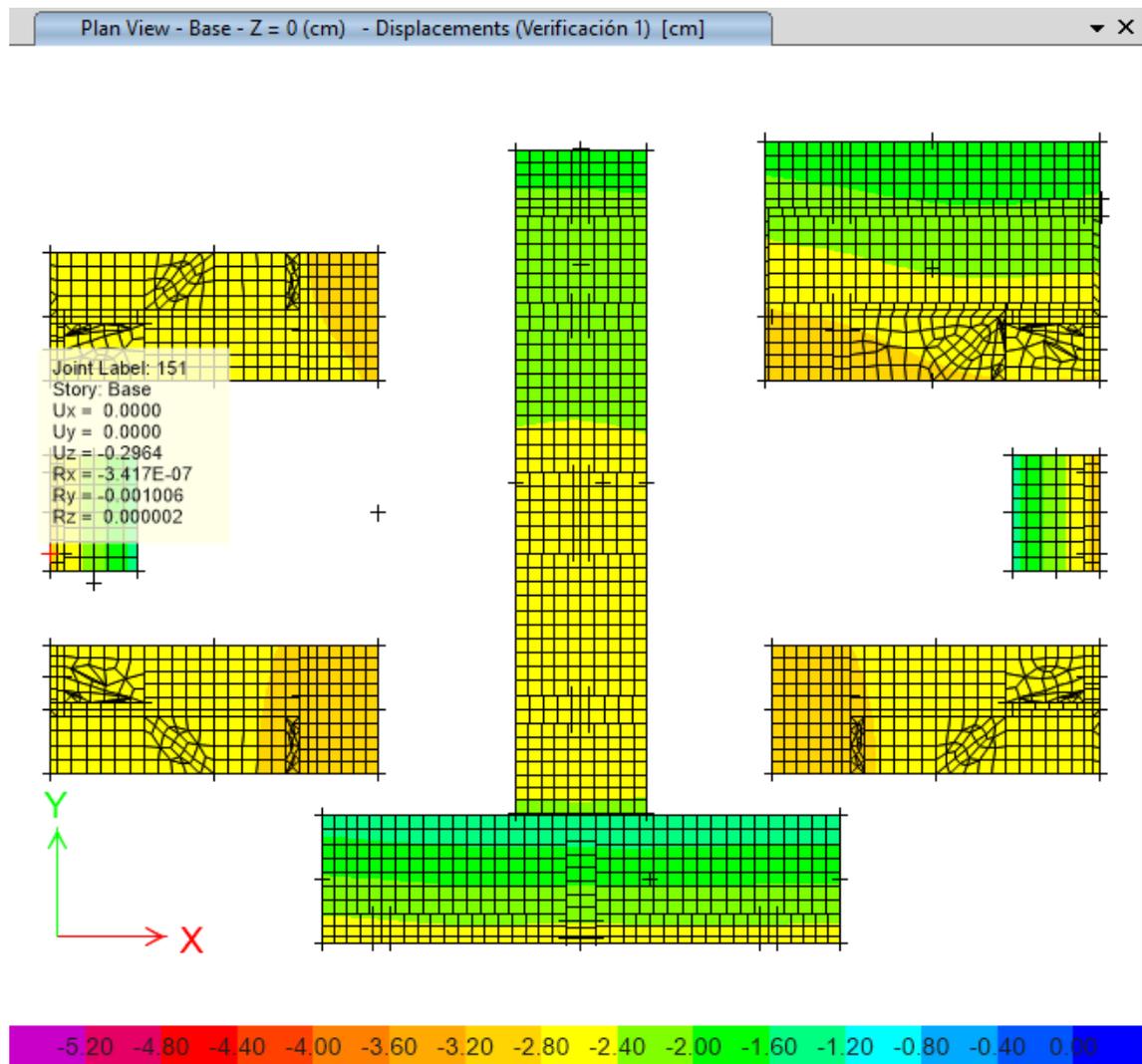


### 3.1 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTO Y PRESIÓN ADMISIBLE

#### Verificación del Asentamiento Máximo

Las zapatas transmitirán al terreno las cargas de servicio impuestas sobre la estructura, las cuales causaran un asentamiento diferencial en el suelo de soporte que no deben exceder a 0.659cm.

Se hace la comprobación con las cargas de servicio: Donde Asentamiento máximo es  $U_z=0.2989\text{cm}$  y aproximando el asentamiento mínimo a 0cm, por lo tanto, el asentamiento diferencial es 0.2964cm y está dentro del rango permitido.

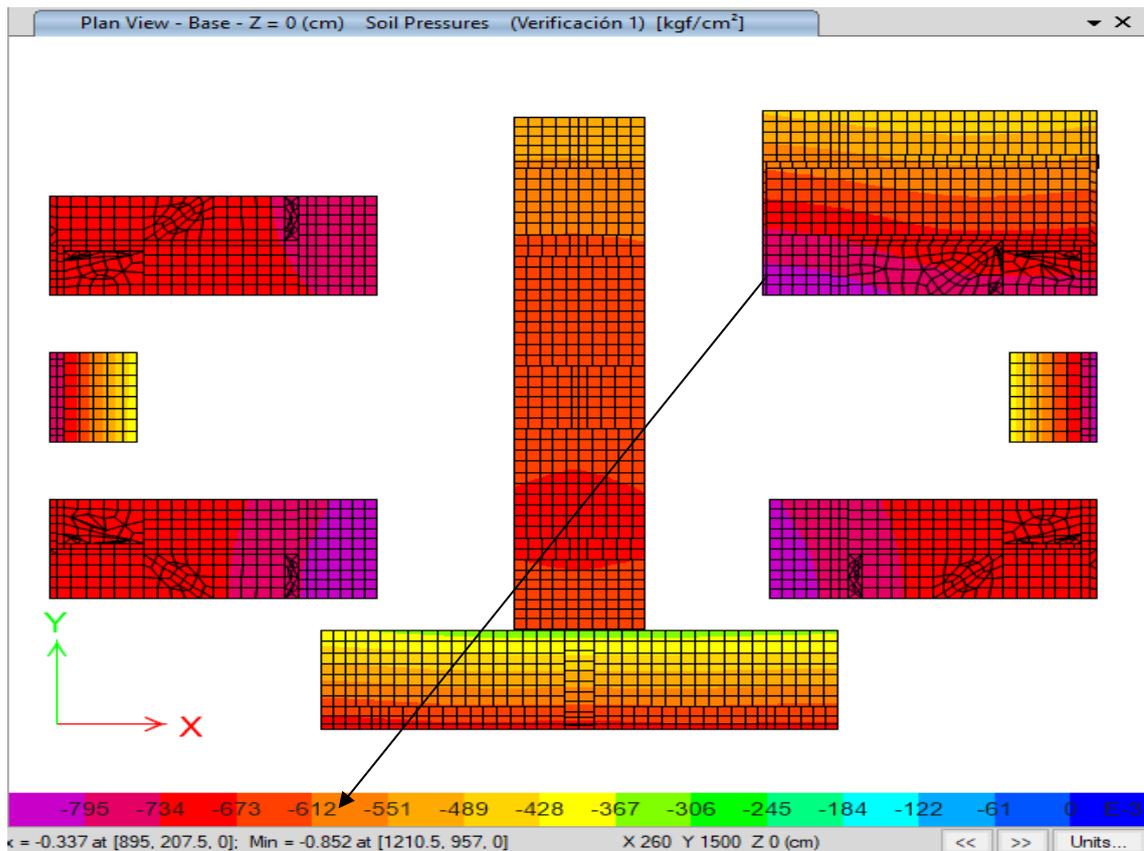


### Verificación de la Presión Admisibile

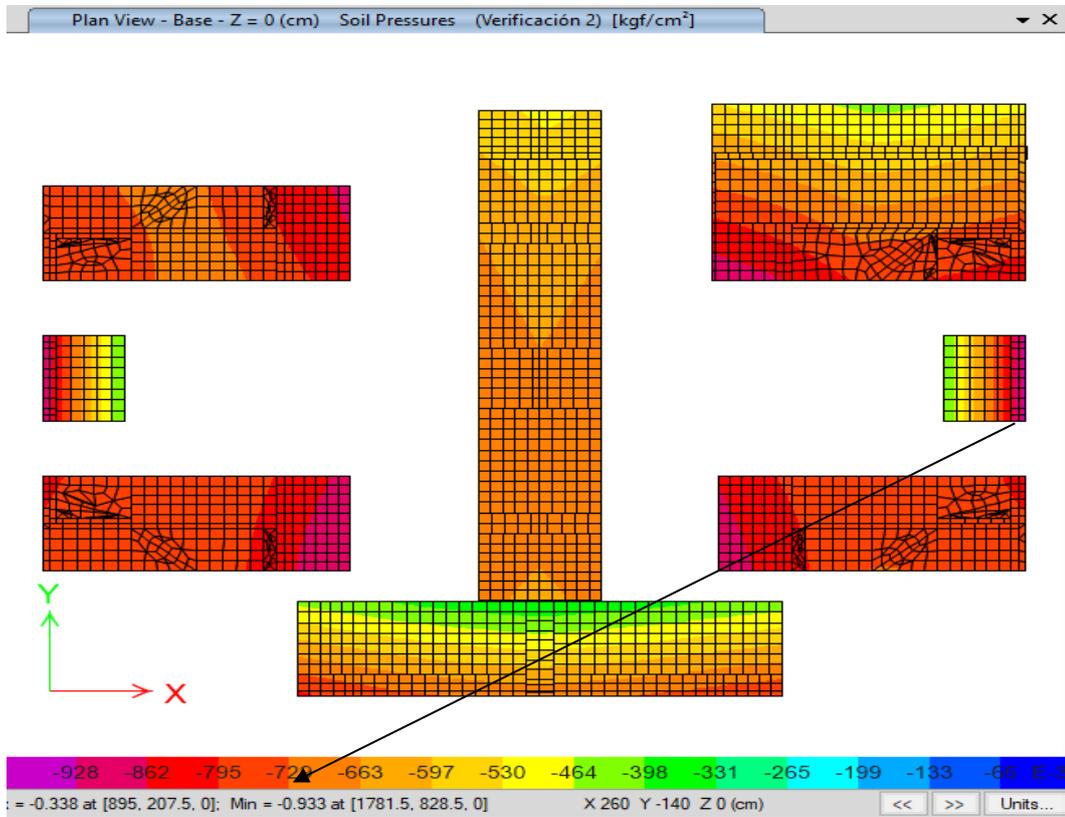
Las zapatas transmitirán una presión al terreno, ejercida por las cargas impuestas de la estructura, las cuales para cargas de servicio no deberán exceder a 1.27kg/cm<sup>2</sup>, y para combinaciones con cargas eventuales no excederán a 1.65kg/cm<sup>2</sup>.

| PRESIONES EN EL TERRENO |                                      |  |  |     |
|-------------------------|--------------------------------------|--|--|-----|
| COMBINACIONES DE CARGA  | PRESION MÁXIMA (kg/cm <sup>2</sup> ) | PRESIÓN ADMISIBLE SERVICIO (kg/cm <sup>2</sup> ) | PRESIÓN ADMISIBLE CARGA EVENTUAL (kg/cm <sup>2</sup> ) |     |
| VERIFICACIÓN 1          | 1.270                                | 0.852  | OK.  |     |
| VERIFICACIÓN 2          | 1.650                                |  | 0.933  | OK. |
| VERIFICACIÓN 3          | 1.650                                |  | 0.870  | OK. |

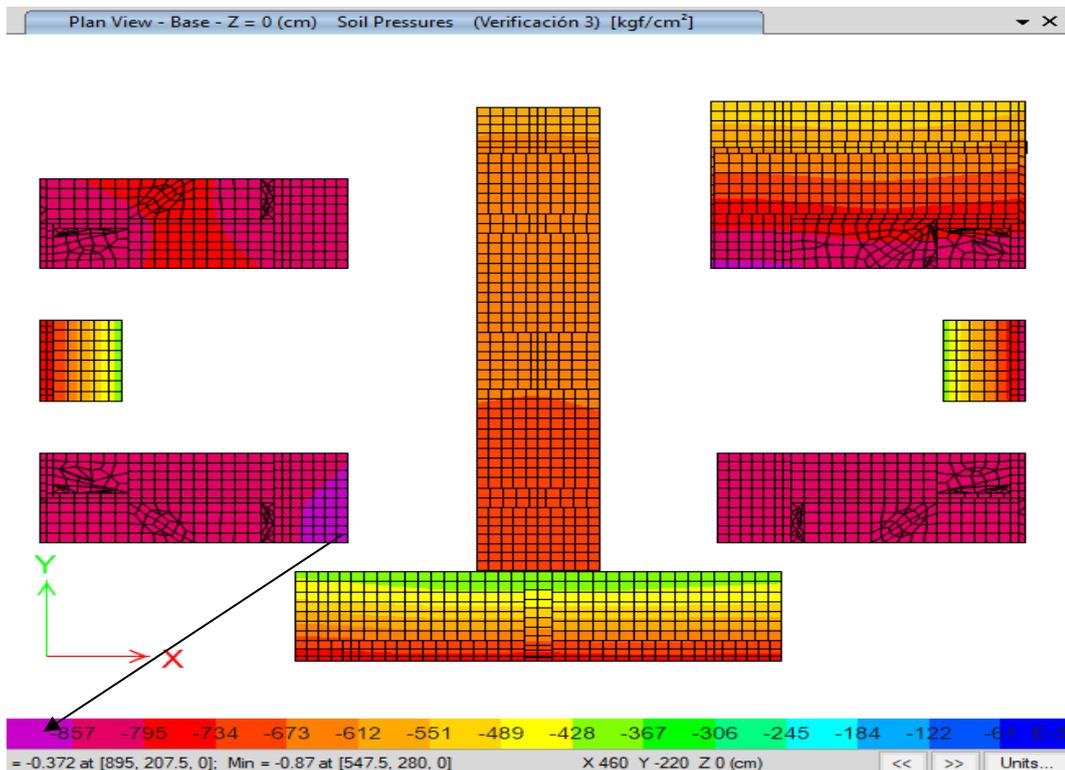
COMB: VERIFICACIÓN 1



COMB: VERIFICACIÓN 2



COMB: VERIFICACIÓN 3



### 3.2 DISEÑO DE ZAPATAS

#### Criterios de Análisis por Cuantía Mínima

Partiendo del refuerzo existente “As”, se calculará si cumple con la cuantía mínima de acero.

$$A_{s_{min}} = 0.0018 * b * h$$

$$A_{s_{min}} = 0.0018 * 100 * 60 = 10.80 \text{ cm}^2$$

La sección de zapata tiene 9Ø5/8” por cada metro lineal. 4 en la cara superior y 5 en la cara inferior. La cantía de acero total existente es:  $A_{st} = 9 * 1.99 = 17.91 \text{ cm}^2$ , por lo tanto, cumple con la cuantía mínima.

#### Criterios de Análisis por Flexión

Partiendo del refuerzo existente “As”, se calculará la profundidad del bloque rectangular de compresiones en el concreto, “a”, mediante la siguiente formula:

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

Donde:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , por lo tanto:

Luego se procederá a calcular la profundidad del eje neutro “c”:

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{a}{0.85}$$

El siguiente paso será determinar la deformación unitaria neta en el acero de refuerzo extremo “es”, utilizando el diagrama lineal de deformaciones en la sección transversal de la viga:

$$\varepsilon_s = 0.003 * \left( \frac{d}{c} - 1 \right)$$

Deberá verificarse si la sección es controlada por tracción, para lo que deberá cumplirse que  $\varepsilon_s \geq 0.005$

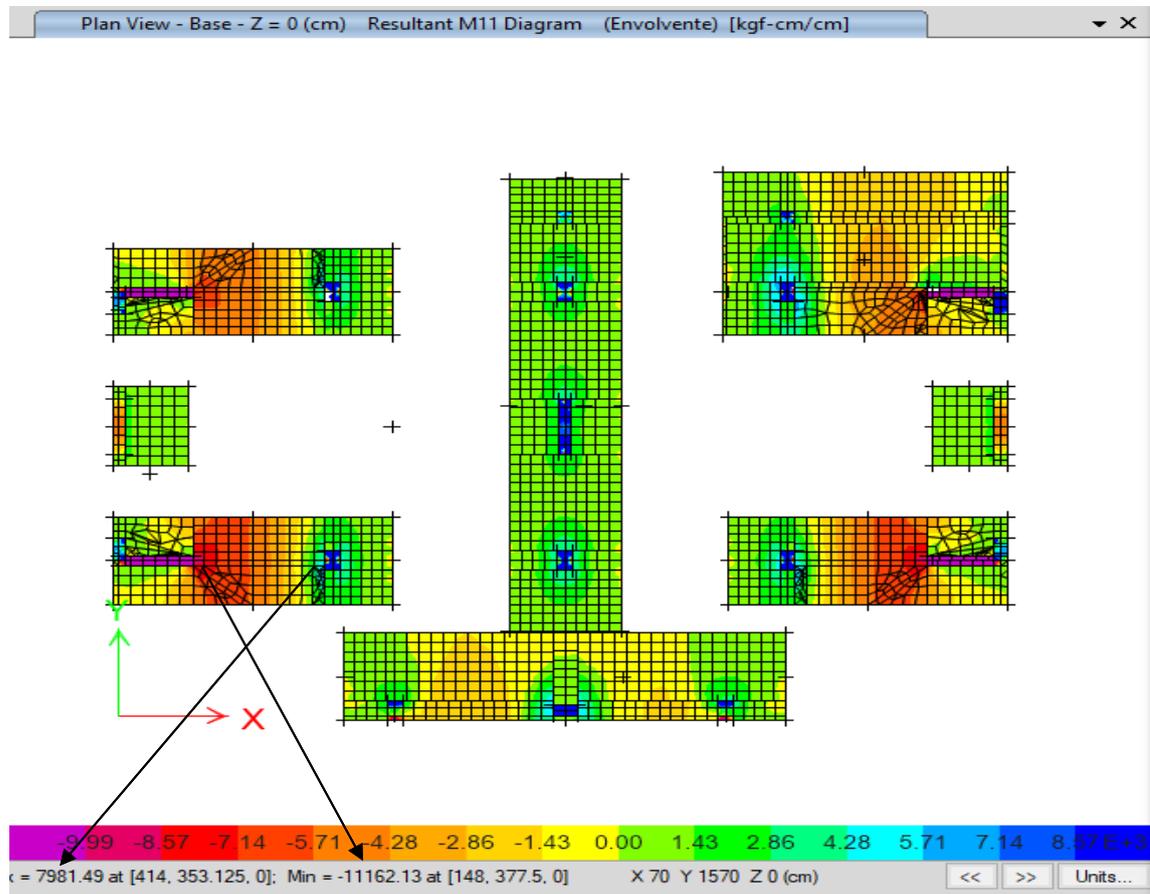
Finalmente se determinará el momento resistente de la sección transversal

$$M_n = A_s * f_y * \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Deberá verificarse la condición de diseño un  $M_u \leq \phi M_n$

| ACERO INFERIOR  | ACERO SUPERIOR  |
|---|---|
| 1Ø5/8"@0.20   | 1Ø5/8"@0.30   |
| $A_s = 5 * 1.99 = 9.95 \text{cm}^2/\text{m}$                          | $A_s = 4 * 1.99 = 7.96 \text{cm}^2/\text{m}$                          |
| $a = \frac{9.95 * 4200}{0.85 * 210 * 100} = 2.34$                     | $a = \frac{7.96 * 4200}{0.85 * 210 * 100} = 1.87$                     |
| $C = \frac{2.34}{0.85} = 2.75$  | $C = \frac{1.87}{0.85} = 2.2$   |
| $\epsilon_s = 0.003 * \left( \frac{52.5}{2.75} - 1 \right) = 0.054$   | $\epsilon_s = 0.003 * \left( \frac{52.5}{2.2} - 1 \right) = 0.0685$   |
| *Se controla por tracción   | *Se controla por tracción   |
| $\phi M_n = 0.9 * 9.95 * 4200 * \left( 52.5 - \frac{2.34}{2} \right)$ | $\phi M_n = 0.9 * 7.96 * 4200 * \left( 52.5 - \frac{1.87}{2} \right)$ |
| $\phi M_n = 19305.00 \text{kg-cm/cm}$                                 | $\phi M_n = 15515.29 \text{kg-cm/cm}$                                 |

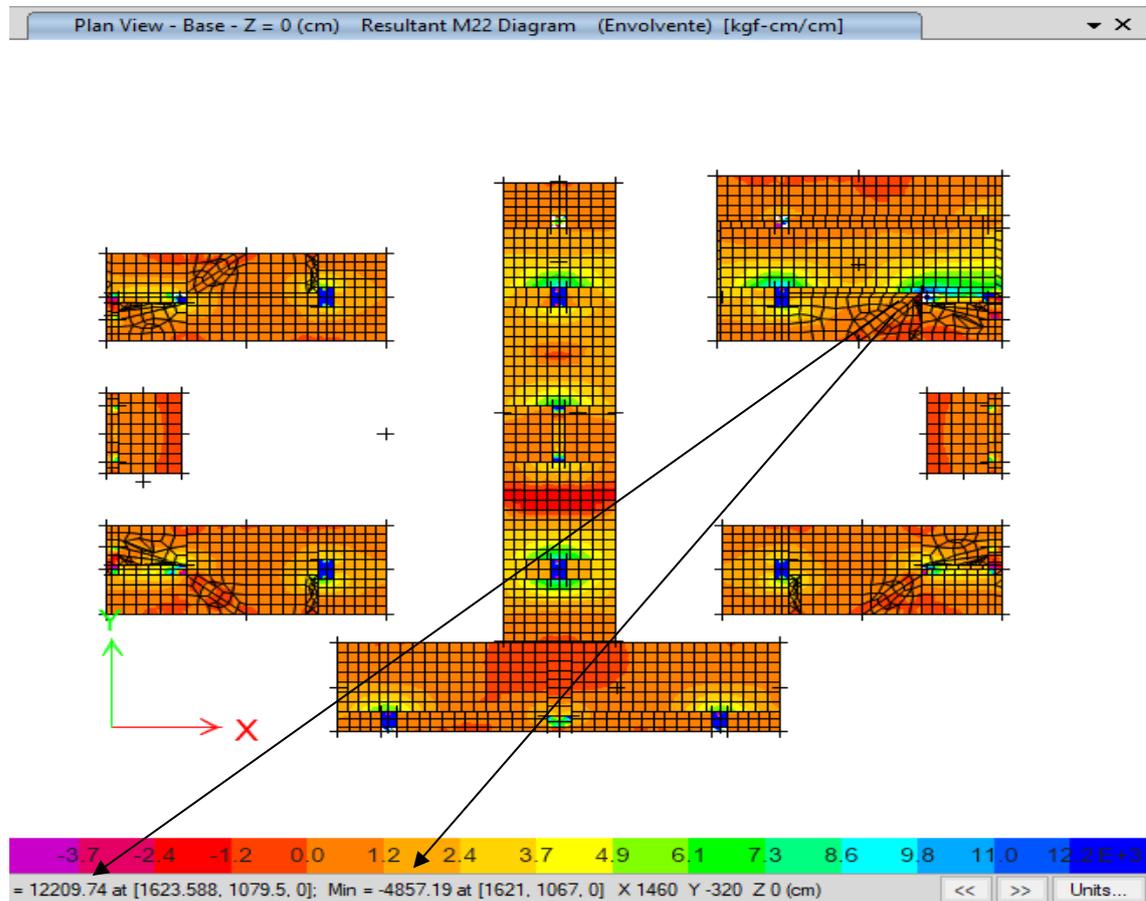
MOMENTOS ÚLTIMOS DE DISEÑO DIRECCIÓN X-X:



PARA ACERO SUPERIOR:  $M_{U_{1-1}} = 11162.13 \text{ kg-cm/cm} < \phi M_n = 15515.29 \text{ kg-cm/cm}$  (OK)

PARA ACERO INFERIOR:  $M_{U_{1-1}} = 7981.49 \text{ kg-cm/cm} < \phi M_n = 19305.00 \text{ kg-cm/cm}$  (OK)

MOMENTOS ÚLTIMOS DE DISEÑO DIRECCIÓN Y-Y:



PARA ACERO SUPERIOR:  $M_{U_{2-2}}=4857.19\text{kg-cm/cm} < \emptyset M_n=15515.29\text{kgkg-cm/cm}$  (OK)

PARA ACERO INFERIOR:  $M_{U_{2-2}}=12209.74\text{kg-cm/cm} < \emptyset M_n=19305.00\text{kg-cm/cm}$  (OK)

### Cálculo de longitud de anclaje para aceros de columnas proyectadas

Partiendo del refuerzo existente “As”, se calculará si cumple con la cuantía mínima de acero.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1.1 * \sqrt{f'_c}} * \frac{\Psi_t * \Psi_e * \Psi_s * \lambda}{\left(\frac{cb+Ktr}{db}\right)} \right) * db$$

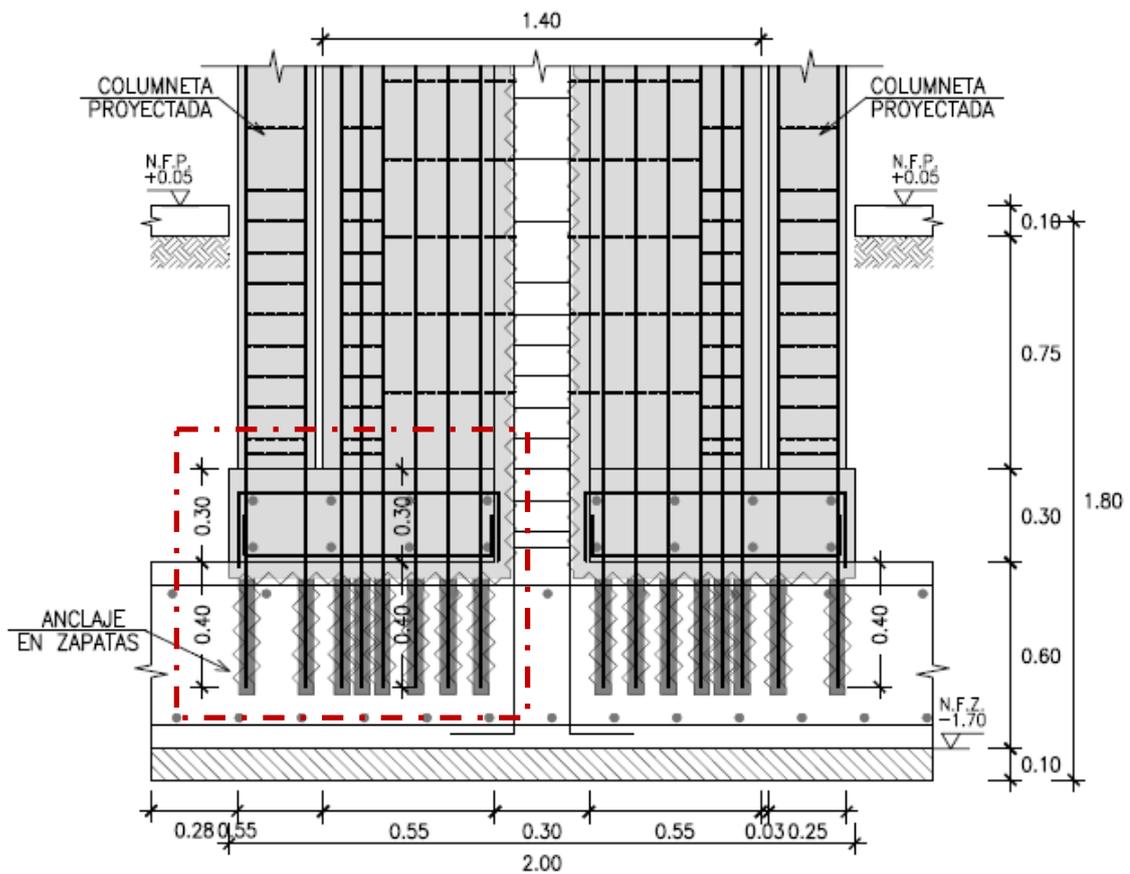
$$\left(\frac{cb + Ktr}{db}\right) \leq 2.5$$

Donde:

- $f_y = 411.897 \text{ MPa}$
- $f'_c = 20.594 \text{ MPa}$
- $\Psi_t = 1$  (Otras barras)
- $\Psi_e = 1.5$  (tratamiento epóxido)
- $\Psi_s = 0.80$  (barras menores a 3/4")
- $cb = 5.75$
- $\lambda = 1$  (concreto peso normal)
- $K_{tr} = 0$

$$l_d = \left( \frac{411.897}{1.1 * \sqrt{20.594}} * \frac{1 * 1.5 * 0.80 * 1}{2.5} \right) * \frac{5}{8} * 2.54 \text{ cm} = 62.9 \text{ cm}$$

$$l_d = 62.9 \text{ cm}$$



$$l_d = 40 + 30 = 70 \text{ cm (OK)}$$

#### **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se verifico que la cimentación analizada posee la capacidad de transmitir las cargas de la edificación en el suelo de soporte. Los esfuerzos actuantes máximos en el terreno están en el orden de 0.933kg/cm<sup>2</sup> y no exceden la capacidad admisible del terreno, 1.27kg/cm<sup>2</sup>.

Para el anclaje de los aceros verticales de las columnas y placas reforzadas se recomienda asegurar una longitud de desarrollo igual a 70cm. Para esto se hará una perforación de 5/8” de diámetro y 40cm de profundidad en la cimentación existente, afín de introducir la varilla y pegar con un aditivo epóxico; Luego se tendrá que construir una sobre-zapata de altura 30cm.

## **ANEXO N° 09:**

**Presupuesto de Propuesta de Reforzamiento.**

# **PLANILLA DE METRADOS**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**“ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO  
SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV  
ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA  
METROPOLITANA”**

## RESUMEN DE METRADOS

| ITEM         | DESCRIPCIÓN   | UND | METRADO |
|--------------|---|-----|---------|
| <b>01</b>    | <b>OBRAS PROVISIONALES</b>                                      |     |         |
| 01.01        | Cerco Provisional c/triplay h=2.40m                             | m   | 62.06   |
| <b>02</b>    | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                                    |     |         |
| <b>02.01</b> | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                                    |     |         |
| 02.01.01     | Trazo, Niveles y Replanteo Preliminar                           | m2  | 19.41   |
| 02.01.02     | Picado de Concreto Para Anclaje de Placas                       | m3  | 2.95    |
| 02.01.03     | Picado de Concreto Para Anclaje de Zapatas                      | m3  | 1.71    |
| 02.01.04     | Apuntalamiento de Techo   | m2  | 36.19   |
| 02.01.05     | Perforación c/ Taladro Rotopercutor inc. Broca D=5/8"           | pto | 192.00  |
| 02.01.06     | Colocación de Dowells d=1/2" en Zonas de Empalme                | pto | 140.00  |
| <b>02.02</b> | <b>DEMOLICIONES</b>   |     |         |
| 02.02.01     | Demolicion Cimientos Armados c/equipo                           | m3  | 1.54    |
| 02.02.02     | Demolicion Cimientos Manual                                     | m3  | 3.50    |
| 02.02.03     | Demolicion de Muros de Ladrillo kk Soga                         | m2  | 9.86    |
| 02.02.04     | Demolicion Piso de Concreto Incluye Falso Piso c/equipo         | m2  | 24.59   |
| 02.02.05     | Demolicion Sobrecimientos Armados c/equipo                      | m3  | 0.43    |
| 02.02.07     | Eliminación de Material de Demolición c/Volquete 15m3 D=10km    | m3  | 21.09   |
| <b>02.03</b> | <b>VARIOS</b>   |     |         |
| 02.04        | Puente De Adherencia Concreto Antiguo-Concreto Nuevo            | m2  | 77.66   |
| 02.05        | Puente de Adherencia Anclaje de Acero                           | pto | 228.00  |
| <b>03</b>    | <b>SEGURIDAD Y SALUD</b>  |     |         |
| 03.01        | Equipos de Protección Individual                                | glb | 1.00    |
| 03.02        | Equipos de Protección Colectiva                                 | glb | 1.00    |
| 03.03        | Capacitación en Seguridad y Salud                               | glb | 1.00    |
| 03.04        | Recursos para respuesta ante emergencias en Seguridad y Salud   | glb | 1.00    |
| <b>04</b>    | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                                    |     |         |
| 04.01        | Excavación para zapatas en material suelto h=1.80m              | m3  | 29.43   |
| 04.02        | Excavación de zanjas p/cimientos en material suelto h=1.80m     | m3  | 1.63    |
| 04.03        | Relleno y compactado de zanjas c/ material propio               | m2  | 16.75   |
| 04.04        | Refine, Nivel y Compactación en terreno Normal con Compactadora | m2  | 24.59   |
| 04.05        | Eliminación de Excedentes c/Volquete 15m3 D=10km                | m3  | 21.87   |
| <b>05</b>    | <b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>                                 |     |         |
| 05.01        | Concreto Premezclado F'c 100 Kg/cm2 - Falso Piso                | m3  | 2.46    |
| <b>06</b>    | <b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>                                 |     |         |
| 06.01        | Concreto f'c 175 Kg/cm2 Columneta                               | m3  | 2.48    |
| 06.02        | Concreto f'c 210 Kg/cm2 Zapata                                  | m3  | 9.00    |
| 06.03        | Concreto f'c 210 Kg/cm2 Columna                                 | m3  | 13.43   |
| 06.04        | Concreto f'c 210 Kg/cm2 Viga                                    | m3  | 1.09    |
| 06.05        | Concreto f'c 350 Kg/cm2 Losa Maciza                             | m3  | 1.75    |
| 06.06        | Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/dia                           | kg  | 2913.74 |



## PLANILLA DE METRADOS

### 01. OBRAS PROVISIONALES

01.01. Cerco Provisional c/triplay h=2.40 m

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und      |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |          |
| Se refiere a la colocación de un cerco provisional en las zonas lmitantes con el exterior a la I.E.I | 1.00        | 1.00  | 62.06   |       |      | 62.06        | m        |
| <b>Total de Cerco Provisional c/triplay h=2.40 m</b>   |             |       |         |       |      | <b>62.06</b> | <b>m</b> |

### 02. TRABAJOS PRELIMINARES

#### 02.01. TRABAJOS PRELIMINARES

02.01.01. Trazo, Niveles y Replanteo Preliminar

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere a los trabajos de trazo para excavaciones, y demoliciones a realizar. |             |       |         |       |      |              |           |
| Trazo y replanteo Z1   | 1.00        | 3.00  | 1.48    | 2.2   |      | 9.77         | m2        |
| Trazo y replanteo Z2   | 1.00        | 1.00  | 1.48    | 1.85  |      | 2.74         | m2        |
| Trazo y replanteo Z3   | 1.00        | 2.00  | 0.6     | 2     |      | 2.40         | m2        |
| Trazo y replanteo Z4   | 1.00        | 1.00  | 2.25    | 2     |      | 4.50         | m2        |
| <b>Total de Trazo, Niveles y Replanteo Preliminar</b>                            |             |       |         |       |      | <b>19.41</b> | <b>m2</b> |

02.01.02. Picado de Concreto Para Anclaje de Placas

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere al picado a realizar en las columnas y vigas hasta encontrar el acero de refuerzo para la colocación de placas de reforzamiento , se considera un espesor=0.08 m |             |       |         |       |      |             |           |
| PL-01 - Empalme C-4 - 1 Nivel   | 1.00        | 4.00  | 0.25    | 0.08  | 3.83 | 0.31        | m3        |
| PL-02 - Empalme C-6' - 1 Nivel  | 2.00        | 1.00  | 0.25    | 0.08  | 3.73 | 0.15        | m3        |
| PL-01 - Empalme C-4 - 2 Nivel   | 1.00        | 4.00  | 0.25    | 0.08  | 2.65 | 0.21        | m3        |
| PL-02 - Empalme C-6' -2 Nivel   | 2.00        | 1.00  | 0.25    | 0.08  | 2.55 | 0.10        | m3        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Lateral - 1 Nivel   | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.40 | 0.26        | m3        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 1 Nivel  | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.25 | 0.16        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Lateral - 1 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.12  | 0.50 | 0.50        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 1 Nivel  | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.08  | 0.25 | 0.17        | m3        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Lateral - 2 Nivel   | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.40 | 0.26        | m3        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 2 Nivel  | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.25 | 0.16        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Lateral - 2 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.12  | 0.50 | 0.50        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf. - 2 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.08  | 0.25 | 0.17        | m3        |
| <b>Total de Picado de Concreto Para Anclaje de Placas</b>   |             |       |         |       |      | <b>2.95</b> | <b>m3</b> |

02.01.03. Picado de Concreto Para Anclaje de Zapatas

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere al picado a realizar en las zapatas a reforzar hasta encontrar el acero de refuerzo, se considera un espesor de 0.08 m |             |       |         |       |      |             |           |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 1-1 /Ref. Lateral   | 2.00        | 1.00  | 1.48    | 0.60  | 0.08 | 0.14        | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 3-3/Ref. Lateral  | 2.00        | 2.00  | 1.48    | 0.60  | 0.08 | 0.28        |           |
| Zapata 2 - Ampliación/Ref. Lateral  | 1.00        | 1.00  | 1.48    | 0.60  | 0.08 | 0.07        | m3        |
| Zapata 4-Ampliación/Ref. Lateral  | 2.00        | 1.00  | 2.00    | 0.60  | 0.08 | 0.19        | m3        |
| Zapata 1 - Superior / Eje 1-1   | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.59  | 0.08 | 0.21        |           |
| Zapata 1 - Superior / Eje 3-3   | 1.00        | 2.00  | área=   | 2.83  | 0.08 | 0.45        |           |
| Zapata 2 - Superior   | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.75  | 0.08 | 0.22        |           |
| Zapata 4 - Superior   | 1.00        | 1.00  | área=   | 1.71  | 0.08 | 0.14        |           |
| <b>Total de Picado de Concreto Para Anclaje de Zapatas</b>  |             |       |         |       |      | <b>1.71</b> | <b>m3</b> |

02.01.04. Apuntalamiento de Techo

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere a la colocación de puntales de madera como sostenimiento provisional a la zona aledaña a las demoliciones a realizar durante el reforzamiento |             |       |         |       |      |              |           |
| Apuntalamiento Detalle 1 - 1 Piso  | 2.00        | 2.00  | 2.90    | 0.64  |      | 7.42         | m2        |
| Apuntalamiento Detalle 2 - 1 Piso  | 1.00        | 2.00  | 2.90    | 0.64  |      | 3.71         | m2        |
| Apuntalamiento Detalle 3 - 1 Piso  | 2.00        | 1.00  | 2.90    | 0.80  |      | 4.64         | m2        |
| Apuntalamiento Detalle 4 - 1 Piso  | 1.00        | 1.00  | 2.90    | 0.80  |      | 2.32         | m2        |
| Apuntalamiento Detalle 1 - 2 Piso  | 2.00        | 2.00  | 2.90    | 0.64  |      | 7.42         | m2        |
| Apuntalamiento Detalle 2 - 2 Piso  | 1.00        | 2.00  | 2.90    | 0.64  |      | 3.71         | m2        |
| Apuntalamiento Detalle 3 - 2 Piso  | 2.00        | 1.00  | 2.90    | 0.80  |      | 4.64         | m2        |
| Apuntalamiento Detalle 4 - 2 Piso  | 1.00        | 1.00  | 2.90    | 0.80  |      | 2.32         | m2        |
| <b>Total de Apuntalamiento de Techo</b>  |             |       |         |       |      | <b>36.19</b> | <b>m2</b> |

02.01.05. Perforación c/ Taladro Rotopercutor inc. Broca D=5/8"

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas  |       |      | Parcial       | Und        |
|---|-------------|-------|----------|-------|------|---------------|------------|
|   |             |       | Largo    | Ancho | Alto |               |            |
| Se refiere a la perforación de estructuras de cimentación para el empalme con el acero de las placas de reforzamiento L= 0.50 m |             |       |          |       |      |               |            |
| Placa PL- 1   | 10.00       | 4.00  |          |       |      | 40.00         | pto        |
| Placa PL-2  | 12.00       | 1.00  |          |       |      | 12.00         | pto        |
| Dowels en Zapata 1, L=1.48  | 4.00        | 5.00  | N° Zap.= | 3.00  |      | 60.00         | pto        |
| Dowels en Zapata 2, L=1.48  | 4.00        | 5.00  | N° Zap.= | 2.00  |      | 40.00         | pto        |
| Dowels en Zapata 4, L=2.85  | 4.00        | 10.00 | N° Zap.= | 1.00  |      | 40.00         | pto        |
| <b>Total de Perforación c/ Taladro Rotopercutor inc. Broca D=5/8"</b>   |             |       |          |       |      | <b>192.00</b> | <b>pto</b> |

02.01.06. Colocación de Dowells d=1/2" en Zonas de Empalme

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial       | Und        |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|---------------|------------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |               |            |
| Se refiere a la perforación de estructuras de cimentación para el empalme con el acero de las placas de reforzamiento |             |       |         |       |      |               |            |
| Dowels en Zapata 1, L=1.48  | 1.00        | 60.00 |         |       |      | 60.00         | pto        |
| Dowels en Zapata 2, L=1.48  | 1.00        | 40.00 |         |       |      | 40.00         | pto        |
| Dowels en Zapata 4, L=2.85  | 1.00        | 40.00 |         |       |      | 40.00         | pto        |
| <b>Total de Colocación de Dowells d=1/2" en Zonas de Empalme</b>  |             |       |         |       |      | <b>140.00</b> | <b>pto</b> |

**02.02. DEMOLICIONES**

02.02.01. Demolicion Cimientos de Concreto Simple c/equipo

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere a los trabajos de demolición de cimientos de concreto ciclopeo. |             |       |         |       |      |             |           |
| En Zapata 3  | 1.00        | 2.00  | área=   | 0.96  | 0.80 | 1.54        | m3        |
| <b>Total de Demolicion Cimientos de Concreto Simple c/equipo</b>           |             |       |         |       |      | <b>1.54</b> | <b>m3</b> |

02.02.02. Demolicion Columnas y Vigas de Concreto Armado c/equipo

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere a las demoliciones a realizar en losas, vigas, columnas y columnetas a fin de realizar los trabajos de reforzamiento. |             |       |         |       |      |             |           |
| Columna C-6' - 1 Nivel   | 1.00        | 2.00  | 0.25    | 0.30  | 3.98 | 0.60        | m3        |
| Columnetas Ca - 1 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 0.15    | 0.25  | 2.50 | 0.38        | m3        |
| Columna C-6' - 2 Nivel   | 1.00        | 2.00  | 0.25    | 0.30  | 2.55 | 0.38        | m3        |
| Columnetas Ca - 2 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 0.15    | 0.25  | 2.65 | 0.40        | m3        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 1 - 1 Nivel (Ver plano E-05)   | 2.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.36        | m3        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 2 - 1 Nivel (Ver plano E-05)   | 1.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.18        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 3- 1 Nivel (Ver plano E-06)  | 2.00        | 1.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 4- 1 Nivel (Ver plano E-06)  | 1.00        | 2.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 1 - 2 Nivel (Ver plano E-05)   | 2.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.36        | m3        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 2 - 2 Nivel (Ver plano E-05)   | 1.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.18        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 3- 2 Nivel (Ver plano E-06)  | 2.00        | 1.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 4- 2 Nivel (Ver plano E-06)  | 1.00        | 2.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| <b>Total de Demolicion Columnas y Vigas de Concreto Armado c/equipo</b>  |             |       |         |       |      | <b>3.50</b> | <b>m3</b> |

02.02.03. Demolicion de Muros de Ladrillo kk Soga

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere a la demolición de Muros de Albarilería de aparejo de soga e=0.15m inc. Acabados |             |       |         |       |      |             |           |
| Muros a Demoler Eje A-A - 1 Piso  | 1.00        | 2.00  | 0.55    |       | 2.23 | 2.45        | m2        |
| Muros a Demoler Eje E-E - 1 Piso  | 1.00        | 2.00  | 0.55    |       | 2.23 | 2.45        | m2        |
| Muros a Demoler Eje A-A - 2 Piso  | 1.00        | 2.00  | 0.55    |       | 2.25 | 2.48        | m2        |
| Muros a Demoler Eje E-E - 2 Piso  | 1.00        | 2.00  | 0.55    |       | 2.25 | 2.48        | m2        |
| <b>Total de Demolicion de Muros de Ladrillo kk Soga</b>                                     |             |       |         |       |      | <b>9.86</b> | <b>m2</b> |

02.02.04. Demolicion Piso de Concreto Incluye Falso Piso c/equipo

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere a la demolición del piso existente en las zonas a excavar para el empalme del reforzamiento a la cimentaciones. |             |       |         |       |      |              |           |
| Zapata 1 - Eje 1-1   | 1.00        | 1.00  | área=   | 3.43  |      | 3.43         | m2        |
| Zapata 1 - Eje 3-3   | 1.00        | 2.00  | área=   | 3.63  |      | 7.26         | m2        |
| Zapata 2   | 1.00        | 1.00  | área=   | 3.19  |      | 3.19         | m2        |
| Zapata 3   | 1.00        | 2.00  | área=   | 2.67  |      | 5.34         | m2        |
| Zapata 4   | 1.00        | 1.00  | área=   | 5.37  |      | 5.37         | m2        |
| <b>Total de Demolicion Piso de Concreto Incluye Falso Piso c/equipo</b>  |             |       |         |       |      | <b>24.59</b> | <b>m2</b> |

02.02.05. Demolicion Sobrecimientos Armados c/equipo

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere a la demolición de sobrecimientos armados para colocación de placa PL-02 |             |       |         |       |      |             |           |
| Muros a Demoler Eje A-A - 1 Piso  | 1.00        | 2.00  | 0.55    | 0.15  | 1.30 | 0.21        | m3        |
| Muros a Demoler Eje E-E - 1 Piso  | 1.00        | 2.00  | 0.55    | 0.15  | 1.30 | 0.21        | m3        |
| <b>Total de Demolicion Sobrecimientos Armados c/equipo</b>                          |             |       |         |       |      | <b>0.43</b> | <b>m3</b> |

02.02.06. Eliminación de Material de Demolición c/Volquete 15m3 D=10km

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial | Und |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|---------|-----|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |         |     |
| Se refiere a la eliminación de los volúmenes de concreto producto de los trabajos de demoliciones |             |       |         |       |      |         |     |
| Picado de Concreto Para Anclaje de Placas   | Fact=       | 1.50  | Vol=    | 2.95  |      | 4.42    | m3  |
| Picado de Concreto Para Anclaje de Zapatas  | Fact=       | 1.50  | Vol=    | 1.71  |      | 2.56    | m3  |
| Demolicion Cimientos de Concreto Simple c/equipo  | Fact=       | 1.50  | Vol=    | 1.54  |      | 2.30    | m3  |
| Demolicion Columnas y Vigas de Concreto Armado c/equipo   | Fact=       | 1.50  | Vol=    | 3.50  |      | 5.26    | m3  |

|  |       |      |       |       |      |              |           |
|--|-------|------|-------|-------|------|--------------|-----------|
| Demolicion de Muros de Ladrillo kk Soga  | Fact= | 1.50 | área= | 9.86  | 0.15 | 2.22         | m3        |
| Demolicion Piso de Concreto Incluye Falso Piso c/equipo                          | Fact= | 1.50 | área= | 24.59 | 0.10 | 3.69         | m3        |
| Demolicion Sobrecimientos Armados c/equipo                                       | Fact= | 1.50 |       | 0.43  |      | 0.64         | m3        |
| <b>Total de Eliminación de Material de Demolición<br/>c/Volquete 15m3 D=10km</b> |       |      |       |       |      | <b>21.09</b> | <b>m3</b> |

### 02.03. VARIOS

#### 02.03.01. Puente De Adherencia Concreto Antiguo-Concreto Nuevo

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere al puente de adherencia entre concreto antiguo y nuevo, a fin de garantizar el comportamiento monolitico de los elementos reforzados |             |       |         |       |      |              |           |
| En Placas PL-01 - 1 Nivel   | 1.00        | 4.00  | 0.25    | 4.13  |      | 4.13         | m2        |
| En Placas PL-02 -1 Nivel  | 2.00        | 3.00  | 0.25    | 4.03  |      | 6.05         | m2        |
| En Placas PL-01 - 2 Nivel   | 1.00        | 4.00  | 0.25    | 2.65  |      | 2.65         | m2        |
| En Placas PL-02 - 2 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 0.25    | 2.55  |      | 3.83         | m2        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Lateral - 1 Nivel   | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.40  |      | 3.20         | m2        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 1 Nivel  | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.25  |      | 2.00         | m2        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Lateral - 1 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.50  |      | 4.20         | m2        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 1 Nivel  | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.25  |      | 2.10         | m2        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Lateral - 2 Nivel   | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.40  |      | 3.20         | m2        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 2 Nivel  | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.25  |      | 2.00         | m2        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Lateral - 2 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.50  |      | 4.20         | m2        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf. - 2 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.25  |      | 2.10         | m2        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 1-1 /Ref. Lateral   | 2.00        | 1.00  | 1.48    | 0.60  |      | 1.78         | m2        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 3-3/Ref. Lateral  | 2.00        | 2.00  | 1.48    | 0.60  |      | 3.55         | m2        |
| Zapata 2 - Ampliación/Ref. Lateral  | 1.00        | 1.00  | 1.48    | 0.60  |      | 0.89         | m2        |
| Zapata 4-Ampliación/Ref. Lateral  | 2.00        | 1.00  | 2.00    | 0.60  |      | 2.40         | m2        |
| Zapata 1 - Superior / Eje 1-1   | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.59  |      | 2.59         | m2        |
| Zapata 1 - Superior / Eje 3-3   | 1.00        | 2.00  | área=   | 2.83  |      | 5.66         | m2        |
| Zapata 2 - Superior   | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.75  |      | 2.75         | m2        |
| Zapata 4 - Superior   | 1.00        | 1.00  | área=   | 1.71  |      | 1.71         | m2        |
| Columneta Proyectada - Eje A-A, Eje C-C y Eje E-E - 1 Nivel   | 1.00        | 6.00  | 0.15    | 1.43  |      | 1.29         | m2        |
| Columneta Proyectada - Eje 1-1 y Eje 3-3 - 1 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 0.15    | 1.46  |      | 0.87         | m2        |
| Columneta Proyectada - Eje A-A, Eje C-C y Eje E-E - 2 Nivel   | 1.00        | 6.00  | 0.15    | 0.30  |      | 0.27         | m2        |
| Columneta Proyectada - Eje 1-1 y Eje 3-3 - 2 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 0.15    | 0.30  |      | 0.18         | m2        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 1 - 1 Nivel (Ver plano E-05)  | 2.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 2.88         |           |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 2 - 1 Nivel (Ver plano E-05)  | 1.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 1.44         |           |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 3- 1 Nivel (Ver plano E-06)   | 2.00        | 1.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 1.36         |           |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 4- 1 Nivel (Ver plano E-06)   | 1.00        | 2.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 1.36         |           |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 1 - 2 Nivel (Ver plano E-05)  | 2.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 2.88         |           |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 2 - 2 Nivel (Ver plano E-05)  | 1.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 1.44         |           |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 3- 2 Nivel (Ver plano E-06)   | 2.00        | 1.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 1.36         |           |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 4- 2 Nivel (Ver plano E-06)   | 1.00        | 2.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 1.36         |           |
| <b>Total de Puente De Adherencia Concreto Antiguo-Concreto Nuevo</b>  |             |       |         |       |      | <b>77.66</b> | <b>m2</b> |

02.03.02. Puente de Adherencia Anclaje de Acero

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas  |       |      | Parcial       | Und        |
|---|-------------|-------|----------|-------|------|---------------|------------|
|   |             |       | Largo    | Ancho | Alto |               |            |
| Se refiere al puente de adherencia entre el acero existente y el acero a colocar, a fin de garantizar el comportamiento adecuado del elemento reforzado |             |       |          |       |      |               |            |
| Dowels en Zapata 1, L=1.48  | 1.00        | 60.00 |          |       |      | 60.00         | pto        |
| Dowels en Zapata 2, L=1.48  | 1.00        | 40.00 |          |       |      | 40.00         | pto        |
| Dowels en Zapata 4, L=2.85  | 1.00        | 40.00 |          |       |      | 40.00         | pto        |
| Puntos para Placa PL-1  | 2.00        | 8.00  | N° Zap.= | 4.00  |      | 64.00         | pto        |
| Puntos para Placa PL-2  | 2.00        | 12.00 | N° Zap.= | 1.00  |      | 24.00         | pto        |
| <b>Total de Puente de Adherencia Anclaje de Acero</b>   |             |       |          |       |      | <b>228.00</b> | <b>pto</b> |

**03. SEGURIDAD Y SALUD**

03.01. Equipos de Protección Individual

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und        |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|------------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |            |
| Se refiere al suministro de EPP para el personal obrero de la obra a ejecutar | 1.00        | 1.00  |         |       |      | 1.00        | glb        |
| <b>Total de Equipos de Protección Individual</b>                              |             |       |         |       |      | <b>1.00</b> | <b>glb</b> |

03.02. Equipos de Protección Colectiva

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und        |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|------------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |            |
| Se refiere a los equipos de protección para el personal en conjunto. | 1.00        | 1.00  |         |       |      | 1.00        | glb        |
| <b>Total de Equipos de Protección Colectiva</b>                      |             |       |         |       |      | <b>1.00</b> | <b>glb</b> |

03.03. Capacitación en Seguridad y Salud

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und        |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|------------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |            |
| Se refiere a las charlas e inducciones a ejecutarse con fines de Seguridad y Salud en el trabajo. | 1.00        | 1.00  |         |       |      | 1.00        | glb        |
| <b>Total de Capacitación en Seguridad y Salud</b>   |             |       |         |       |      | <b>1.00</b> | <b>glb</b> |

03.04. Recursos para respuesta ante emergencias en Seguridad y Salud

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und        |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|------------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |            |
| Se refiere a los recursos a emplearse en caso de producirse una emergencia durante la obra. | 1.00        | 1.00  |         |       |      | 1.00        | glb        |
| <b>Total de Recursos para respuesta ante emergencias en Seguridad y Salud</b>               |             |       |         |       |      | <b>1.00</b> | <b>glb</b> |

#### 04. MOVIMIENTO DE TIERRAS

04.01. Excavación para zapatas en material suelto h=1.80m

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere a las excavaciones a realizarse con fines de reforzamiento y adecuación de zapatas |             |       |         |       |      |              |           |
| Zapata 1 - Eje 1-1  | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.59  | 1.05 | 2.72         | m3        |
| Zapata 1 - Eje 3-3  | 1.00        | 2.00  | área=   | 2.83  | 1.05 | 5.95         | m3        |
| Zapata 2  | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.75  | 1.05 | 2.88         | m3        |
| Zapata 3  | 1.00        | 2.00  | área=   | 1.71  | 1.80 | 6.16         | m3        |
| Zapata 4  | 1.00        | 1.00  | área=   | 4.17  | 1.05 | 4.38         | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 1-1   | 1.00        | 2.00  | 1.41    | 0.30  | 1.80 | 1.52         | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 3-3   | 2.00        | 2.00  | 1.33    | 0.30  | 1.80 | 2.87         | m3        |
| Zapata 2 - Ampliación   | 1.00        | 1.00  | 1.48    | 0.30  | 1.80 | 0.80         | m3        |
| Zapata 4-Ampliación   | 1.00        | 2.00  | 2.00    | 0.30  | 1.80 | 2.16         | m3        |
| <b>Total de Excavación para zapatas en material suelto h=1.80m</b>                            |             |       |         |       |      | <b>29.43</b> | <b>m3</b> |

04.02. Excavación de zanjas p/cimientos en material suelto h=1.80m

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere a las excavaciones a realizarse con fines de reforzamiento y adecuación de cimientos corridos |             |       |         |       |      |             |           |
| Cimiento Corrido Existente en zona de Zapata 3   | 1.00        | 2.00  | área=   | 0.96  | 0.85 | 1.63        | m3        |
| <b>Total de Excavación de zanjas p/cimientos en material suelto h=1.80m</b>                              |             |       |         |       |      | <b>1.63</b> | <b>m3</b> |

04.03. Relleno y compactado de zanjas c/ material propio

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere al relleno con material propio posterior a la ejecución de las obras de concreto. |             |       |         |       |      |              |           |
| Zapata 1 - Eje 1-1   | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.59  | 0.75 | 1.94         | m3        |
| Zapata 1 - Eje 3-3   | 1.00        | 2.00  | área=   | 2.83  | 0.75 | 4.25         | m3        |
| Zapata 2   | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.75  | 0.75 | 2.06         | m3        |
| Zapata 3   | 1.00        | 2.00  | área=   | 1.71  | 1.05 | 3.59         | m3        |
| Zapata 4   | 1.00        | 1.00  | área=   | 4.17  | 0.75 | 3.13         | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 1-1 /Ref. Lateral  | 2.00        | 1.00  | 1.48    | 0.30  | 0.75 | 0.33         | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 3-3/Ref. Lateral   | 2.00        | 2.00  | 1.48    | 0.30  | 0.75 | 0.67         | m3        |
| Zapata 2 - Ampliación/Ref. Lateral   | 1.00        | 1.00  | 1.48    | 0.30  | 0.75 | 0.33         | m3        |
| Zapata 4-Ampliación/Ref. Lateral   | 2.00        | 1.00  | 2.00    | 0.30  | 0.75 | 0.45         | m3        |
| <b>Total de Relleno y compactado de zanjas c/ material propio</b>                            |             |       |         |       |      | <b>16.75</b> | <b>m3</b> |

04.04. Refine, Nivel y Compactación en terreno Normal con Compactadora

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere al refine, nivelación y compactación de las zonas de terreno removido producto de las excavaciones. | 1.00        | 1.00  | área=   | 24.59 |      | 24.59        | m2        |
| <b>Total de Refine, Nivel y Compactación en terreno Normal con Compactadora</b>                                |             |       |         |       |      | <b>24.59</b> | <b>m2</b> |

04.05. Eliminación de Excedentes c/Volquete 15m3 D=10km

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere a la colocación de un cerco provisional en las zonas limitantes con el exterior a la I.E.I |             |       |         |       |      |              |           |
| Excavación para zapatas en material suelto h=1.80m  | Fact=       | 1.30  | Vol=    | 29.43 |      | 38.26        | m3        |
| Excavación de zanjas p/cimientos en material suelto h=1.80m   | Fact=       | 1.30  | Vol=    | 1.63  |      | 2.12         | m3        |
| Refine, Nivel y Compactación en terreno Normal con Compactadora                                       | Fact=       | -1.11 | Vol=    | 16.75 |      | -18.51       | m3        |
| <b>Total de Eliminación de Excedentes c/Volquete 15m3 D=10km</b>                                      |             |       |         |       |      | <b>21.87</b> | <b>m3</b> |

**05. OBRAS DE CONCRETO SIMPLE**

05.01. Concreto Premezclado F'c 100 Kg/cm2 - Falso Piso

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|--|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|  |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere al vaciado de concreto para falso piso en zonas donde se realizaron demoliciones con fines de reforzamiento | 1.00        | 1.00  | área=   | 24.59 | 0.10 | 2.46        | m3        |
| <b>Total de Concreto Premezclado F'c 100 Kg/cm2 - Falso Piso</b>   |             |       |         |       |      | <b>2.46</b> | <b>m3</b> |

**06. OBRAS DE CONCRETO ARMADO**

06.01. Concreto f'c 175 Kg/cm2 Columneta

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere al vaciado de concreto de resistencia a la compresión 175 kg/cm2 en las columnetas que forman parte de la adecuación |             |       |         |       |      |             |           |
| Columneta Proyectada - Eje A-A, Eje C-C y Eje E-E - 1 Nivel   | 1.00        | 6.00  | 0.25    | 0.15  | 3.98 | 0.90        | m3        |
| Columneta Proyectada - Eje 1-1 y Eje 3-3 - 1 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 0.25    | 0.15  | 4.11 | 0.62        | m3        |
| Columneta Proyectada - Eje A-A, Eje C-C y Eje E-E - 2 Nivel   | 1.00        | 6.00  | 0.25    | 0.15  | 2.55 | 0.57        | m3        |
| Columneta Proyectada - Eje 1-1 y Eje 3-3 - 2 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 0.25    | 0.15  | 2.65 | 0.40        | m3        |
| <b>Total de Concreto f'c 175 Kg/cm2 Columneta</b>   |             |       |         |       |      | <b>2.48</b> | <b>m3</b> |

06.02. Concreto f'c 210 Kg/cm2 Zapata

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere al vaciado de concreto en zapatas proyectadas y en las zonas de ampliación de zapatas existentes |             |       |         |       |      |             |           |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 1-1 /Ref. Lateral   | 2.00        | 1.00  | 1.48    | 0.30  | 0.60 | 0.27        | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 3-3/Ref. Lateral  | 2.00        | 2.00  | 1.48    | 0.30  | 0.60 | 0.53        | m3        |
| Zapata 3 - Nueva  | 1.00        | 2.00  | área=   | 1.71  | 0.60 | 2.05        | m3        |
| Zapata 2 - Ampliación/Ref. Lateral  | 1.00        | 1.00  | 1.48    | 0.30  | 0.60 | 0.27        | m3        |
| Zapata 4-Ampliación/Ref. Lateral  | 2.00        | 1.00  | 2.00    | 0.30  | 0.60 | 0.36        | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 1-1 /Ref. Superior  | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.59  | 0.30 | 0.78        | m3        |
| Zapata 1 - Ampliación - Eje 3-3/Ref. Superior   | 1.00        | 2.00  | área=   | 2.83  | 0.30 | 1.70        | m3        |
| Zapata 2 - Ampliación/Ref. Superior   | 1.00        | 1.00  | área=   | 2.75  | 0.30 | 0.82        | m3        |
| Zapata 4-Ampliación/Ref. Superior   | 1.00        | 1.00  | área=   | 1.71  | 0.30 | 0.51        | m3        |
| Reposición de concreto en zona de empalme - Zapatas   | 1.00        | 1.00  | Vol=    | 1.71  |      | 1.71        | m3        |
| <b>Total de Concreto f'c 210 Kg/cm2 Zapata</b>  |             |       |         |       |      | <b>9.00</b> | <b>m3</b> |

06.03. Concreto f'c 210 Kg/cm2 Columna

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial      | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|--------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |              |           |
| Se refiere al vaciado de concreto en las columnas y placas proyectadas con fines de adecuación y reforzamiento. |             |       |         |       |      |              |           |
| C-6' - Nuevas - 1 Nivel   | 1.00        | 2.00  | 0.30    | 0.25  | 4.03 | 0.60         | m3        |
| PL-2 - 1 Nivel  | 2.00        | 3.00  | 0.55    | 0.25  | 4.03 | 1.66         | m3        |
| PL-1 - 1 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 1.00    | 0.25  | 4.13 | 4.13         | m3        |
| C-6' - Nuevas - 2 Nivel   | 1.00        | 2.00  | 0.30    | 0.25  | 2.55 | 0.38         | m3        |
| PL-2 - 2 Nivel  | 2.00        | 3.00  | 0.55    | 0.25  | 2.55 | 1.05         | m3        |
| PL-1 - 2 Nivel  | 1.00        | 4.00  | 1.00    | 0.25  | 2.65 | 2.65         | m3        |
| Reposición de concreto en zona de empalme - Columnas  | 1.00        | 1.00  | Vol=    | 2.95  |      | 2.95         | m3        |
| <b>Total de Concreto f'c 210 Kg/cm2 Columna</b>   |             |       |         |       |      | <b>13.43</b> | <b>m3</b> |

06.04. Concreto f'c 210 Kg/cm2 Viga

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere al vaciado de concreto en las vigas proyectadas con fines de adecuación y reforzamiento. |             |       |         |       |      |             |           |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Lateral - 1 Nivel   | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.40 | 0.13        | m3        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 1 Nivel  | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.25 | 0.08        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Lateral - 1 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.12  | 0.50 | 0.25        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 1 Nivel  | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.08  | 0.25 | 0.08        | m3        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Lateral - 2 Nivel   | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.40 | 0.13        | m3        |
| PL-01 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf.- 2 Nivel  | 2.00        | 4.00  | 1.00    | 0.08  | 0.25 | 0.08        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Lateral - 2 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.12  | 0.50 | 0.25        | m3        |
| PL-02 - Empalme Viga Exist./Sup. e Inf. - 2 Nivel   | 2.00        | 3.00  | 1.40    | 0.08  | 0.25 | 0.08        | m3        |
| <b>Total de Concreto f'c 210 Kg/cm2 Viga</b>  |             |       |         |       |      | <b>1.09</b> | <b>m3</b> |

06.05. Concreto f'c 350 Kg/cm2 Losa Maciza

| Especificaciones  | N° de Veces | Cant. | Medidas |       |      | Parcial     | Und       |
|---|-------------|-------|---------|-------|------|-------------|-----------|
|   |             |       | Largo   | Ancho | Alto |             |           |
| Se refiere al vaciado de concreto en las losas a reponer con fines de adecuación y reforzamiento. |             |       |         |       |      |             |           |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 1 - 1 Nivel (Ver plano E-05)  | 2.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.36        | m3        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 2 - 1 Nivel (Ver plano E-05)  | 1.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.18        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 3- 1 Nivel (Ver plano E-06)   | 2.00        | 1.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 4- 1 Nivel (Ver plano E-06)   | 1.00        | 2.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 1 - 2 Nivel (Ver plano E-05)  | 2.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.36        | m3        |
| Losa aladaña a PL-1 - Detalle 2 - 2 Nivel (Ver plano E-05)  | 1.00        | 2.00  | 1.50    | 0.30  | 0.20 | 0.18        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 3- 2 Nivel (Ver plano E-06)   | 2.00        | 1.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| Losa aladaña a PL-2 Detalle 4- 2 Nivel (Ver plano E-06)   | 1.00        | 2.00  | 1.40    | 0.30  | 0.20 | 0.17        | m3        |
| <b>Total de Concreto f'c 350 Kg/cm2 Losa Maciza</b>   |             |       |         |       |      | <b>1.75</b> | <b>m3</b> |

06.06. Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/dia

| Especificaciones   | N° de Veces | Cant.   | Medidas |       |      | Parcial        | Und       |
|--|-------------|---------|---------|-------|------|----------------|-----------|
|  |             |         | Largo   | Ancho | Alto |                |           |
| Se refiere al acero de refuerzo a colocar en los elementos propios de la adecuación como columnetas, columnas, placas y zapatas. |             |         |         |       |      |                |           |
| Acero de 1/4"  | 1.00        | 95.58   |         |       |      | 95.58          | kg        |
| Acero de 3/8"  | 1.00        | 1053.33 |         |       |      | 1053.33        | kg        |
| Acero de 1/2"  | 1.00        | 1265.42 |         |       |      | 1265.42        | kg        |
| Acero de 5/8"  | 1.00        | 499.40  |         |       |      | 499.40         | kg        |
| <b>Total de Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/dia</b>  |             |         |         |       |      | <b>2913.74</b> | <b>kg</b> |







PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/dia

| Descripción                   | Diseño del Acero | φ   | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por φ |        |        |       |       |     |
|-------------------------------|------------------|-----|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|--------|--------|-------|-------|-----|
|                               |                  |     |                      |                        |                    | 1/4 "            | 3/8 "  | 1/2 "  | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |
| PL - 02<br>Acero Longitudinal |                  | 1/2 | 3.00                 | 12.00                  | 9.89               | -                | -      | 356.04 | -     | -     | -   |
|                               |                  | 3/8 | 3.00                 | 8.00                   | 9.69               | -                | 232.56 | -      | -     | -     | -   |
|                               |                  | 1/2 | 3.00                 | 8.00                   | 9.89               | -                | -      | 237.36 | -     | -     | -   |
| Acero transversal 1 Nivel     |                  | 3/8 | 4.00                 | 16.00                  | 1.71               | -                | 109.44 | -      | -     | -     | -   |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/día

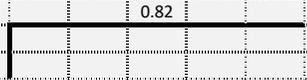
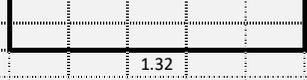
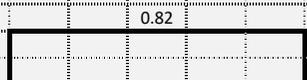
| Descripción                  | Diseño del Acero          |      |      |                           | φ   | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por φ |       |       |       |       |     |   |   |   |
|------------------------------|---------------------------|------|------|---------------------------|-----|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-----|---|---|---|
|                              |                           |      |      |                           |     |                      |                        |                    | 1/4 "            | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |   |   |   |
| Acero transversal 2 Nivel    | L <sub>libre</sub> = 3.73 |      |      | rec= 0.04<br>ganch= 0.095 |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 1 0.05                    |      | 0.17 |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 5 0.1                     |      | 0.17 | 0.17                      | 3/8 | 4.00                 | 23.00                  | 0.87               | -                | 80.04 | -     | -     | -     | -   | - | - |   |
|                              | 11 0.25                   |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 5 0.1                     |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 1 0.05                    |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | L <sub>libre</sub> = 2.55 |      |      | rec= 0.04<br>ganch= 0.095 |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              |                           |      | 0.59 |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              |                           | 0.17 |      | 0.17                      | 3/8 | 4.00                 | 12.00                  | 1.71               | -                | 82.08 | -     | -     | -     | -   | - | - | - |
|                              |                           |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
| C - 6'<br>Acero Longitudinal | L <sub>libre</sub> = 2.55 |      |      | rec= 0.04<br>ganch= 0.095 |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 1 0.05                    |      | 0.17 |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 5 0.1                     |      | 0.17 | 0.17                      | 3/8 | 4.00                 | 18.00                  | 0.87               | -                | 62.64 | -     | -     | -     | -   | - | - |   |
|                              | 6 0.25                    |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 5 0.1                     |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              | 1 0.05                    |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              |                           |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              |                           |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              |                           |      |      |                           |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |   |   |   |
|                              |                           | 0.3  | 8.1  | 0.3                       | 5/8 | 1.00                 | 4.00                   | 8.7                | -                | -     | -     | 34.8  | -     | -   | - | - | - |





PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero  $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$  Rend:250 Kg/día

| Descripción                           | Diseño del Acero   | $\phi$ | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por $\phi$ |       |       |       |       |     |
|---------------------------------------|--|--------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
|                                       |  |        |                      |                        |                    | 1/4 "                 | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |
| Acero transversal Derecho - Vertical  | $L_{ZAP} = 1.48$<br>  | 1/2    | 3.00                 | 6.00                   | 1.12               | -                     | -     | 20.16 | -     | -     | -   |
|                                       | $rec = 0.04$<br>$tras = 0.75$  |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| Acero Longitudinal Der. e Izq. - Sup  | $L_{ZAP} = 2.8$<br>   | 1/2    | 3.00                 | 11.00                  | 1.95               | -                     | -     | 64.35 | -     | -     | -   |
|                                       | $rec = 0.04$<br>$tras = 0.75$  |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| Acero Longitudinal Der. e Izq. - Inf  | $L_{ZAP} = 2.8$<br> | 1/2    | 3.00                 | 11.00                  | 1.74               | -                     | -     | 57.42 | -     | -     | -   |
|                                       | $rec = 0.04$<br>$tras = 0.75$  |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| Acero Longitudinal Derecho - Vertical | $H_{ZAP} = 0.9$<br> | 1/2    | 3.00                 | 4.00                   | 1.26               | -                     | -     | 15.12 | -     | -     | -   |
|                                       | $rec = 0.04$<br>$tras = 0.75$  |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero  $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$  Rend:250 Kg/día

| Descripción                            | Diseño del Acero                              | $\phi$ | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por $\phi$ |       |       |       |       |     |
|--|---|--------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
|  |   |        |                      |                        |                    | 1/4 "                 | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |
| Acero transversal izquierdo - Sup      | $L_{ZAP} = 1.48$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br> | 1/2    | 3.00                 | 6.00                   | 1.62               | -                     | -     | 29.16 | -     | -     | -   |
|  | $L_{ZAP} = 1.48$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br> |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| Acero transversal izquierdo - Inf      | $L_{ZAP} = 1.48$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br> | 1/2    | 3.00                 | 6.00                   | 1.41               | -                     | -     | 25.38 | -     | -     | -   |
|  | $L_{ZAP} = 1.48$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br> |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| Acero transversal izquierdo - Vertical | $H_{ZAP} = 0.9$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br>  | 1/2    | 3.00                 | 4.00                   | 1.26               | -                     | -     | 15.12 | -     | -     | -   |
|  | $H_{ZAP} = 0.9$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br>  |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero  $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$  Rend:250 Kg/día

| Descripción                            | Diseño del Acero  | $\phi$ | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por $\phi$ |       |       |       |       |     |  |  |  |  |
|--|---|--------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----|--|--|--|--|
|  |   |        |                      |                        |                    | 1/4 "                 | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |  |  |  |  |
| ZAPATA - 02                            |   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |  |  |  |  |
| Acero transversal Izquierdo - Sup      | $L_{ZAP} = 1.48$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br><br>1.01<br>0.25      0.3  | 1/2    | 1.00                 | 6.00                   | 1.56               | -                     | -     | 9.36  | -     | -     | -   |  |  |  |  |
| Acero transversal Izquierdo - Inf      | $L_{ZAP} = 1.48$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br><br>0.21      0.21<br>0.93 | 1/2    | 1.00                 | 6.00                   | 1.35               | -                     | -     | 8.1   | -     | -     | -   |  |  |  |  |
| Acero transversal Izquierdo - Vertical | $L_{ZAP} = 1.48$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br><br>0.3      0.82          | 1/2    | 1.00                 | 6.00                   | 1.12               | -                     | -     | 6.72  | -     | -     | -   |  |  |  |  |
| Acero Longitudinal Der. e Izq. - Sup   | $L_{ZAP} = 2.5$ rec= 0.04<br>trasl= 0.75<br><br>1.4<br>0.25      0.3    | 1/2    | 1.00                 | 10.00                  | 1.95               | -                     | -     | 19.5  | -     | -     | -   |  |  |  |  |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/día

| Descripción                             | Diseño del Acero                                       | φ   | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por φ |       |       |       |       |     |
|---|--|-----|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
|   |  |     |                      |                        |                    | 1/4 "            | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |
| Acero Longitudinal Der. e Izq. - Inf    | $L_{ZAP} = 2.5$<br><br>$rec = 0.04$<br>$trasl = 0.75$  | 1/2 | 1.00                 | 10.00                  | 1.74               | -                | -     | 17.4  | -     | -     | -   |
|   | $0.21$<br>$1.32$<br>$0.21$                             |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |
| Acero Longitudinal Izquierdo - Vertical | $H_{ZAP} = 0.9$<br><br>$rec = 0.04$<br>$trasl = 0.75$  | 1/2 | 1.00                 | 4.00                   | 1.26               | -                | -     | 5.04  | -     | -     | -   |
|   | $0.22$<br>$0.82$<br>$0.22$                             |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |
| Acero transversal derecho - Sup         | $L_{ZAP} = 1.48$<br><br>$rec = 0.04$<br>$trasl = 0.75$ | 1/2 | 1.00                 | 6.00                   | 1.32               | -                | -     | 7.92  | -     | -     | -   |
|   | $0.25$<br>$0.77$<br>$0.3$                              |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |
| Acero transversal derecho - Inf         | $L_{ZAP} = 1.48$<br><br>$rec = 0.04$<br>$trasl = 0.75$ | 1/2 | 1.00                 | 6.00                   | 1.11               | -                | -     | 6.66  | -     | -     | -   |
|   | $0.21$<br>$0.69$<br>$0.21$                             |     |                      |                        |                    |                  |       |       |       |       |     |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero  $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$  Rend:  $250 \text{ Kg/día}$

| Descripción                           | Diseño del Acero        | $\phi$ | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por $\phi$ |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|---------------------------------------|-------------------------|--------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----|---|---|---|---|---|
|                                       |                         |        |                      |                        |                    | 1/4 "                 | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |   |   |   |   |   |
| Acero Longitudinal derecho - Vertical | $H_{ZAP} = 0.9$         |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|                                       | rec= 0.04<br>tras= 0.75 |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
| ZAPATA - 04                           | 0.82                    |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|                                       | 0.22                    |        | 0.22                 | 1/2                    | 1.00               | 4.00                  | 1.26  | -     | -     | 5.04  | -   | - | - | - | - | - |
| Acero transversal Derecho - Sup       | $L_{ZAP} = 2$           |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|                                       | rec= 0.04<br>tras= 0.75 |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
| Acero transversal Derecho - Inf       | 1.25                    |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|                                       | 0.25                    |        | 0.3                  | 1/2                    | 1.00               | 8.00                  | 1.8   | -     | -     | 14.4  | -   | - | - | - | - | - |
| Acero transversal Derecho - Inf       | $L_{ZAP} = 2$           |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|                                       | rec= 0.04<br>tras= 0.75 |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
| Acero transversal Derecho - Vertical  | 0.21                    |        | 0.21                 | 1/2                    | 1.00               | 8.00                  | 1.59  | -     | -     | 12.72 | -   | - | - | - | - | - |
|                                       | 1.17                    |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
| Acero transversal Derecho - Vertical  | $L_{ZAP} = 2$           |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|                                       | rec= 0.04<br>tras= 0.75 |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
| Acero transversal Derecho - Vertical  | 0.82                    |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |   |   |   |   |
|                                       | 0.3                     |        |                      | 1/2                    | 1.00               | 8.00                  | 1.12  | -     | -     | 8.96  | -   | - | - | - | - | - |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero  $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$  Rend:250 Kg/día

| Descripción                           | Diseño del Acero |      |  |                | $\phi$ | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por $\phi$ |       |       |       |       |     |   |
|---------------------------------------|------------------|------|--|----------------|--------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----|---|
|                                       | $L_{ZAP} =$      |      |  | rec=<br>trasl= |        |                      |                        |                    | 1/4 "                 | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |   |
| Acero Longitudinal Der. e Izq. - Sup  | 2.85             |      |  | 0.04<br>0.75   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |
|                                       | 0.25             | 1.92 |  | 0.3            | 1/2    | 1.00                 | 11.00                  | 2.47               | -                     | -     | 27.17 | -     | -     | -   | - |
| Acero Longitudinal Der. e Izq. - Inf  | 2.85             |      |  | 0.04<br>0.75   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |
|                                       | 0.21             | 1.84 |  | 0.21           | 1/2    | 1.00                 | 11.00                  | 2.26               | -                     | -     | 24.86 | -     | -     | -   | - |
| Acero Longitudinal Derecho - Vertical | 0.9              |      |  | 0.04<br>0.75   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |
|                                       | 0.22             | 0.82 |  | 0.22           | 1/2    | 1.00                 | 4.00                   | 1.26               | -                     | -     | 5.04  | -     | -     | -   | - |
| Acero transversal izquierdo - Sup     | 2                |      |  | 0.04<br>0.75   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |
|                                       | 0.25             | 1.25 |  | 0.3            | 1/2    | 1.00                 | 8.00                   | 1.8                | -                     | -     | 14.4  | -     | -     | -   | - |
| Acero transversal izquierdo - Inf     | 2                |      |  | 0.04<br>0.75   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |   |
|                                       | 0.21             | 1.17 |  | 0.21           | 1/2    | 1.00                 | 8.00                   | 1.59               | -                     | -     | 12.72 | -     | -     | -   | - |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero  $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$  Rend:250 Kg/día

| Descripción                             | Diseño del Acero                                   | $\phi$ | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por $\phi$ |       |       |       |       |     |
|---|--|--------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----|
|   |  |        |                      |                        |                    | 1/4 "                 | 3/8 " | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |
| Acero transversal Izquierdo - Vertical  | $L_{ZAP} = 2$ $rec = 0.04$<br>$trasl = 0.75$<br>   | 1/2    | 1.00                 | 8.00                   | 1.12               | -                     | -     | 8.96  | -     | -     | -   |
|   | 0.3  |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| Acero Longitudinal Izquierdo - Vertical | $H_{ZAP} = 0.9$ $rec = 0.04$<br>$trasl = 0.75$<br> | 1/2    | 1.00                 | 4.00                   | 1.26               | -                     | -     | 5.04  | -     | -     | -   |
|   | 0.22   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| ZAPATA - 03<br>Acero transversal - Sup  | $L_{ZAP} = 2$ $rec = 0.04$<br>$trasl = 0.9$<br>    | 5/8    | 2.00                 | 7.00                   | 2.02               | -                     | -     | -     | 28.28 | -     | -   |
|   | 0.3  |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |
| Acero transversal - Inf                 | $L_{ZAP} = 2$ $rec = 0.04$<br>$trasl = 0.9$<br>    | 5/8    | 2.00                 | 10.00                  | 1.86               | -                     | -     | -     | 37.2  | -     | -   |
|   | 0.26   |        |                      |                        |                    |                       |       |       |       |       |     |









PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/dia

| Descripción                      | Diseño del Acero     |      |       |        | φ     | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por φ |        |       |       |       |     |   |   |
|----------------------------------|----------------------|------|-------|--------|-------|----------------------|------------------------|--------------------|------------------|--------|-------|-------|-------|-----|---|---|
|                                  | L <sub>libre</sub> = |      |       | rec=   |       |                      |                        |                    | 1/4 "            | 3/8 "  | 1/2 " | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |   |   |
| 1 Nivel                          | L <sub>libre</sub> = | 3.38 |       | rec=   | 0.04  |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  |                      |      |       | ganch= | 0.064 |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 1                    | 0.05 | 0.17  |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 5                    | 0.1  |       |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 10                   | 0.25 | 0.07  | 0.07   |       | 1/4                  | 4.00                   | 22.00              | 0.608            | 53.504 | -     | -     | -     | -   | - | - |
|                                  | 5                    | 0.1  |       |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
| 2 Nivel                          | L <sub>libre</sub> = | 2.65 |       | rec=   | 0.04  |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  |                      |      |       | ganch= | 0.064 |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 1                    | 0.05 | 0.17  |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 5                    | 0.1  |       |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 7                    | 0.25 | 0.07  | 0.07   |       | 1/4                  | 4.00                   | 19.00              | 0.608            | 46.208 | -     | -     | -     | -   | - | - |
|                                  | 5                    | 0.1  |       |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
| Columnetas P. Eje A-A, C-C y E-E | L <sub>libre</sub> = |      |       | rec=   | 0.04  |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  |                      |      |       | trasl= | 0.55  |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
| Acero Longitudinal - 1 Nivel     |                      |      | 3.215 |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 0.4                  |      |       | 0.2    |       | 3/8                  | 6.00                   | 4.00               | 3.815            | -      | 91.56 | -     | -     | -   | - | - |
| Acero Longitudinal - 1 Nivel     |                      |      |       | rec=   | 0.04  |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  |                      |      |       | trasl= | 0.55  |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
| Acero Longitudinal - 1 Nivel     |                      |      | 2.485 |        |       |                      |                        |                    |                  |        |       |       |       |     |   |   |
|                                  | 0.4                  |      |       | 0.2    |       | 3/8                  | 6.00                   | 4.00               | 3.085            | -      | 74.04 | -     | -     | -   | - | - |



PLANILLA DE METRADOS DE ACERO

06.06. Acero  $f_y=4,200 \text{ Kg/cm}^2$  Rend:250 Kg/día

| Descripción  | Diseño del Acero   |      |      |                 | $\phi$ | N° Elementos Iguales | N° Piesas por elemento | Longitud por pieza | Longitudes por $\phi$ |         |        |       |       |     |
|--------------|--------------------|------|------|-----------------|--------|----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|---------|--------|-------|-------|-----|
|              |                    |      |      |                 |        |                      |                        |                    | 1/4 "                 | 3/8 "   | 1/2 "  | 5/8 " | 3/4 " | 1 " |
| 1 Nivel      | $L_{libre} = 3.28$ |      |      | $rec = 0.04$    | 1/4    | 6.00                 | 21.00                  | 0.608              | 76.608                | -       | -      | -     | -     | -   |
|              |                    |      |      | $ganch = 0.064$ |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 1                  | 0.05 |      | 0.17            |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 5                  | 0.1  |      |                 |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 9                  | 0.25 | 0.07 | 0.07            |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 5                  | 0.1  |      |                 |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
| 1            | 0.05               |      | 0.17 |                 |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
| 2 Nivel      | $L_{libre} = 2.55$ |      |      | $rec = 0.04$    | 1/4    | 6.00                 | 18.00                  | 0.608              | 65.664                | -       | -      | -     | -     | -   |
|              |                    |      |      | $ganch = 0.064$ |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 1                  | 0.05 |      | 0.17            |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 5                  | 0.1  |      |                 |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 6                  | 0.25 | 0.07 | 0.07            |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
|              | 5                  | 0.1  |      |                 |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
| 1            | 0.05               |      | 0.17 |                 |        |                      |                        |                    |                       |         |        |       |       |     |
| <b>TOTAL</b> |                    |      |      |                 |        |                      |                        | 241.984            | 1880.95               | 1273.06 | 321.78 | 0     | 0     |     |

|                   | 1/4"         | 3/8"           | 1/2"           | 5/8"          | 3/4"        | 1"          |
|-------------------|--------------|----------------|----------------|---------------|-------------|-------------|
| Longitud Total    | 241.98       | 1880.95        | 1273.06        | 321.78        | 0.00        | 0.00        |
| Peso kg/ml        | 0.40         | 0.56           | 0.99           | 1.55          | 2.24        | 3.97        |
| <b>TOTAL (kg)</b> | <b>95.58</b> | <b>1053.33</b> | <b>1265.42</b> | <b>499.40</b> | <b>0.00</b> | <b>0.00</b> |

# **PRESUPUESTO**

## Presupuesto

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Cliente MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VILLA EL SALVADOR  
 Lugar LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR

Costo al 03/03/2021

| Item     | Descripción   | Und. | Metrado  | Precio S/ | Parcial S/        |
|----------|---|------|----------|-----------|-------------------|
| 01       | <b>OBRAS PROVISIONALES</b>                                      |      |          |           | <b>6,070.42</b>   |
| 01.01    | Cerco Provisional c/triplay h=2.40m                             | m    | 62.00    | 97.91     | 6,070.42          |
| 02       | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                                    |      |          |           | <b>47,418.99</b>  |
| 02.01    | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                                    |      |          |           | <b>9,520.16</b>   |
| 02.01.01 | Trazo, Niveles y Replanteo Preliminar                           | m2   | 19.41    | 3.07      | 59.59             |
| 02.01.02 | Picado de Concreto Para Anclaje de Placas                       | m3   | 2.95     | 349.41    | 1,030.76          |
| 02.01.03 | Picado de Concreto Para Anclaje de Zapatas                      | m3   | 1.71     | 345.87    | 591.44            |
| 02.01.04 | Apuntalamiento de Techo   | m2   | 36.19    | 51.61     | 1,867.77          |
| 02.01.05 | Perforación c/ Taladro Rotopercurtor inc. Broca D=5/8"          | pto  | 192.00   | 19.35     | 3,715.20          |
| 02.01.06 | Colocación de Dowells d=1/2" en Zonas de Empalme                | pto  | 140.00   | 16.11     | 2,255.40          |
| 02.02    | <b>DEMOLICIONES</b>   |      |          |           | <b>3,617.90</b>   |
| 02.02.01 | Demolicion Cimientos de Concreto Simple c/equipo                | m3   | 1.54     | 194.83    | 300.04            |
| 02.02.02 | Demolicion Cimientos Manual                                     | m3   | 3.50     | 470.12    | 1,645.42          |
| 02.02.03 | Demolicion de Muros de Ladrillo kk Soga                         | m2   | 9.86     | 11.53     | 113.69            |
| 02.02.04 | Demolicion Piso de Concreto Incluye Falso Piso c/equipo         | m2   | 24.59    | 32.59     | 801.39            |
| 02.02.05 | Demolicion Sobrecimientos Armados c/equipo                      | m3   | 0.43     | 304.63    | 130.99            |
| 02.02.06 | Eliminación de Material de Demolición c/Volquete 15m3 D=10km    | m3   | 21.09    | 29.70     | 626.37            |
| 02.03    | <b>VARIOS</b>   |      |          |           |                   |
| 02.04    | Puente De Adherencia Concreto Antiguo-Concreto Nuevo            | m2   | 77.66    | 82.63     | 6,417.05          |
| 02.05    | Puente de Adherencia Anclaje de Acero                           | pto  | 228.00   | 122.21    | 27,863.88         |
| 03       | <b>SEGURIDAD Y SALUD</b>  |      |          |           | <b>9,393.86</b>   |
| 03.01    | Equipos de Protección Individual                                | glb  | 1.00     | 2,636.00  | 2,636.00          |
| 03.02    | Equipos de Protección Colectiva                                 | glb  | 1.00     | 1,716.76  | 1,716.76          |
| 03.03    | Capacitación en Seguridad y Salud                               | glb  | 1.00     | 4,000.00  | 4,000.00          |
| 03.04    | Recursos para respuesta ante emergencias en Seguridad y Salud   | glb  | 1.00     | 1,041.10  | 1,041.10          |
| 04       | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                                    |      |          |           | <b>3,124.82</b>   |
| 04.01    | Excavación para zapatas en material suelto h=1.80m              | m3   | 29.43    | 56.42     | 1,660.44          |
| 04.02    | Excavación de zanjas p/cimientos en material suelto h=1.80m     | m3   | 1.63     | 47.01     | 76.63             |
| 04.03    | Relleno y compactado de zanjas c/ material propio               | m3   | 16.75    | 36.82     | 616.74            |
| 04.04    | Refine, Nivel y Compactación en terreno Normal con Compactadora | m2   | 24.59    | 4.94      | 121.47            |
| 04.05    | Eliminación de Excedentes c/Volquete 15m3 D=10km                | m3   | 21.87    | 29.70     | 649.54            |
| 05       | <b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>                                 |      |          |           | <b>614.58</b>     |
| 05.01    | Concreto Premezclado Fc 100 Kg/cm2 - Falso Piso                 | m3   | 2.46     | 249.83    | 614.58            |
| 06       | <b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>                                 |      |          |           | <b>29,183.16</b>  |
| 06.01    | Concreto fc 175 Kg/cm2 Columneta                                | m3   | 2.48     | 522.17    | 1,294.98          |
| 06.02    | Concreto fc 210 Kg/cm2 Zapata                                   | m3   | 9.00     | 348.12    | 3,133.08          |
| 06.03    | Concreto fc 210 Kg/cm2 Columna                                  | m3   | 13.43    | 537.12    | 7,213.52          |
| 06.04    | Concreto fc 210 Kg/cm2 Viga                                     | m3   | 1.09     | 389.92    | 425.01            |
| 06.05    | Concreto fc 350 Kg/cm2 Losa Maciza                              | m3   | 1.75     | 440.28    | 770.49            |
| 06.06    | Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/dia                           | kg   | 2,913.74 | 5.61      | 16,346.08         |
|          | <b>COSTO DIRECTO</b>  |      |          |           | <b>95,805.83</b>  |
|          | <b>GASTOS GENERALES (8%)</b>                                    |      |          |           | <b>7,664.47</b>   |
|          | <b>UTILIDAD (7%)</b>  |      |          |           | <b>6,706.41</b>   |
|          | <b>SUB TOTAL</b>  |      |          |           | <b>110,176.71</b> |
|          | <b>IGV (18%)</b>  |      |          |           | <b>19,831.81</b>  |
|          | <b>PRESUPUESTO TOTAL</b>  |      |          |           | <b>130,008.52</b> |

SON : CIENTO TREINTA MIL OCHO Y 52/100 SOL

# **ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

Partida 01.01 Cerco Provisional c/triplay h=2.40m

Rendimiento m/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m **97.91**

| Código     | Descripción Recurso          | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|------------------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Mano de Obra</b>          |        |           |          |           |              |
| 0102010002 | Oficial                      | hh     | 1.0000    | 0.4000   | 18.57     | 7.43         |
| 0102010003 | Operario                     | hh     | 1.0000    | 0.4000   | 23.49     | 9.40         |
| 0102010004 | Peón                         | hh     | 1.0000    | 0.4000   | 16.79     | 6.72         |
|            |                              |        |           |          |           | <b>23.55</b> |
|            | <b>Materiales</b>            |        |           |          |           |              |
| 0202010001 | Alambre Negro Recocido N 8   | kg     |           | 0.7200   | 3.50      | 2.52         |
| 0202010002 | Clavo c/cabeza p/madera 3"x8 | kg     |           | 0.7200   | 5.34      | 3.84         |
| 0212010001 | Madera tornillo              | p2     |           | 6.0000   | 6.20      | 37.20        |
| 0212010002 | Triplay Lupuna 4x8x6mm       | pza    |           | 0.8750   | 35.20     | 30.80        |
|            |                              |        |           |          |           | <b>74.36</b> |

Partida 02.01.01 Trazo, Niveles y Replanteo Preliminar

Rendimiento m2/DIA MO. 450.0000 EQ. 450.0000 Costo unitario directo por : m2 **3.07**

| Código     | Descripción Recurso                            | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/  |
|------------|--|--------|-----------|----------|-----------|-------------|
|            | <b>Mano de Obra</b>                            |        |           |          |           |             |
| 0101020001 | Topógrafo                                      | hh     | 1.0000    | 0.0178   | 24.40     | 0.43        |
| 0102010002 | Oficial  | hh     | 1.0000    | 0.0178   | 18.57     | 0.33        |
| 0102010004 | Peón   | hh     | 3.0000    | 0.0533   | 16.79     | 0.89        |
|            |  |        |           |          |           | <b>1.65</b> |
|            | <b>Materiales</b>                              |        |           |          |           |             |
| 0202010003 | Clavo c/cabeza p/construccion D. Promedio      | kg     |           | 0.0010   | 5.34      | 0.01        |
| 0202020001 | Acero Corrugado Fy=4200 (g-60) Precio Promedio | tn     |           | 0.0001   | 3,672.85  | 0.37        |
| 0207020001 | Cal Hidratada En Bolsa 30 Kg                   | bol    |           | 0.0100   | 11.78     | 0.12        |
| 0212010001 | Madera tornillo                                | p2     |           | 0.0275   | 6.20      | 0.17        |
| 0214010001 | Pintura Esmalte Sintético                      | gal    |           | 0.0020   | 29.66     | 0.06        |
|            |  |        |           |          |           | <b>0.73</b> |
|            | <b>Equipos</b>                                 |        |           |          |           |             |
| 0303010001 | Herramienta Manual                             | %mo    |           | 5.0000   | 1.65      | 0.08        |
| 0304010001 | Prisma   | hm     | 1.0000    | 0.0178   | 3.27      | 0.06        |
| 0304010002 | Estación Total                                 | hm     | 1.0000    | 0.0178   | 21.73     | 0.39        |
| 0304010003 | Nivel Topográfico                              | hm     | 1.0000    | 0.0178   | 9.24      | 0.16        |
|            |  |        |           |          |           | <b>0.69</b> |

Partida 02.01.02 Picado de Concreto Para Anclaje de Placas

Rendimiento m3/DIA MO. 0.4000 EQ. 0.4000 Costo unitario directo por : m3 **349.41**

| Código     | Descripción Recurso   | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/    |
|------------|-----------------------|--------|-----------|----------|-----------|---------------|
|            | <b>Mano de Obra</b>   |        |           |          |           |               |
| 0102010004 | Peón                  | hh     | 1.0000    | 20.0000  | 16.79     | 335.80        |
|            |                       |        |           |          |           | <b>335.80</b> |
|            | <b>Materiales</b>     |        |           |          |           |               |
| 0212020001 | Madera para Andamiaje | p2     |           | 0.5900   | 6.00      | 3.54          |
|            |                       |        |           |          |           | <b>3.54</b>   |
|            | <b>Equipos</b>        |        |           |          |           |               |
| 0303010001 | Herramienta Manual    | %mo    |           | 3.0000   | 335.80    | 10.07         |
|            |                       |        |           |          |           | <b>10.07</b>  |

Partida 02.01.03 Picado de Concreto Para Anclaje de Zapatas

Rendimiento m3/DIA MO. 0.4000 EQ. 0.4000 Costo unitario directo por : m3 **345.87**

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/    |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|---------------|
|            | <b>Mano de Obra</b> |        |           |          |           |               |
| 0102010004 | Peón                | hh     | 1.0000    | 20.0000  | 16.79     | 335.80        |
|            |                     |        |           |          |           | <b>335.80</b> |

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

Equipos  
 0303010001 Herramienta Manual %mo 3.0000 335.80 10.07  
**10.07**

Partida 02.01.04 Apuntalamiento de Techo

Rendimiento m2/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m2 **51.61**

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Mano de Obra</b> |        |           |          |           |              |
| 0102010003 | Operario            | hh     | 1.0000    | 0.4000   | 23.49     | 9.40         |
| 0102010004 | Peón                | hh     | 2.0000    | 0.8000   | 16.79     | 13.43        |
|            |                     |        |           |          |           | <b>22.83</b> |

| Código     | Descripción Recurso          | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|------------------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Materiales</b>            |        |           |          |           |              |
| 0202010001 | Alambre Negro Recocido N 8   | kg     |           | 0.0500   | 3.50      | 0.18         |
| 0202010002 | Clavo c/cabeza p/madera 3"x8 | kg     |           | 0.0500   | 5.34      | 0.27         |
| 0202010004 | Alambre Negro Recocido N 16  | kg     |           | 0.0500   | 3.50      | 0.18         |
| 0212010001 | Madera tornillo              | p2     |           | 4.4300   | 6.20      | 27.47        |
|            |                              |        |           |          |           | <b>28.10</b> |

Equipos  
 0303010001 Herramienta Manual %mo 3.0000 22.83 0.68  
**0.68**

Partida 02.01.05 Perforación c/ Taladro Rotopercurtor inc. Broca D=5/8"

Rendimiento pto/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : pto **19.35**

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Mano de Obra</b> |        |           |          |           |              |
| 0102010003 | Operario            | hh     | 1.0000    | 0.4000   | 23.49     | 9.40         |
| 0102010004 | Peón                | hh     | 1.0000    | 0.4000   | 16.79     | 6.72         |
|            |                     |        |           |          |           | <b>16.12</b> |

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/  |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|-------------|
|            | <b>Materiales</b>   |        |           |          |           |             |
| 0209020001 | Agua                | m3     |           | 0.0050   | 5.68      | 0.03        |
|            |                     |        |           |          |           | <b>0.03</b> |

| Código     | Descripción Recurso                  | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/  |
|------------|--------------------------------------|--------|-----------|----------|-----------|-------------|
|            | <b>Equipos</b>                       |        |           |          |           |             |
| 0302030003 | Taladro Rotopercurtor Inc. Broca 5/8 | hm     | 1.0000    | 0.4000   | 8.00      | 3.20        |
|            |                                      |        |           |          |           | <b>3.20</b> |

Partida 02.01.06 Colocación de Dowells d=1/2" en Zonas de Empalme

Rendimiento pto/DIA MO. 65.0000 EQ. 65.0000 Costo unitario directo por : pto **16.11**

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/  |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|-------------|
|            | <b>Mano de Obra</b> |        |           |          |           |             |
| 0102010003 | Operario            | hh     | 1.0000    | 0.1231   | 23.49     | 2.89        |
| 0102010004 | Peón                | hh     | 1.0000    | 0.1231   | 16.79     | 2.07        |
|            |                     |        |           |          |           | <b>4.96</b> |

| Código     | Descripción Recurso   | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|-----------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Materiales</b>     |        |           |          |           |              |
| 0202030001 | Dowells 1/2" x 0.50 m | und    |           | 2.2000   | 5.00      | 11.00        |
|            |                       |        |           |          |           | <b>11.00</b> |

Equipos  
 0303010001 Herramienta Manual %mo 3.0000 4.96 0.15  
**0.15**

Partida 02.02.01 Demolicion Cimientos de Concreto Simple c/equipo

Rendimiento m3/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : m3 **194.83**

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Mano de Obra</b> |        |           |          |           |              |
| 0102010003 | Operario            | hh     | 1.0000    | 2.0000   | 23.49     | 46.98        |
| 0102010004 | Peón                | hh     | 0.5000    | 1.0000   | 16.79     | 16.79        |
|            |                     |        |           |          |           | <b>63.77</b> |

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

| Equipos    |  |    |        |        |        |        |               |
|------------|--|----|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 0302010001 | Compresora Neumatica 93 Hp,335-375 Pcm | hm | 0.5000 | 1.0000 | 124.96 | 124.96 |               |
| 0302010002 | Martillo Neumatico 29 Kg               | hm | 0.5000 | 1.0000 | 6.10   | 6.10   |               |
|            |  |    |        |        |        |        | <b>131.06</b> |

Partida 02.02.02 Demolicion Cimientos Manual

Rendimiento m3/DIA MO. 0.3000 EQ. 0.3000 Costo unitario directo por : m3 **470.12**

| Código       | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |               |
|--------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|------------|---------------|
| Mano de Obra |                     |        |           |          |           |            |               |
| 0102010004   | Peón                | hh     | 1.0000    | 26.6667  | 16.79     | 447.73     |               |
|              |                     |        |           |          |           |            | <b>447.73</b> |

| Equipos    |                    |     |  |        |        |       |              |
|------------|--------------------|-----|--|--------|--------|-------|--------------|
| 0303010001 | Herramienta Manual | %mo |  | 5.0000 | 447.73 | 22.39 |              |
|            |                    |     |  |        |        |       | <b>22.39</b> |

Partida 02.02.03 Demolicion de Muros de Ladrillo kk Soga

Rendimiento m2/DIA MO. 12.0000 EQ. 12.0000 Costo unitario directo por : m2 **11.53**

| Código       | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |              |
|--------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|------------|--------------|
| Mano de Obra |                     |        |           |          |           |            |              |
| 0102010004   | Peón                | hh     | 1.0000    | 0.6667   | 16.79     | 11.19      |              |
|              |                     |        |           |          |           |            | <b>11.19</b> |

| Equipos    |                    |     |  |        |       |      |             |
|------------|--------------------|-----|--|--------|-------|------|-------------|
| 0303010001 | Herramienta Manual | %mo |  | 3.0000 | 11.19 | 0.34 |             |
|            |                    |     |  |        |       |      | <b>0.34</b> |

Partida 02.02.04 Demolicion Piso de Concreto Incluye Falso Piso c/equipo

Rendimiento m2/DIA MO. 40.0000 EQ. 40.0000 Costo unitario directo por : m2 **32.59**

| Código       | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |             |
|--------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|
| Mano de Obra |                     |        |           |          |           |            |             |
| 0102010003   | Operario            | hh     | 1.0000    | 0.2000   | 23.49     | 4.70       |             |
| 0102010004   | Peón                | hh     | 0.5000    | 0.1000   | 16.79     | 1.68       |             |
|              |                     |        |           |          |           |            | <b>6.38</b> |

| Equipos    |  |    |        |        |        |       |              |
|------------|--|----|--------|--------|--------|-------|--------------|
| 0302010001 | Compresora Neumatica 93 Hp,335-375 Pcm | hm | 1.0000 | 0.2000 | 124.96 | 24.99 |              |
| 0302010002 | Martillo Neumatico 29 Kg               | hm | 1.0000 | 0.2000 | 6.10   | 1.22  |              |
|            |  |    |        |        |        |       | <b>26.21</b> |

Partida 02.02.05 Demolicion Sobrecimientos Armados c/equipo

Rendimiento m3/DIA MO. 6.0000 EQ. 6.0000 Costo unitario directo por : m3 **304.63**

| Código       | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |              |
|--------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|------------|--------------|
| Mano de Obra |                     |        |           |          |           |            |              |
| 0102010003   | Operario            | hh     | 1.0000    | 1.3333   | 23.49     | 31.32      |              |
| 0102010004   | Peón                | hh     | 0.5000    | 0.6667   | 16.79     | 11.19      |              |
|              |                     |        |           |          |           |            | <b>42.51</b> |

| Equipos    |  |    |        |        |        |        |               |
|------------|--|----|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 0302010001 | Compresora Neumatica 93 Hp,335-375 Pcm | hm | 1.5000 | 2.0000 | 124.96 | 249.92 |               |
| 0302010002 | Martillo Neumatico 29 Kg               | hm | 1.5000 | 2.0000 | 6.10   | 12.20  |               |
|            |  |    |        |        |        |        | <b>262.12</b> |

Partida 02.02.06 Eliminación de Material de Demolición c/Volquete 15m3 D=10km

Rendimiento m3/DIA MO. 380.0000 EQ. 380.0000 Costo unitario directo por : m3 **29.70**

| Código       | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|--------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| Mano de Obra |                     |        |           |          |           |            |

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

|            |  |     |        |        |        |              |
|------------|--|-----|--------|--------|--------|--------------|
| 0102010002 | Oficial                                  | hh  | 1.0000 | 0.0211 | 18.57  | 0.39         |
|            |  |     |        |        |        | <b>0.39</b>  |
|            | <b>Equipos</b>                           |     |        |        |        |              |
| 0301010002 | Camión Volquete 4x6, 330HP, 15 m3        | hm  | 4.0000 | 0.0842 | 296.70 | 24.98        |
| 0301020001 | Cargador sobre llantas 125-155 HP, 3 YD3 | hm  | 1.0000 | 0.0211 | 204.69 | 4.32         |
| 0303010001 | Herramienta Manual                       | %mo |        | 3.0000 | 0.39   | 0.01         |
|            |  |     |        |        |        | <b>29.31</b> |

Partida 02.04 Puente De Adherencia Concreto Antiguo-Concreto Nuevo

|               |                              |               |                  |                                 |                  |                   |              |
|---------------|------------------------------|---------------|------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|--------------|
| Rendimiento   | m2/DIA                       | MO. 2.0000    | EQ. 2.0000       | Costo unitario directo por : m2 |                  |                   | <b>82.63</b> |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b>   | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b>                 | <b>Precio S/</b> | <b>Parcial S/</b> |              |
|               | <b>Mano de Obra</b>          |               |                  |                                 |                  |                   |              |
| 0102010002    | Oficial                      | hh            | 0.2500           | 1.0000                          | 18.57            | 18.57             |              |
|               |                              |               |                  |                                 |                  | <b>18.57</b>      |              |
|               | <b>Materiales</b>            |               |                  |                                 |                  |                   |              |
| 0210010001    | Epóxico Sikadur 32 o similar | kg            |                  | 1.0000                          | 62.20            | 62.20             |              |
|               |                              |               |                  |                                 |                  | <b>62.20</b>      |              |
|               | <b>Equipos</b>               |               |                  |                                 |                  |                   |              |
| 0303010001    | Herramienta Manual           | %mo           |                  | 10.0000                         | 18.57            | 1.86              |              |
|               |                              |               |                  |                                 |                  | <b>1.86</b>       |              |

Partida 02.05 Puente de Adherencia Anclaje de Acero

|               |                                    |               |                  |                                  |                  |                   |               |
|---------------|------------------------------------|---------------|------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|---------------|
| Rendimiento   | pto/DIA                            | MO. 30.0000   | EQ. 30.0000      | Costo unitario directo por : pto |                  |                   | <b>122.21</b> |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b>         | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio S/</b> | <b>Parcial S/</b> |               |
|               | <b>Mano de Obra</b>                |               |                  |                                  |                  |                   |               |
| 0102010002    | Oficial                            | hh            | 2.0000           | 0.5333                           | 18.57            | 9.90              |               |
|               |                                    |               |                  |                                  |                  | <b>9.90</b>       |               |
|               | <b>Materiales</b>                  |               |                  |                                  |                  |                   |               |
| 0210010002    | Epóxico Sikadur 31 o similar (5kg) | kg            |                  | 0.5397                           | 206.27           | 111.32            |               |
|               |                                    |               |                  |                                  |                  | <b>111.32</b>     |               |
|               | <b>Equipos</b>                     |               |                  |                                  |                  |                   |               |
| 0303010001    | Herramienta Manual                 | %mo           |                  | 10.0000                          | 9.90             | 0.99              |               |
|               |                                    |               |                  |                                  |                  | <b>0.99</b>       |               |

Partida 03.01 Equipos de Protección Individual

|               |                            |               |                  |                                  |                  |                   |                 |
|---------------|----------------------------|---------------|------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Rendimiento   | glb/DIA                    | MO. 1.0000    | EQ. 1.0000       | Costo unitario directo por : glb |                  |                   | <b>2,636.00</b> |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio S/</b> | <b>Parcial S/</b> |                 |
|               | <b>Materiales</b>          |               |                  |                                  |                  |                   |                 |
| 0217020001    | Cortaviento                | und           |                  | 20.0000                          | 7.50             | 150.00            |                 |
| 0217020003    | Chaleco Reflectivo         | und           |                  | 20.0000                          | 28.90            | 578.00            |                 |
| 0217020005    | Botas de Seguridad         | und           |                  | 20.0000                          | 37.00            | 740.00            |                 |
| 0217020006    | Lentes de Protección       | und           |                  | 20.0000                          | 5.00             | 100.00            |                 |
| 0217020007    | Casco de Seguridad         | und           |                  | 20.0000                          | 8.00             | 160.00            |                 |
| 0217020008    | Mameluco                   | und           |                  | 20.0000                          | 20.00            | 400.00            |                 |
| 0217020009    | Polo Manga Corta           | und           |                  | 40.0000                          | 10.00            | 400.00            |                 |
| 0217020010    | Protectores Auditivos      | und           |                  | 20.0000                          | 5.40             | 108.00            |                 |
|               |                            |               |                  |                                  |                  | <b>2,636.00</b>   |                 |

Partida 03.02 Equipos de Protección Colectiva

|               |                                       |               |                  |                                  |                  |                   |                 |
|---------------|---------------------------------------|---------------|------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Rendimiento   | glb/DIA                               | MO. 1.0000    | EQ. 1.0000       | Costo unitario directo por : glb |                  |                   | <b>1,716.76</b> |
| <b>Código</b> | <b>Descripción Recurso</b>            | <b>Unidad</b> | <b>Cuadrilla</b> | <b>Cantidad</b>                  | <b>Precio S/</b> | <b>Parcial S/</b> |                 |
|               | <b>Materiales</b>                     |               |                  |                                  |                  |                   |                 |
| 0217030001    | Malla de Seguridad                    | ril           |                  | 2.0000                           | 38.05            | 76.10             |                 |
| 0217030002    | Cachaco de Seguridad                  | und           |                  | 40.0000                          | 14.83            | 593.20            |                 |
| 0217030003    | Señales de Advertencia de Información | und           |                  | 20.0000                          | 50.00            | 1,000.00          |                 |
| 0217030004    | Cinta de Seguridad de Obra            | und           |                  | 2.0000                           | 23.73            | 47.46             |                 |

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

1,716.76

Partida 03.03 Capacitación en Seguridad y Salud

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb **4,000.00**

| Código     | Descripción Recurso                       | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/      |
|------------|---|--------|-----------|----------|-----------|-----------------|
|            | <b>Materiales</b>                         |        |           |          |           |                 |
| 0217050001 | CHARLAS DE INDUCCIÓN PARA PERSONAL NUEVO  | glb    |           | 1.0000   | 2,000.00  | 2,000.00        |
| 0217050002 | CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN                | glb    |           | 1.0000   | 1,000.00  | 1,000.00        |
| 0217050003 | CAPACITACIÓN PARA CUADRILLA DE EMERGENCIA | glb    |           | 1.0000   | 1,000.00  | 1,000.00        |
|            |   |        |           |          |           | <b>4,000.00</b> |

Partida 03.04 Recursos para respuesta ante emergencias en Seguridad y Salud

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb **1,041.10**

| Código     | Descripción Recurso          | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/      |
|------------|------------------------------|--------|-----------|----------|-----------|-----------------|
|            | <b>Materiales</b>            |        |           |          |           |                 |
| 0217040001 | Equipo de Extinción de Fuego | und    |           | 2.0000   | 125.00    | 250.00          |
| 0217040002 | Camilla                      | und    |           | 2.0000   | 245.55    | 491.10          |
| 0217040003 | Botiquín                     | und    |           | 2.0000   | 150.00    | 300.00          |
|            |                              |        |           |          |           | <b>1,041.10</b> |

Partida 04.01 Excavación para zapatas en material suelto h=1.80m

Rendimiento m3/DIA MO. 2.5000 EQ. 2.5000 Costo unitario directo por : m3 **56.42**

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Mano de Obra</b> |        |           |          |           |              |
| 0102010004 | Peón                | hh     | 1.0000    | 3.2000   | 16.79     | 53.73        |
|            |                     |        |           |          |           | <b>53.73</b> |
|            | <b>Equipos</b>      |        |           |          |           |              |
| 0303010001 | Herramienta Manual  | %mo    |           | 5.0000   | 53.73     | 2.69         |
|            |                     |        |           |          |           | <b>2.69</b>  |

Partida 04.02 Excavación de zanjas p/cimientos en material suelto h=1.80m

Rendimiento m3/DIA MO. 3.0000 EQ. 3.0000 Costo unitario directo por : m3 **47.01**

| Código     | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|---------------------|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Mano de Obra</b> |        |           |          |           |              |
| 0102010004 | Peón                | hh     | 1.0000    | 2.6667   | 16.79     | 44.77        |
|            |                     |        |           |          |           | <b>44.77</b> |
|            | <b>Equipos</b>      |        |           |          |           |              |
| 0303010001 | Herramienta Manual  | %mo    |           | 5.0000   | 44.77     | 2.24         |
|            |                     |        |           |          |           | <b>2.24</b>  |

Partida 04.03 Relleno y compactado de zanjas c/ material propio

Rendimiento m3/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000 Costo unitario directo por : m3 **36.82**

| Código     | Descripción Recurso                       | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/   |
|------------|---|--------|-----------|----------|-----------|--------------|
|            | <b>Mano de Obra</b>                       |        |           |          |           |              |
| 0102010002 | Oficial                                   | hh     | 1.0000    | 0.5333   | 18.57     | 9.90         |
| 0102010004 | Peón                                      | hh     | 1.0000    | 0.5333   | 16.79     | 8.95         |
|            |   |        |           |          |           | <b>18.85</b> |
|            | <b>Equipos</b>                            |        |           |          |           |              |
| 0302040001 | Compactador Vibratorio Tipo Plancha 5.8HP | hm     | 1.0000    | 0.5333   | 32.63     | 17.40        |
| 0303010001 | Herramienta Manual                        | %mo    |           | 3.0000   | 18.85     | 0.57         |
|            |   |        |           |          |           | <b>17.97</b> |

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

Partida 04.04 Refine, Nivel y Compactación en terreno Normal con Compactadora  
 Rendimiento m2/DIA MO. 120.0000 EQ. 120.0000 Costo unitario directo por : m2 **4.94**

| Código              | Descripción Recurso                       | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|---|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |   |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial                                   | hh     | 1.0000    | 0.0667   | 18.57     | 1.24       |
| 0102010004          | Peón                                      | hh     | 1.0000    | 0.0667   | 16.79     | 1.12       |
| <b>2.36</b>         |   |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |   |        |           |          |           |            |
| 0209020001          | Agua                                      | m3     |           | 0.0500   | 5.68      | 0.28       |
| <b>0.28</b>         |   |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |   |        |           |          |           |            |
| 0302040001          | Compactador Vibratorio Tipo Plancha 5.8HP | hm     | 1.0000    | 0.0667   | 32.63     | 2.18       |
| 0303010001          | Herramienta Manual                        | %mo    |           | 5.0000   | 2.36      | 0.12       |
| <b>2.30</b>         |   |        |           |          |           |            |

Partida 04.05 Eliminación de Excedentes c/Volquete 15m3 D=10km  
 Rendimiento m3/DIA MO. 380.0000 EQ. 380.0000 Costo unitario directo por : m3 **29.70**

| Código              | Descripción Recurso                      | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |  |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial                                  | hh     | 1.0000    | 0.0211   | 18.57     | 0.39       |
| <b>0.39</b>         |  |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |  |        |           |          |           |            |
| 0301010002          | Camión Volquete 4x6, 330HP, 15 m3        | hm     | 4.0000    | 0.0842   | 296.70    | 24.98      |
| 0301020001          | Cargador sobre llantas 125-155 HP, 3 YD3 | hm     | 1.0000    | 0.0211   | 204.69    | 4.32       |
| 0303010001          | Herramienta Manual                       | %mo    |           | 3.0000   | 0.39      | 0.01       |
| <b>29.31</b>        |  |        |           |          |           |            |

Partida 05.01 Concreto Premezclado F'c 100 Kg/cm2 - Falso Piso  
 Rendimiento m3/DIA MO. 30.0000 EQ. 30.0000 Costo unitario directo por : m3 **249.83**

| Código              | Descripción Recurso                                   | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|---|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |   |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial   | hh     | 1.0000    | 0.2667   | 18.57     | 4.95       |
| 0102010003          | Operario  | hh     | 2.0000    | 0.5333   | 23.49     | 12.53      |
| 0102010004          | Peón  | hh     | 1.0000    | 0.2667   | 16.79     | 4.48       |
| 0102020001          | Operador Equipo Liviano                               | hh     | 1.0000    | 0.2667   | 24.30     | 6.48       |
| <b>28.44</b>        |   |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |   |        |           |          |           |            |
| 0209010001          | Concreto Pre-mezclado C/cemento Tipo I F'c=100 Kg/cm2 | m3     |           | 1.0300   | 212.50    | 218.88     |
| <b>218.88</b>       |   |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |   |        |           |          |           |            |
| 0302020001          | Vibrador De Concreto 4hp, 1.50 Plg                    | hm     | 1.0000    | 0.2667   | 6.23      | 1.66       |
| 0303010001          | Herramienta Manual                                    | %mo    |           | 3.0000   | 28.44     | 0.85       |
| <b>2.51</b>         |   |        |           |          |           |            |

Partida 06.01 Concreto f'c 175 Kg/cm2 Columneta  
 Rendimiento m3/DIA MO. 10.0000 EQ. 10.0000 Costo unitario directo por : m3 **522.17**

| Código              | Descripción Recurso              | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|----------------------------------|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |                                  |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial                          | hh     | 1.0000    | 0.8000   | 18.57     | 14.86      |
| 0102010003          | Operario                         | hh     | 2.0000    | 1.6000   | 23.49     | 37.58      |
| 0102010004          | Peón                             | hh     | 12.0000   | 9.6000   | 16.79     | 161.18     |
| 0102020002          | Operador Equipo                  | hh     | 2.0000    | 1.6000   | 24.30     | 38.88      |
| <b>252.50</b>       |                                  |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |                                  |        |           |          |           |            |
| 0201010001          | Gasolina 84 Octanos (grifo Lima) | gal    |           | 0.3000   | 9.69      | 2.91       |
| 0201020001          | Grasa Multiple Ep                | lbs    |           | 0.0200   | 10.38     | 0.21       |

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

|               |  |     |  |        |       |        |
|---------------|--|-----|--|--------|-------|--------|
| 0207010001    | Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg) | bol |  | 8.4000 | 18.92 | 158.93 |
| 0209020001    | Agua                                   | m3  |  | 0.1800 | 5.68  | 1.02   |
| 0209030001    | Arena Gruesa                           | m3  |  | 0.5000 | 48.31 | 24.16  |
| 0209030002    | Piedra Chancada De 1/2" - 3/4" Huso 67 | m3  |  | 0.8000 | 54.15 | 43.32  |
| 0215010001    | Aceite Motor Gasolina Sae 30w          | gal |  | 0.0100 | 37.40 | 0.37   |
| <b>230.92</b> |  |     |  |        |       |        |

#### Equipos

|              |  |     |        |        |        |       |
|--------------|--|-----|--------|--------|--------|-------|
| 0302020002   | Mezcladora De Concreto T.tambor 23hp 11-12p3 | hm  | 1.0000 | 0.8000 | 26.21  | 20.97 |
| 0302020003   | Vibrador De Concreto 4hp, 2.4 Plg            | hm  | 1.0000 | 0.8000 | 6.44   | 5.15  |
| 0303010001   | Herramienta Manual                           | %mo |        | 5.0000 | 252.50 | 12.63 |
| <b>38.75</b> |  |     |        |        |        |       |

Partida 06.02 Concreto f'c 210 Kg/cm2 Zapata

Rendimiento m3/DIA MO. 25.0000 EQ. 25.0000 Costo unitario directo por : m3 **348.12**

| Código              | Descripción Recurso                          | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |  |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial                                      | hh     | 1.0000    | 0.3200   | 18.57     | 5.94       |
| 0102010003          | Operario                                     | hh     | 2.0000    | 0.6400   | 23.49     | 15.03      |
| 0102010004          | Peón   | hh     | 8.0000    | 2.5600   | 16.79     | 42.98      |
| 0102020002          | Operador Equipo                              | hh     | 2.0000    | 0.6400   | 24.30     | 15.55      |
| <b>79.50</b>        |  |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |  |        |           |          |           |            |
| 0201010001          | Gasolina 84 Octanos (grifo Lima)             | gal    |           | 0.1200   | 9.69      | 1.16       |
| 0201020001          | Grasa Multiple Ep                            | lbs    |           | 0.0100   | 10.38     | 0.10       |
| 0207010001          | Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)       | bol    |           | 9.7400   | 18.92     | 184.28     |
| 0209020001          | Agua   | m3     |           | 0.1800   | 5.68      | 1.02       |
| 0209030001          | Arena Gruesa                                 | m3     |           | 0.5000   | 48.31     | 24.16      |
| 0209030002          | Piedra Chancada De 1/2" - 3/4" Huso 67       | m3     |           | 0.8000   | 54.15     | 43.32      |
| 0215010001          | Aceite Motor Gasolina Sae 30w                | gal    |           | 0.0040   | 37.40     | 0.15       |
| <b>254.19</b>       |  |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |  |        |           |          |           |            |
| 0302020002          | Mezcladora De Concreto T.tambor 23hp 11-12p3 | hm     | 1.0000    | 0.3200   | 26.21     | 8.39       |
| 0302020003          | Vibrador De Concreto 4hp, 2.4 Plg            | hm     | 1.0000    | 0.3200   | 6.44      | 2.06       |
| 0303010001          | Herramienta Manual                           | %mo    |           | 5.0000   | 79.50     | 3.98       |
| <b>14.43</b>        |  |        |           |          |           |            |

Partida 06.03 Concreto f'c 210 Kg/cm2 Columna

Rendimiento m3/DIA MO. 10.0000 EQ. 10.0000 Costo unitario directo por : m3 **537.12**

| Código              | Descripción Recurso                          | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |  |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial                                      | hh     | 1.0000    | 0.8000   | 18.57     | 14.86      |
| 0102010003          | Operario                                     | hh     | 2.0000    | 1.6000   | 23.49     | 37.58      |
| 0102010004          | Peón   | hh     | 12.0000   | 9.6000   | 16.79     | 161.18     |
| 0102020002          | Operador Equipo                              | hh     | 2.0000    | 1.6000   | 24.30     | 38.88      |
| <b>252.50</b>       |  |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |  |        |           |          |           |            |
| 0201010001          | Gasolina 84 Octanos (grifo Lima)             | gal    |           | 0.3000   | 9.69      | 2.91       |
| 0201020001          | Grasa Multiple Ep                            | lbs    |           | 0.0200   | 10.38     | 0.21       |
| 0207010001          | Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)       | bol    |           | 9.2000   | 18.92     | 174.06     |
| 0209020001          | Agua   | m3     |           | 0.1800   | 5.68      | 1.02       |
| 0209030001          | Arena Gruesa                                 | m3     |           | 0.5000   | 48.31     | 24.16      |
| 0209030002          | Piedra Chancada De 1/2" - 3/4" Huso 67       | m3     |           | 0.8000   | 54.15     | 43.32      |
| 0215010001          | Aceite Motor Gasolina Sae 30w                | gal    |           | 0.0050   | 37.40     | 0.19       |
| <b>245.87</b>       |  |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |  |        |           |          |           |            |
| 0302020002          | Mezcladora De Concreto T.tambor 23hp 11-12p3 | hm     | 1.0000    | 0.8000   | 26.21     | 20.97      |
| 0302020003          | Vibrador De Concreto 4hp, 2.4 Plg            | hm     | 1.0000    | 0.8000   | 6.44      | 5.15       |
| 0303010001          | Herramienta Manual                           | %mo    |           | 5.0000   | 252.50    | 12.63      |
| <b>38.75</b>        |  |        |           |          |           |            |

Partida 06.04 Concreto f'c 210 Kg/cm2 Viga

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0101001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto 001 ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA Fecha presupuesto  
 03/03/2021

Rendimiento m3/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 Costo unitario directo por : m3 **389.92**

| Código              | Descripción Recurso                          | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |  |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial                                      | hh     | 1.0000    | 0.4000   | 18.57     | 7.43       |
| 0102010003          | Operario                                     | hh     | 2.0000    | 0.8000   | 23.49     | 18.79      |
| 0102010004          | Peón   | hh     | 12.0000   | 4.8000   | 16.79     | 80.59      |
| 0102020002          | Operador Equipo                              | hh     | 2.0000    | 0.8000   | 24.30     | 19.44      |
| <b>126.25</b>       |  |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |  |        |           |          |           |            |
| 0201010001          | Gasolina 84 Octanos (grifo Lima)             | gal    |           | 0.1500   | 9.69      | 1.45       |
| 0201020001          | Grasa Multiple Ep                            | lbs    |           | 0.0100   | 10.38     | 0.10       |
| 0207010001          | Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)       | bol    |           | 9.2000   | 18.92     | 174.06     |
| 0209020001          | Agua   | m3     |           | 0.1800   | 5.68      | 1.02       |
| 0209030001          | Arena Gruesa                                 | m3     |           | 0.5000   | 48.31     | 24.16      |
| 0209030002          | Piedra Chancada De 1/2" - 3/4" Huso 67       | m3     |           | 0.8000   | 54.15     | 43.32      |
| 0215010001          | Aceite Motor Gasolina Sae 30w                | gal    |           | 0.0050   | 37.40     | 0.19       |
| <b>244.30</b>       |  |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |  |        |           |          |           |            |
| 0302020002          | Mezcladora De Concreto T.tambor 23hp 11-12p3 | hm     | 1.0000    | 0.4000   | 26.21     | 10.48      |
| 0302020003          | Vibrador De Concreto 4hp, 2.4 Plg            | hm     | 1.0000    | 0.4000   | 6.44      | 2.58       |
| 0303010001          | Herramienta Manual                           | %mo    |           | 5.0000   | 126.25    | 6.31       |
| <b>19.37</b>        |  |        |           |          |           |            |

Partida 06.05 Concreto f'c 350 Kg/cm2 Losa Maciza

Rendimiento m3/DIA MO. 25.0000 EQ. 25.0000 Costo unitario directo por : m3 **440.28**

| Código              | Descripción Recurso                          | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |  |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial                                      | hh     | 1.0000    | 0.3200   | 18.57     | 5.94       |
| 0102010003          | Operario                                     | hh     | 2.0000    | 0.6400   | 23.49     | 15.03      |
| 0102010004          | Peón   | hh     | 8.0000    | 2.5600   | 16.79     | 42.98      |
| 0102020002          | Operador Equipo                              | hh     | 2.0000    | 0.6400   | 24.30     | 15.55      |
| <b>79.50</b>        |  |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |  |        |           |          |           |            |
| 0201010001          | Gasolina 84 Octanos (grifo Lima)             | gal    |           | 0.1200   | 9.69      | 1.16       |
| 0201020001          | Grasa Multiple Ep                            | lbs    |           | 0.0100   | 10.38     | 0.10       |
| 0207010001          | Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)       | bol    |           | 13.7300  | 18.92     | 259.77     |
| 0209020001          | Agua   | m3     |           | 0.2400   | 5.68      | 1.36       |
| 0209030001          | Arena Gruesa                                 | m3     |           | 0.6700   | 48.31     | 32.37      |
| 0209030002          | Piedra Chancada De 1/2" - 3/4" Huso 67       | m3     |           | 0.9500   | 54.15     | 51.44      |
| 0215010001          | Aceite Motor Gasolina Sae 30w                | gal    |           | 0.0040   | 37.40     | 0.15       |
| <b>346.35</b>       |  |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |  |        |           |          |           |            |
| 0302020002          | Mezcladora De Concreto T.tambor 23hp 11-12p3 | hm     | 1.0000    | 0.3200   | 26.21     | 8.39       |
| 0302020003          | Vibrador De Concreto 4hp, 2.4 Plg            | hm     | 1.0000    | 0.3200   | 6.44      | 2.06       |
| 0303010001          | Herramienta Manual                           | %mo    |           | 5.0000   | 79.50     | 3.98       |
| <b>14.43</b>        |  |        |           |          |           |            |

Partida 06.06 Acero fy=4,200 Kg/cm2 Rend:250 Kg/dia

Rendimiento kg/DIA MO. 250.0000 EQ. 250.0000 Costo unitario directo por : kg **5.61**

| Código              | Descripción Recurso                             | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ |
|---------------------|---|--------|-----------|----------|-----------|------------|
| <b>Mano de Obra</b> |   |        |           |          |           |            |
| 0102010002          | Oficial   | hh     | 1.0000    | 0.0320   | 18.57     | 0.59       |
| 0102010003          | Operario  | hh     | 1.0000    | 0.0320   | 23.49     | 0.75       |
| <b>1.34</b>         |   |        |           |          |           |            |
| <b>Materiales</b>   |   |        |           |          |           |            |
| 0202010004          | Alambre Negro Recocido N 16                     | kg     |           | 0.0200   | 3.50      | 0.07       |
| 0202020001          | Acero Corrugado F'y=4200 (g-60) Precio Promedio | tn     |           | 0.0011   | 3,672.85  | 4.04       |
| <b>4.11</b>         |   |        |           |          |           |            |
| <b>Equipos</b>      |   |        |           |          |           |            |

Fecha : 07/04/2021 02:40:44

**Análisis de precios unitarios**

|                |                    |  |        |        |      |             |                   |
|----------------|--------------------|--|--------|--------|------|-------------|-------------------|
| Presupuesto    | 0101001            | ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA |        |        |      |             |                   |
| Subpresupuesto | 001                | ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA |        |        |      |             | Fecha presupuesto |
| 03/03/2021     |                    |  |        |        |      |             |                   |
| 0302030001     | Cizalla Electrica  | hm   | 0.3300 | 0.0106 | 4.77 | 0.05        |                   |
| 0302030002     | Dobladora          | hm   | 0.3300 | 0.0106 | 3.78 | 0.04        |                   |
| 0303010001     | Herramienta Manual | %mo  |        | 5.0000 | 1.34 | 0.07        |                   |
|                |                    |  |        |        |      | <b>0.16</b> |                   |

# RELACIÓN DE INSUMOS

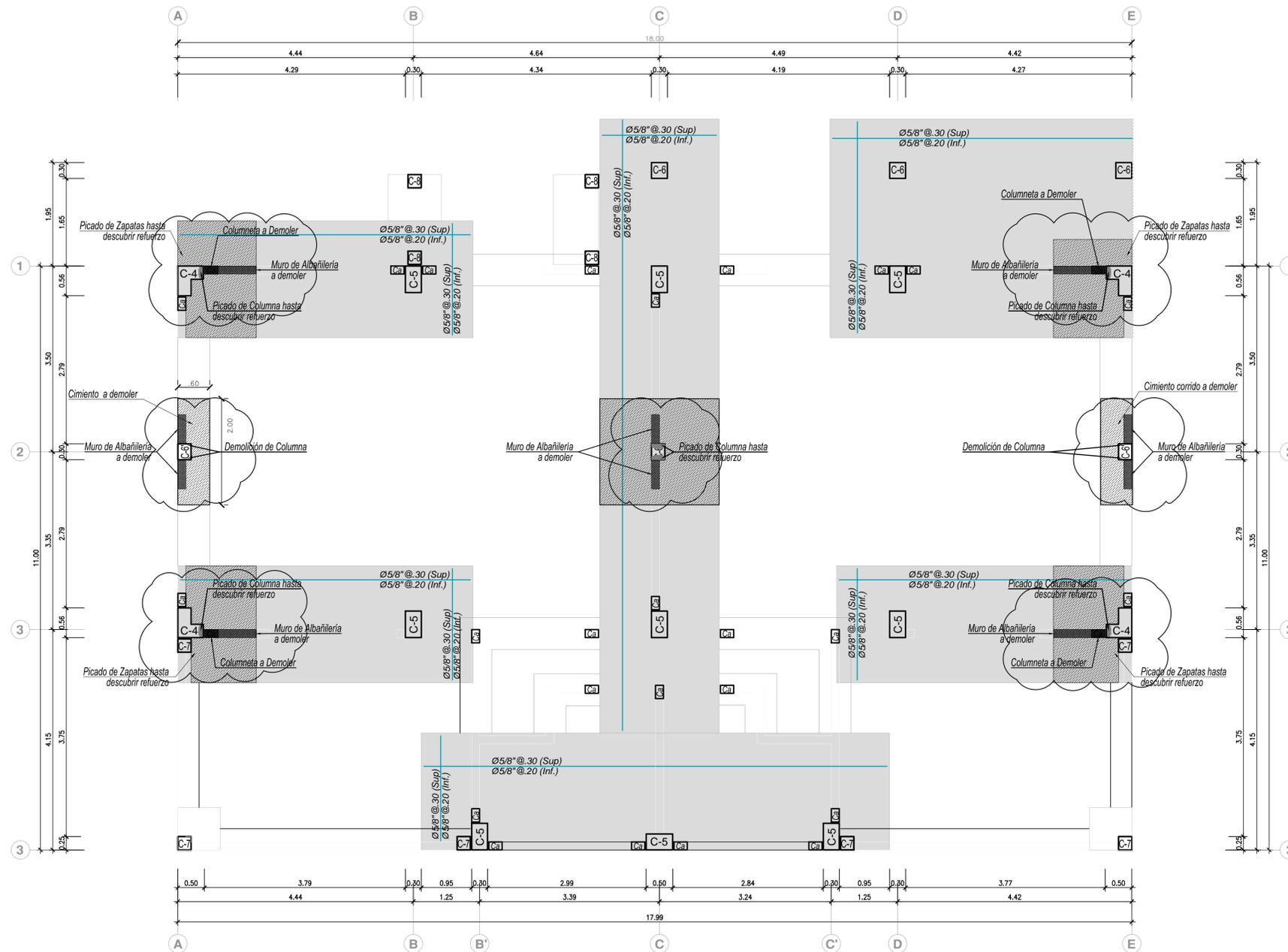
## Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **0101001** ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Subpresupuesto **001** ADECUACIÓN Y REFORZAMIENTO DE LA I.E.I. SANTA ROSA DE LIMA  
 Fecha **01/03/2021**  
 Lugar **010101** LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR

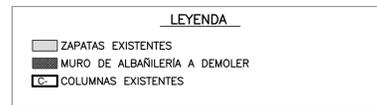
| Código              | Recurso   | Unidad | Cantidad | Precio S/    | Parcial S/          |
|---------------------|---|--------|----------|--------------|---------------------|
| <b>MANO DE OBRA</b> |   |        |          |              |                     |
| 0101020001          | Topógrafo   | hh     | 0.3455   | 24.40        | 8.43                |
| 0102010002          | Oficial   | hh     | 346.3772 | 18.57        | 6,432.22            |
| 0102010003          | Operario  | hh     | 269.6406 | 23.49        | 6,333.86            |
| 0102010004          | Peón  | hh     | 641.4536 | 16.79        | 10,770.01           |
| 0102020001          | Operador Equipo Liviano                               | hh     | 0.6561   | 24.30        | 15.94               |
| 0102020002          | Operador Equipo                                       | hh     | 33.2082  | 24.30        | 806.96              |
|                     |   |        |          |              | <b>24,367.42</b>    |
| <b>MATERIALES</b>   |   |        |          |              |                     |
| 0201010001          | Gasolina 84 Octanos (grifo Lima)                      | gal    | 6.2265   | 9.69         | 60.33               |
| 0201020001          | Grasa Multiple Ep                                     | lbs    | 0.4355   | 10.38        | 4.52                |
| 0202010001          | Alambre Negro Recocido N 8                            | kg     | 46.4495  | 3.50         | 162.57              |
| 0202010002          | Clavo c/cabeza p/madera 3"x8                          | kg     | 46.4495  | 5.34         | 248.04              |
| 0202010003          | Clavo c/cabeza p/construccion D. Promedio             | kg     | 0.0194   | 5.34         | 0.10                |
| 0202010004          | Alambre Negro Recocido N 16                           | kg     | 60.0843  | 3.50         | 210.30              |
| 0202020001          | Aceros Corrugados Fy=4200 (g-60) Precio Promedio      | tn     | 3.2070   | 3,672.85     | 11,778.83           |
| 0202030001          | Dowells 1/2" x 0.50 m                                 | und    | 308.0000 | 5.00         | 1,540.00            |
| 0207010001          | Cemento Portland Tipo I (bls.:42.5 Kg)                | bol    | 266.1035 | 18.92        | 5,034.68            |
| 0207020001          | Cal Hidratada En Bolsa 30 Kg                          | bol    | 0.1941   | 11.78        | 2.29                |
| 0209010001          | Concreto Pre-mezclado C/cemento Tipo I F'c=100 Kg/cm2 | m3     | 2.5338   | 212.50       | 538.43              |
| 0209020001          | Agua  | m3     | 7.2895   | 5.68         | 41.40               |
| 0209030001          | Arena Gruesa  | m3     | 14.1725  | 48.31        | 684.67              |
| 0209030002          | Piedra Chancada De 1/2" - 3/4" Huso 67                | m3     | 22.4625  | 54.15        | 1,216.34            |
| 0210010001          | Epóxico Sikadur 32 o similar                          | kq     | 77.6600  | 62.20        | 4,830.45            |
| 0210010002          | Epóxico Sikadur 31 o similar (5kg)                    | kq     | 123.0516 | 206.27       | 25,381.85           |
| 0212010001          | Madera tornillo                                       | p2     | 532.8555 | 6.20         | 3,303.70            |
| 0212010002          | Triplay Lupuna 4x8x6mm                                | pza    | 54.2500  | 35.20        | 1,909.60            |
| 0212020001          | Madera para Andamiaje                                 | p2     | 1.7405   | 6.00         | 10.44               |
| 0214010001          | Pintura Esmalte Sintético                             | gal    | 0.0388   | 29.66        | 1.15                |
| 0215010001          | Aceite Motor Gasolina Sae 30w                         | gal    | 0.1406   | 37.40        | 5.26                |
| 0217020001          | Cortaviento   | und    | 20.0000  | 7.50         | 150.00              |
| 0217020003          | Chaleco Reflectivo                                    | und    | 20.0000  | 28.90        | 578.00              |
| 0217020005          | Botas de Seguridad                                    | und    | 20.0000  | 37.00        | 740.00              |
| 0217020006          | Lentes de Protección                                  | und    | 20.0000  | 5.00         | 100.00              |
| 0217020007          | Casco de Seguridad                                    | und    | 20.0000  | 8.00         | 160.00              |
| 0217020008          | Mameluco  | und    | 20.0000  | 20.00        | 400.00              |
| 0217020009          | Polo Manga Corta                                      | und    | 40.0000  | 10.00        | 400.00              |
| 0217020010          | Protectores Auditivos                                 | und    | 20.0000  | 5.40         | 108.00              |
| 0217030001          | Malla de Seguridad                                    | rl     | 2.0000   | 38.05        | 76.10               |
| 0217030002          | Cachaco de Seguridad                                  | und    | 40.0000  | 14.83        | 593.20              |
| 0217030003          | Señales de Advertencia de Información                 | und    | 20.0000  | 50.00        | 1,000.00            |
| 0217030004          | Cinta de Seguridad de Obra                            | und    | 2.0000   | 23.73        | 47.46               |
| 0217040001          | Equipo de Extinción de Fuego                          | und    | 2.0000   | 125.00       | 250.00              |
| 0217040002          | Camilla   | und    | 2.0000   | 245.55       | 491.10              |
| 0217040003          | Botiquín  | und    | 2.0000   | 150.00       | 300.00              |
| 0217050001          | CHARLAS DE INDUCCIÓN PARA PERSONAL NUEVO              | gib    | 1.0000   | 2,000.00     | 2,000.00            |
| 0217050002          | CHARLAS DE SENSIBILIZACIÓN                            | gib    | 1.0000   | 1,000.00     | 1,000.00            |
| 0217050003          | CAPACITACIÓN PARA CUADRILLA DE EMERGENCIA             | gib    | 1.0000   | 1,000.00     | 1,000.00            |
|                     |   |        |          |              | <b>66,358.81</b>    |
| <b>EQUIPOS</b>      |   |        |          |              |                     |
| 0301010002          | Camión Volquete 4x6, 330HP, 15 m3                     | hm     | 3.6173   | 296.70       | 1,073.25            |
| 0301020001          | Cargador sobre llantas 125-155 HP, 3 YD3              | hm     | 0.9065   | 204.69       | 185.55              |
| 0302010001          | Compresora Neumatica 93 Hp,335-375 Pcm                | hm     | 7.3180   | 124.96       | 914.46              |
| 0302010002          | Martillo Neumatico 29 Kg                              | hm     | 7.3180   | 6.10         | 44.64               |
| 0302020001          | Vibrador De Concreto 4hp, 1.50 Plg                    | hm     | 0.6561   | 6.23         | 4.09                |
| 0302020002          | Mezcladora De Concreto T.tambor 23hp 11-12p3          | hm     | 16.6040  | 26.21        | 435.19              |
| 0302020003          | Vibrador De Concreto 4hp, 2.4 Plg                     | hm     | 16.6056  | 6.44         | 106.94              |
| 0302030001          | Cizalla Eléctrica                                     | hm     | 30.8856  | 4.77         | 147.32              |
| 0302030002          | Dobladora   | hm     | 30.8856  | 3.78         | 116.75              |
| 0302030003          | Taladro Rotoperforador Inc. Broca 5/8                 | hm     | 76.8000  | 8.00         | 614.40              |
| 0302040001          | Compactador Vibratorio Tipo Plancha 5.8HP             | hm     | 10.5730  | 32.63        | 345.00              |
| 0303010001          | Herramienta Manual                                    | %mo    |          |              | 1,089.15            |
| 0304010001          | Prisma  | hm     | 0.3455   | 3.27         | 1.13                |
| 0304010002          | Estación Total  | hm     | 0.3455   | 21.73        | 7.51                |
| 0304010003          | Nivel Topográfico                                     | hm     | 0.3455   | 9.24         | 3.19                |
|                     |   |        |          |              | <b>5,088.57</b>     |
|                     |   |        |          | <b>Total</b> | <b>S/ 95,814.80</b> |

## **ANEXO N° 10:**

**Planos de la Propuesta de Reforzamiento.**



PLANO DE DEMOLICIÓN



**RESUMEN DE CONDICIONES DE CIMENTACIÓN**

CONSULTOR: ING. OCTAVIO MENDOZA GUERRA CIP 37146

**1. SUELO DE CIMENTACIÓN**  
ARENAS (SP)

**2. PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN**  
MÍNIMO 1,20 m. (RESPECTO DE LA MENOR COTA DEL NTN).

**3. TIPO DE CIMENTACIÓN**  
ZAPATAS AISLADAS, COMBINADAS, CONECTADAS Ó ZAPATAS CORRIDAS DE CONCRETO.

**4. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE**  
 $q_{ADM} = 1.27 \text{ kg/cm}^2$  (ZAPATAS CORRIDAS Y AISLADAS)

**5. ASENTAMIENTOS**  
ASENTAMIENTO MÁXIMO: 1,29 cm. ASENTAMIENTO TOLERABLE: 2,54 cm.

**6. AGRESIVIDAD DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN**  
LEVE. EMPLEAR CEMENTO PORTLAND TIPO I, DE USO GENERAL.

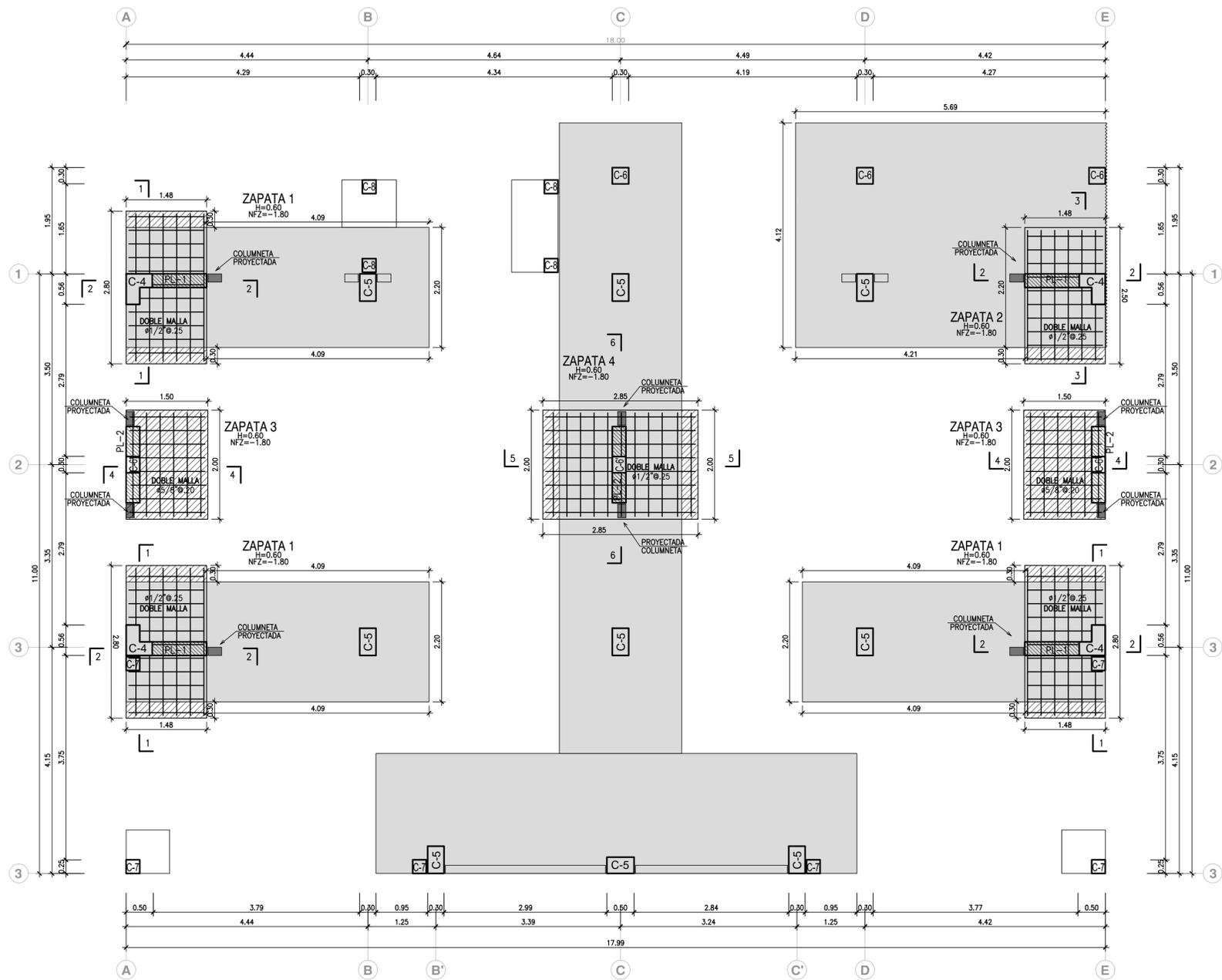
**CUADRO DE COLUMNAS EXISTENTES**

| PISO    | C-1  | C-2  | C-3   | C-4  | C-5   | C-6  |
|---------|--|--|---|--|---|--|
| SECCION |  |  |   |  |   |  |
| % DGC   | 4 Ø 5/8"<br>3 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | 6 Ø 5/8"<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | * x %<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | 6 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2"<br>A: 1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, 3 Ø 0.15, resto Ø 0.25 ctear. | 4 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2"<br>2 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 7 Ø 0.10, resto Ø 0.20 ctear. | 4 Ø 5/8"<br>2 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 7 Ø 0.10, resto Ø 0.20 ctear. |
| & DGC   | 4 Ø 5/8"<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | 6 Ø 5/8"<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. |   | 6 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2"<br>A: 1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, 3 Ø 0.15, resto Ø 0.25 ctear. | 4 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"<br>2 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 7 Ø 0.10, resto Ø 0.20 ctear. |  |
| PISO    | C-6'   | C-7  | C-8   | C-9  | C-3'  | Ca   |
| SECCION |  |  |   |  |   |  |
| % DGC   | 4 Ø 5/8"<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | 4 Ø 1/2"<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | (x) #"  | 8 Ø 1/2"<br>A: 1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, 3 Ø 0.15, resto Ø 0.25 ctear.            | 4 Ø 1/2"<br>2 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 7 Ø 0.10, resto Ø 0.20 ctear.            | 4 Ø 3/8"<br>2 Ø 1/4" + 1 Ø 0.05, 4 Ø 0.10, resto Ø 0.20 ctear. |
| & DGC   | 4 Ø 5/8"<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | 4 Ø 1/2"<br>1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, resto Ø 0.25 ctear. | (x) #"  | 8 Ø 1/2"<br>A: 1 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 6 Ø 0.10, 3 Ø 0.15, resto Ø 0.25 ctear.            | 4 Ø 1/2"<br>2 Ø 3/8" + 1 Ø 0.05, 7 Ø 0.10, resto Ø 0.20 ctear.            |  |

- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**
- EL REFUERZO DE LAS ZAPATAS SE REALIZARÁ DE MANERA SECUENCIAL EN CADA UBICACIÓN CORRESPONDIENTE A LAS COLUMNAS REFORZADAS. SE DEBERÁ CONCLUIR EL REFUERZO DE CADA UBICACIÓN ANTES DE CONTINUAR CON EL SIGUIENTE.
  - SE DEBERÁ APUNTALAR LA ZONA ALEDAÑA A CADA UBICACIÓN CONSIDERANDO EL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN A REALIZAR. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
  - SE EXCAVARÁ LA ZONA A REFORZAR HASTA DESCUBRIR LAS CARAS SUPERIOR Y LATERALES DE LA ZAPATA. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
  - SE PICARÁ HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 5 cm LAS CARAS DESCUBIERTAS DE LA ZAPATA. (NOTA 1) SE DEJARÁN LAS SUPERFICIES EXPUESTAS, RUGOSAS.
  - PERFORAR CON TALADRO DE BROCA #5/8" CADA 0.30 m, EN UNA PROFUNDIDAD DE 0.20 m. (NOTA 2) COLOCAR ACERO #1/2" @ 0.30 Y APLICAR EPÓXICO DE RELLENO.
  - SE APLICARÁ PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR CONCRETOS EN LAS SUPERFICIES RUGOSAS. (NOTA 3)
  - SE COLOCARÁ EL ACERO DE LOS REFUERZOS DE LA COLUMNA Y LA ZAPATA. (NOTA 4) APLICAR EPÓXICO PARA PEGAR ACERO CON CONCRETO VIEJO.
  - ENCOFRAR ZAPATA Y COLUMNA Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (NOTA 5)

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**
- 1. CONCRETO ARMADO**
- RESISTENCIA DEL CONCRETO**
- ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CIMENTACIÓN  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
  - COLUMNAS  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
  - LOSAS Y VIGAS  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ACERO DE REFUERZO**
- VARILLAS DE FIERRO CORRUGADO  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- RECUBRIMIENTOS**
- ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN 7,5 cm.
  - LOSAS Y VIGAS CHATAS 2,0 cm.
  - VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR > 15cm) 4,0 cm.
  - VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR <= 15cm) 2,0 cm.
- 2. CIMENTACIÓN**
- TIPO DE CIMENTACIÓN: ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CONCRETO.
  - ESTRATO DE APOYO: SUELOS ARENOSOS (SP).
  - PROFUNDIDAD: MÍNIMO 1,20 m. (SIEMPRE SOBRE ARENAS).
  - PRESIÓN ADMISIBLE  $q_{ADM} = 1.27 \text{ kg/cm}^2$  (ZAPATAS Y CIMENTOS)
- 3. SOBRECARGAS**
- S/C = 250 kg/cm<sup>2</sup> (AULAS)
- 4. ALBAÑILERÍA**
- MUROS PORTANTES/TABICQUERIA**
- UNIDADES: TIPO IV (0,9x1,4x2,4) MÁXIMO 25% PERFORACIONES.
  - RESISTENCIA:  $f_m = 40 \text{ kg/cm}^2$ .
  - MORTERO: MORTERO 1-4 (CEMENTO) JUNTAS=1.5 cm.
- NOTAS: A. EMPLEAR CEMENTO TIPO I PARA USO GENERAL.  
B. TABICQUERIA DEBE SER ESTAR AISLADA DE PORTICOS PRINCIPALES

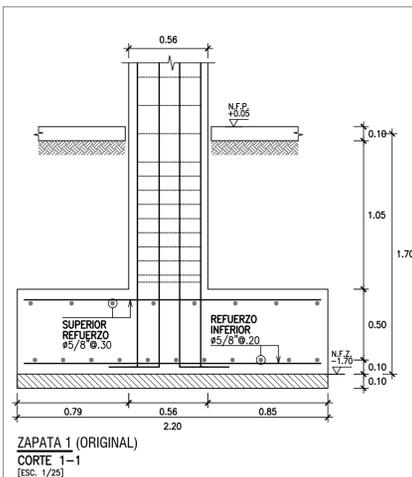
|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>TESISTAS</b><br><br>BACH. ING. FOURNIER PAIS, ANALÍ<br><br>BACH. ING. CASTILLO CABANILLAS, HANS | <b>PROYECTO DE TESIS</b><br>"ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA"<br><b>PLANO</b><br>Estructuras<br>Plano de Demolición<br><b>DISEÑO/DIBUJO</b><br>A. Fournier & H.Castillo | <b>LÁMINA</b><br><br><b>E-01</b><br>[ 01 de 06 ] |
|  | <b>REVISIÓN</b><br>-<br><b>ESCALA</b><br>1/50, 1/25<br><b>FECHA</b><br>Marzo 2021  |  |



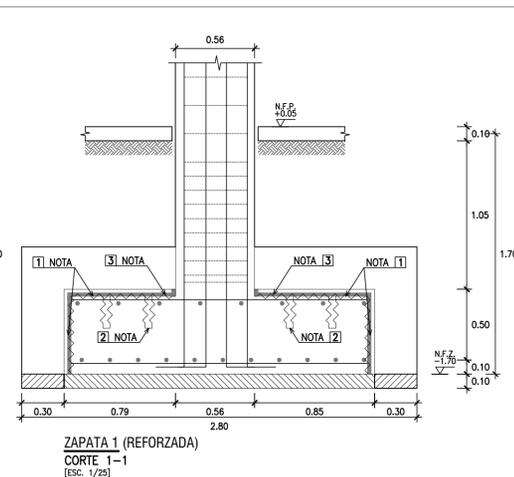
PLANTA DE CIMENTACIÓN (REFORZADA)

LEYENDA

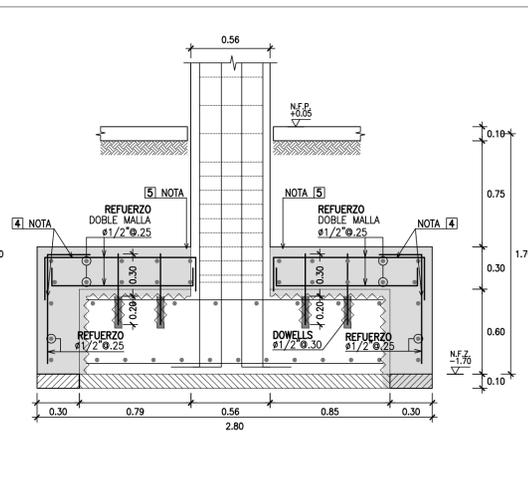
|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
|  | ZAPATAS EXISTENTES                  |
|  | REFUERZO PROYECTADO DE ZAPATAS      |
|  | COLUMNAS EXISTENTES                 |
|  | REFUERZO PROYECTADO COLUMNAS/PLACAS |
|  | COLUMNETAS PROYECTADAS              |



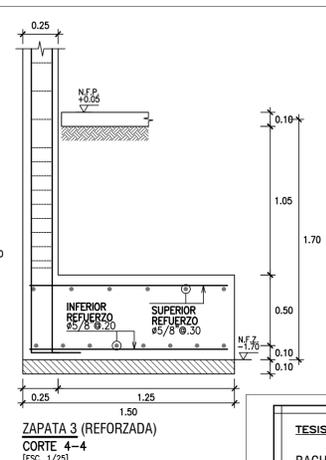
ZAPATA 1 (ORIGINAL)  
CORTE 1-1  
(Esc. 1/25)



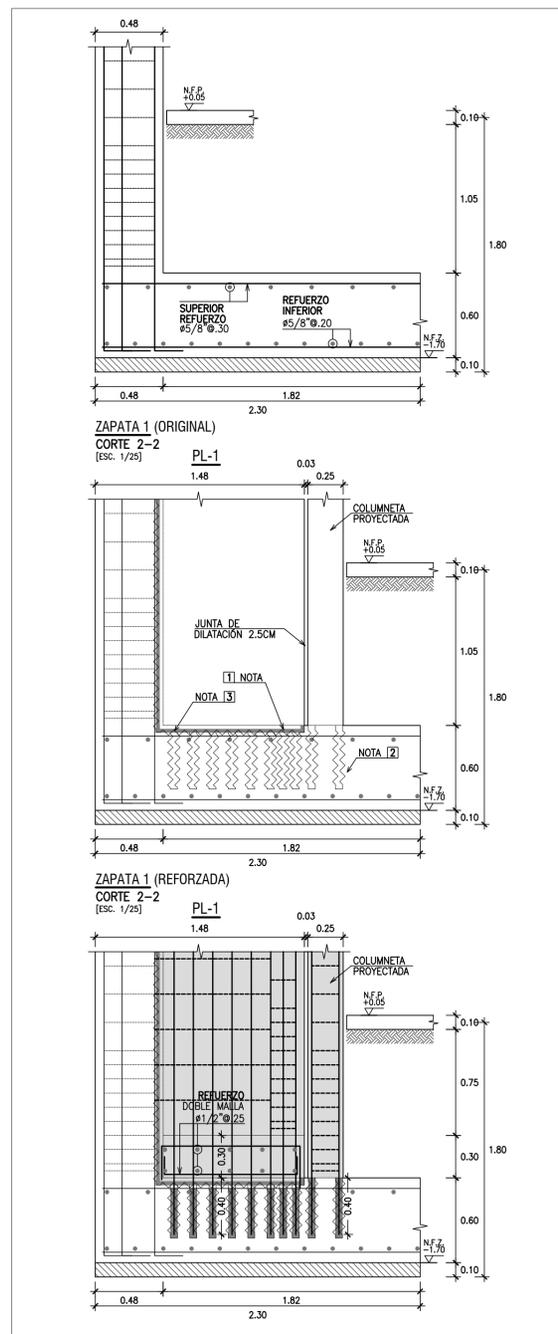
ZAPATA 1 (REFORZADA)  
CORTE 1-1  
(Esc. 1/25)



ZAPATA 3 (ORIGINAL)  
CORTE 4-4  
(Esc. 1/25)

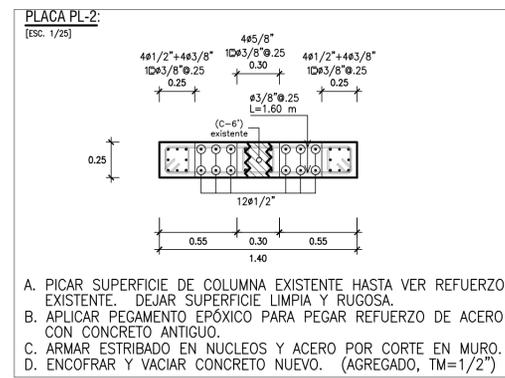
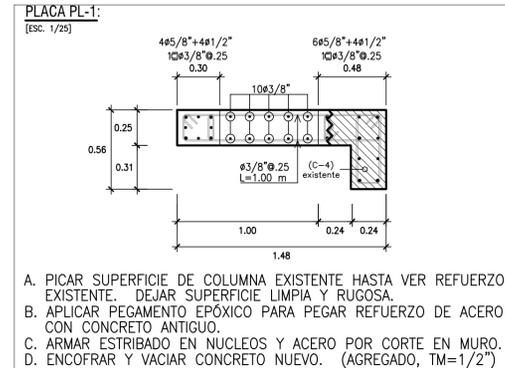


ZAPATA 3 (REFORZADA)  
CORTE 4-4  
(Esc. 1/25)



ZAPATA 1 (ORIGINAL)  
CORTE 2-2  
(Esc. 1/25)

ZAPATA 1 (REFORZADA)  
CORTE 2-2  
(Esc. 1/25)



- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**
- EL REFUERZO DE LAS ZAPATAS SE REALIZARÁ DE MANERA SECUENCIAL EN CADA UBICACIÓN CORRESPONDIENTE A LAS COLUMNAS REFORZADAS. SE DEBERÁ CONCLUIR EL REFUERZO DE CADA UBICACIÓN ANTES DE CONTINUAR CON EL SIGUIENTE.
  - SE DEBERÁ APUNTALAR LA ZONA ALEDAÑA A CADA UBICACIÓN CONSIDERANDO EL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN A REALIZAR. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
  - SE EXCAVARÁ LA ZONA A REFORZAR HASTA DESCUBRIR LAS CARAS SUPERIOR Y LATERALES DE LA ZAPATA. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
  - SE PICARÁ HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 5 cm LAS CARAS DESCUBIERTAS DE LA ZAPATA (NOTA 1) SE DEJARÁN LAS SUPERFICIES EXPUESTAS, RUGOSAS.
  - PERFORAR CON TALADRO DE BROCA #5/8" CADA 0.30 m, EN UNA PROFUNDIDAD DE 0.20 m. (NOTA 2) COLOCAR ACERO #1/2"Ø0.30 Y APLICAR EPÓXICO DE RELLENO.
  - SE APLICARÁ PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR CONCRETOS EN LAS SUPERFICIES RUGOSAS. (NOTA 3)
  - SE COLOCARÁ EL ACERO DE LOS REFUERZOS DE LA COLUMNA LA ZAPATA. (NOTA 4)
  - APLICAR EPÓXICO PARA PEGAR ACERO CON CONCRETO VIEJO. (NOTA 5)
  - ENCOFRAR ZAPATA Y COLUMNA Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (NOTA 5)

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- CONCRETO ARMADO**

**RESISTENCIA DEL CONCRETO**

  - ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CIMENTACIÓN  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
  - COLUMNAS  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
  - LOSAS Y VIGAS  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

**ACERO DE REFUERZO**

  - VARILLAS DE FIERRO CORRUGADO  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

**RECUBRIMIENTOS**

  - ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN 7.5 cm.
  - LOSAS Y VIGAS CHATAS 2.0 cm.
  - VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR > 15cm) 4.0 cm.
  - VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR <= 15cm) 2.0 cm.
- CIMENTACIÓN**
  - TIPO DE CIMENTACIÓN: ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CONCRETO.
  - ESTRATO DE APOYO: SUELOS ARENOSOS (SP).
  - PROFUNDIDAD: MÍNIMO 1.20 m. (SIEMPRE SOBRE ARENAS).
  - PRESIÓN ADMISIBLE  $q_{adm} = 1.27 \text{ kg/cm}^2$  (ZAPATAS Y CIMENTOS)
- SOBRECARGAS**
  - S/C = 250 kg/cm2 (AULAS)
- ALBAÑILERÍA**

**MUROS PORTANTES/TABICQUERIA**

  - UNIDADES: TIPO IV (0.9x1.4x2.4) MÁXIMO 25% PERFORACIONES.
  - RESISTENCIA:  $f'm = 40 \text{ kg/cm}^2$ .
  - MORTERO: 1:4 (CEMENTO : ARENA) JUNTAS=1.5 cm.

NOTAS: A. EMPLEAR CEMENTO TIPO I PARA USO GENERAL.  
B. TABICQUERIA DEBE SER ESTAR AISLADA DE PORTICOS PRINCIPALES

**TESISTAS**

BACH. ING. FOURNIER PAIS, ANALÍ

BACH. ING. CASTILLO CABANILLAS, HANS

**PROYECTO DE TESIS**

"ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA"

**PLANO**

Estructuras  
Planta de Cimentación Reforzada

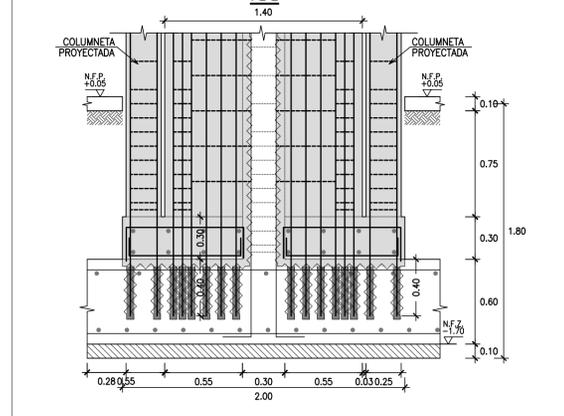
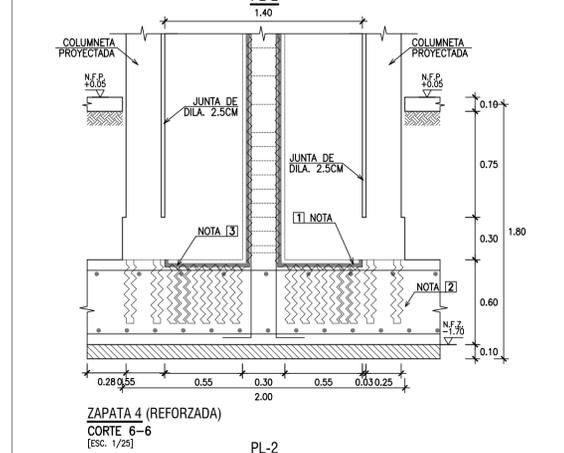
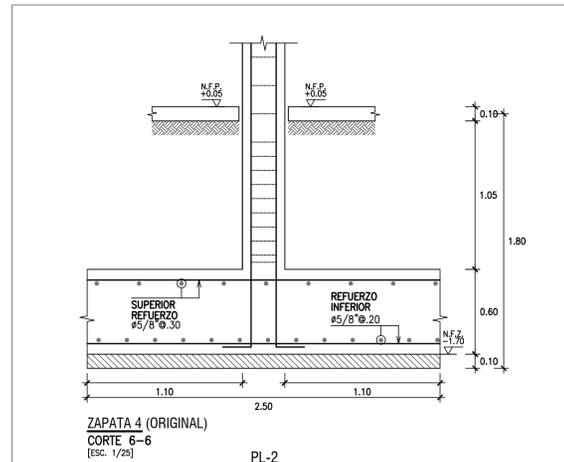
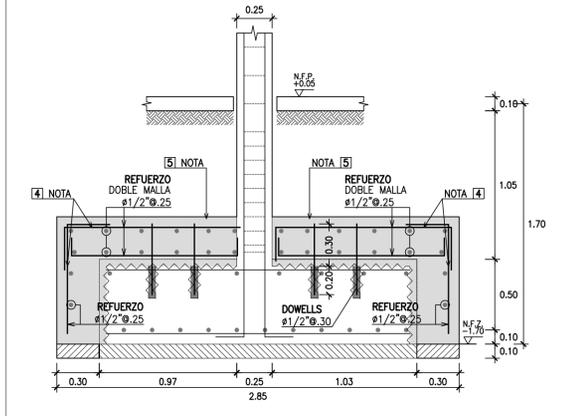
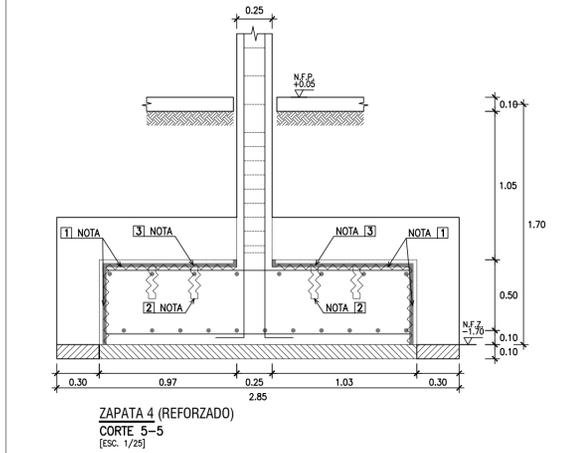
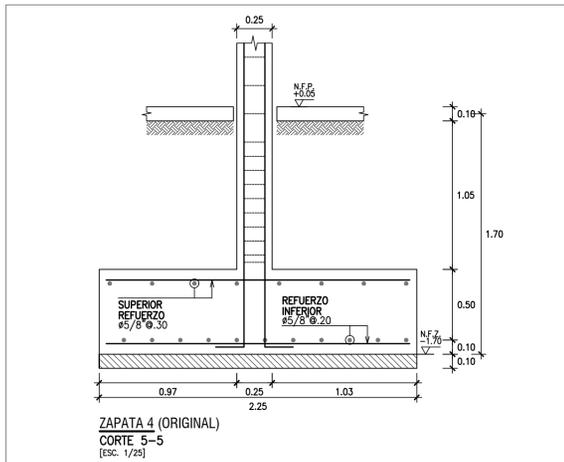
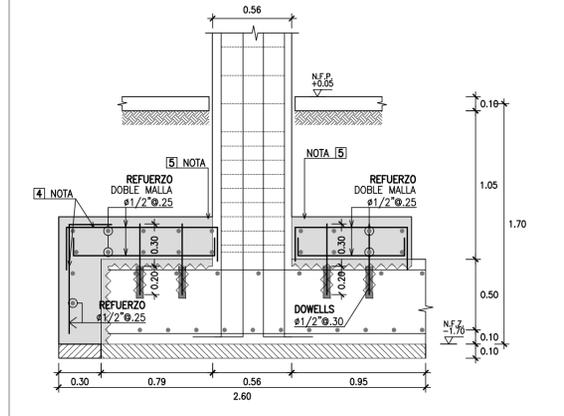
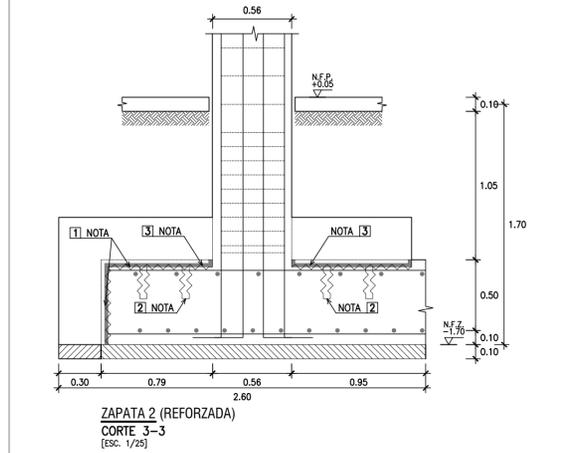
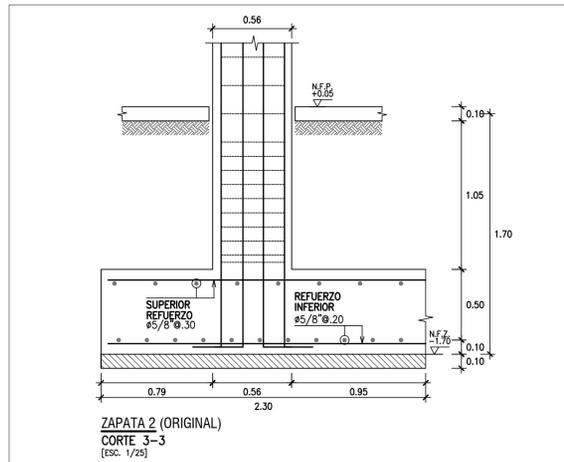
**DISEÑO/DIBUJO** REVISIÓN ESCALA FECHA

A. Fournier & H.Castillo - 1/50, 1/25 Marzo 2021

LÁMINA

**E-02**

[ 02 de 06 ]



**ARRIOSTRE DE TABIQUERÍA:**

- LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA QUE ESTÉN EN CONTACTO CON LAS PLACAS O COLUMNAS DE CONCRETO, SERÁN AISLADOS DE LA ESTRUCTURA. PARA ESO SE PROYECTA LA DEMOLIÓN PARTE DEL MURO EN ZONAS ESPECÍFICAS A FIN DE CONSTRUIR COLUMNETAS DE CONFINAMIENTO PARA LA TABIQUERÍA
- LAS COLUMNETAS DE CONFINAMIENTO QUE SE MUESTRAN TIENEN LAS CARACTERÍSTICAS:
  - LA SECCIÓN DE LAS COLUMNETAS ES DE 15 cm x 25 cm Y TIENEN COMO REFUERZO 4#3/8"
  - LAS COLUMNETAS ESTARÁN UBICADAS EN LOS EXTREMOS DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA.
  - LA SEPARACIÓN ENTRE COLUMNETAS SERÁ COMO MÁXIMO, 3.00 m.
- LOS ANCLAJES PARA LAS COLUMNETAS PROYECTADAS SE HARÁN DE LA SIGUIENTE MANERA:

**COLUMNETAS**  
[Esc. 1/25]

(NOTA 6)

- PARA EL ANCLAJE DE LAS COLUMNETAS EN EL PRIMER NIVEL SE EXCAVARÁ LA ZONA HASTA DESCUBRIR LA CARA DE LA ZAPATA QUE ALOJARÁ EL ACERO.
- PERFORAR LA ZAPATA CON TALADRO DE BROCA DE 5/8" HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 0.40m MEDIDA DESDE LA CARA DE LA ZAPATA
- COLOCAR ACERO EL ACERO VERTICAL DE LA COLUMNETA Y APLICAR EPÓXICO DE RELLENO.
- SE APLICARÁ PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR CONCRETOS EN LAS SUPERFICIES RUGOSAS. ENCOFRAR Y VACIAR ELEMENTO.

**ANCLAJE DE COLUMNETAS EN VIGAS**  
[Esc. 1/25]

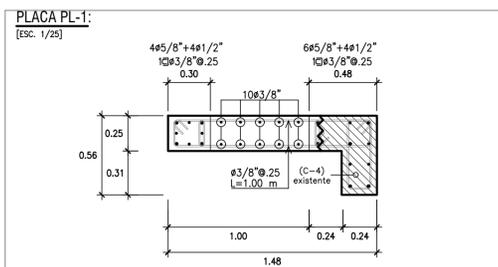
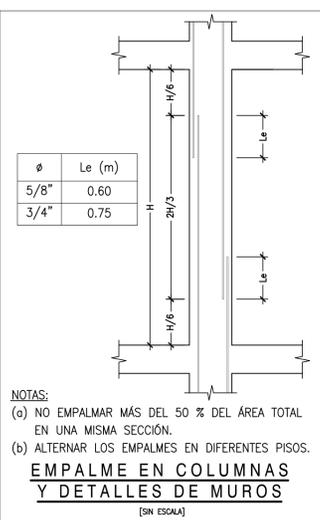
(NOTA 7)

- PARA EL ANCLAJE DE LAS COLUMNETAS EN EL SEGUNDO NIVEL SE PICARÁN LOS MUROS PARA CONSTRUIR LA COLUMNETA Y AISLAR LA TABIQUERÍA DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL
- SE PERFORARÁ LA VIGA CON TALADRO DE BROCA DE 5/8" HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 0.40m MEDIDA DESDE LA CARA SUPERIOR DE LA VIGA
- COLOCAR ACERO EL ACERO VERTICAL DE LA COLUMNETA Y APLICAR EPÓXICO DE RELLENO.
- SE APLICARÁ PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR CONCRETOS EN LAS SUPERFICIES RUGOSAS. ENCOFRAR Y VACIAR ELEMENTO.
- LAS COLUMNETAS SE VACIARÁN POSTERIORMENTE AL VACIADO DE LAS VIGAS Y COLUMNAS.

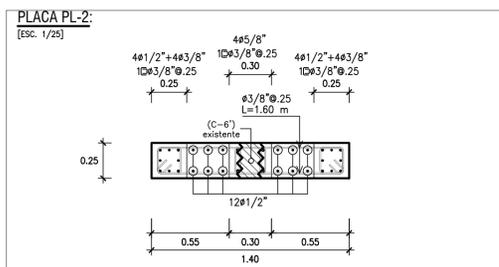
**ANCLAJE DE COLUMNETAS EN ZAPATAS**  
[Esc. 1/25]

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

- EL REFUERZO DE LAS ZAPATAS SE REALIZARÁ DE MANERA SECUENCIAL EN CADA UBICACIÓN CORRESPONDIENTE A LAS COLUMNAS REFORZADAS. SE DEBERÁ CONCLUIR EL REFUERZO DE CADA UBICACIÓN ANTES DE CONTINUAR CON EL SIGUIENTE.
- SE DEBERÁ APUNTALAR LA ZONA ALEJADA A CADA UBICACIÓN CONSIDERANDO EL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN A REALIZAR. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
- SE EXCAVARÁ LA ZONA A REFORZAR HASTA DESCUBRIR LAS CARAS SUPERIOR Y LATERALES DE LA ZAPATA. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
- SE PICARÁ HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 5 cm LAS CARAS DESCUBIERTAS DE LA ZAPATA. (NOTA 1)
- SE DEJARÁN LAS SUPERFICIES EXPUESTAS, RUGOSAS.
- PERFORAR CON TALADRO DE BROCA #5/8" CADA 0.30 m, EN UNA PROFUNDIDAD DE 0.20 m. (NOTA 2)
- COLOCAR ACERO #1/2" @ 0.30 Y APLICAR EPÓXICO DE RELLENO.
- SE APLICARÁ PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR CONCRETOS EN LAS SUPERFICIES RUGOSAS. (NOTA 3)
- SE COLOCARÁ EL ACERO DE LOS REFUERZOS DE LA COLUMNA Y LA ZAPATA. (NOTA 4)
- APLICAR EPÓXICO PARA PEGAR ACERO CON CONCRETO VIEJO. ENCOFRAR ZAPATA Y COLUMNA Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (NOTA 5)



- PICAR SUPERFICIE DE COLUMNA EXISTENTE HASTA VER REFUERZO EXISTENTE. DEJAR SUPERFICIE LIMPIA Y RUGOSA.
- APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR REFUERZO DE ACERO CON CONCRETO ANTIGUO.
- ARMAR ESTRIBADO EN NÚCLEOS Y ACERO POR CORTE EN MURO.
- ENCOFRAR Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (AGREGADO, TM=1/2")



- PICAR SUPERFICIE DE COLUMNA EXISTENTE HASTA VER REFUERZO EXISTENTE. DEJAR SUPERFICIE LIMPIA Y RUGOSA.
- APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR REFUERZO DE ACERO CON CONCRETO ANTIGUO.
- ARMAR ESTRIBADO EN NÚCLEOS Y ACERO POR CORTE EN MURO.
- ENCOFRAR Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (AGREGADO, TM=1/2")

**TESISTAS**

BACH. ING. FOURNIER PAIS, ANALÍ

BACH. ING. CASTILLO CABANILLAS, HANS

**PROYECTO DE TESIS**

"ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA"

**PLANO:**  
Estructuras  
Cortes en Cimentación Reforzada

**DISEÑO/DIBUJO:** A. Fournier & H.Castillo

**REVISIÓN:** -

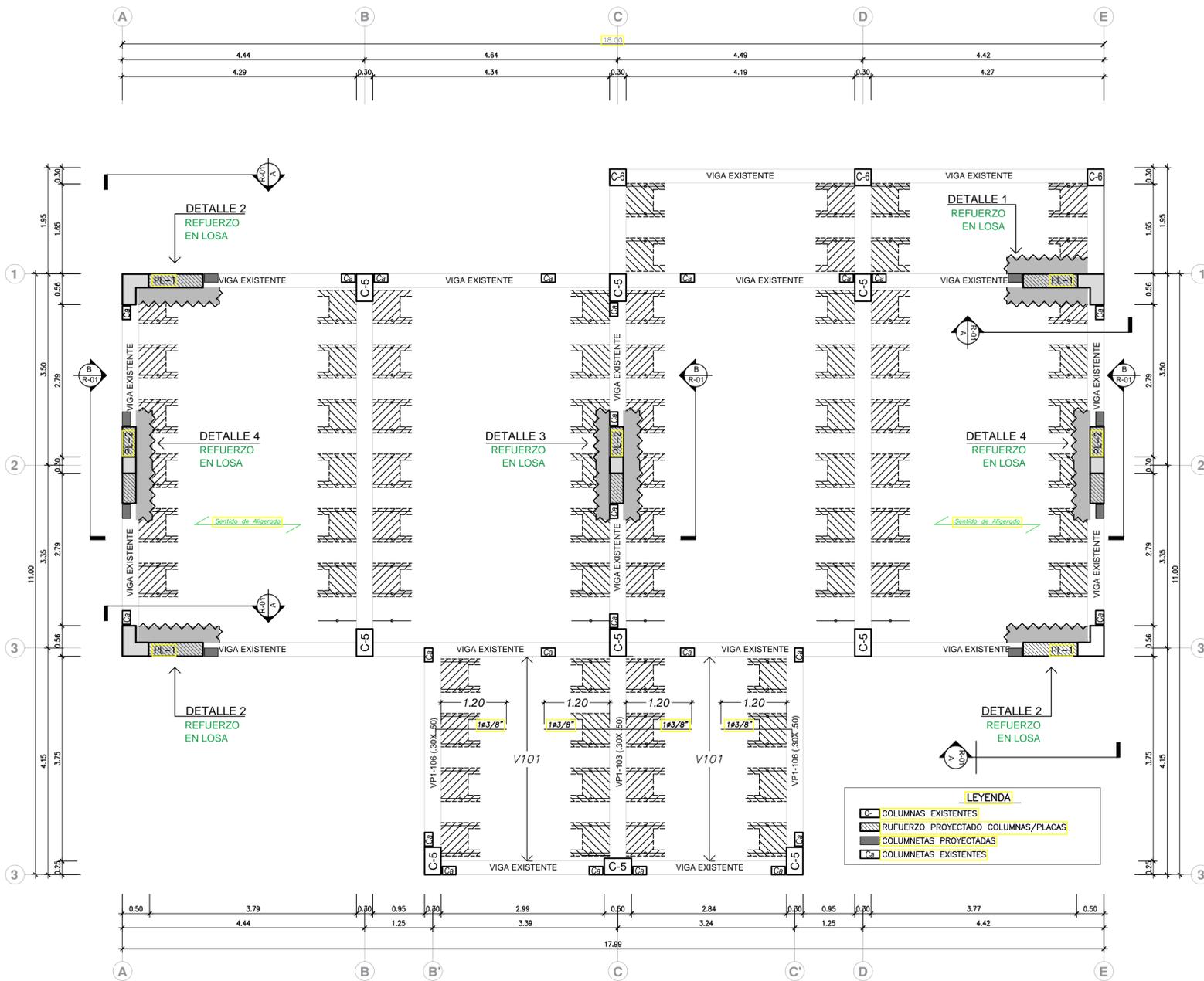
**ESCALA:** 1/50, 1/25

**FECHA:** Marzo 2021

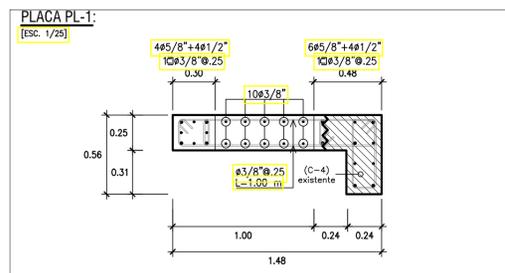
LÁMINA

**E-03**

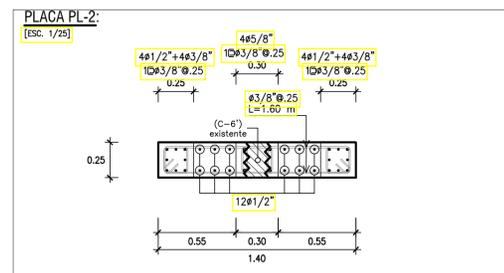
[ 03 de 06 ]



PLANTA DE PRIMER Y SEGUNDO NIVEL (REFORZADA)



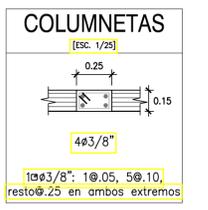
- PICAR SUPERFICIE DE COLUMNA EXISTENTE HASTA VER REFUERZO EXISTENTE. DEJAR SUPERFICIE LIMPIA Y RUGOSA.
- APLICAR PEGAMENTO EPOXICO PARA PEGAR REFUERZO DE ACERO CON CONCRETO ANTIGUO.
- ARMAR ESTIBADO EN NUCLEOS Y ACERO POR CORTE EN MURO.
- ENCOFRAR Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (AGREGADO, TM=1/2")



- PICAR SUPERFICIE DE COLUMNA EXISTENTE HASTA VER REFUERZO EXISTENTE. DEJAR SUPERFICIE LIMPIA Y RUGOSA.
- APLICAR PEGAMENTO EPOXICO PARA PEGAR REFUERZO DE ACERO CON CONCRETO ANTIGUO.
- ARMAR ESTIBADO EN NUCLEOS Y ACERO POR CORTE EN MURO.
- ENCOFRAR Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (AGREGADO, TM=1/2")

- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**
- EL REFUERZO DE LAS ZAPATAS SE REALIZARÁ DE MANERA SECUENCIAL EN CADA UBICACIÓN CORRESPONDIENTE A LAS COLUMNAS REFORZADAS. SE DEBERÁ CONCLUIR EL REFUERZO DE CADA UBICACIÓN ANTES DE CONTINUAR CON EL SIGUIENTE.
  - SE DEBERÁ APUNTALAR LA ZONA A FIJARLA A CADA UBICACIÓN CONSIDERANDO EL VOLUMEN DE EXCAVACIÓN A REALIZAR. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
  - SE EXCAVARÁ LA ZONA A REFORZAR HASTA DESCUBRIR LAS CARAS SUPERIOR Y LATERALES DE LA ZAPATA. (VER DETALLE EN PLANTA DE CIMENTACIÓN)
  - SE PICARÁ HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 5 cm LAS CARAS DISCONTINUAS DE LA ZAPATA. (NOTA 1)
  - SE DEJARÁN LAS SUPERFICIES EXPUESTAS, RUGOSAS.
  - PERFORAR CON TALADRO DE BROCA #5/8" CADA 0.30 m, EN UNA PROFUNDIDAD DE 0.20 m. (NOTA 2)
  - COLOCAR ACERO #1/2" @ 0.30" Y APLICAR EPOXICO DE RELLENO.
  - SE APLICARÁ PEGAMENTO EPOXICO PARA PEGAR CONCRETOS EN LAS SUPERFICIES RUGOSAS. (NOTA 3)
  - SE COLOCARÁ EL ACERO DE LOS REFUERZOS DE LA COLUMNA Y LA ZAPATA. (NOTA 4)
  - APLICAR EPOXICO PARA PEGAR ACERO CON CONCRETO VIEJO.
  - ENCOFRAR ZAPATA Y COLUMNA Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (NOTA 5)

- ARRIOSTRE DE TABIQUERÍA:**
- LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA QUE ESTÉN EN CONTACTO CON LAS PLACAS O COLUMNAS DE CONCRETO, SERÁN AISLADOS DE LA ESTRUCTURA Y SE CONSTRUIRAN COLUMNETAS DE CONFINAMIENTO SEGUN SE VE EN EL DETALLE
  - LAS JUNTAS DE DILATACIÓN SE RELLENARÁN CON TEKNOPOR O SIMILAR Y TIENEN LAS SIGUIENTES:



AISLAMIENTO DE TABIQUERÍA  
ELEVACION A-A  
(Esc. 1/25)

**TESISTAS**  
BACH. ING. FOURNIER PAIS, ANALÍ  
  
BACH. ING. CASTILLO CABANILLAS, HANS

**PROYECTO DE TESIS**  
"ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA"

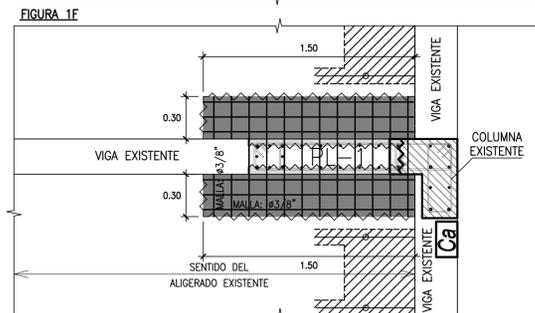
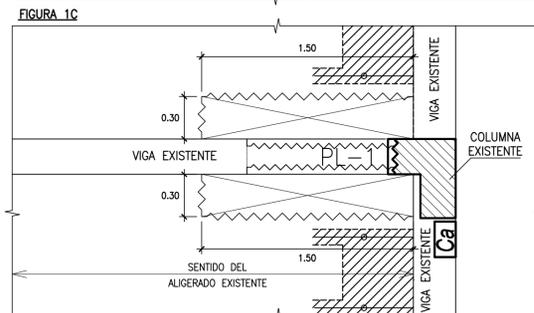
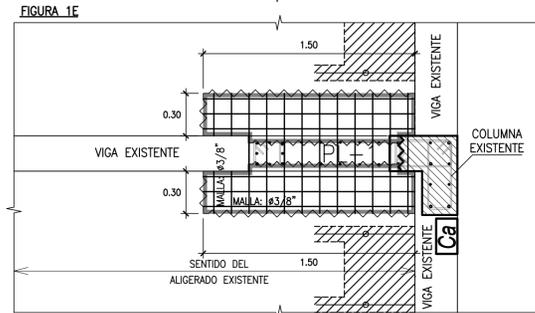
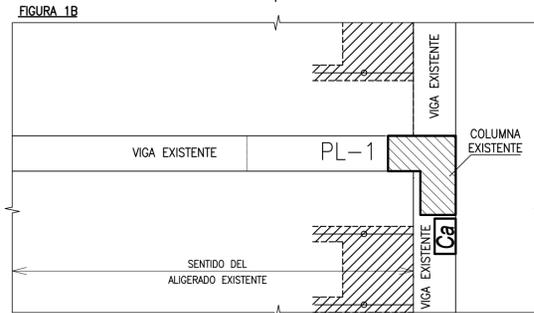
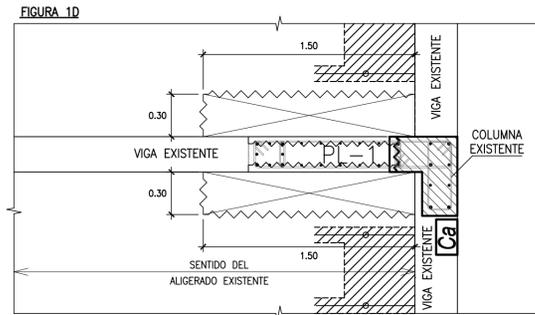
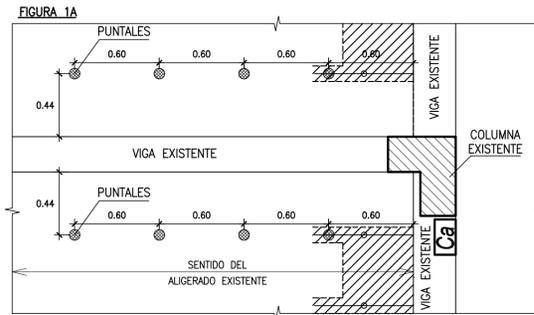
**PLANO**  
Estructuras  
Planta de Primer y Segundo Nivel (Reforzada)

**DISEÑO/DIBUJO** REVISIÓN ESCALA FECHA  
A. Fournier & H.Castillo - 1/50, 1/25 Marzo 2021

**LAMINA**  
**E-04**  
[ 04 de 06 ]

## DETALLE 1 - REFUERZO EN LOSA

ESC 1:25



### PROCESO CONSTRUCTIVO:

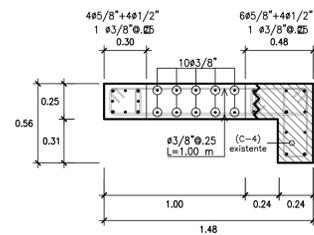
1. APUNTALAR LAS VIGUETAS DE TECHO DE ACUERDO CON EL ESQUEMA INDICADO. (VER FIGURAS 1A, 2A, 3A y 4A)
2. DEMOLER LADRILLOS DE TECHO Y LOSA ALIGERADA EXISTENTE SEGUN INDICADO. LIMPIAR Y MANTENER REFUERZO DE ACERO EXISTENTE.
3. PICAR LAS COLUMNAS Y LAS VIGAS EXISTENTES HASTA DESCUBRIR EL REFUERZO DE ACERO EXISTENTE. DEJAR LA SUPERFICIE RUGOSA. (VER FIGURAS 1C, 2C, 3C y 4C)
4. APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR ACERO CON CONCRETO ANTIGUO. (SIKADUR 32 O SIMILAR) COLOCAR REFUERZO NUEVO DE PLACA DE REFUERZO. (VER FIGURAS 1D, 2D, 3D y 4D)
5. APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR CONCRETO NUEVO CON ANTIGUO. (SIKADUR 31 O SIMILAR) COLOCAR REFUERZO NUEVO DE LOSA ALIGERADA. (VER FIGURAS 1E, 2E, 3E y 4E)
6. ENCOFRAR PLACA DE REFUERZO Y LOSA ALIGERADA. VACIAR CONCRETO (UTILIZAR PIEDRA TIPO CONFITILLO,  $TM = 1/2"$ ). (VER FIGURAS 1F, 2F, 3F y 4F)

### DETALLE 1

(ESC. 1/25)

### PLACA PL-1:

(ESC. 1/25)



- A. PICAR SUPERFICIE DE COLUMNA EXISTENTE HASTA VER REFUERZO EXISTENTE. DEJAR SUPERFICIE LIMPIA Y RUGOSA.
- B. APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR REFUERZO DE ACERO CON CONCRETO ANTIGUO.
- C. ARMAR ESTRIADO EN NÚCLEOS Y ACERO POR CORTE EN MURO.
- D. ENCOFRAR Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (AGREGADO,  $TM=1/2"$ )

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 1. CONCRETO ARMADO

#### RESISTENCIA DEL CONCRETO

- ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CIMENTACIÓN  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
- COLUMNAS  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
- LOSAS Y VIGAS  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

#### ACERO DE REFUERZO

- VARILLAS DE FIERRO CORRUGADO  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

#### RECUBRIMIENTOS

- ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN 7,5 cm.
- LOSAS Y VIGAS CHATAS 2,0 cm.
- VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR > 15cm) 4,0 cm.
- VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR <= 15cm) 2,0 cm.

### 2. CIMENTACIÓN

- TIPO DE CIMENTACIÓN: ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CONCRETO.
- ESTRATO DE APOYO: SUELOS ARENOSOS (SP).
- PROFUNDIDAD: MÍNIMO 1,20 m. (SIEMPRE SOBRE ARENAS).
- PRESIÓN ADMISIBLE  $q_{adm} = 1.27 \text{ kg/cm}^2$  (ZAPATAS Y CIMENTOS)

### 3. SOBRECARGAS

- S/C = 250 kg/cm<sup>2</sup> (AULAS)

### 4. ALBAÑILERÍA

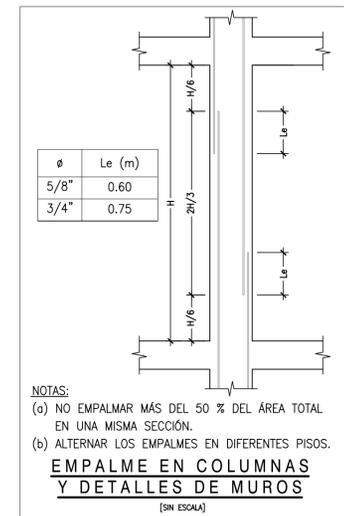
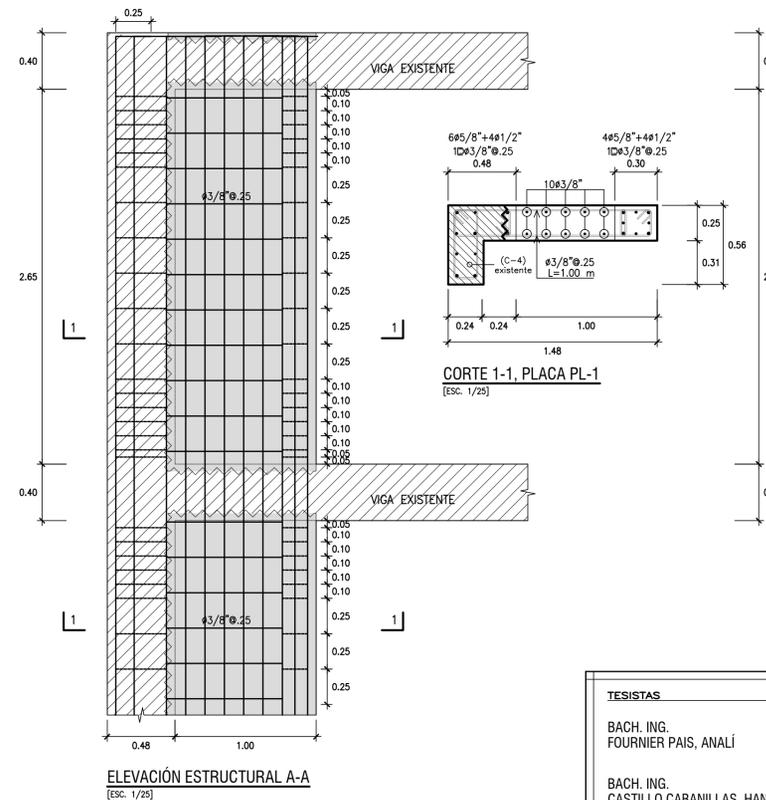
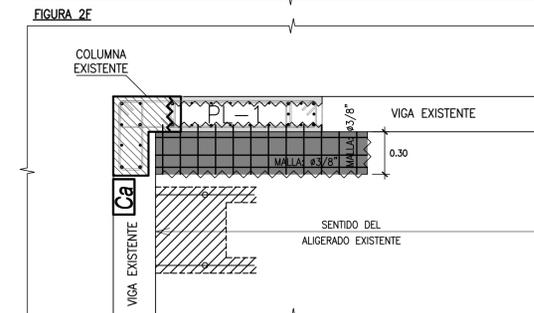
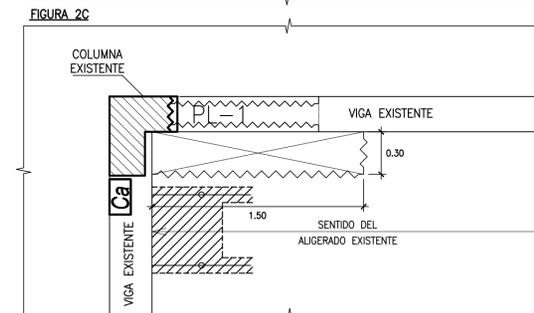
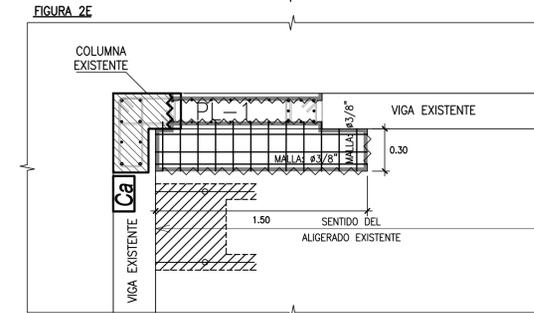
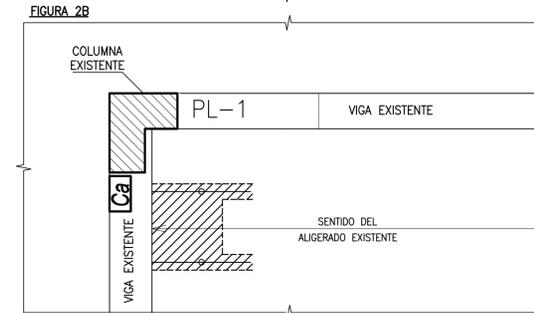
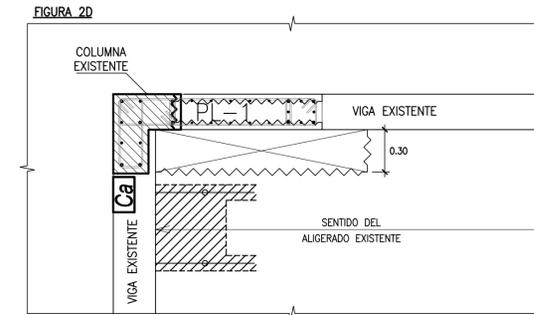
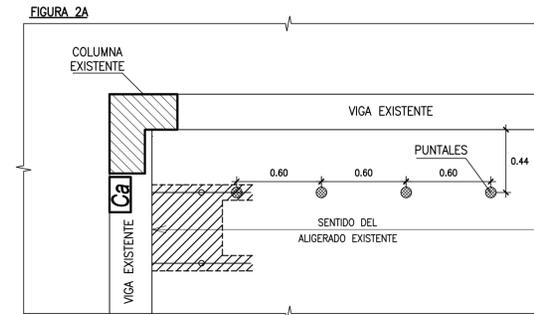
#### MUROS PORTANTES/TABICQUERIA

- UNIDADES: TIPO N (.09x.14x.24) MÁXIMO 25% PERFORACIONES.
- RESISTENCIA:  $f'm = 40 \text{ kg/cm}^2$ .
- MORTERO: MORTERO 1:4 (CEMENTO : ARENA) JUNTAS=1.5 cm.

- NOTAS: A. EMPLEAR CEMENTO TIPO I PARA USO GENERAL.  
B. TABICQUERIA DEBE SER ESTAR AISLADA DE PORTICOS PRINCIPALES

## DETALLE 2 - REFUERZO EN LOSA

ESC 1:25



| TESISTAS   |                           |
|------------|---------------------------|
| BACH. ING. | Fournier PAIS, ANALÍ      |
| BACH. ING. | CASTILLO CABANILLAS, HANS |

| PROYECTO DE TESIS  |          |            |            |
|--|----------|------------|------------|
| "ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA" |          |            |            |
| PLANO  |          |            |            |
| Estructuras  |          |            |            |
| DETALLES DE REFORZAMIENTOS   |          |            |            |
| DISEÑO/DIBUJO  | REVISIÓN | ESCALA     | FECHA      |
| A. Fournier & H.Castillo   | -        | 1/50, 1/25 | Marzo 2021 |

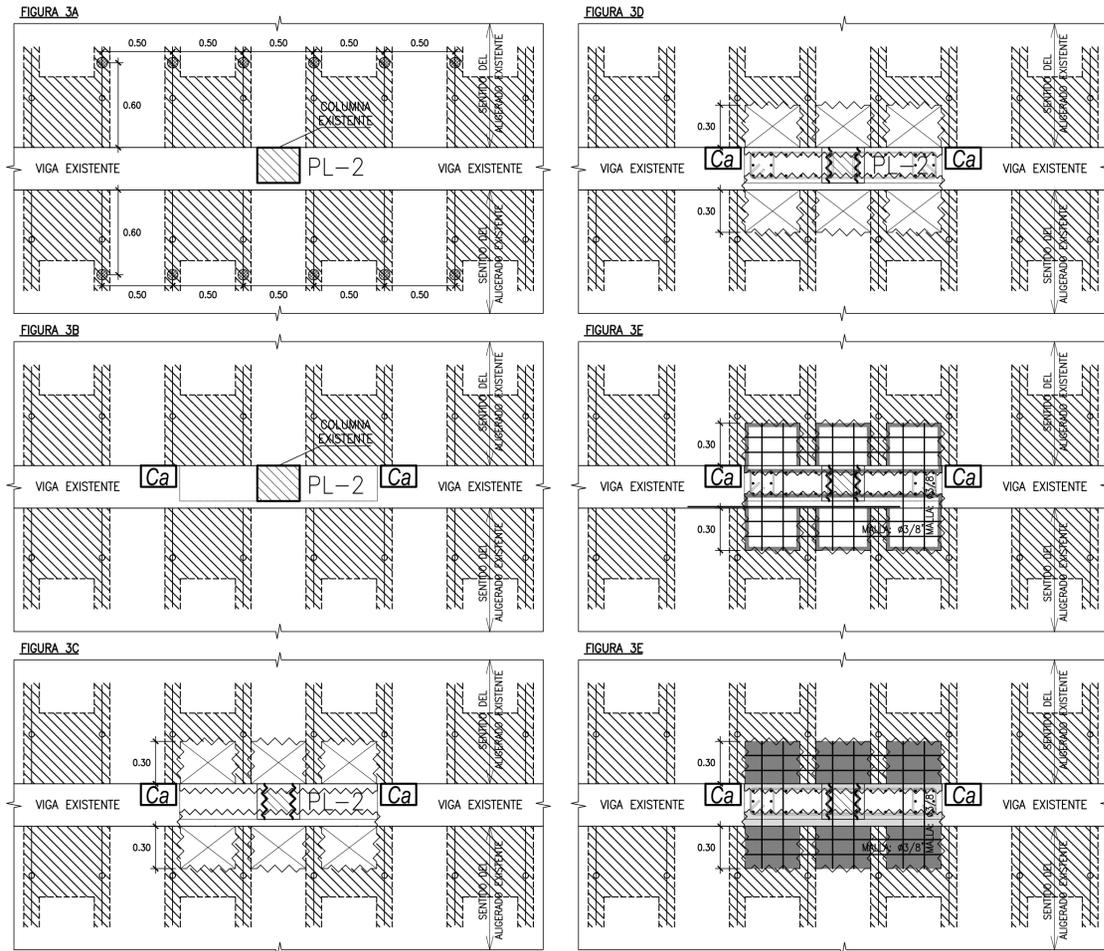
LÁMINA

E-05

[05 de 06]

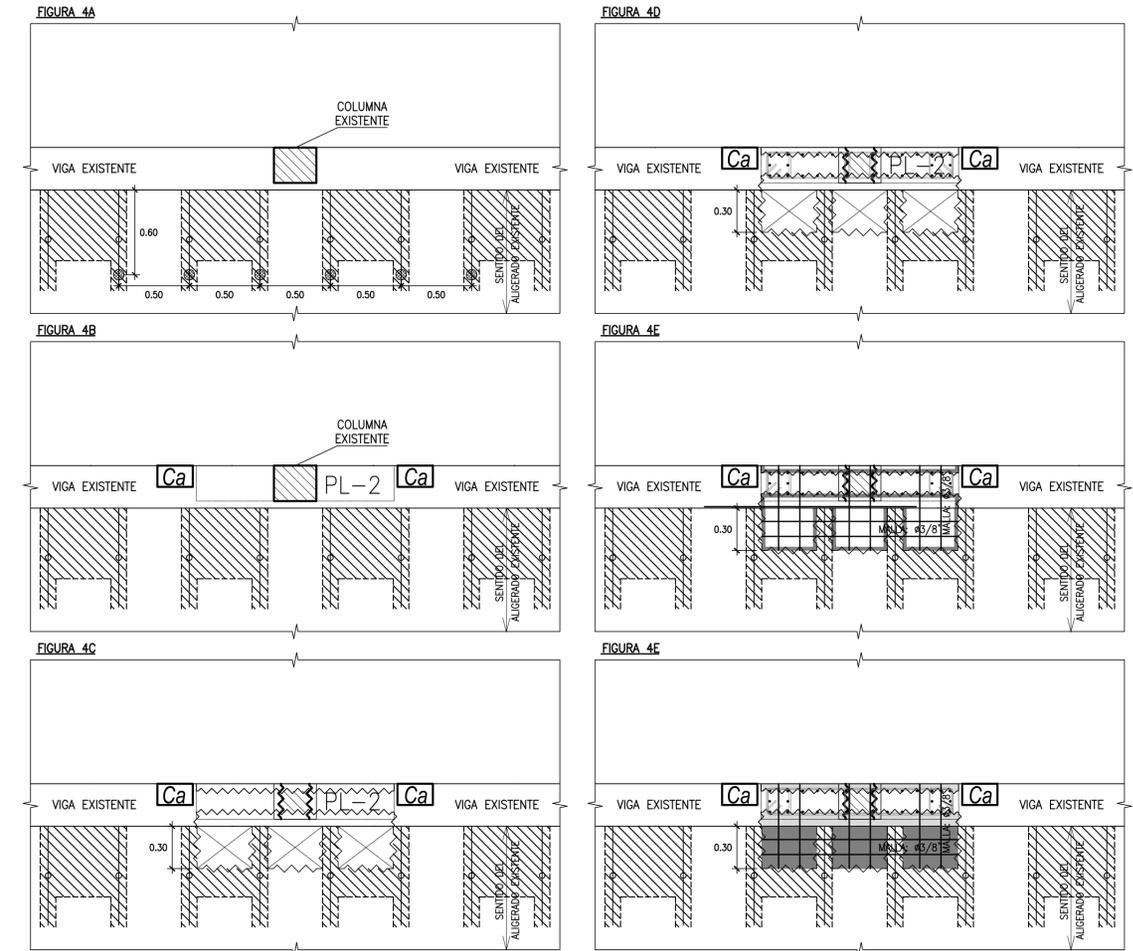
### DETALLE 3 - REFUERZO EN LOSA

ESC 1:25



### DETALLE 4 - REFUERZO EN LOSA

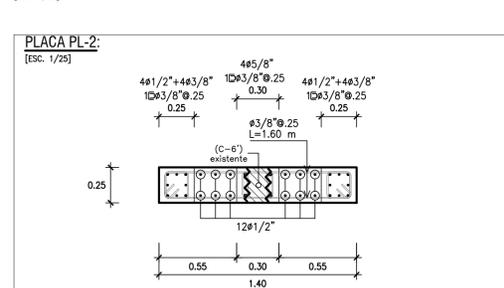
ESC 1:25



#### PROCESO CONSTRUCTIVO:

1. APUNTALAR LAS VIGUETAS DE TECHO DE ACUERDO CON EL ESQUEMA INDICADO. (VER FIGURAS 1A, 2A, 3A Y 4A)
2. DEMOLER LADRILLOS DE TECHO Y LOSA ALIGERADA EXISTENTE SEGÚN INDICADO. LIMPIAR Y MANTENER REFUERZO DE ACERO EXISTENTE.
3. PICAR LAS COLUMNAS Y LAS VIGAS EXISTENTES HASTA DESCUBRIR EL REFUERZO DE ACERO EXISTENTE. DEJAR LA SUPERFICIE RUGOSA. (VER FIGURAS 1C, 2C, 3C Y 4C)
4. APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR ACERO CON CONCRETO ANTIGUO. (SIKADUR 32 O SIMILAR) COLOCAR REFUERZO NUEVO DE PLACA DE REFUERZO. (VER FIGURAS 1D, 2D, 3D Y 4D)
5. APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR CONCRETO NUEVO CON ANTIGUO. (SIKADUR 31 O SIMILAR) COLOCAR REFUERZO NUEVO DE LOSA ALIGERADA. (VER FIGURAS 1E, 2E, 3E Y 4E)
6. ENCOFRAR PLACA DE REFUERZO Y LOSA ALIGERADA. VACIAR CONCRETO (UTILIZAR PIEDRA TIPO CONFITILLO, TM = 1/2". (VER FIGURAS 1F, 2F, 3F Y 4F)

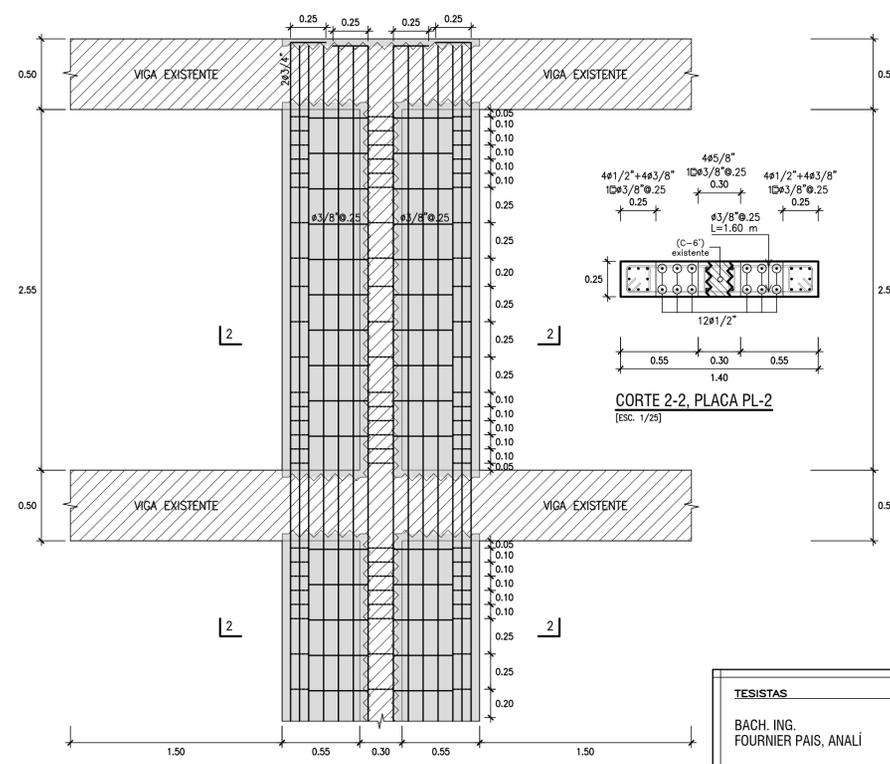
#### DETALLE 1



- A. PICAR SUPERFICIE DE COLUMNA EXISTENTE HASTA VER REFUERZO EXISTENTE. DEJAR SUPERFICIE LIMPIA Y RUGOSA.
- B. APLICAR PEGAMENTO EPÓXICO PARA PEGAR REFUERZO DE ACERO CON CONCRETO ANTIGUO.
- C. ARMAR ESTRIBADO EN NUCLEOS Y ACERO POR CORTE EN MURO.
- D. ENCOFRAR Y VACIAR CONCRETO NUEVO. (AGREGADO, TM=1/2")

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

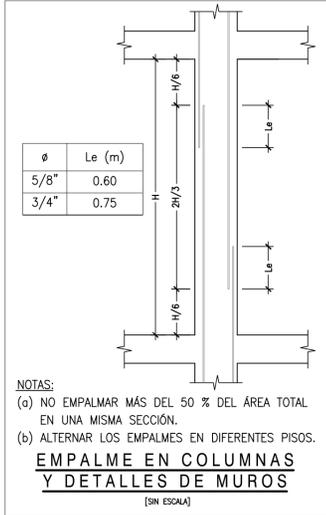
- 1. CONCRETO ARMADO**
    - RESISTENCIA DEL CONCRETO
      - ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CIMENTACIÓN  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
      - COLUMNAS  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
      - LOSAS Y VIGAS  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
    - ACERO DE REFUERZO
      - VARILLAS DE FIERRO CORRUGADO  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
    - RECUBRIMIENTOS
      - ZAPATAS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN 7.5 cm.
      - LOSAS Y VIGAS CHATAS 2.0 cm.
      - VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR > 15cm) 4.0 cm.
      - VIGAS Y COLUMNAS (ESPESOR <= 15cm) 2.0 cm.
  - 2. CIMENTACIÓN**
    - TIPO DE CIMENTACIÓN: ZAPATAS, PLATEA Y VIGAS DE CONCRETO.
    - ESTRATO DE APOYO: SUELOS ARENOSOS (SP).
    - PROFUNDIDAD: MÍNIMO 1.20 m. (SIEMPRE SOBRE ARENAS).
    - PRESIÓN ADMISIBLE  $q_{adm} = 1.27 \text{ kg/cm}^2$  (ZAPATAS Y CIMENTOS)
  - 3. SOBRECARGAS**
    - S/C = 250 kg/cm<sup>2</sup> (AULAS)
  - 4. ALBAÑILERÍA**
    - MUROS PORTANTES/TABIQUERÍA
      - UNIDADES: TIPO IV (.09x.14x.24) MÁXIMO 25% PERFORACIONES.
      - RESISTENCIA:  $f'm = 40 \text{ kg/cm}^2$ .
      - MORTERO: MORTERO 1:4 (CEMENTO : ARENA) JUNTAS=1.5 cm.
- NOTAS: A. EMPLEAR CEMENTO TIPO I PARA USO GENERAL.  
B. TABIQUERÍA DEBE ESTAR AISLADA DE PORTICOS PRINCIPALES



ELEVACIÓN ESTRUCTURAL B-B (ESC. 1/25)

**TESISTAS**  
BACH. ING. FOURNIER PAIS, ANALÍ  
BACH. ING. CASTILLO CABANILLAS, HANS

**PROYECTO DE TESIS**  
"ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA"  
**PLANO**  
Estructuras  
DETALLES DE REFORZAMIENTO  
**DISEÑO/DIBUJO** REVISIÓN ESCALA FECHA  
A. Fournier & H.Castillo - 1/50, 1/25 Marzo 2021

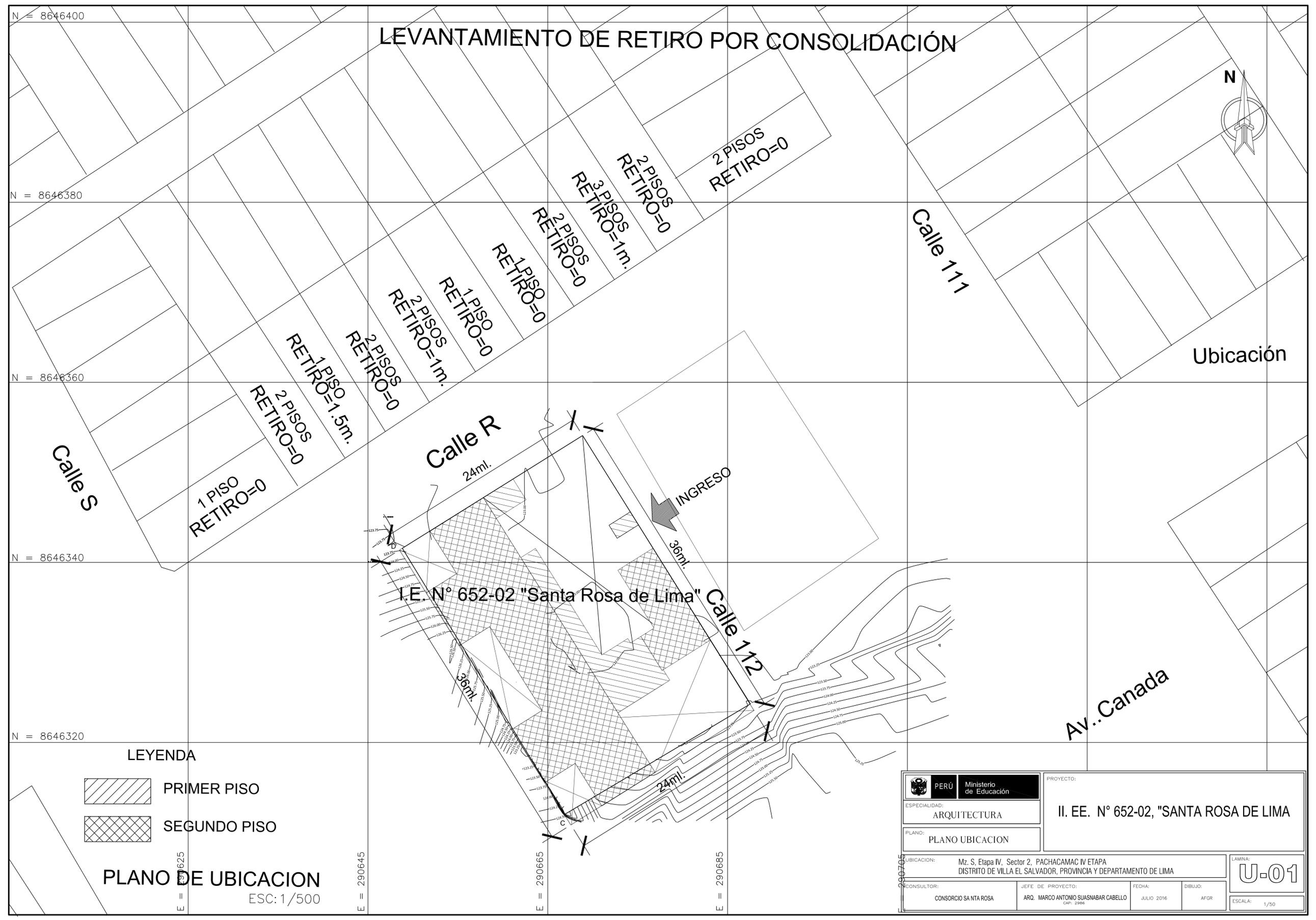


- NOTAS:  
(a) NO EMPALMAR MÁS DEL 50 % DEL ÁREA TOTAL EN UNA MISMA SECCIÓN.  
(b) ALTERNAR LOS EMPALMES EN DIFERENTES PISOS.

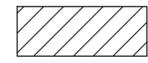
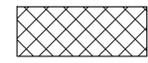
# **ANEXO N° 11:**

**Planos As Built de la Edificación Existente.**

# LEVANTAMIENTO DE RETIRO POR CONSOLIDACIÓN

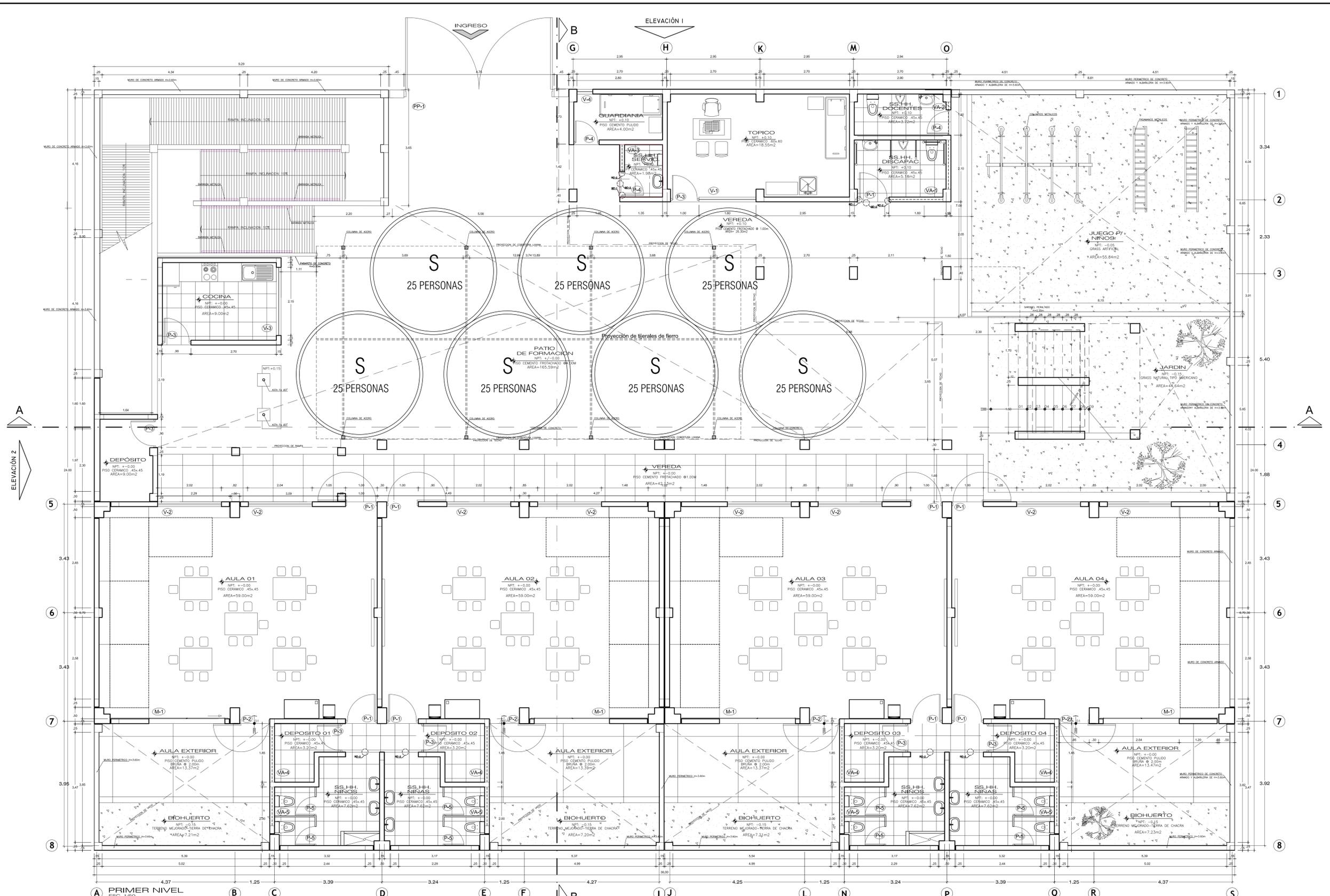


## LEYENDA

-  PRIMER PISO
-  SEGUNDO PISO

**PLANO DE UBICACION**  
ESC: 1/500

|   |  |   |                 |
|---|--|---|-----------------|
|  <b>PERÚ</b> Ministerio de Educación       |  | PROYECTO:<br><b>II. EE. N° 652-02, "SANTA ROSA DE LIMA"</b> |                 |
| ESPECIALIDAD:<br>ARQUITECTURA   |  |   |                 |
| PLANO:<br>PLANO UBICACION   |  |   |                 |
| UBICACION:<br>Mz. S. Etapa IV, Sector 2, PACHACAMAC IV ETAPA<br>DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA |  | LAMINA:<br><b>U-01</b>                                      |                 |
| CONSULTOR:<br>CONSORCIO SANTA ROSA  | JEFE DE PROYECTO:<br>ARQ. MARCO ANTONIO SUJASABAR CABELLO<br><small>CAPI: 2996</small> | FECHA:<br>JULIO 2016  | DIBUJO:<br>AFGR |
|   |  | ESCALA:<br>1/50   |                 |



**CUADRO DE VANOS**

| PUERTAS |         |       |        |        |   |
|---------|---------|-------|--------|--------|---|
| TIPO    | ALFEIZ. | ANCHO | ALTURA | UNIDS. | MATERIAL                                |
| PP-1    | --      | 4.75  | 2.90   | 01     | PUERTA CARPINTERIA METALICA             |
| P-1     | --      | 1.00  | 2.20   | 17     | PUERTA DE MADERA MACIZA 4x4 / 01 HOJA   |
| P-2     | --      | 0.95  | 2.20   | 04     | PUERTA DE MADERA MACIZA 4x4 / 01 HOJA   |
| P-3     | --      | 0.90  | 2.00   | 38     | PUERTA DE MADERA MACIZA 4x4 / 01 HOJA   |
| P-4     | --      | 0.80  | 2.15   | 03     | PUERTA DE MADERA MACIZA 4x4 / 01 HOJA   |
| P-5     | 0.20    | 0.60  | 1.80   | 12     | PUERTA DE ALUMINIO MACIZA 4x4 / 01 HOJA |
| P-6     | 0.20    | 0.90  | 1.80   | 04     | PUERTA DE ALUMINIO MACIZA 4x4 / 01 HOJA |
| P-7     | --      | 0.90  | 2.15   | 05     | PUERTA DE MADERA MACIZA 4x4 / 01 HOJA   |

variable: ver plantas y/o elevación

| VENTANAS |         |       |        |        |   |
|----------|---------|-------|--------|--------|---|
| TIPO     | ALFEIZ. | ANCHO | ALTURA | UNIDS. | MATERIAL                                  |
| V-1      | 0.90    | 1.80  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-2      | 1.00    | 0.90  | 1.50   | 20     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-3      | 1.00    | 2.15  | 1.50   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-4      | 1.00    | 0.50  | 1.50   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-5      | 0.90    | 1.80  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-6      | 0.90    | 1.50  | 1.25   | 02     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-7      | 0.90    | 1.15  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-8      | 0.90    | 1.05  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| V-9      | 0.90    | 2.70  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |

variable: ver plantas y/o elevación

| VENTANAS ALTAS |         |       |        |        |   |
|----------------|---------|-------|--------|--------|---|
| TIPO           | ALFEIZ. | ANCHO | ALTURA | UNIDS. | MATERIAL                                  |
| VA-1           | 1.75    | 1.70  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-2           | 1.75    | 1.05  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-3           | 1.75    | 0.85  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-4           | 2.10    | 1.75  | 0.40   | 04     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-5           | 2.10    | 1.225 | 0.40   | 04     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-6           | 2.10    | 1.15  | 0.40   | 04     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-7           | 2.10    | 1.75  | 0.40   | 04     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-8           | 1.75    | 2.70  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |
| VA-9           | 1.75    | 1.05  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Tornillo P/colocar Vidrio |

variable: ver plantas y/o elevación

**NOTAS GENERALES**

- 1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS.
- 2.- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN EL PLANO Y/O COORDINAR CON LA SUPERVISOR
- 3.- CALIDAD DE LOS ACABADOS SERAN PREVIAMENTE VERIFICADAS POR LA SUPERVISOR

**MUNICIPALIDAD DE VILLA EL SALVADOR**  
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO

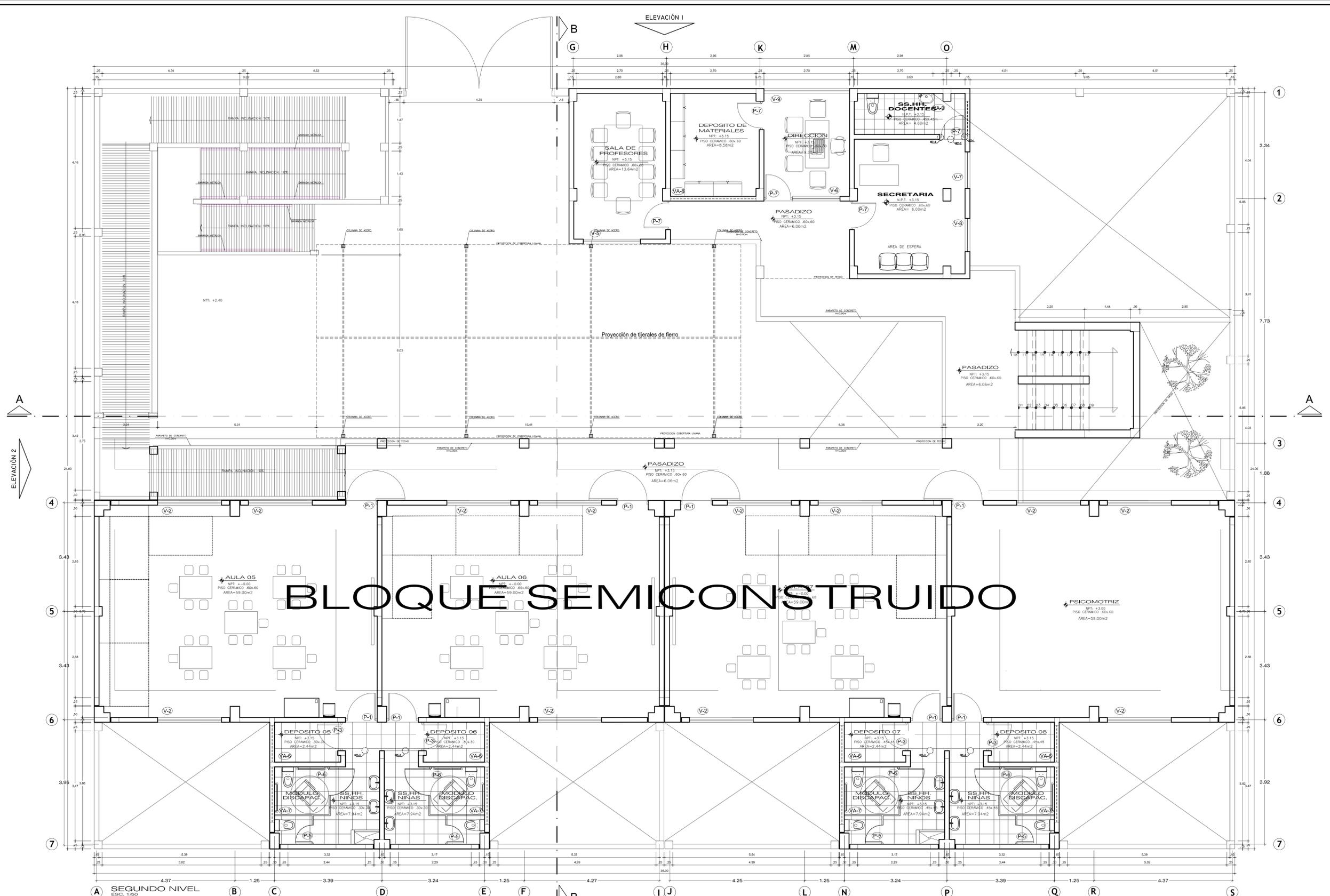
PROYECTO: **PLANO POST - CONSTRUCCION**  
I. E.E. N° 652-02 "SANTA ROSA DE LIMA"

ESPECIALIDADES: **ARQUITECTURA** PLANO: **DISTRIBUCION PRIMER NIVEL**

ELABORADO: **SR. GUIDO INIGO PERALTA** DEPARTAMENTO: **VILLA EL SALVADOR** FECHA: **ENERO DE 2018**

REVISADO: **ING. JAVIER A. BERNUY ESPINOZA** SUB GERENTE DE PROYECTOS Y OBRAS: **ING. ROBERT ROY SANCHEZ TRIGUEROS** SNI# **303973**

LAMINA: **A-01**



# BLOQUE SEMICONSTRUIDO

CUADRO DE VANOS

| TIPO | ALFEIZ. | ANCHO | ALTURA | UNIDS. | MATERIAL                                 |
|------|---------|-------|--------|--------|--|
| PP-1 | --      | 4.75  | 2.90   | 01     | PUERTA CARPINTERIA METALICA              |
| P-1  | --      | 1.00  | 2.20   | 17     | PUERTA DE MADERA MACIZA e=27 / 01 HOJA   |
| P-2  | --      | 0.95  | 2.20   | 04     | PUERTA DE MADERA MACIZA e=27 / 01 HOJA   |
| P-3  | --      | 0.90  | 2.00   | 38     | PUERTA DE MADERA MACIZA e=27 / 01 HOJA   |
| P-4  | --      | 0.80  | 2.15   | 03     | PUERTA DE MADERA MACIZA e=27 / 01 HOJA   |
| P-5  | 0.20    | 0.60  | 1.80   | 12     | PUERTA DE ALUMINIO MACIZA e=27 / 01 HOJA |
| P-6  | 0.20    | 0.90  | 1.80   | 04     | PUERTA DE ALUMINIO MACIZA e=27 / 01 HOJA |
| P-7  | --      | 0.90  | 2.15   | 05     | PUERTA DE MADERA MACIZA e=27 / 01 HOJA   |

variable: ver plantas y/o elevación

| TIPO | ALFEIZ. | ANCHO | ALTURA | UNIDS. | MATERIAL                                  |
|------|---------|-------|--------|--------|---|
| V-1  | 0.90    | 1.80  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-2  | 1.00    | 0.90  | 1.50   | 20     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-3  | 1.00    | 2.15  | 1.50   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-4  | 1.00    | 0.50  | 1.50   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-5  | 0.90    | 1.80  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-6  | 0.90    | 1.50  | 1.25   | 02     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-7  | 0.90    | 1.15  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-8  | 0.90    | 1.05  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| V-9  | 0.90    | 2.70  | 1.25   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |

variable: ver plantas y/o elevación

| TIPO | ALFEIZ. | ANCHO | ALTURA | UNIDS. | MATERIAL                                  |
|------|---------|-------|--------|--------|---|
| VA-1 | 1.75    | 1.70  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-2 | 1.75    | 1.05  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-3 | 1.75    | 0.85  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-4 | 2.10    | 1.75  | 0.40   | 04     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-5 | 2.10    | 1.225 | 0.40   | 04     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-6 | 2.10    | 1.15  | 0.40   | 04     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-7 | 2.10    | 1.75  | 0.40   | 04     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-8 | 1.75    | 2.70  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |
| VA-9 | 1.75    | 1.05  | 0.40   | 01     | Marco de Madera Ternillo P/colocar Vidrio |

variable: ver plantas y/o elevación

**NOTAS GENERALES**  
 1.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS.  
 2.- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN EL PLANO Y/O COORDINAR CON LA SUPERVISION  
 3.- CALIDAD DE LOS ACABADOS SERAN PREVIAMENTE VERIFICADAS POR LA SUPERVISION

**MUNICIPALIDAD DE VILLA EL SALVADOR**  
 GERENCIA DE DESARROLLO URBANO

PROYECTO: **PLANO POST - CONSTRUCCION**  
 II. E.E. N° 652-02, SANTA ROSA DE LIMA

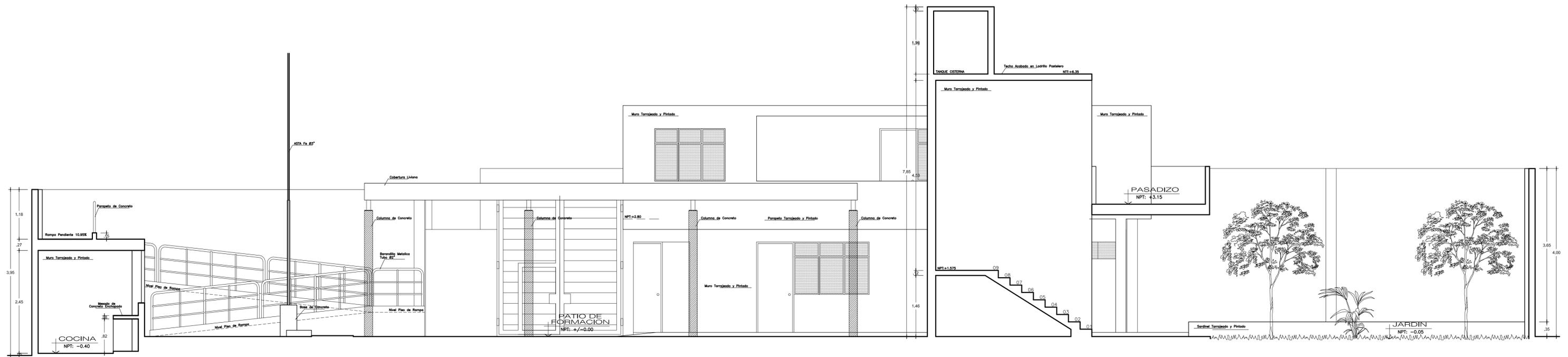
ESPECIALIDAD: **ARQUITECTURA** PLANO: **DISTRIBUCION SEGUNDO NIVEL**

UBICACION: Mz. S. Esma IV. Sitio 2. PACHACAMAC Y ESAPA DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA

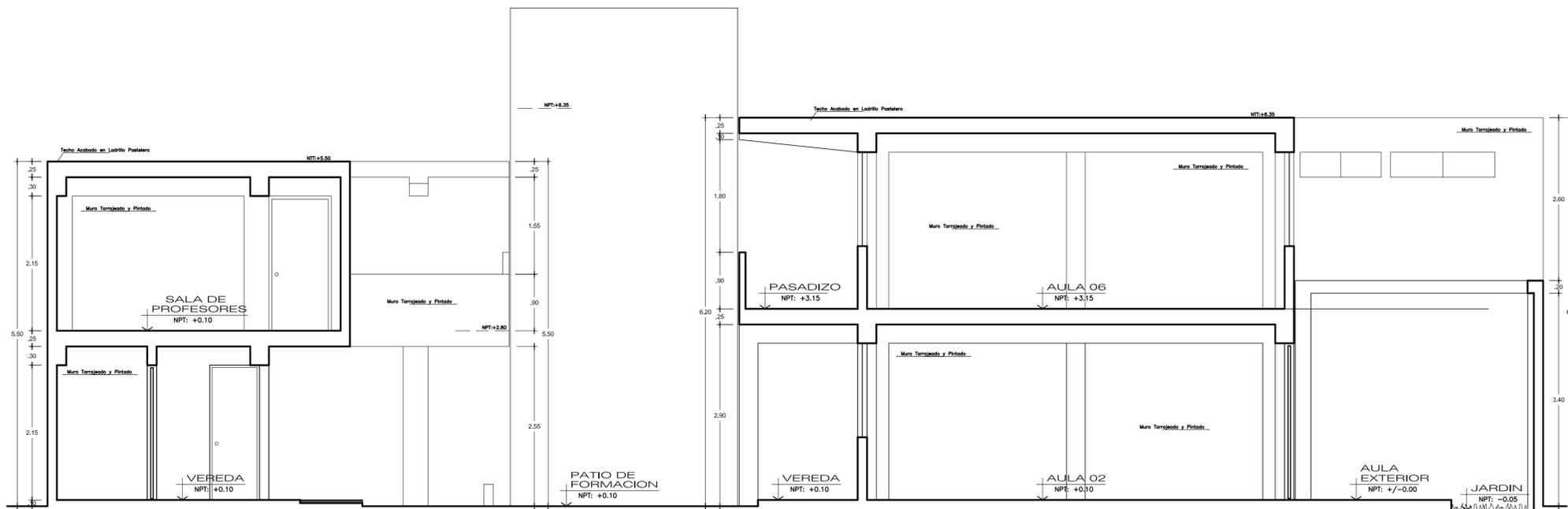
ALCALDE: **SR. GUIDO INIGO PERALTA** DEPARTAMENTO / PROVINCIA / DISTRITO / ESCALA: **1:50** FECHA: **ENERO DE 2018**

GERENTE: **ING. JAVIER A. BERNUY ESPINOZA** SUB GERENTE DE PROYECTOS Y OBRAS: **ING. ROBERT ROY SANCHEZ TRIGUEROS** SNI: **303973**

LAMINA: **A-02**

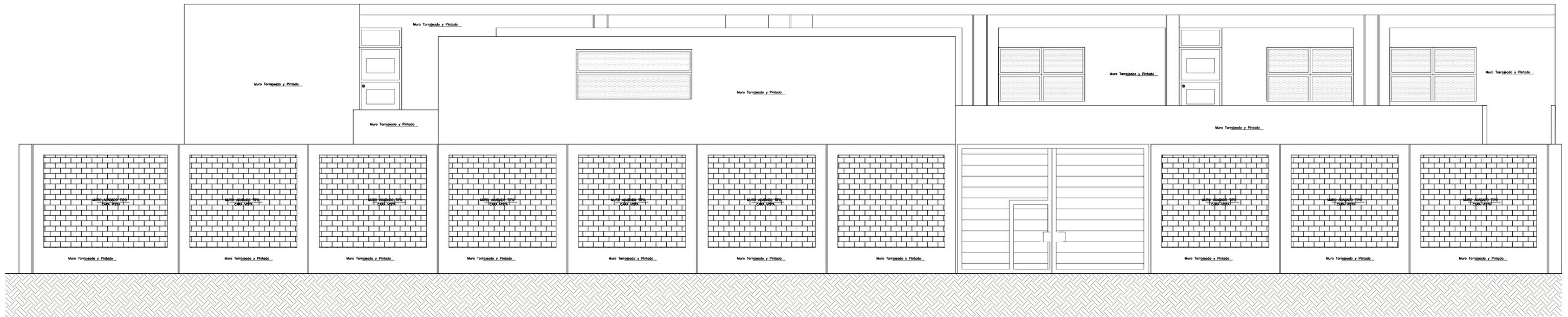


CORTE A-A  
ESC. 1/50

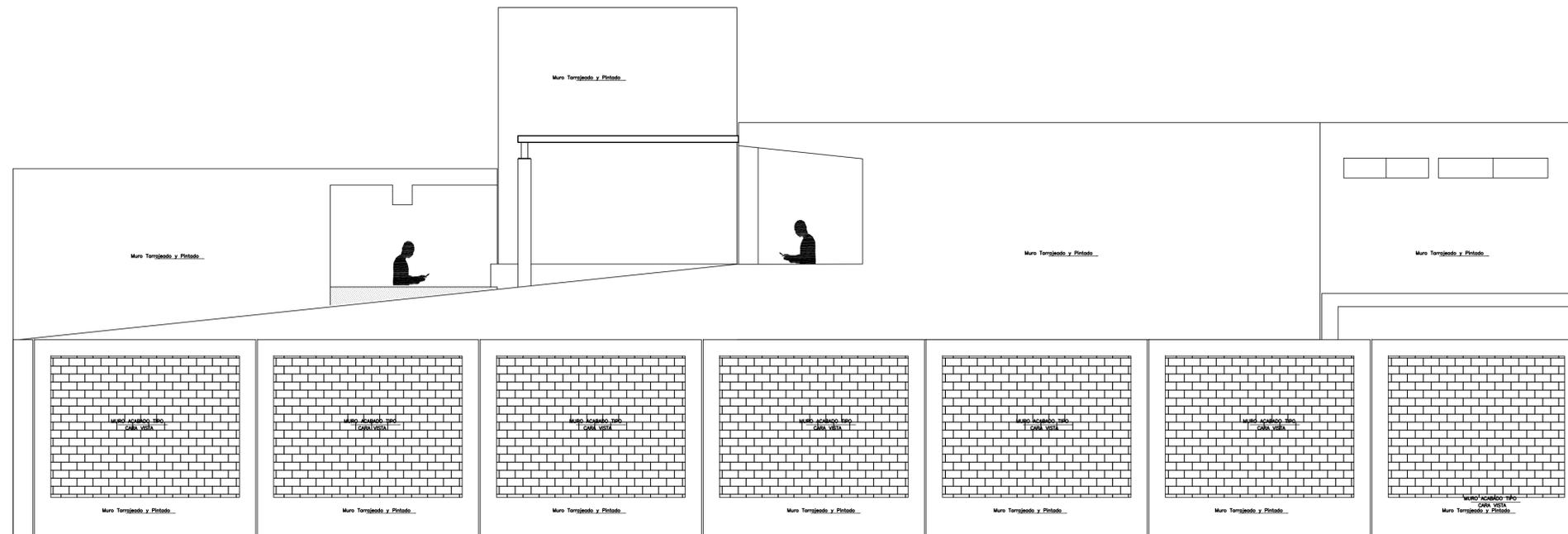


CORTE B-B  
ESC. 1/50

|   |  |   |                |
|---|--|---|----------------|
|   |  | PROYECTO:<br><b>II. EE. N° 652-02, "SANTA ROSA DE LIMA"</b> |                |
| ESPECIALIDAD:<br><b>ARQUITECTURA</b>  |  | PLANO:<br><b>CORTES</b>                                     |                |
| UBICACION:<br>Mz. S. Elapa IV, Sector 2, PACHACAMAC IV ETAPA<br>DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA |  | LAMINA:<br><b>A-04</b>                                      |                |
| CONSULTOR:<br>CONSORCIO SANTA ROSA  | JEFE DE PROYECTO:<br>ARO. MARCO ANTONIO SUASBAR CABELLO<br><small>OP. 2988</small> | FECHA:<br>JULIO 2016  | DIBUJO:<br>AGR |
| ESCALA:<br>1/50   |  |   |                |

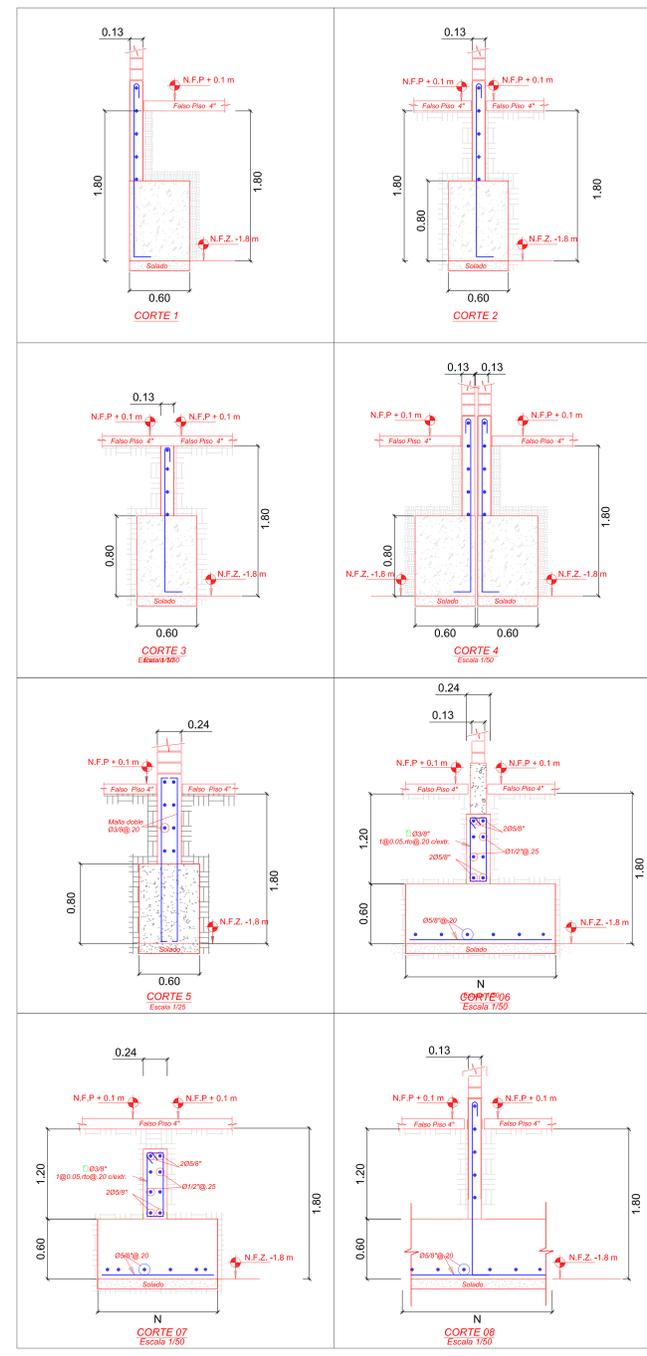
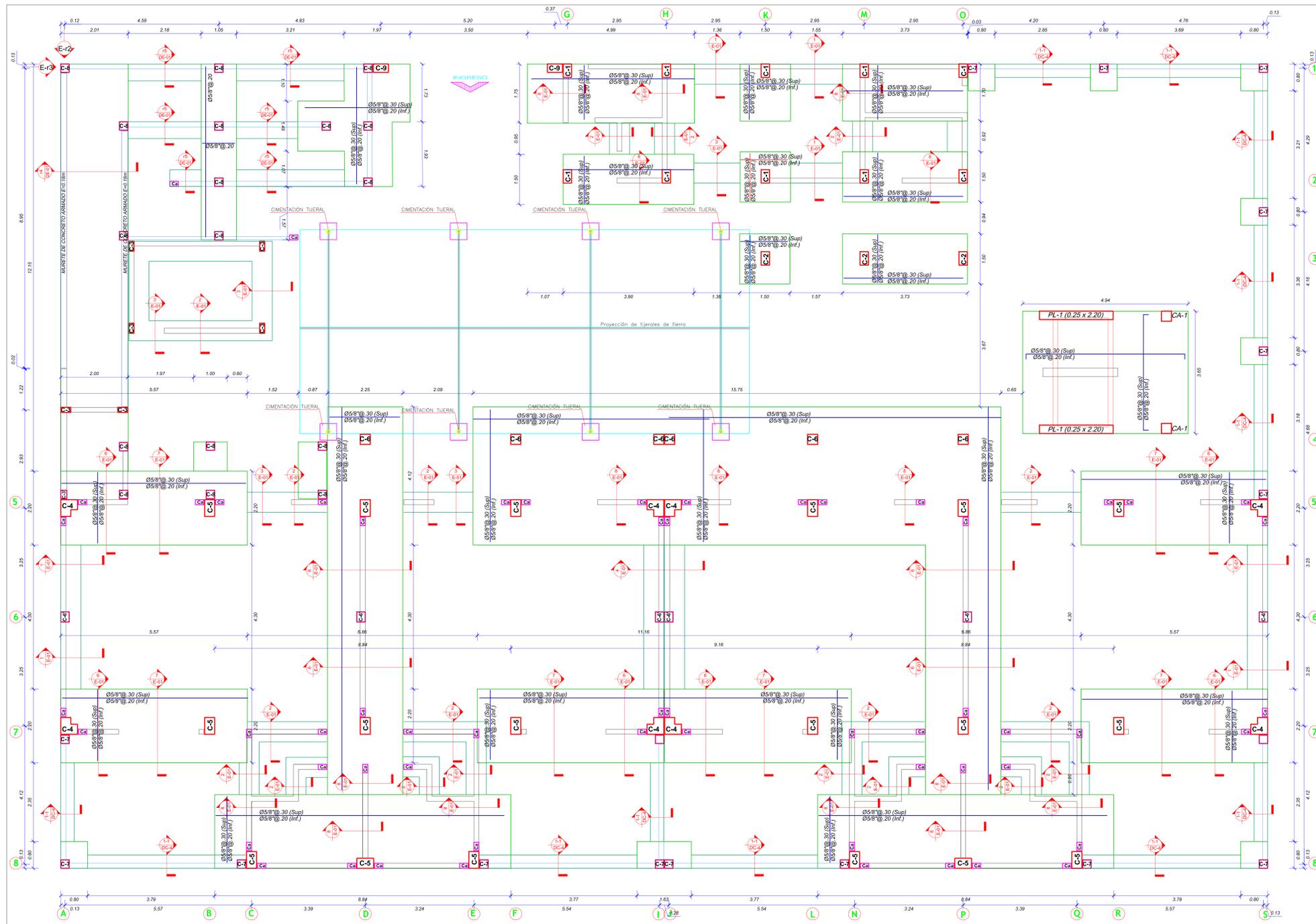


ELEVACIÓN 1  
ESC. 1/50

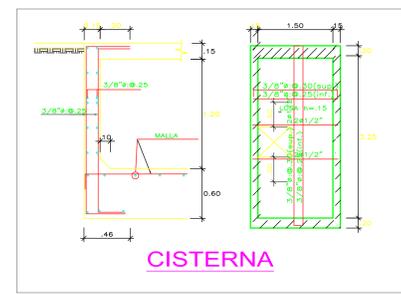
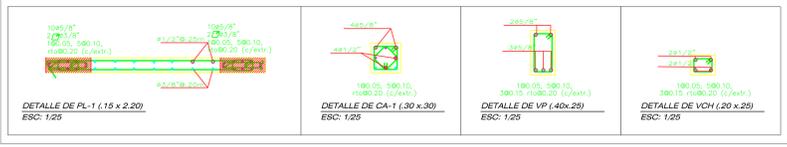
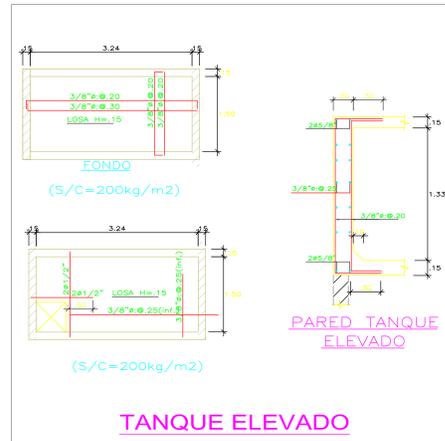
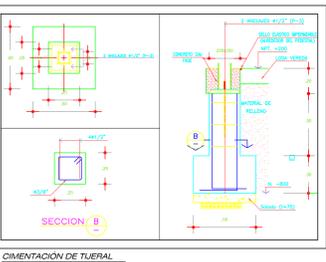
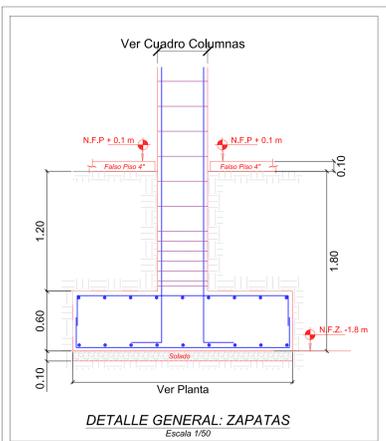


ELEVACIÓN 2  
ESC. 1/50

|   |  |   |
|---|--|---|
|  PERÚ Ministerio de Educación              |  | PROYECTO:<br><b>II. EE. N° 652-02, "SANTA ROSA DE LIMA"</b> |
| ESPECIALIDAD:<br><b>ARQUITECTURA</b>  |  |   |
| PLANO:<br><b>ELEVACIONES</b>  |  |   |
| UBICACIÓN:<br>Mz. S. Etapa IV, Sector 2, PACHACAMAC IV ETAPA<br>DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA |  | LÁMINA:<br><b>A-05</b>                                      |
| CONSULTOR:<br>CONSORCIO SANTA ROSA  | JEFE DE PROYECTO:<br>ARQ. MARCO ANTONIO SUASABAR CABELLO<br><small>SEP. 2004</small> | FECHA:<br>JULIO 2016  |
|   |  | DIBUJO:<br>A/GR   |
|   |  | ESCALA:<br>1/50   |



| CUADRO DE COLUMNAS |          |          |                     |                     |                     |          |
|--------------------|----------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|
| PISO               | C-1      | C-2      | C-3                 | C-4                 | C-5                 | C-6      |
| SECCION            |          |          |                     |                     |                     |          |
| 1° PISO            | 4 Ø 5/8" | 6 Ø 5/8" | 6 Ø 1/2"            | 6 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2" | 4 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2" | 4 Ø 5/8" |
| 2° PISO            | 4 Ø 5/8" | 6 Ø 5/8" | 6 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2" | 4 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8" |                     |          |
| PISO               | C-6'     | C-7      | C-8                 | C-9                 | C-3'                | Ca       |
| SECCION            |          |          |                     |                     |                     |          |
| 1° PISO            | 4 Ø 5/8" | 4 Ø 1/2" | 4 Ø 5/8"            | 8 Ø 1/2"            | 4 Ø 1/2"            | 4 Ø 3/8" |
| 2° PISO            | 4 Ø 5/8" | 4 Ø 1/2" | 4 Ø 5/8"            | 8 Ø 1/2"            | 4 Ø 1/2"            |          |



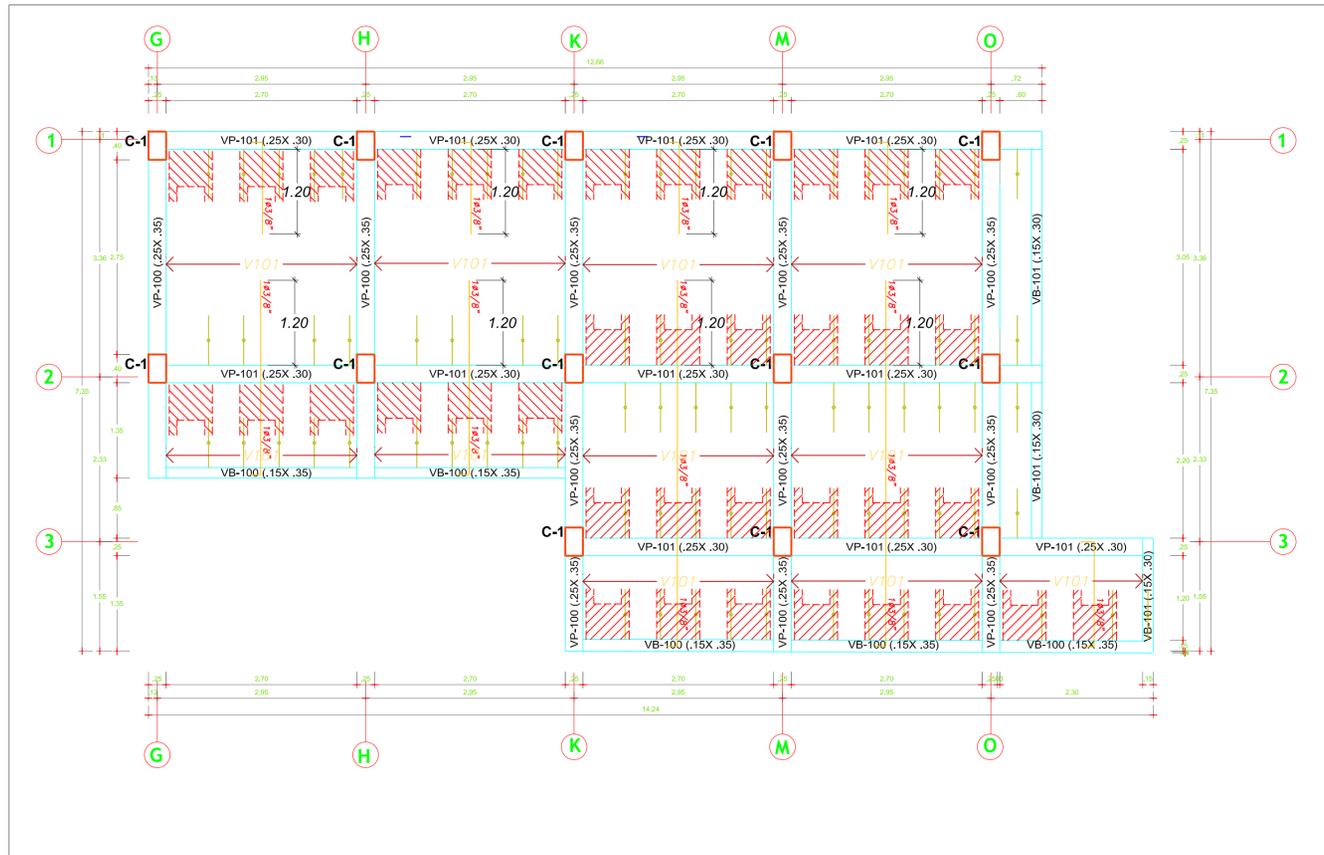
MUNICIPALIDAD DE VILLA EL SALVADOR  
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO

PROYECTO: CIMENTACIONES  
E.E. N° 65-02 "SANTA ROSA DE LIMA"

ESPECIALISTA: ESTRUCTURAS  
ING. SR. GUIDO INIGO PERALTA

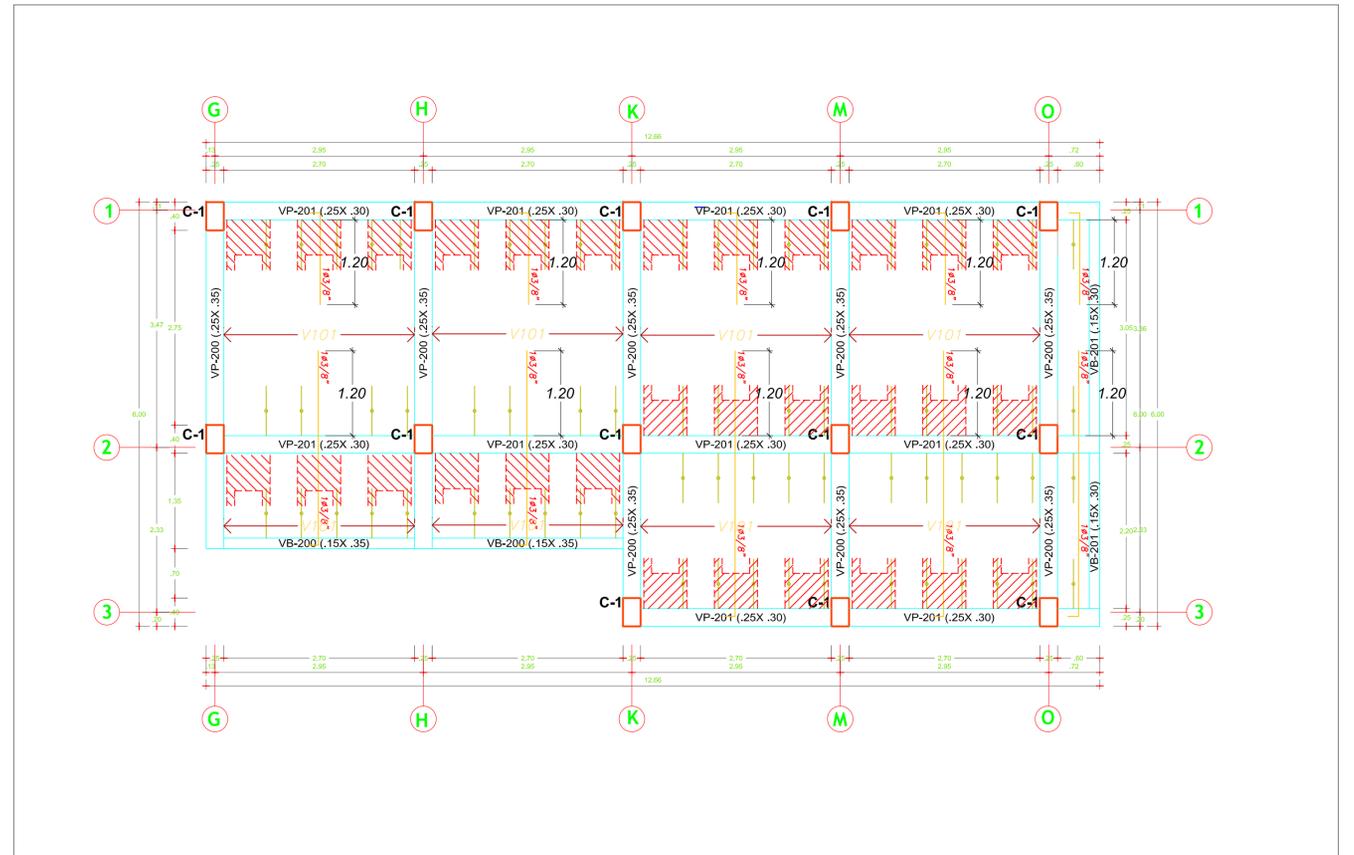
PROYECTANTE: CIMENTACION  
ING. ROBERT ROY SANCHEZ TRIGUEROS

FECHA: ENERO DE 2018  
Escala: 1:50



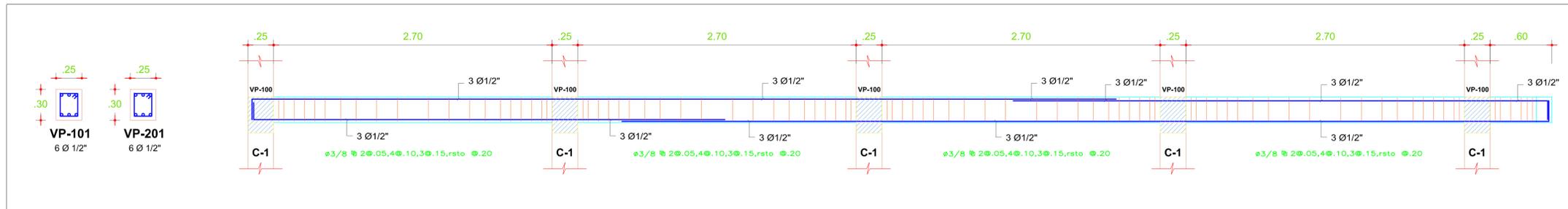
ALIGERADO PRIMER NIVEL

ESC 1:50



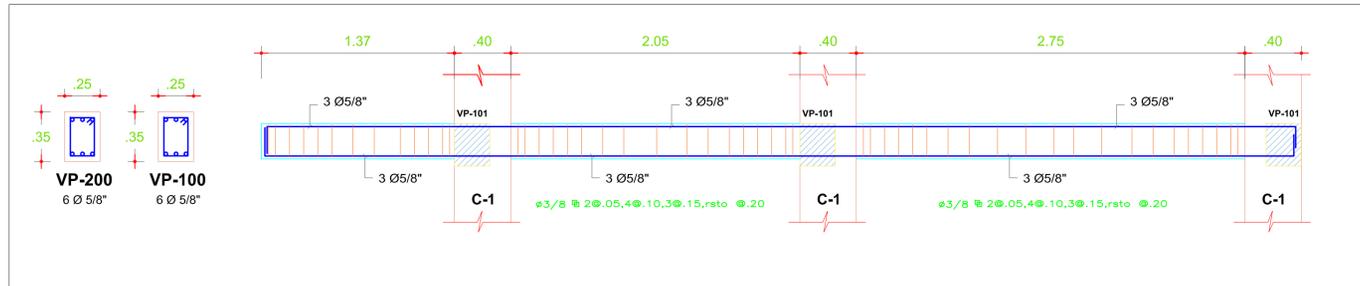
ALIGERADO SEGUNDO NIVEL

ESC 1:50



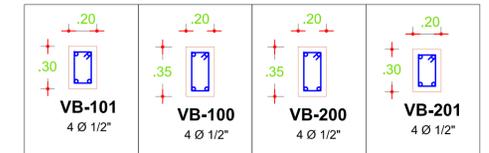
VP-101, VP 201/ EJE 1 Y 2

ESC 1:25



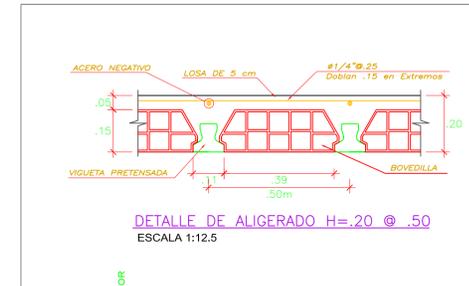
VP-101, VP 201/ EJE K y M

ESC 1:25



VIGAS DE BORDE

ESC 1:25



DETALLE DE ALIGERADO H=.20 @ .50

ESCALA 1:12.5

ESPECIFICACIONES GENERALES @50m

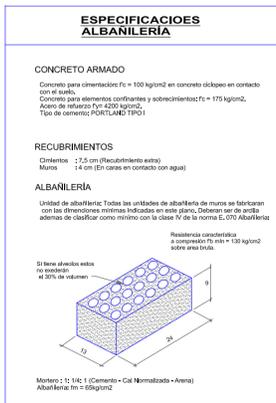
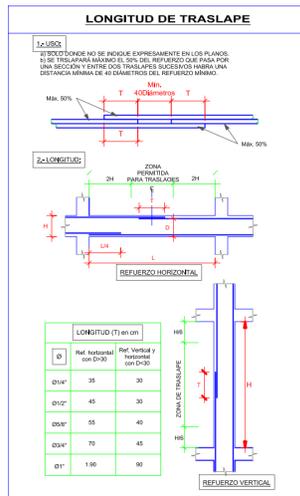
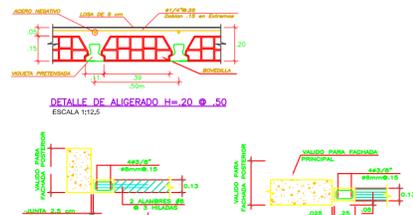
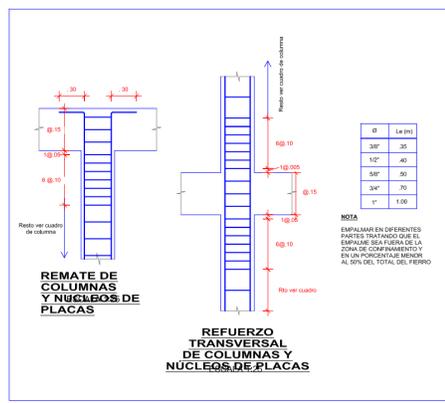
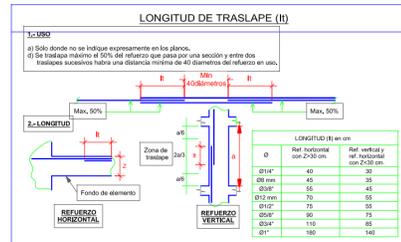
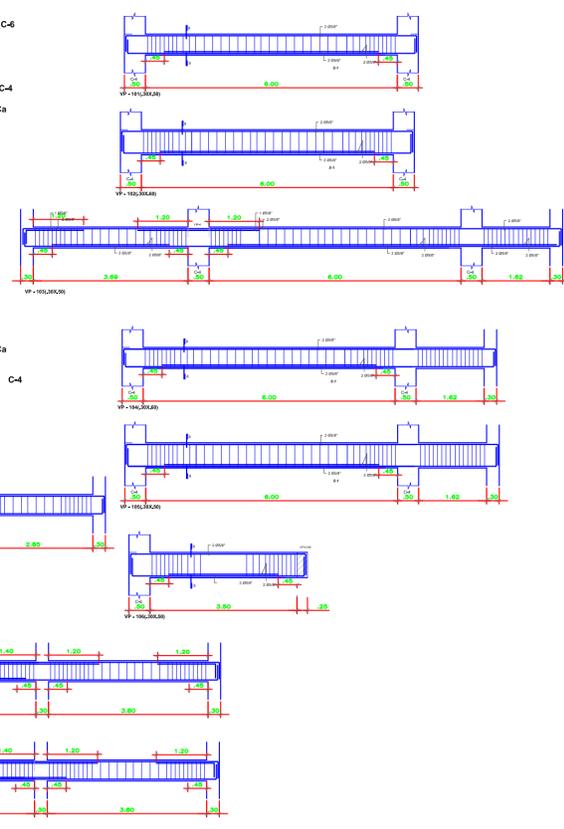
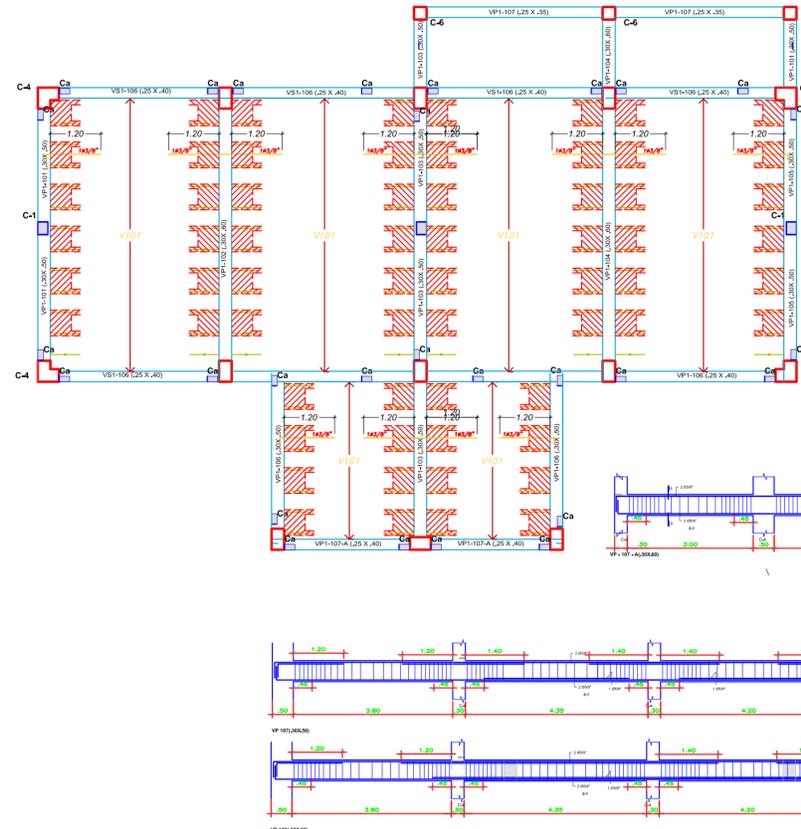
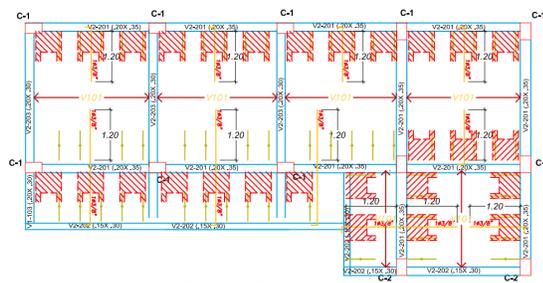
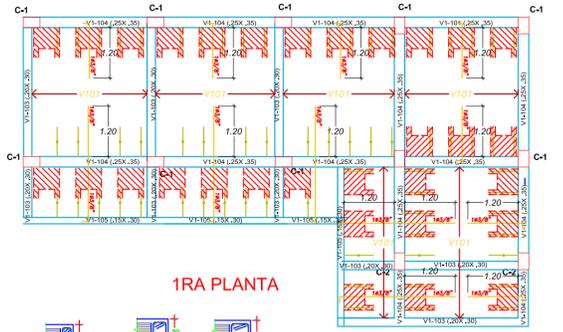
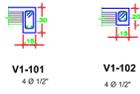
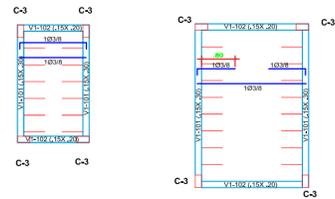
ESPECIFICACIONES VIGUETAS PRETENSADAS

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| SURE  | V101                           |
| fc (kg/cm <sup>2</sup> )                                  | 350                            |
| CABLE   | fpu = 18960 kg/cm <sup>2</sup> |
| APUNTALAMIENTO  |                                |
| ALTIMURA LOSA   | SOLERAS PLUNIFRES              |
| H=20cm  | Ø 50 2.00 m 1.50 m             |
| H=25cm a 30cm   | Ø 50 1.80 m 1.50 m             |
| Nivel de soleras debe topor con el fondo de las viguetas. |                                |
| ACERO   |                                |
| ACERO NEGATIVO Ø50 cm                                     |                                |
| CONCRETO IN SITU  |                                |
| Slump de diseño : 3 1/2"                                  |                                |
| ACABADO   |                                |
| Tarrajeo Cemento: Cal: AF 1: 1/2 : 5                      |                                |
| FIBRA ARMADA  |                                |
| LOSA 2.0 cm.  |                                |
| VIGAS 4.0 cm.   |                                |
| CANCHOS ESTANDAR  |                                |
| PARA Ø3/8"  | 12 cm                          |
| PARA Ø1/2"  | 15 cm                          |
| VOLUMENES   |                                |
| DE BOVEDILLAS h=12Ø50                                     | 0.012 m <sup>3</sup> / UN      |
| DE BOVEDILLAS h=15Ø50                                     | 0.014 m <sup>3</sup> / UN      |
| DE BOVEDILLAS h=20Ø50                                     | 0.018 m <sup>3</sup> / UN      |
| DE BOVEDILLAS h=25Ø50                                     | 0.024 m <sup>3</sup> / UN      |
| DE VIGUETAS   | 0.0072 m <sup>3</sup> / UN     |

ESTE PLANO SE LEERA CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DEL PROYECTO ORIGINAL

RECOMENDACIONES

Colocar malla de temperatura en 02 sentidos en el último techo (azotea) cuando no se coloque ladrillo pastelero, y en luces mayores o iguales a 5.00m.



MUNICIPALIDAD DE VILLA EL SALVADOR  
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO

PROYECTO: PLANO POST - CONSTRUCCION  
IL. EE. N° 852-02, "SANTA ROSA DE LIMA"

ESPECIALIDADES: ESTRUCTURAS ALIGERADOS  
PLANO: ALIGERADOS

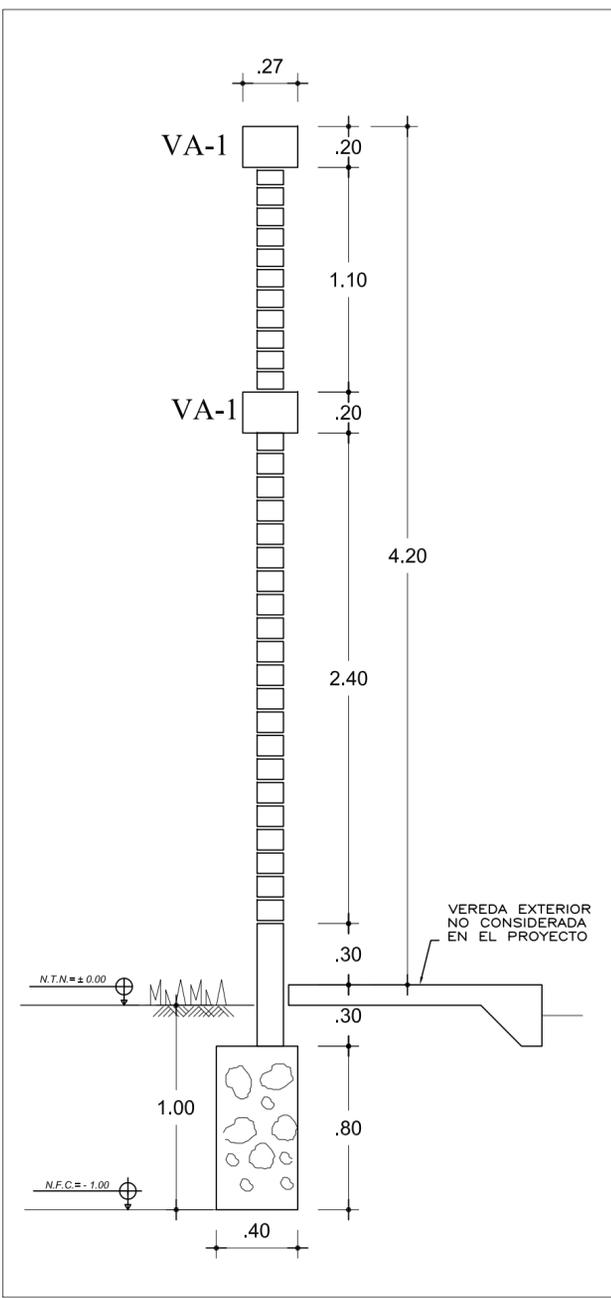
UBICACION: Mz. S. Etapa IV, Sector 2, PACHACAMAC IV ETAPA  
DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA

ALCALDE: SR. GUIDO IÑIGO PERALTA  
GERENTE: ING. JAVIER A. BERNUY ESPINOZA

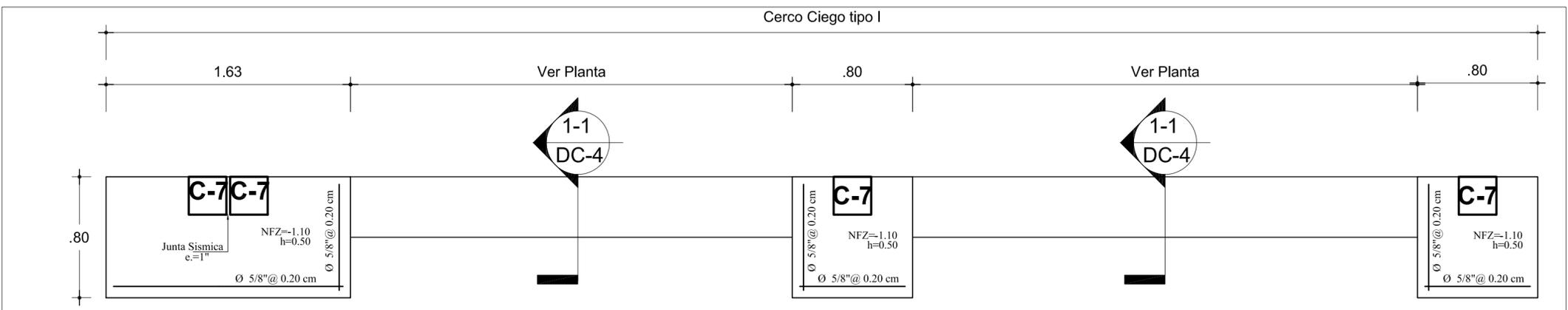
DEPARTAMENTO / PROVINCIA / DISTRITO: LIMA / LIMA / VILLA EL SALVADOR  
SUB GERENTE DE PROYECTOS Y OBRAS: ING. ROBERT ROY SÁNCHEZ TRIGUEROS

LAMINA: E-03

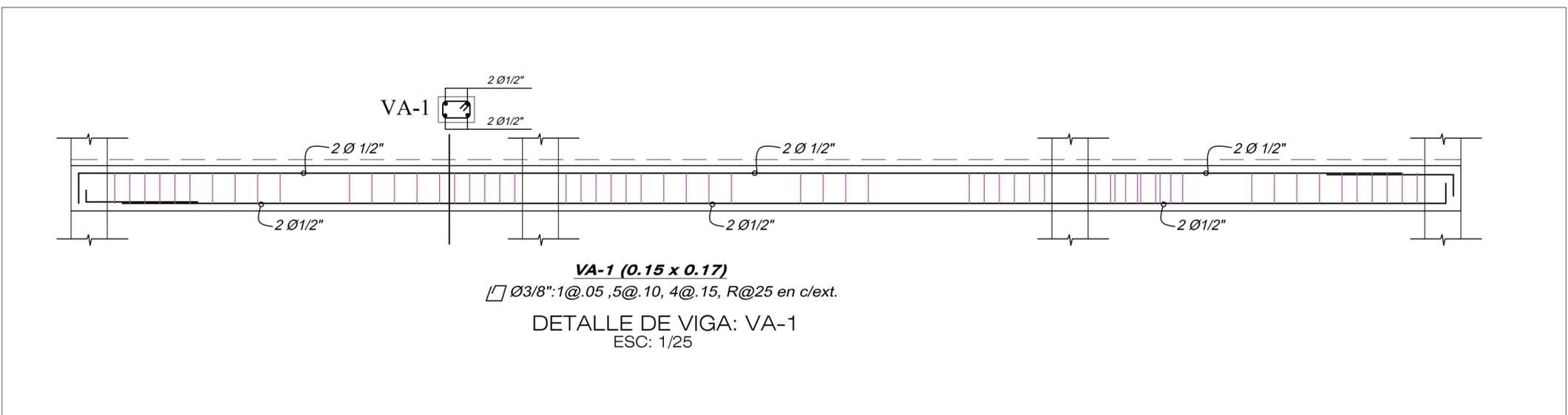
FECHA: ENERO DE 2018  
SNIP: 303973



**CERCO PERIMÉTRICO - CORTE 1-1**  
ESC: 1/25



**PLANTA DE CIMENTACION CERCO PERIMETRICO CIEGO TIPO I - II**  
ESC: 1/25



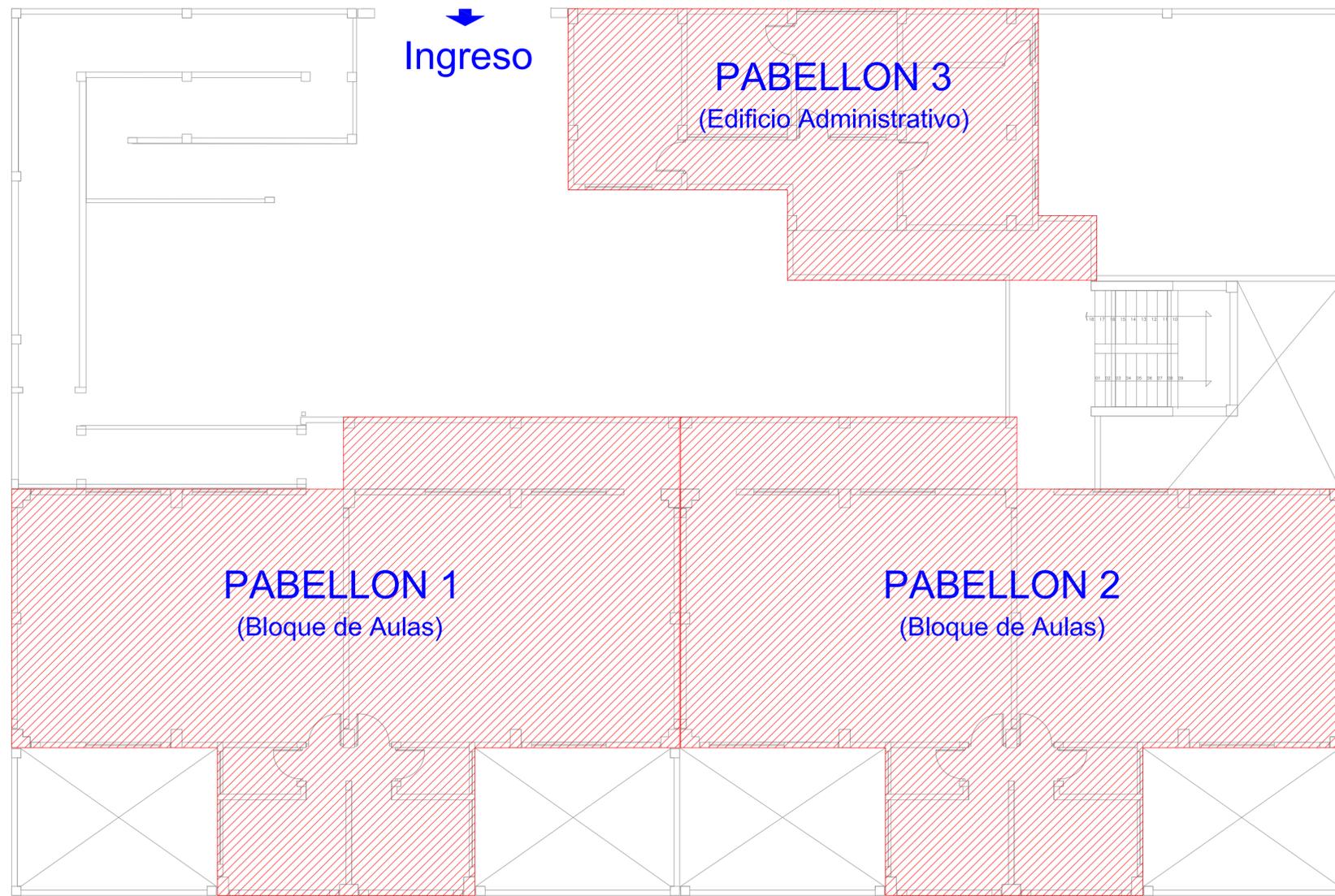
**VA-1 (0.15 x 0.17)**  
Ø 3/8": 1@.05, 5@.10, 4@.15, R@25 en c/ext.  
**DETALLE DE VIGA: VA-1**  
ESC: 1/25

|   |  |  |                    |
|---|--|--|--------------------|
|   |  | <b>PROYECTO:</b><br>II. EE. N° 652-02, "SANTA ROSA DE LIMA"  |                    |
| <b>ESPECIALIDAD:</b><br>ESTRUCTURA        |  | <b>LAMINA:</b><br>DE-04  |                    |
| <b>PLANO:</b><br>CERCO PERIMETRICO        |  | <b>UBICACION:</b><br>Mz. S. Etapa IV, Sector 2, PACHACAMAC IV ETAPA<br>DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA |                    |
| <b>CONSULTOR:</b><br>CONSORCIO SANTA ROSA | <b>JEFE DE PROYECTO:</b><br>ARQ. MARCO ANTONIO SUASABAR CABELLO<br>CAP: 2006 | <b>FECHA:</b><br>JULIO 2016  | <b>DIBUJO:</b><br> |
|   |  | <b>ESCALA:</b><br>1/50   |                    |

## **ANEXO N° 12:**

**Esquema de Distribución de La I..E.I. Santa Rosa de Lima**

# INSTITUCIÓN EDUCATIVA INICIAL SANTA ROSA DE LIMA



|   |  |   |
|---|--|---|
| <p><b>TESISTAS</b></p> <p>BACH. ING.<br/>FOURNIER PAIS, ANALÍ</p> <p>BACH. ING.<br/>CASTILLO CABANILLAS, HANS</p> | <p><b>PROYECTO DE TESIS</b></p> <p>"ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA I.E.I. N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA"</p> <p><b>PLANO</b></p> <p>Arquitectura<br/>Distribución Esquemática</p> <p><b>DISEÑO / DIBUJO</b>      <b>REVISIÓN</b>      <b>ESCALA</b>      <b>FECHA</b></p> <p>A. Fournier &amp; H.Castillo      -      1/100      Marzo 2021</p> | <p>LÁMINA</p> <p><b>DI-01</b></p> <p>[ 01 de 01 ]</p> |
|---|--|---|



## DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, FOURNIER PAIS ANALI DEL CARMEN

estudiante / docente de la

|                         |   |  |           |           |            |   |
|-------------------------|---|--|-----------|-----------|------------|---|
| Facultad:               | Ciencias                                  |  | Educación |           | Ingeniería | x |
| Escuela Profesional:    | Ingeniería Civil                          |  |           |           |            |   |
| Departamento Académico: | Ingeniería Civil y Sistemas e Informática |  |           |           |            |   |
| Escuela de Posgrado     | Maestría                                  |  |           | Doctorado |            |   |
| Programa:               |   |  |           |           |            |   |

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“ANALISIS ESTATICO NO LINEAL PARA LA EVALUACION DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA I.E.I N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA”

presentado en 467 folios, para la obtención del Grado académico: ( )

Título profesional: ( X ) Investigación anual: ( )

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 22 de abril de 2021

Firma:

Nombres y Apellidos: FOURNIER PAIS ANALI DEL CARMEN

DNI: 73249365

NOTA: **Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesistas e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS.**



## DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, CASTILLO CABANILLAS HANS ANDERSSON

estudiante / docente de la

|                         |   |  |           |           |            |   |
|-------------------------|---|--|-----------|-----------|------------|---|
| Facultad:               | Ciencias                                  |  | Educación |           | Ingeniería | x |
| Escuela Profesional:    | Ingeniería Civil                          |  |           |           |            |   |
| Departamento Académico: | Ingeniería Civil y Sistemas e Informática |  |           |           |            |   |
| Escuela de Posgrado     | Maestría                                  |  |           | Doctorado |            |   |

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“ANALISIS ESTATICO NO LINEAL PARA LA EVALUACION DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA I.E.I N° 652-02 SANTA ROSA DE LIMA EN EL SECTOR 2 DE LA IV ETAPA DE PACHACAMAC, DISTRITO VILLA EL SALVADOR, LIMA METROPOLITANA”

presentado en 467 folios, para la obtención del Grado académico: ( )

Título profesional: ( X ) Investigación anual: ( )

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 22 de abril de 2021

Firma:

Nombres y Apellidos: CASTILLO CABANILLAS HANS ANDERSSON

DNI: 46763165

NOTA: **Esta Declaración Jurada simple indicando que su investigación es un trabajo inédito, no exime a tesisistas e investigadores, que no bien se retome el servicio con el software antiplagio, ésta tendrá que ser aplicado antes que el informe final sea publicado en el Repositorio Institucional Digital UNS**