

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y  
CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**Evaluación del desempeño sísmico con el método no lineal  
estático del edificio de Archivo Regional de Ayacucho**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. Juan Luis MISARAYME CCONISLLA**

ASESOR:

**Msc. Ing. Rubén Américo YACHAPA CONDEÑA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2024**

# Resumen

En zonas de alta a mediana actividad sísmica como la región de Ayacucho, las edificaciones existentes, especialmente aquellas destinadas a servicios públicos esenciales, enfrentan un riesgo significativo debido a la falta de actualización en su diseño estructural respecto a las normativas modernas de ingeniería sísmica. Muchas de estas estructuras fueron construidas sin considerar los avances en métodos de análisis no lineal ni los criterios actuales de desempeño sísmico. En este contexto, el edificio del Archivo Regional de Ayacucho, que alberga documentación valiosa para la gestión institucional y comunitaria, representa una infraestructura importante cuya funcionalidad debe mantenerse durante y después de un evento sísmico. Esta tesis evalúa el desempeño sísmico del módulo 01 del edificio del Archivo Regional de Ayacucho, una estructura aporticada con muros de concreto armado con una altura de 18.15 metros según los planos arquitectónicos, ubicada en la Urbanización José Ortiz Vergara, Ayacucho, utilizando el método estático no lineal (pushover) bajo los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 del SEAOC: frecuente, ocasional, raro y muy raro. La investigación se desarrolla mediante un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental transversal, empleando el software ETABS v22.1.0 para modelar la estructura y analizar su comportamiento bajo cargas sísmicas progresivas, identificando la curva de capacidad, desplazamientos críticos y la formación de rótulas plásticas. Los resultados revelan que el edificio muestra un desempeño aceptable bajo los lineamientos propuestos por el Seaoc (1995), obteniendo un desempeño superior en la dirección X, así mismo la ductilidad del edificio señala un comportamiento desigual entre sus dos direcciones principales, en la dirección X muestra una alta ductilidad, sin embargo, en la dirección Y, la ductilidad es moderado. Por lo que la investigación concluye que, el edificio necesita una intervención estructural en la dirección longitudinal (eje Y).

*Palabras clave:* desempeño sísmico, método estático no lineal, ductilidad estructural, rigidez lateral, cortante basal, amenaza sísmica, ASCE/SEI 41-17, Normativa E.030.

# Abstract

In areas of high to medium seismic activity such as the Ayacucho region, existing buildings, especially those intended for essential public services, face a significant risk due to the lack of updating in their structural design with respect to modern seismic engineering standards. Many of these structures were built without considering advances in non-linear analysis methods or current seismic performance criteria. In this context, the building of the Regional Archive of Ayacucho, which houses valuable documentation for institutional and community management, represents an important infrastructure whose functionality must be maintained during and after a seismic event. This thesis evaluates the seismic performance of module 01 of the Regional Archive of Ayacucho building, an aportic structure with reinforced concrete walls with a height of 18.15 metres according to the architectural plans, located in the José Ortiz Vergara Urbanization, Ayacucho, using the non-linear static method (pushover) under the four levels of seismic hazard proposed by the SEAOC VISION 2000 committee: frequent, occasional, rare and very rare. The research is developed through a quantitative approach with a transversal non-experimental design, using ETABS v22.1.0 software to model the structure and analyse its behaviour under progressive seismic loads, identifying the capacity curve, critical displacements and the formation of plastic hinges. The results reveal that the building shows an acceptable performance under the guidelines proposed by Seacoc (1995), obtaining a superior performance in the X direction, likewise the ductility of the building shows an unequal behaviour between its two main directions, in the X direction it shows a high ductility, however, in the Y direction, the ductility is moderate. Therefore, the research concludes that the building needs a structural intervention in the longitudinal direction (Y axis).

*Keywords:* seismic performance, non-linear static method, structural ductility, lateral stiffness, basal shear, seismic hazard, ASCE/SEI 41-17, E.030 Standard.

# Introducción

---

La investigación se enfoca en la evaluación del desempeño sísmico del edificio del Archivo Regional de Ayacucho, ubicado en una zona de mediana a alta actividad sísmica del Perú. La importancia del estudio radica en que muchas edificaciones en la región han sido diseñadas únicamente bajo los criterios de la norma E.030, que sigue un enfoque convencional basado en fuerzas elásticas reducidas, sin proporcionar una visión clara del comportamiento estructural durante eventos sísmicos severos. Aunque la norma E.030 asegura un nivel básico de seguridad estructural, no ofrece un enfoque detallado basado en desempeño como el que proporcionan normativas internacionales más avanzadas, tales como el ASCE/SEI 41-17 o el Comité VISION 2000. En este contexto, evaluar el desempeño del edificio mediante el método estático no lineal (pushover) es esencial, ya que permite analizar la capacidad de la estructura para disipar energía y mantener su estabilidad bajo cargas progresivas, proporcionando información clave sobre su comportamiento en los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000: frecuente, ocasional, raro y muy raro. Dado que el edificio alberga documentación histórica y cumple una función relevante para la gestión pública, su integridad es crucial para asegurar la continuidad operativa durante y después de un sismo.

Este informe de tesis está estructurada en varios capítulos. El Capítulo 1 presenta el planteamiento del problema, los antecedentes, la delimitación espacial, temporal y temática del estudio, así como los objetivos generales y específicos. En el Capítulo 2 se desarrolla el marco teórico, abordando conceptos clave como el análisis no lineal, la normativa vigente y estudios previos relevantes. El Capítulo 3 describe el enfoque metodológico, la selección de la población y muestra, así como las herramientas y técnicas empleadas para la recolección y análisis de datos. En el Capítulo 4, se detallan los resultados obtenidos a partir de la evaluación estructural, presentando la curva de capacidad, el desempeño sísmico y las vulnerabilidades encontradas en el edificio. Finalmente, el Capítulo 5 expone las conclusiones del estudio y las recomendaciones específicas para reforzar el edificio, asegurando su funcionalidad ante futuros eventos sísmicos. Con este trabajo se espera contribuir tanto al conocimiento teórico en el campo de la ingeniería sísmica como al desarrollo de soluciones prácticas para fortalecer infraestructuras críticas en Ayacucho.

*A mis padres quienes me brindaron su apoyo incondicional en mi desarrollo profesional, a mis hermanas que siempre confiaron en mí a pesar de las adversidades.*

## Agradecimientos

---

*Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, cuyo apoyo incondicional y constante ha sido el pilar fundamental para alcanzar mis metas personales y académicas. Sus valores y principios siempre me han inspirado a perseguir mis sueños y no rendirme ante las adversidades.*

*A mi asesor, MSc. Ing. Yachapa Condeña, Rubén Américo, agradezco sus valiosas recomendaciones, orientaciones y aportes, que fueron esenciales para la formulación y desarrollo de esta investigación.*

*Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, así como por otorgarme la salud y la perseverancia necesarias para llegar a este importante logro académico.*

*A los miembros de mi jurado, quiero expresarles mi gratitud por sus consejos y apoyo durante la revisión y evaluación de este trabajo.*

*Agradezco a mis docentes de la universidad, por su invaluable contribución a mi formación académica y profesional.*

*Por último, deseo agradecer a mis amigos por el apoyo incondicional y la confianza que han depositado en mí.*

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>Resumen</b>	<b>i</b>
<b>Introducción</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Índice general</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>xii</b>
<b>Glosarios</b>	<b>xiii</b>
<b>Acrónimos</b>	<b>xvi</b>
<b>Símbolos</b>	<b>xvii</b>
<b>1 Planteamiento del Problema</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema . . . . .	1
1.2 Delimitación del problema. . . . .	2
1.2.1 Espacial (geográfica) . . . . .	2
1.2.2 Temporal . . . . .	2
1.2.3 Temática y unidad de análisis . . . . .	2
1.3 Formulación del problema . . . . .	2
1.3.1 Problema general . . . . .	2
1.3.2 Problemas específicos . . . . .	2
1.4 Justificación e importancia . . . . .	3
1.5 Limitaciones de la investigación . . . . .	3
1.6 Objetivos . . . . .	4
1.6.1 Objetivo general . . . . .	4
1.6.2 Objetivos específicos . . . . .	4

<b>2</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>5</b>
2.1	Antecedentes . . . . .	5
2.1.1	Investigaciones Internacionales . . . . .	5
2.1.2	Investigaciones Nacionales . . . . .	6
2.1.3	Investigaciones Locales . . . . .	8
2.2	Bases teóricas . . . . .	11
2.2.1	Métodos de análisis estructural . . . . .	11
2.2.2	Análisis lineal dinámico . . . . .	13
2.2.3	Análisis No Lineal Estático . . . . .	17
2.2.4	Diseño basado en el desempeño sísmico . . . . .	20
2.2.5	Niveles de amenaza sísmica . . . . .	22
2.2.6	Desempeño sísmico esperado de la edificación . . . . .	23
2.2.7	Cálculo del punto de desempeño . . . . .	24
2.2.8	Modelos no lineales de los materiales . . . . .	29
2.2.9	Representación del comportamiento no lineal . . . . .	31
2.3	Marco conceptual . . . . .	33
2.3.1	Evaluación del desempeño sísmico . . . . .	33
2.3.2	Fundamentos del análisis no lineal estático . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Método de la investigación</b>	<b>38</b>
3.1	Enfoque . . . . .	38
3.2	Alcance . . . . .	38
3.3	Diseño de investigación . . . . .	38
3.4	Población y muestra . . . . .	39
3.4.1	Población . . . . .	39
3.4.2	Muestra . . . . .	39
3.5	Hipótesis . . . . .	39
3.5.1	Hipótesis general . . . . .	39
3.5.2	Hipótesis específicas . . . . .	39
3.6	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional . . .	40
3.6.1	Variables . . . . .	40
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos . . . . .	42
3.7.1	Técnicas de recolección de datos . . . . .	42
3.8	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información . . . . .	42
3.9	Desarrollo del trabajo de tesis . . . . .	42
3.9.1	Características del edificio . . . . .	42
3.9.2	Modelo computacional para el análisis lineal . . . . .	45
3.9.3	Modelo computacional para el análisis no lineal . . . . .	46
3.9.4	Cálculo del punto de colapso . . . . .	53
3.9.5	Curva de capacidad de la estructura . . . . .	58

---

3.9.6	Sectorización de las zonas de desempeño sísmico . . . . .	59
3.9.7	Puntos de desempeño de acuerdo al ASCE/SEI 41-17 . . . . .	61
3.9.8	Evaluación del desempeño sísmico de acuerdo al comité VISION 2000 . . . . .	71
3.9.9	Propuesta de intervención estructural . . . . .	77
<b>4</b>	<b>Resultados</b>	<b>83</b>
4.1	Análisis e interpretación . . . . .	83
4.1.1	De la deriva de entrepiso de acuerdo a la norma E.030 . . . . .	83
4.1.2	De la curva de capacidad . . . . .	86
4.1.3	De la ductilidad del edificio . . . . .	91
4.1.4	Del desempeño sísmico . . . . .	91
4.1.5	De la intervención estructural . . . . .	96
4.2	Constrastación de Hipótesis . . . . .	101
4.2.1	Hipótesis general . . . . .	101
4.2.2	Hipótesis específicas . . . . .	101
<b>5</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>103</b>
5.1	Conclusiones . . . . .	103
5.2	Recomendaciones . . . . .	104
5.3	Trabajos futuros . . . . .	105
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>106</b>
<b>A</b>	<b>Anexo: Planos</b>	<b>109</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

2.1	Métodos de análisis estructural. . . . .	11
2.2	Tipos de análisis en la curva de capacidad. . . . .	13
2.3	Patrón de fuerzas y curva Pushover. . . . .	18
2.4	La rigidez mediante el método de NewtonRaphson modificado. . . . .	19
2.5	Desempeño esperado para la edificación. . . . .	24
2.6	Curva idealizada fuerza-desplazamiento. . . . .	26
2.7	Curva esfuerzo-deformación del concreto. . . . .	30
2.8	Relación esfuerzo-deformación del acero de refuerzo. . . . .	31
2.9	Modelos de plasticidad idealizados de componentes estructurales. . . . .	32
2.10	Metodología de Ingeniería Basada en Desempeño. . . . .	34
2.11	Espectro de los estados de daños sísmicos. . . . .	35
3.1	Fotografía Nro 01 del edificio de Archivo Regional de Ayacucho. . . . .	43
3.2	Fotografía Nro 02 del edificio de Archivo Regional de Ayacucho. . . . .	44
3.3	Visualización en planta de los tres módulos del edificio. . . . .	44
3.4	Definición del material de concreto con el modelo de Mander (1988). . . . .	47
3.5	Definición del material de acero de refuerzo con el modelo de Park (1987). . . . .	47
3.6	Distribución de aceros en columnas C1-1 hasta C1-4. . . . .	48
3.7	Distribución de aceros en columnas C1-5 hasta C1-8. . . . .	48
3.8	Distribución de aceros en columnas C1-9 hasta C1-14. . . . .	49
3.9	Distribución de aceros en vigas. . . . .	49
3.10	Distribución de aceros en placas. . . . .	50
3.11	Definición de la plasticidad distribuida tipo fibra. . . . .	50
3.12	Asignación de las rótulas plásticas. . . . .	51
3.13	Cargas Gravitatorias. . . . .	51
3.14	Carga monotónica dirección X. . . . .	52
3.15	Punto de control para el desplazamiento. . . . .	52
3.16	Modelado en Etabs del módulo 01 - vista en 3D. . . . .	53
3.17	Muro estructural controlado por deformación según el ASCE/SEI 41-17. . . . .	54
3.18	Elevación del Muro estructural controlado. . . . .	54
3.19	Fibras del muro estructural evaluado. . . . .	55
3.20	Punto de colapso en la dirección X. . . . .	55
3.21	Diagrama momento - rotación del Muro evaluado en la dirección X. . . . .	56

3.22	Punto de colapso en la dirección Y según el ASCE/SEI 41-17. . . . .	57
3.23	Diagrama momento - rotación del Muro evaluado en la dirección Y. . . .	57
3.24	Curva de capacidad en la dirección X. . . . .	58
3.25	Curva de capacidad en la dirección Y. . . . .	58
3.26	Comparación entre las curvas de capacidad de ambas direcciones. . . . .	59
3.27	Sectorización de las zonas de desempeño sísmico según la SEAOC, 1995. . . . .	59
3.28	Sectorización de las zonas de desempeño sísmico en la dirección X. . . . .	60
3.29	Sectorización de las zonas de desempeño sísmico en la dirección Y. . . . .	61
3.30	Espectros de las distintas demandas sísmicas. . . . .	62
3.31	Punto de desempeño para un Sismo frecuente en la dirección X. . . . .	63
3.32	Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en la dirección X. . . . .	64
3.33	Punto de desempeño para un Sismo Raro en la dirección X. . . . .	65
3.34	Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en la dirección X. . . . .	66
3.35	Puntos de desempeño sísmico en la dirección X. . . . .	66
3.36	Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en la dirección Y. . . . .	67
3.37	Punto de desempeño para un Sismo FOcasional en la dirección Y. . . . .	68
3.38	Punto de desempeño para un Sismo Raro en la dirección Y. . . . .	69
3.39	Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en la dirección Y. . . . .	70
3.40	Puntos de desempeño sísmico en la dirección Y. . . . .	71
3.41	Desempeño para un Sismo Frecuente (43 años) en el eje X. . . . .	72
3.42	Desempeño para un Sismo Ocasional (72 años) en el eje X. . . . .	72
3.43	Desempeño para un Sismo Raro (475 años) en el eje X. . . . .	73
3.44	Desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en el eje X. . . . .	73
3.45	Desempeño sísmico ante los cuatro niveles de amenaza sísmica en el eje X. . . . .	74
3.46	Desempeño para un Sismo Frecuente (43 años) en el eje Y. . . . .	74
3.47	Desempeño para un Sismo Ocasional (72 años) en el eje Y. . . . .	75
3.48	Desempeño para un Sismo Raro (475 años) en el eje Y. . . . .	75
3.49	Desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en el eje Y. . . . .	76
3.50	Desempeño sísmico ante los cuatro niveles de amenaza sísmica en el eje Y. . . . .	77
3.51	Modelo reforzado en etabs. . . . .	77
3.52	Fibras de los nuevos muros. . . . .	78
3.53	Derivas de entrepiso (edificio reforzado) dirección X. . . . .	79
3.54	Derivas de entrepiso (edificio reforzado) dirección Y. . . . .	80
3.55	Curva de capacidad del edificio reforzado en la dirección X. . . . .	80
3.56	Curva de capacidad del edificio reforzado en la dirección Y. . . . .	81
3.57	Puntos de desempeño en la dirección X del edificio reforzado. . . . .	81
3.58	Puntos de desempeño en la dirección X del edificio reforzado. . . . .	82
4.1	Derivas en la dirección XX (Análisis Lineal). . . . .	84
4.2	Derivas en la dirección YY (Análisis Lineal). . . . .	85

---

4.3	Comparación de las derivas (Análisis Lineal). . . . .	85
4.4	Curva de capacidad en la dirección XX. . . . .	86
4.5	Último paso del análisis no lineal en la dirección X. . . . .	87
4.6	Interpretación de la curva de capacidad en el eje X. . . . .	87
4.7	Curva de capacidad en la dirección Y. . . . .	88
4.8	Último paso del análisis no lineal en el eje Y. . . . .	89
4.9	Interpretación de la curva de capacidad en el eje Y. . . . .	89
4.10	Comparación entre las curvas de capacidad de ambas direcciones. . . . .	90
4.11	Desempeño esperado para la edificación. . . . .	92
4.12	Desempeño sísmico en el eje X. . . . .	92
4.13	Desempeño sísmico en la dirección Y. . . . .	93
4.14	Matriz de Desempeño sísmico en la dirección X. . . . .	95
4.15	Matriz de Desempeño sísmico en la dirección Y. . . . .	96
4.16	Derivas de entrepiso (edificio reforzado) ambas direcciones. . . . .	97
4.17	Curva de capacidad del edificio reforzado. . . . .	97
4.18	Puntos de desempeño en ambas direcciones del edificio reforzado. . . . .	98
4.19	Desempeño en la dirección X del edificio reforzado. . . . .	99
4.20	Matriz de desempeño sísmico (edificio reforzado) en la dirección X. . . . .	99
4.21	Desempeño en la dirección Y del edificio reforzado. . . . .	100
4.22	Matriz de desempeño sísmico (edificio reforzado) en la dirección Y. . . . .	100

# ÍNDICE DE CUADROS

---

2.1	Factores de Zona "Z" . . . . .	14
2.2	Factor de suelo "S" . . . . .	14
2.3	Períodos " $T_P$ " y " $T_L$ " . . . . .	15
2.4	Sistemas estructurales y coeficientes de reducción $R_0$ . . . . .	16
2.5	Estados de daño y niveles de desempeño (SEAOC, 1995) . . . . .	22
2.6	Movimientos sísmicos de diseño . . . . .	23
2.7	Comparación de desplazamiento objetivo entre el ensayo y método de coeficiente (FEMA) y espectro (ATC). . . . .	25
2.8	Valores del factor de modificación $C_0$ . . . . .	27
2.9	Valores para factor de masa efectiva $C_m$ . . . . .	28
3.1	Operacionalización de variables . . . . .	41
3.2	Carga muerta considerado en el modelado lineal de la edificación. . . . .	45
3.3	Carga viva considerado en el modelado lineal de la edificación. . . . .	45
3.4	Carga de Sismo en el modelado lineal de la edificación. . . . .	46
3.5	Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en el modelado lineal de la edificación. . . . .	46
3.6	Factor de ajuste para los espectros de demanda. . . . .	61
3.7	Desplazamiento objetivo para un sismo Frecuente en la dirección X. . . . .	62
3.8	Desplazamiento objetivo para un sismo Ocasional en la dirección X. . . . .	63
3.9	Desplazamiento objetivo para un sismo Raro en la dirección X. . . . .	64
3.10	Desplazamiento objetivo para un sismo Muy Raro en la dirección X. . . . .	65
3.11	Desplazamiento objetivo para un sismo Frecuente en la dirección Y. . . . .	67
3.12	Desplazamiento objetivo para un sismo Ocasional en la dirección Y. . . . .	68
3.13	Desplazamiento objetivo para un sismo Raro en la dirección Y. . . . .	69
3.14	Desplazamiento objetivo para un sismo Muy Raro en la dirección Y. . . . .	70
3.15	Deriva de entrepiso (edificio reforzado) dirección X. . . . .	78
3.16	Deriva de entrepiso (edificio reforzado) dirección Y. . . . .	79
4.1	Deriva de entrepiso dirección X. . . . .	83
4.2	Deriva de entrepiso dirección Y. . . . .	84
4.3	Cuadro de Evaluación del desempeño sísmico obtenido, <i>dirección XX</i> . . . . .	95
4.4	Cuadro de Evaluación del desempeño sísmico obtenido, <i>dirección YY</i> . . . . .	96

# Glosarios

---

**Análisis No Lineal Estático (Pushover):** Método utilizado para evaluar la capacidad estructural y los mecanismos de falla bajo cargas sísmicas incrementales.

**Curva de Capacidad:** Gráfico que ilustra la relación entre la fuerza cortante basal y el desplazamiento máximo de una estructura sometida a una carga lateral.

**Desempeño Sísmico:** Capacidad de una estructura para soportar un evento sísmico, garantizando seguridad estructural y funcionalidad post-sismo.

**Punto de Desempeño:** El punto en la curva de capacidad donde la demanda y la capacidad de la estructura son equivalentes.

**Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas (R):** Coeficiente que permite reducir las demandas sísmicas elásticas para considerar la capacidad inelástica de una estructura.

**Período de Retorno:** Tiempo promedio entre eventos sísmicos de una determinada magnitud que exceden un umbral específico.

**Factor de Amplificación Sísmica (C0, C1, C2):** Factores que ajustan la respuesta estructural no lineal de un sistema con múltiples grados de libertad.

**Factor C0:** Relaciona el desplazamiento de un sistema equivalente de un solo grado de libertad (SDOF) con el desplazamiento del techo de un MDOF.

**Factor C1:** Relaciona los desplazamientos inelásticos máximos con los calculados elásticamente, ajustando el análisis para reflejar el comportamiento no lineal real de la estructura.

**Factor C2:** Ajusta la respuesta para tener en cuenta la pérdida de rigidez debido a la plasticidad y la degradación cíclica de los materiales estructurales.

**Momento-Curvatura:** Relación gráfica entre el momento flector y la curvatura de una sección estructural, que define la capacidad de deformación inelástica antes del colapso.

**Matriz de Rigidez:** Representación de la capacidad de una estructura para resistir deformaciones bajo la aplicación de cargas externas.

**Factor de Sitio:** Parámetro que ajusta la respuesta sísmica de acuerdo a las condiciones geotécnicas del suelo donde se encuentra la estructura.

**Rigidez Lateral:** Capacidad de una estructura para resistir deformaciones laterales, como las causadas por un sismo.

**Aceleración Espectral ( $S_a$ ):** Aceleración máxima que experimenta una estructura con un periodo dado durante un sismo.

**Desplazamiento Espectral:** Desplazamiento máximo relativo de una estructura a un determinado periodo durante un sismo.

**Coefficiente de Amortiguamiento ( $c$ ):** Parámetro que representa la pérdida de energía en un sistema estructural debido a la fricción interna y otros factores disipativos.

**Sistema de Un Solo Grado de Libertad (SDOF):** Sistema simplificado que representa el comportamiento dinámico de una estructura con una sola coordenada de movimiento.

**Sistema de Múltiples Grados de Libertad (MDOF):** Representación más completa de una estructura en la que se consideran varios modos de vibración.

**Factor de Fluencia ( $V_y$ ):** Resistencia de fluencia efectiva de la estructura en la curva de capacidad, donde la estructura comienza a comportarse de manera inelástica.

**Análisis Dinámico No Lineal (ANLD):** Método que evalúa la respuesta estructural bajo excitaciones sísmicas, considerando el comportamiento no lineal de los materiales y la degradación cíclica.

**Método del Espectro de Capacidad:** Técnica utilizada para calcular el punto de desempeño de una estructura, comparando la curva de capacidad con el espectro

de demanda sísmica.

**Espectro de Diseño:** Representación gráfica de la demanda sísmica en función del periodo de la estructura, usado en el diseño sísmico para calcular las fuerzas inerciales.

**Niveles de Amenaza Sísmica:** ChatGPT Plus Categorización que define la intensidad sísmica según el período de retorno y la probabilidad de excedencia.

**Ductilidad:** Capacidad de un material o estructura para experimentar deformaciones grandes antes de fallar.

**Deriva:** Desplazamiento lateral de un edificio relativo a la altura, una medida clave para evaluar el desempeño sísmico de estructuras altas.

**Desplazamiento Objetivo:** Desplazamiento máximo que debe alcanzar una estructura bajo un patrón de carga lateral en un análisis estático no lineal.

## Acrónimos

---

<b>E.030</b>	: Norma Técnica Peruana para el Diseño Sismorresistente.
<b>E.060</b>	: Norma Técnica Peruana para el Concreto Armado.
<b>SEAOC</b>	: Structural Engineers Association of California.
<b>NEC-15</b>	: Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.
<b>ASCE/SEI 41-17</b>	: Evaluación sísmica y rehabilitación de edificios existentes.
<b>PE</b>	: Periodo de Exposición.
<b>SDOF</b>	: Sistema de un solo grado de libertad.
<b>MDOF</b>	: Sistema de múltiples grados de libertad.
<b>ANLE</b>	: Análisis No Lineal Elástico.
<b>ANLD</b>	: Análisis No Lineal Dinámico.
<b>SRSS</b>	: Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de los Cuadrados.
<b>CQC</b>	: Combinación Cuadrática Completa.
<b>TR</b>	: Tiempo de Retorno.
<b>PGA</b>	: Aceleración Pico en el Suelo.
<b>IGP</b>	: Instituto Geofísico del Perú.
<b>INDECI</b>	: Instituto Nacional de Defensa Civil.
<b>CEPAL</b>	: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
<b>UNDRR</b>	: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.
<b>RNE</b>	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
<b>ATC-40</b>	: Consejo de tecnología aplicada.
<b>ETABS</b>	: Software para el análisis y diseño estructural de edificios.
<b>CSI</b>	: Computers and Structures, empresa desarrolladora del software ETABS.

# Símbolos

---

$cm$	Centímetro
$\varepsilon_y$	Deformación de fluencia
$\varepsilon_{co}$	Deformación del concreto para $f'_c$
$\varepsilon_{cc}$	Deformación máxima del concreto confinado
$\varepsilon_u$	Deformación última
$\Delta_y$	Desplazamiento de fluencia
$\Delta_d$	Desplazamiento último
$\mu$	Ductilidad
$kgf$	Kilogramo fuerza
$m$	Metro
$m^2$	Metro cuadrado
$.m^3$	Metro cúbico
$G$	Módulo de Corte
$E$	Módulo de elasticidad
$\nu$	Módulo de Poisson
$\gamma$	Peso específico
$\alpha_e$	Pendiente del tramo elástico de la curva fuerza-desplazamiento.
$\alpha_p$	Pendiente del tramo post-fluencia de la curva fuerza-desplazamiento.
$rad$	Radianes
$f'_c$	Resistencia a la compresión del concreto
$f'_{cc}$	Resistencia a la compresión del concreto confinado
$f_y$	Resistencia de fluencia del acero
$f_u$	Resistencia última del acero
$K_e$	Rigidez lateral efectiva
$s$	Segundo
$tonf$	Tonelada fuerza
$tonf - m$	Tonelada fuerza por metro
$tonf/m$	Tonelada fuerza sobre metro
$tonf/m^2$	Tonelada fuerza sobre metro cuadrado

” *"El científico encuentra su recompensa en lo que Henri Poincaré llama el placer de la comprensión, y no en las posibilidades de aplicación que cualquier descubrimiento pueda conllevar"*

— **Albert Einstein**

CAPÍTULO **1**

# Planteamiento del Problema

## 1.1 Descripción del problema

A nivel internacional, varios países enfrentan desafíos en la evaluación y mejora del desempeño sísmico de sus estructuras. Según el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), en el año 2023, más del 75% de los países no han implementado de manera efectiva medidas para fortalecer la resistencia sísmica de sus edificaciones. En regiones propensas a terremotos, como el Cinturón de Fuego del Pacífico, la falta de inversiones y la adopción limitada de tecnologías avanzadas de evaluación sísmica contribuyen a una vulnerabilidad significativa. Cifras recopiladas por la UNDRR indican que, en promedio, menos del 40% de las estructuras críticas, como hospitales y escuelas, cumplen con estándares de diseño sísmico adecuados (Karanja y Katalin , 2023).

En Sudamérica, la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones es una preocupación creciente. Según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), hasta el 60% de las construcciones en algunos países de la región no cumplen con los requisitos sísmicos mínimos. Además, investigaciones llevadas a cabo por la Universidad de Chile revelan que, en promedio, el 80% de las viviendas no incorporan medidas de mitigación sísmica, lo que aumenta el riesgo de daños durante eventos sísmicos (Serkan y Mete , 2020).

En el ámbito nacional, Perú enfrenta desafíos considerables en términos de evaluación y mejora del desempeño sísmico de sus estructuras. Según el Instituto Nacional de

Defensa Civil (INDECI), aproximadamente el 60% de las edificaciones en zonas sísmicas no cumplen con los estándares de diseño sísmico establecidos por las normativas vigentes. Además, estudios del Instituto Geofísico del Perú (IGP) indican que las ciudades ubicadas en la costa y la sierra presentan un mayor riesgo sísmico, destacando la necesidad de reforzar la infraestructura crítica, como escuelas y hospitales, para reducir la vulnerabilidad (Pinedo y Taipe , 2022).

## **1.2 Delimitación del problema.**

### **1.2.1 Espacial (geográfica)**

La investigación estará centrada espacialmente en el edificio de Archivo Regional de Ayacucho, ubicado en la Urbanización José Ortiz Vergara Mz. W Lt. 1 - Enace, Ayacucho, Perú. La delimitación geográfica incluirá específicamente como objetivo estudio el edificio de Archivo Regional de Ayacucho.

### **1.2.2 Temporal**

La investigación se llevará a cabo durante un período específico, abarcando desde enero de 2024 hasta diciembre de 2024. Durante este tiempo, se realizarán las actividades de recolección de datos, análisis y evaluación del desempeño sísmico utilizando el Método Estático no Lineal.

### **1.2.3 Temática y unidad de análisis**

La investigación se centrará temáticamente en la evaluación del desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho mediante el uso del Método Estático No Lineal. La unidad de análisis será la estructura física del Edificio, considerando sus componentes estructurales, materiales de construcción y diseño general. Se prestará especial atención a las variables relacionadas con la resistencia y capacidad de deformación de la estructura, así como a la identificación de posibles vulnerabilidades.

## **1.3 Formulación del problema**

### **1.3.1 Problema general**

¿Cómo evaluar el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho con el método no lineal estático ante los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC)?

### **1.3.2 Problemas específicos**

1. ¿Cuáles son los límites de daño permisibles en el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho ante los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales

de California (SEAOC)?.

2. ¿Cuáles son los parámetros que influyen en el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho ante los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC)?.

## 1.4 Justificación e importancia

En esta sección, se considera al contribución de Fernández (2020), quien distingue diversas tipos de interés para respaldar la elaboración científica. A manera de justificación teórica, La investigación sobre la evaluación del desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho, utilizando el Método no Lineal Estático, contribuirá teóricamente al avance del conocimiento en ingeniería sísmica. El uso de este método no lineal proporcionará información detallada sobre el comportamiento estructural frente a cargas sísmicas progresivas, mejorando la comprensión de las dinámicas sísmicas específicas en la región de Ayacucho. Así mismo como justificación práctica, la aplicación del Método no Lineal Estático en la evaluación del edificio de Archivo Regional de Ayacucho tendrá implicaciones prácticas significativas. Los resultados obtenidos permitirán identificar áreas críticas de vulnerabilidad sísmica y proporcionarán recomendaciones específicas para mejorar la resistencia estructural.

La investigación tiene justificación académica por su relevancia, esta investigación aportará a la formación y el desarrollo de conocimientos en ingeniería civil y campos relacionados. La aplicación del Método no Lineal Estático en una estructura real proporcionará a estudiantes, investigadores y profesionales una oportunidad valiosa para comprender y aplicar metodologías avanzadas de evaluación sísmica.

Como justificación social, es evidente en la mejora potencial de la seguridad de la comunidad en general. Al fortalecer la resiliencia sísmica del edificio de Archivo Regional de Ayacucho, se contribuirá a la protección de vidas humanas y a la reducción del impacto negativo de los eventos sísmicos en la comunidad de Ayacucho.

## 1.5 Limitaciones de la investigación

En primer lugar, la calidad y disponibilidad de los datos juegan un papel crítico en la precisión de los resultados. La falta de información detallada sobre la construcción del edificio de Archivo Regional de Ayacucho, como planos históricos o detalles específicos, podría limitar la exhaustividad de nuestro análisis utilizando el Método no Lineal Estático. Además, la variabilidad en las condiciones sísmicas y ambientales introduce un elemento de incertidumbre. Cambios inesperados en las condiciones geotécnicas o la ocurrencia de eventos sísmicos imprevistos pueden afectar la representatividad de nuestros

resultados.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Evaluar el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho empleando el método no lineal estático para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC).

### **1.6.2 Objetivos específicos**

1. Determinar los límites de daño permisibles en el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC).
2. Determinar los parámetros que influyen en el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC).

” *"Si no conozco una cosa, la investigaré."*

— Louis Pasteur

CAPÍTULO **2**

## Marco teórico

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Investigaciones Internacionales

Montero y Paredes (2023), llevaron a cabo un estudio en Ecuador con la finalidad de analizar el comportamiento sísmico del edificio comercial Castro, tanto en su fase elástica como en la inelástica. Para ello, recopilaron la documentación necesaria, incluidos los planos arquitectónicos y estructurales, y construyeron el modelo matemático en el software Etabs. Durante el análisis lineal, se evaluaron las respuestas de los elementos estructurales, las derivas de piso, el período fundamental, el cumplimiento del criterio de columna fuerteviga débil, la participación de masas y el cortante basal, siguiendo los requisitos de la normativa NEC-15. A su vez, el análisis estático no lineal permitió establecer el nivel de desempeño de la edificación y cuantificar el daño estructural ocasionado por la carga sísmica.

Jaramillo (2022), investigó en Ecuador el comportamiento sísmico de un edificio residencial de hormigón armado en Samborondón, validando su diseño frente a sismos de servicio, diseño y máximo. Mediante un análisis estático no lineal (Pushover) en ETABS, se obtuvo la curva de capacidad, se localizaron rótulas plásticas y se calculó el factor R. A partir de un diseño por fuerzas con R inicial, se verificaron requisitos de resistencia y refuerzo conforme a NEC-2015, ACI 318-19, ASCE/SEI 41, VISION 2000 y ATC-40, lo que permitió formular conclusiones y recomendaciones.

Aguilar & Álvarez (2022), desarrollaron una investigación en Ecuador con el objetivo de evaluar el desempeño sísmico de la edificación de concreto armado de cuatro niveles, localizada en la ciudad de Guayaquil, sector Las Acacias 1. La estructura, construida en la década de 1990, presenta una geometría irregular, conformada por vigas chatas y columnas de pequeña sección. Para analizar su respuesta ante cargas sísmicas, se elaboró un modelo matemático tridimensional en el software Etabs, permitiendo verificar el comportamiento estructural de vigas y columnas. Se evaluaron parámetros como el criterio de columna fuerteviga débil, las derivas de piso, el período fundamental, el cortante basal y la participación de masas, en cumplimiento de la normativa NEC-15. Además, a partir de modelos bidimensionales, se llevó a cabo la determinación del nivel de desempeño estructural mediante análisis no lineales, estático (Pushover) y dinámico (Time History), empleando los lineamientos del ASCE 41-13 y del Comité Visión 2000.

Macas (2022), desarrolló una investigación en Ecuador con el propósito de evaluar estructuralmente el desempeño sísmico de una edificación existente de cinco niveles, localizada en la ciudad de Guayaquil, en la ciudadela Kennedy. La estructura presenta una geometría irregular, caracterizada por la presencia de vigas chatas y mezzanines. Para verificar la seguridad estructural, se evaluaron los elementos principales, como vigas y columnas, en base a los criterios sismorresistentes establecidos en las normativas NEC-SE-DS y ACI 318-19. Asimismo, se elaboró un modelo matemático tridimensional utilizando el software ETABS, que permitió analizar parámetros como las derivas de piso, la participación de masas y el cortante basal. Posteriormente, mediante la aplicación del análisis estático no lineal (Pushover) y del análisis dinámico no lineal (Time History), se determinó el punto de desempeño de la estructura.

### 2.1.2 Investigaciones Nacionales

Chuzón & Vásquez (2023), llevaron a cabo una investigación orientada a determinar el desempeño sísmico de una institución educativa conformada por seis módulos de cuatro niveles cada uno, ubicada entre las avenidas Ángel Briceño y Valderrama, en la Urbanización Federico Villarreal, distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo. El proceso inició con la realización de un análisis estático lineal, el cual sirvió de base para desarrollar posteriormente un análisis no lineal, permitiendo identificar la capacidad estructural y la demanda sísmica, integrando así una evaluación del desempeño sísmico. El enfoque metodológico adoptado fue de tipo cuantitativo, al ajustarse a las necesidades de la investigación y facilitar la obtención de resultados numéricos derivados de la aplicación de fuerzas incrementales; adicionalmente, se consideró un enfoque correlacional debido a la variabilidad existente entre la interacción suelo-estructura. A partir de los resultados obtenidos, se evaluó el desempeño sísmico estructural en función de los límites de daño establecidos por la ATC-40 (1996) y el Comité Visión 2000, utilizando el método de coeficientes propuesto, el cual permitió generar la curva de capacidad basada en la

cortante basal aplicada. Finalmente, se realizó una comparación de resultados utilizando el FEMA 440, concluyéndose que los seis módulos de la institución educativa mantienen un nivel de ocupación adecuado frente a eventos sísmicos de servicio, de diseño y un sismo máximo creíble.

Linares (2022), desarrolló una investigación titulada 'Evaluación del desempeño sísmico con el método estático no lineal Pushover de un edificio de 3 niveles en la ciudad de Cajamarca', cuyo objetivo fue evaluar el desempeño sísmico de la edificación mediante el análisis estático no lineal (Pushover). El estudio adoptó un enfoque descriptivo con análisis cuantitativo, aunque no fue de tipo experimental debido a que se ejecutó en un período de tiempo determinado. Se realizaron análisis sísmicos estático y dinámico conforme a lo establecido en la norma E.030. Los resultados evidenciaron que los modos de participación de masa no alcanzaron los estándares exigidos, presentando porcentajes inferiores al 90% en las direcciones X, Y y Z. Se identificó un desplazamiento lateral significativo en la dirección X a través de todos los niveles, mientras que en la dirección Y se recomendaron refuerzos, especialmente en el Nivel 1, donde la deriva y el desplazamiento superaron los límites permitidos. Como resultado, se sugirió al proyectista reforzar y modificar las secciones estructurales en el expediente técnico, dado que el análisis indicó que la estructura se encontraría al borde del colapso ante un sismo raro en la dirección Y, y presentaría un riesgo inminente de colapso frente a un sismo muy raro. En consecuencia, se resalta la importancia de cumplir con los requisitos establecidos para los análisis estático y dinámico de desempeño sísmico a fin de ejecutar de manera adecuada el proceso de análisis no lineal (Pushover).

Estrada & Gómez (2023) llevaron a cabo una investigación en la que se aplicó el análisis no lineal como metodología para prever el comportamiento de edificaciones y estructuras frente a la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos, considerando que la ubicación geográfica de la región presenta una alta peligrosidad sísmica. El propósito fue contribuir a que las construcciones sean más seguras, económicas y modernas. El objetivo central consistió en analizar el desempeño sísmico del edificio Cumbre Instituto de Gastronomía Chiclayo mediante análisis estáticos no lineales aplicados a estructuras de concreto armado, utilizando como referencia los criterios de la norma FEMA 440 (Equivalent Linearization y Displacement Modification). Para ello, se implementó un modelo estructural en el software SAP2000, definiendo las propiedades no lineales de la edificación, a partir de lo cual se obtuvieron las curvas de capacidad y los niveles de desempeño sísmico correspondientes. Los resultados evidenciaron que, en la dirección X, la edificación se encuentra en un nivel de colapso para sismos considerados en los espectros de diseño de la norma E.030, registrándose desplazamientos de 0.428 m y fuerzas cortantes de 1725.85 toneladas. En la dirección Y, la estructura presentó un estado cercano al colapso, con desplazamientos de 0.116 m y fuerzas cortantes de 2301.13

toneladas, también conforme a los espectros de la E.030. Finalmente, los análisis de fuerzas estáticas equivalentes y dinámico modal espectral concluyeron que la edificación no cumple con los límites de derivas establecidos en la norma E.030, verificándose su colapso bajo análisis estáticos no lineales ante sismos raros, en relación con los espectros de capacidad normativa E.030.

Escarcena (2021), desarrolló una investigación cuyo propósito fue evaluar el desempeño sísmico de una edificación de quince niveles ubicada en la ciudad de Puno. El trabajo inició con la exposición de la realidad problemática y la definición de los objetivos, para luego abordar el estado del arte, en donde se conceptualizaron términos relevantes para la investigación, tales como la ductilidad y el análisis estático no lineal, entre otros. Posteriormente, se estableció la metodología a seguir, definiendo el enfoque y tipo de investigación; la cual se caracterizó por un enfoque cuantitativo de tipo aplicada y descriptiva. Asimismo, se identificó la variable principal y se definieron los instrumentos para la recolección y procesamiento de los datos. Finalmente, se presentaron los resultados alcanzados en función de los objetivos planteados, determinándose que la edificación evaluada alcanzó un nivel de desempeño correspondiente a ocupación inmediata.

### 2.1.3 Investigaciones Locales

Barrientos (2022), en su investigación tiene como finalidad incrementar el desempeño sísmico del pabellón I de la Escuela Profesional de Ciencias Físico Matemáticas, aplicando la norma ASCE/SEI 41-17 y la NTP E.030, orientando sus objetivos hacia la ocupación inmediata y la seguridad de vida bajo los escenarios sísmicos BSE-1E (225 años de retorno) y BSE-2E (975 años de retorno). La evaluación inicial evidenció una alta flexibilidad estructural en la dirección longitudinal que causaba daños severos en columnas y muros de albañilería, impidiendo alcanzar los niveles de desempeño requeridos. Como solución, se planteó un reforzamiento estructural que incluyó el refuerzo de componentes críticos y la incorporación de nuevos elementos estructurales, logrando con ello un incremento de resistencia del 49% y rigidez del 75% en la dirección longitudinal, y del 41% de resistencia y 30% de rigidez en la dirección transversal, aunque se observó una disminución del 19% en la ductilidad transversal. Metodológicamente, se utilizó el análisis no lineal tipo pushover mediante SAP2000 y ETABS para la verificación del comportamiento estructural, aplicando el método del coeficiente de desplazamiento modificado. Los resultados confirmaron que las estrategias implementadas permitieron alcanzar los objetivos de desempeño, garantizando una mejor capacidad de respuesta ante sismos severos y contribuyendo a la mitigación del riesgo sísmico en edificaciones esenciales de la región.

De la Cruz (2021), en su investigación desarrollada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, tuvo como objetivo evaluar el desempeño sismorresistente del edificio del laboratorio de la Escuela Profesional de Obstetricia, mediante un enfoque de análisis no lineal para identificar las deficiencias estructurales y proponer mejoras que incrementen su capacidad frente a sismos severos. La investigación se realizó utilizando la normativa peruana E-030 y el estándar FEMA 440, aplicando el método estático no lineal Pushover para obtener la curva de capacidad de la edificación y posteriormente el método del espectro de capacidad para determinar el punto de desempeño. Se utilizaron herramientas de modelado y análisis como SAP2000 y Excel, permitiendo definir el comportamiento estructural ante distintas demandas sísmicas y evaluar la formación de rótulas plásticas principalmente en vigas, garantizando que la energía sísmica se disipe sin comprometer la estabilidad de las columnas. Los resultados indicaron que la estructura existente requiere intervenciones para mejorar su rigidez, resistencia y ductilidad, proponiéndose refuerzos en columnas críticas y rediseños estructurales que permitirían al edificio mantener su funcionalidad post-sismo, especialmente por tratarse de una infraestructura esencial para la continuidad operativa de servicios universitarios.

Quispe (2018), en su investigación presentada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, tuvo como objetivo evaluar el desempeño sísmico del Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH, considerado como una edificación esencial, aplicando metodologías de análisis no lineales para determinar su capacidad frente a diferentes niveles de peligro sísmico: ocasional, raro y muy raro. Para ello, se desarrollaron análisis estático no lineal (Pushover) y dinámico no lineal (tiempo-historia), apoyados por el análisis de peligro sísmico probabilístico (PSHA), logrando definir las curvas de peligro sísmico y el espectro de peligro uniforme para el sitio de fundación del edificio, contrastándolos con el espectro de diseño de la norma técnica E.030. Se utilizaron acelerogramas escalados de los principales sismos históricos del Perú para garantizar la compatibilidad espectral con la normativa vigente. El estudio se basó en los lineamientos del Comité VISION 2000 de la SEAOC, evaluando parámetros como desplazamientos máximos del techo y derivas entrepiso para determinar los niveles de desempeño alcanzados por la edificación en su estado actual. Los resultados revelaron que, aunque la estructura mostró ciertas vulnerabilidades, las recomendaciones y refuerzos propuestos permitirían mejorar su rigidez, resistencia y ductilidad, asegurando la continuidad funcional del laboratorio frente a eventos sísmicos severos, lo que contribuye a la mitigación de riesgos en edificaciones estratégicas de la región de Ayacucho.

Díaz (2018), en su trabajo de investigación se enfocó en evaluar el desempeño sísmico de una nave industrial de acero estructurada a base de armaduras ubicada en el centro comercial de Talara - Promart, con el propósito de verificar su comportamiento ante

diferentes niveles de amenaza sísmica establecidos por el Comité VISION 2000 de la SEAOC. La investigación empleó el análisis estático no lineal (pushover) mediante el software SAP2000 v19.0.0, donde se modelaron rótulas plásticas, plastificaciones longitudinales y las cargas según la normativa ASCE/SEI 41-13. Los resultados evidenciaron que la estructura cumple con los niveles mínimos de desempeño sísmico en la dirección X, pero presenta un comportamiento inaceptable en la dirección Y. Frente a este hallazgo, se propuso una intervención de reforzamiento que consistió en la sustitución de arriostres de 3/4" por otros de 1", logrando mejorar la capacidad de la estructura en la dirección deficiente. La metodología de evaluación incluyó la determinación de curvas de capacidad, análisis de desplazamientos, derivas entrepiso y mecanismos de colapso, concluyendo que la intervención planteada contribuye significativamente a la seguridad estructural de la nave, garantizando un mejor desempeño frente a eventos sísmicos y asegurando la funcionalidad de la infraestructura en escenarios de riesgo (Díaz Vivanco, 2018).

Sauñe (2014), en su investigación tuvo como objetivo evaluar el desempeño sismorresistente del edificio de la Escuela de Ciencias Sociales de la UNSCH, ubicado en Ayacucho, considerando la vulnerabilidad sísmica de la zona y la antigüedad de la edificación, proyectada con normativas previas al NTE-030:2006. La investigación aplicó un enfoque basado en la filosofía de diseño por desempeño propuesta por el Comité VISION 2000 de la SEAOC, evaluando el comportamiento estructural frente a cuatro niveles de amenaza sísmica: frecuente, ocasional, raro y muy raro, mediante la implementación de un modelo no lineal discreto de varios grados de libertad y técnicas de análisis incremental. Se utilizaron espectros de demanda y capacidad para determinar la respuesta inelástica de la estructura, así como la metodología del análisis estático no lineal tipo pushover para obtener la curva de capacidad resistente. Los resultados evidenciaron que, si bien la estructura cumple de forma limitada con los requisitos de seguridad de vida, presenta deficiencias críticas ante eventos sísmicos de mayor severidad, recomendándose una intervención estructural que incluye el refuerzo de columnas y vigas para mejorar la rigidez y capacidad portante, garantizando así un comportamiento adecuado de la edificación, especialmente por tratarse de una infraestructura esencial dentro del ámbito universitario.

Cisneros (2014), en su investigación tuvo como objetivo evaluar y mejorar el desempeño sísmico de la infraestructura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil mediante el diseño sísmico basado en desempeño, una metodología que permite anticipar el comportamiento estructural ante distintos niveles de amenaza sísmica. La investigación aplicó tanto el diseño convencional según la Norma Técnica Peruana E.030 como la filosofía del Comité VISION 2000 (SEAOC-1995), utilizando herramientas como el análisis estático no lineal (pushover) en el software ETABS 2013. El estudio se enfocó

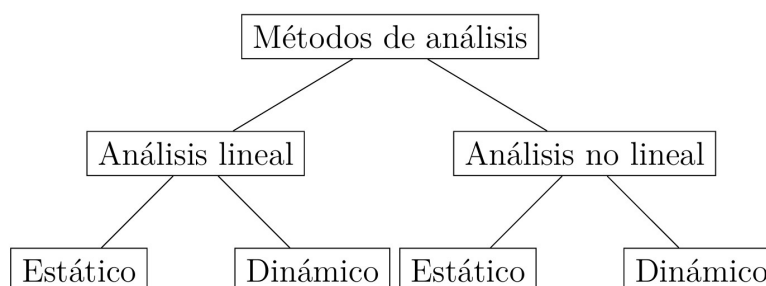
en el módulo 3 de la infraestructura, realizando una comparación del comportamiento estructural con y sin incorporación de muros de mampostería, modelados como diagonales equivalentes. Se aplicaron espectros de demanda para eventos sísmicos frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, y se evaluaron rótulas plásticas, derivas y puntos de desempeño. Los resultados demostraron que el uso del diseño por desempeño permite una mejor distribución de esfuerzos, mayor confiabilidad en el comportamiento estructural, y proporciona información detallada para intervenciones futuras, resaltando la necesidad de actualizar los criterios de diseño estructural hacia modelos que consideren explícitamente el nivel de daño aceptable y la funcionalidad post-sismo.

## 2.2 Bases teóricas

Hernández (2014), afirma que las bases teóricas proporcionan una revisión crítica y exhaustiva de las teorías relevantes que apoyan y guían el estudio. Estas teorías permiten al investigador establecer un marco de referencia que respalde la investigación y vincule el trabajo con el conocimiento existente. En tal sentido podemos decir que las bases teóricas permiten situar el problema de estudio dentro de un marco científico más amplio y ofrecen los argumentos necesarios para justificar el enfoque metodológico y los objetivos planteados.

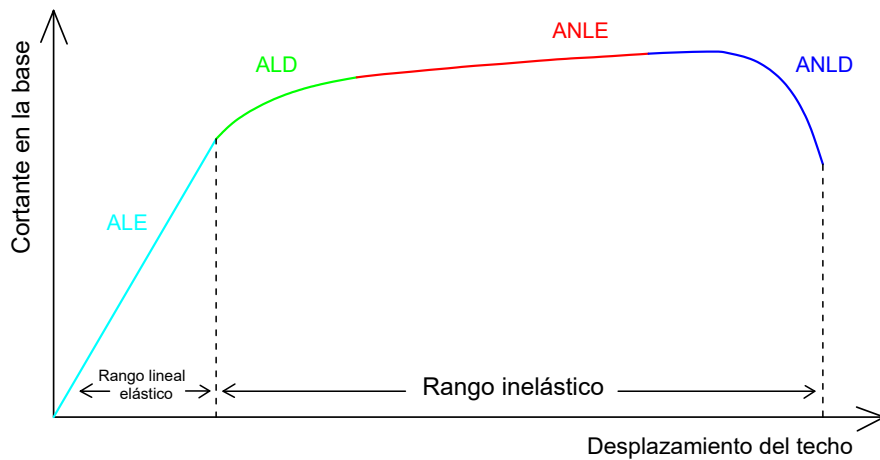
### 2.2.1 Métodos de análisis estructural

El análisis de estructuras en el rango elástico es muy útil, ya que permite obtener diseños adecuados en la mayoría de los casos para cargas gravitatorias, garantizando la seguridad de los ocupantes. Sin embargo, al analizar cargas externas, como las sísmicas, se requieren consideraciones diferentes que implican estándares de diseño más exigentes. Por ello, es necesario realizar un análisis no lineal que abarque todos los niveles de daño en la estructura. Esto permite reflejar con mayor precisión el comportamiento real de las estructuras a lo largo de su vida útil, incluyendo la histéresis, que es la tendencia de los materiales a conservar sus propiedades físicas una vez cesada la acción de las fuerzas externas. Este análisis está condicionado por las diversas propiedades del concreto y el acero, cuya respuesta es muy compleja debido a su alta variabilidad ante solicitaciones sísmicas (Verri, 2003).



**Figura 2.1:** Métodos de análisis estructural.

- **Análisis Lineal Elástico (ALE):** Este tipo de análisis no contempla la degradación de la rigidez en los elementos estructurales. Como su nombre lo indica, la curva de capacidad que se obtiene corresponde a una línea recta de pendiente constante, tal como se observa en la figura 2.2.
- **Análisis Dinámico Modal Espectral (ALD):** Este tipo de análisis tiene en cuenta la contribución de los distintos modos de vibración de la edificación para calcular su respuesta (A. K. Chopra, 2014). Aunque no considera la degradación de la rigidez estructural, permite estimar el punto de desempeño de la estructura mediante un procedimiento establecido por la normativa sísmica de cada país; en el caso de Perú, se sigue lo indicado por la norma E.030. A través de este análisis es posible determinar un punto de la curva de capacidad dentro del rango inelástico, el cual se estima como el punto de desempeño, tal como se muestra en la figura 2.2.
- **Análisis No Lineal Estático (ANLE):** También denominado análisis pushover, este procedimiento permite identificar parte del comportamiento no lineal de la estructura al ser sometida a una distribución específica de cargas, como se ilustra en la figura 2.2. Es una herramienta ampliamente aplicada en la práctica profesional, ya que facilita la determinación del punto de desempeño estructural y proporciona información adicional sobre el comportamiento en el rango no lineal, manteniendo una demanda computacional moderada. No obstante, presenta ciertas limitaciones, como la necesidad de que la edificación sea regular tanto en planta como en elevación, tenga un número reducido de pisos y no manifieste problemas significativos de torsión (Applied Technology Council, 2018).
- **Análisis No Lineal Dinámico Tiempo-Historia (ANLD):** Este procedimiento incorpora tanto el análisis dinámico como la consideración de la no linealidad de los materiales y los efectos de histéresis, incluyendo la degradación de rigidez de la estructura. Actualmente, es reconocido como el método más confiable, ya que permite representar de manera completa la respuesta de la edificación hasta alcanzar el colapso, tal como se muestra en la figura 2.2. El método tiene una gran demanda computacional en tiempo y en tamaño de salida.



**Figura 2.2:** Tipos de análisis en la curva de capacidad.

### 2.2.2 Análisis lineal dinámico

Bazán & Meli (2002) definen que dado el carácter dinámico de los temblores, el análisis sísmico de edificaciones debería realizarse siempre mediante métodos dinámicos, es decir, resolviendo de manera explícita las ecuaciones de movimiento.

El análisis dinámico lineal constituye un método ampliamente aceptado por la mayoría de los códigos de diseño sísmico. En Perú, la norma E.030 de diseño sismorresistente establece los principios y la filosofía orientados a la protección de la vida humana, la garantía de continuidad de los servicios esenciales y la minimización de daños materiales. No obstante, dicha normativa no expone de manera explícita algunos conceptos y procedimientos, particularmente en lo referente al análisis no lineal.

#### Análisis modal espectral

Este método considera las propiedades dinámicas de la estructura con el propósito de representar de manera más precisa su comportamiento ante excitaciones sísmicas. Su fundamento radica en la resolución de la ecuación de movimiento, la cual, gracias a la ortogonalidad de los modos de vibración, puede desacoplarse en 'N' ecuaciones diferenciales independientes, como se muestra en la ecuación 2.1. Para un análisis más detallado sobre la formulación matemática del método de superposición modal, se recomienda revisar las obras de Falconí (2008) y Chopra (2014).

$$M\ddot{q} + C\dot{q} + Kq = -Mb\ddot{U}_g \quad (2.1)$$

Las respuestas obtenidas para cada modo de vibración se combinan mediante métodos

como el SRSS y CQC, no obstante, un inconveniente de realizar esta combinación es que se pierde el signo lo cual podría llevar a errores en la interpretación de resultados.

### Espectro de diseño

Los espectros de diseño se construyen a partir de los espectros de respuesta obtenidos en un sitio específico. Mediante la aplicación de métodos estadísticos, se genera un espectro representativo asociado a una determinada probabilidad de excedencia. En el caso de Perú, el espectro de diseño varía en función de la ubicación geográfica, las características del suelo y el nivel de importancia de la edificación.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R}g \quad (2.2)$$

El factor  $Z$  se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de excedencia 10% en 50 años.

Factores de Zona "Z"	
Zona	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**Tabla 2.1 .** Factores de Zona "Z"

(Fuente: Norma Peruana E.030)

Se selecciona la clase de perfil que represente de manera más adecuada las condiciones locales, utilizando los valores correspondientes del factor de amplificación del suelo  $S$  y los períodos  $T_P$  y  $T_L$  establecidos en las tablas respectivas 2.2 y 2.3 .

Factor de Suelo "S"				
Zona	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

**Tabla 2.2 .** Factor de suelo "S"

(Fuente: Norma Peruana E.030)

Periodos " $T_P$ " Y " $T_L$ "				
Perfil de suelo	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
$T_P$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**Tabla 2.3** . Períodos " $T_P$ " y " $T_L$ "  
(Fuente: Norma Peruana E.030)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica ( $C$ ):

$$T < T_P \quad C = 2,5 \quad (2.3)$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad (2.4)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right) \quad (2.5)$$

El factor de uso ( $U$ ) se define según la clasificación que se realice, se obtiene de la tabla 5 (CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR U) de la norma peruana E.030 (2020), donde:

- Edificaciones Esenciales (A), corresponde a  $U = 1.5$ .
- Edificaciones Importantes (B), corresponde a  $U = 1.3$ .
- Edificaciones Comunes (C), corresponde a  $U = 1$ .
- Edificaciones Temporales (D), corresponde a  $U =$  criterio del proyectista.

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla 2.4 .

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
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	7(**)
(*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.	
(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.	

**Tabla 2.4** . Sistemas estructurales y coeficientes de reducción  $R_0$ .

(Fuente: Norma Peruana E.030, 2020)

Según Falconi (2008), diseñar una estructura utilizando el espectro elástico resultaría muy costoso, y además, los elementos estructurales obtenidos tendrían dimensiones considerables. Es por ello que la Norma E.030 ha asociado el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas  $\mathbf{R}$  al sistema estructural como el producto del coeficiente  $R_0$  y de los factores  $I_a$  (irregularidades estructurales existentes en altura),  $I_p$  (irregularidades estructurales existentes en planta) obtenidos.

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p \quad (2.6)$$

Para determinar estas irregularidades, revisar la Tabla 8 (irregularidades estructurales en altura  $I_a$ ) y la Tabla 9 (irregularidades estructurales en planta  $I_p$ ) de la Norma E.030 (2020).

### Sistema estructural de concreto armado

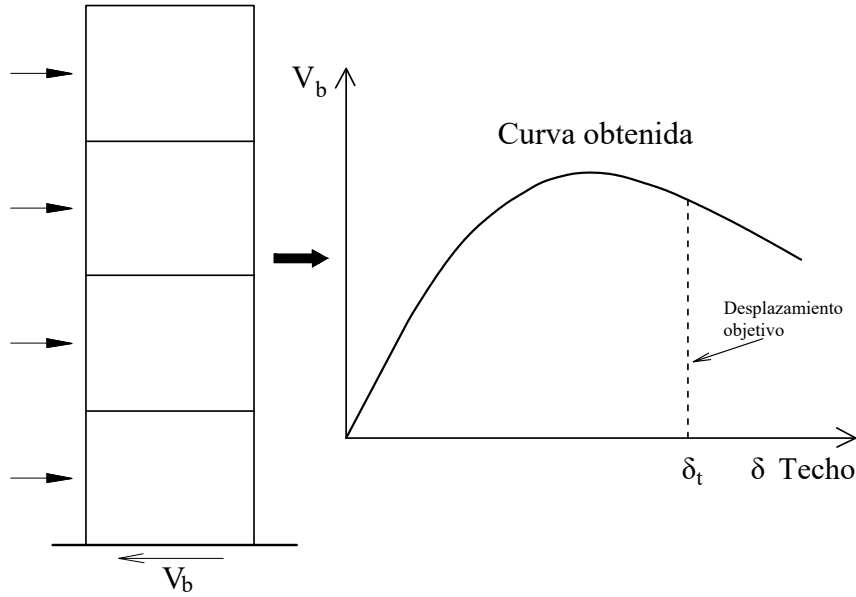
Los elementos de concreto armado que forman parte del sistema estructural sismorresistente cumplen con las disposiciones establecidas en la Norma Técnica E.060 de Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

- a) **Pórticos.** Por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.
- b) **Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.
- c) **Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio.
- d) **Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

### 2.2.3 Análisis No Lineal Estático

Según el ASCE/SEI 41-17, el análisis no lineal estático tiene como objetivo proporcionar una evaluación detallada de la capacidad estructural y su desempeño bajo cargas sísmicas. Esta norma sugiere que este método es adecuado para evaluar la capacidad de deformación, la rigidez degradada y los mecanismos de falla en estructuras existentes, lo cual es fundamental para predecir el daño estructural durante un sismo.

El análisis estático no lineal (pushover) no cuenta con una fundamentación teórica estricta, dado que se basa en la hipótesis de que la respuesta de un sistema de múltiples grados de libertad (MDOF) puede aproximarse mediante la respuesta de un sistema de un solo grado de libertad (SDOF). Esta suposición implica que el comportamiento del sistema está dominado por un único modo de vibración, el cual se considera constante a pesar de los niveles de deformación alcanzados (Krawinkler & Seneviratna, 1998). El procedimiento consiste en aplicar a la estructura una distribución de fuerzas laterales (patrón de cargas) hasta alcanzar un desplazamiento objetivo en el nivel superior, permitiendo de este modo identificar la formación de rótulas plásticas, localizar las zonas vulnerables de la estructura, evaluar las demandas de desplazamiento de los elementos y detectar posibles fallos estructurales (Hube, 2021)..



**Figura 2.3:** Patrón de fuerzas y curva Pushover.  
(Fuente: Adaptado de Hube, 2021)

La solución numérica del análisis Pushover implica abordar un problema estático de carácter no lineal. Dado  $p$ , queremos calcular  $u$ .

Se reconoce que la ecuación de movimiento de una estructura está definida por:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + f_s(u) = p(t) \quad \text{o} \quad -m\ddot{u}_g \tag{2.7}$$

Si se descartan los términos de inercia y amortiguamiento en las ecuaciones de movimiento 2.7, resulta el sistema de ecuaciones no lineales que deben resolverse en un problema estático (Chopra, 2014).

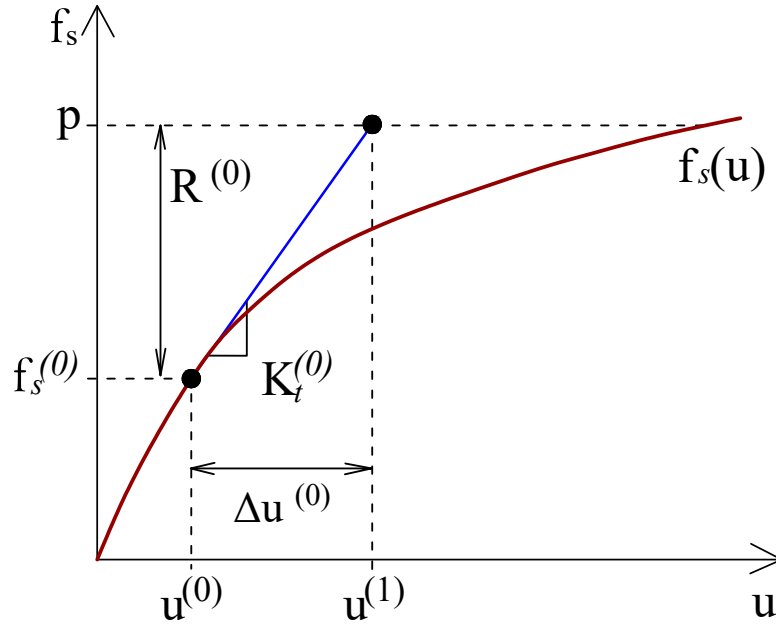
$$f_s(u) = p \tag{2.8}$$

donde  $f_s$  es el vector de fuerzas resistentes. Las cargas se introducen de manera incremental, requiriéndose realizar iteraciones para cada incremento aplicado.

$u^{(0)}$  Primera estimación de  $u$ .

$u^{(j)}$  Estimación de  $u$  después de  $j$  iteraciones.

Para cada estimación de  $u^{(j)}$  se requiere calcular  $f_s^{(j)}$  y  $k_t^{(j)}$



**Figura 2.4:** La rigidez mediante el método de NewtonRaphson modificado.

(Fuente: Adaptado de Hube, 2021)

Expandiendo en serie de Taylor en torno al desplazamiento  $u^{(j)}$  se tiene las ecuaciones.

$$R^{(j)} = p - f_s^{(j)}$$

$$f_s(u) \approx f_s^{(j)} + k_t^{(j)}(u - u^{(j)})$$

$$\Delta u^j = (k_t^{(j)})^{-1} R^{(j)}$$

$$u^{j+1} = u^{(j)} + \Delta u^j$$

El proceso iterativo concluye cuando alguna medida del error en la solución se encuentra por debajo de una tolerancia previamente establecida. En el caso de marcos estructurales, el vector de desplazamientos incluye tanto traslaciones como rotaciones (y los vectores de fuerzas comprenden fuerzas y momentos), cuyas magnitudes pueden diferir considerablemente. Ante esta situación, se recomienda emplear el trabajo incremental relativo como criterio para verificar la convergencia. Bajo este enfoque, el criterio de convergencia se define como:

$$\frac{\left\| [\Delta u^{(j)}]^T R^{(j)} \right\|}{\left\| [\Delta u^{(1)}]^T R^{(1)} \right\|} \leq \epsilon'_w \quad (2.9)$$

donde el valor recomendado para  $\epsilon'_w$  es del orden de  $10^{-16}$ .

### 2.2.4 Diseño basado en el desempeño sísmico

Aguiar (2003), define el desempeño sísmico como la condición que presenta una edificación frente a distintos niveles de sismo, a partir de la cual es posible estimar índices de daño y los requerimientos de reparación de la estructura. De manera complementaria, Muñoz (2020) señala que el desempeño sísmico corresponde al estado que se espera que la edificación alcance tras un evento sísmico, el cual depende de la importancia de la construcción y de la intensidad del sismo. Debido a ello, no es factible ni económicamente viable que todas las estructuras presenten el mismo nivel de desempeño, por lo que el objetivo fundamental es evitar el colapso de las edificaciones y, en lo posible, permitir su reparación.

El diseño basado en el desempeño sísmico implica la selección de métodos de evaluación apropiados para el diseño y detallado de los componentes estructurales, no estructurales y del contenido de una edificación, de modo que, para un nivel específico de movimiento sísmico y un determinado grado de confiabilidad, los daños estructurales no excedan límites aceptables (Bertero, en SEAOC, 1995). La medición del desempeño se realiza en función del daño experimentado por la edificación y el impacto de dicho daño sobre la continuidad de sus actividades posteriores al sismo. Este enfoque no se limita únicamente a edificios, sino que también puede aplicarse a cualquier tipo de estructura, a sus componentes no estructurales y al contenido que resguardan (Hamburger, 1997; Porter, 1993). La ingeniería basada en el desempeño contempla no solo el diseño estructural, sino también las actividades vinculadas al proceso de construcción y las tareas de mantenimiento, asegurando que las estructuras exhiban un comportamiento sísmico predecible frente a eventos sísmicos de diversas magnitudes (SEAOC, 1995).

La definición cualitativa del comportamiento esperado de una edificación ante distintos niveles de intensidad sísmica debe establecerse en una etapa conceptual inicial, antes de avanzar a las fases posteriores del proyecto, que comprenden el diseño numérico detallado y la ejecución de la obra. Durante la fase de implementación, resulta indispensable garantizar la calidad del diseño mediante adecuados controles durante la construcción y el mantenimiento (Terán, 1997). En esta fase conceptual, el desempeño sísmico se caracteriza considerando tres conceptos fundamentales: el nivel de desempeño, el nivel de amenaza y el desempeño esperado de la estructura.

#### Nivel de desempeño sísmico

Constituye una condición límite aceptable, establecida considerando los daños físicos que puede experimentar la edificación, el riesgo que estos daños representan para la seguridad de los ocupantes y la capacidad de la estructura para mantener su funcionalidad tras un

evento sísmico (ATC-40, 1996). Los niveles de desempeño se expresan habitualmente en términos cualitativos de impacto social (afectación a ocupantes, usuarios, entre otros) y en términos técnicos de ingeniería, empleados para el diseño o la evaluación de edificaciones existentes, considerando aspectos como la magnitud del deterioro y la degradación de componentes estructurales o no estructurales (SEAOC, 1995).

La propuesta formulada por el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) establece cuatro niveles de desempeño sísmico:

- **Totalmente Operacional.** Corresponde a un nivel de desempeño en el cual no se evidencian daños en la edificación. El impacto para los usuarios de las instalaciones es insignificante. La estructura mantiene plenamente su seguridad para los ocupantes, y tanto los servicios como el contenido permanecen operativos y disponibles para su utilización. En términos generales, no se requiere realizar trabajos de reparación.
- **Operacional.** Se caracteriza por la presencia de daños moderados en los elementos no estructurales y en el contenido de la edificación, así como por daños leves en los componentes estructurales. A pesar de la afectación, la seguridad estructural no se ve comprometida, permitiendo que la edificación continúe operativa para el desarrollo de sus funciones habituales inmediatamente después del evento sísmico. Sin embargo, los daños en los elementos no estructurales y en el contenido podrían ocasionar interrupciones parciales en algunas actividades. En términos generales, será necesario realizar reparaciones menores.
- **Seguridad.** Este nivel de desempeño se asocia a daños moderados en los componentes estructurales, no estructurales y en el contenido de la edificación. Se evidencia una disminución de la rigidez lateral y de la capacidad resistente del sistema estructural. Asimismo, se presentan interrupciones en los servicios eléctricos y mecánicos, acompañadas de dificultades en las rutas de evacuación. Como resultado, las instalaciones se tornan inoperativas, y es probable que el edificio requiera intervenciones de reparación de consideración.
- **Pre Colapso.** La disminución de la rigidez lateral y de la capacidad portante del sistema compromete la estabilidad de la estructura, situándola en condiciones cercanas al colapso. Los servicios esenciales y las rutas de evacuación se encuentran interrumpidos. La edificación se torna totalmente insegura para sus ocupantes, y las reparaciones requeridas podrían resultar inviables tanto desde el punto de vista técnico como económico.

En la siguiente tabla 2.5 se presenta el resumen de las principales características asociadas a los niveles de desempeño relacionadas con los estados de daños.

Estado de daño	Nivel de desempeño	Características principales
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Moderado	Seguridad	Daños moderados. La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Severo	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometidas.
Completo	Colapso	Colapso estructural

**Tabla 2.5.** Estados de daño y niveles de desempeño (SEAOC, 1995)

### 2.2.5 Niveles de amenaza sísmica

Los niveles de amenaza sísmica pueden expresarse mediante enfoques probabilísticos o deterministas. En los métodos probabilísticos, se establece un nivel de movimiento sísmico asociado a una probabilidad específica de ocurrencia, mientras que en los enfoques deterministas se describe el movimiento máximo previsto para un evento de magnitud definida, vinculado a una fuente sísmica particular.

El período medio de retorno y la probabilidad de excedencia se encuentran directamente relacionados de la siguiente manera:

$$T_R = -\frac{t}{\ln(1 - p_e)} \quad (2.10)$$

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - P_e)^{\frac{1}{T}}} \quad (2.11)$$

- $T$ : Período medio de retorno, en años.
- $p_e$ : Probabilidad de excedencia.

- $t$ : Tiempo de exposición, en años.

Conocidos el período de retorno y la aceleración sísmica máxima del suelo, se puede calcular el coeficiente de escala espectral asociado a sismos que presenten distintos períodos de retorno.

$$\frac{a_2}{a_1} = \left( \frac{T_{R2}}{T_{R1}} \right)^{0.4} \quad (2.12)$$

- $T_{R1}$ : Tempo de retorno para el nivel de sismo 1.
- $T_{R2}$ : Tempo de retorno para el nivel de sismo 2.
- $a_1$ : aceleración del sismo 1.
- $a_2$ : aceleración del sismo 2.

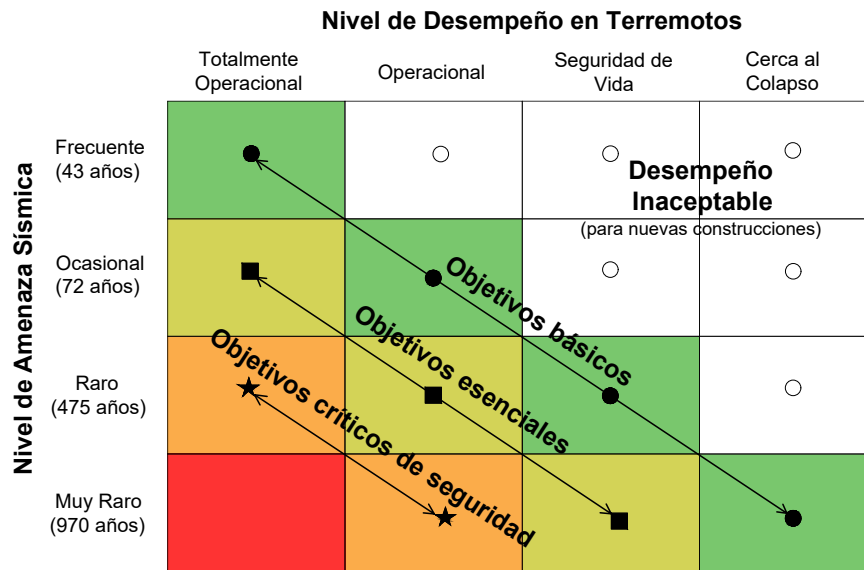
A continuación, la SEAOC (1995), a través de su comité VISION 2000, establece cuatro niveles de amenaza sísmica que son considerados en el presente estudio.

Nivel de Amenaza Sísmica	Periodo de Retorno	Probabilidad de Excedencia ( $p, t$ )
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy raro	970 años	10% en 100 años

**Tabla 2.6** . Movimientos sísmicos de diseño  
(Fuente: Comité Vision 2000 del SEAOC, 1995)

### 2.2.6 Desempeño sísmico esperado de la edificación

El desempeño sísmico esperado de la edificación describe un comportamiento sísmico que pueden considerarse satisfactorio para una edificación sometida a movimientos sísmicos de diferentes intensidades (ATC-40, 1996). La figura 2.5 ilustra los niveles recomendados de desempeños esperados para edificaciones, conforme a su clasificación de acuerdo al uso y ocupación en instalaciones de seguridad crítica, instalaciones esenciales/riesgosas e instalaciones básicas.



**Figura 2.5:** Desempeño esperado para la edificación.  
 (Fuente: Adaptado del Seac, 1995)

Para seleccionar estos objetivos, es necesario considerar aspectos como la ocupación del edificio, la relevancia de las funciones que se realizan dentro de la estructura, factores económicos que incluyen los costos de reparación y la interrupción de actividades, y la importancia de la estructura, como en el caso de aquellas con valor histórico o cultural (Bertero, 1997).

### 2.2.7 Cálculo del punto de desempeño

El cálculo del punto de desempeño puede efectuarse utilizando el método de coeficientes siguiendo los lineamientos del FEMA-273, o mediante el método del espectro de demanda y capacidad conforme a los criterios del ATC-40. Lin (2004) señala que el método de coeficientes tiende a sobrestimar el punto de desempeño, mientras que el método basado en el espectro tiende a subestimarlo. Esta comparación fue realizada a partir de tres ensayos pseudodinámicos de columnas, cuyos resultados se presentan en la tabla 2.7 .

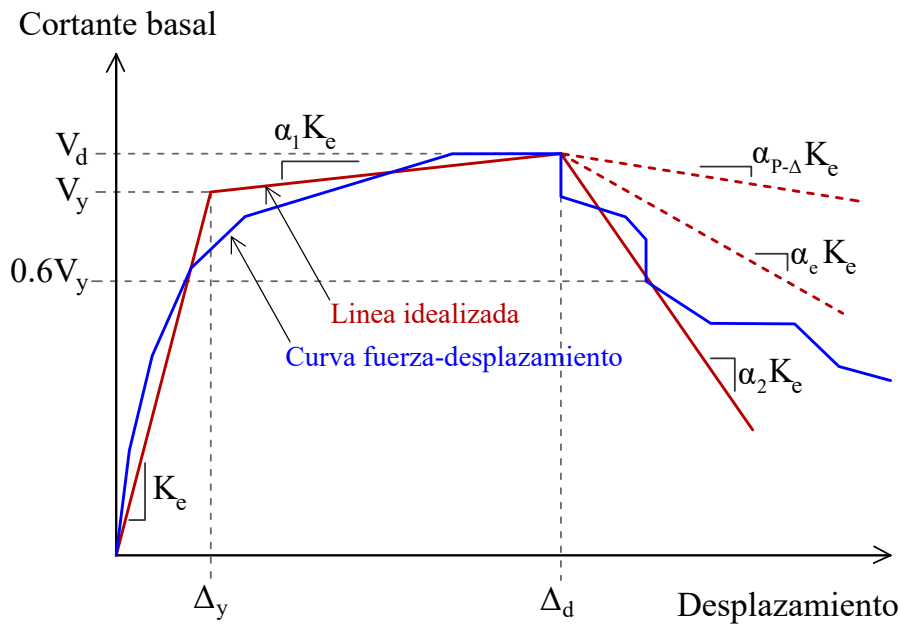
PGA (g)	Desplazamiento de desempeño (mm)			Comparación respecto al ensayo (%)	
	Ensayo	FEMA-273	ATC-40	FEMA-273	ATC-40
0.33	20.5	27.5	17	34	-17
0.36	23.5	30	18.9	28	-20
0.38	26.1	31.7	19.9	21	-24
<b>Propio</b>				28	-20

**Tabla 2.7** . Comparación de desplazamiento objetivo entre el ensayo y método de coeficiente (FEMA) y espectro (ATC).

(Fuente: Adaptado de Lin, 2004)

De la tabla 2.7 Se puede inferir que el método de coeficientes, en promedio, sobrestima los valores obtenidos en los ensayos en un 28%, mientras que el método espectral los subestima en un 20%. En el presente estudio, se opta por realizar el cálculo utilizando el método de coeficientes establecido en el ASCE 41-17, al tratarse de la normativa más actualizada y por ofrecer resultados ligeramente más conservadores.

Para realizar el método de coeficientes se tiene que idealizar la curva esfuerzo desplazamiento como se muestra en la figura 2.6. La relación no lineal entre la fuerza cortante basal y el desplazamiento del nodo de control será reemplazada por una relación idealizada para calcular la rigidez lateral efectiva,  $K_e$ , y la resistencia efectiva de fluencia,  $V_y$ , del edificio.



**Figura 2.6:** Curva idealizada fuerza-desplazamiento.

(Fuente: Adaptado del ASCE/SEI 41-17, 2017)

- El primer tramo de la curva idealizada de fuerza-desplazamiento se inicia en el origen y presenta una pendiente equivalente a la rigidez lateral efectiva,  $K_e$ . Esta rigidez lateral efectiva,  $K_e$ , corresponde a la rigidez secante calculada a partir de una fuerza cortante basal equivalente al 60% de la resistencia efectiva de fluencia de la estructura. Asimismo, la resistencia efectiva de fluencia,  $V_y$ , no deberá superar el valor máximo de la fuerza cortante basal alcanzado en cualquier punto de la curva de fuerza-desplazamiento.
- El segundo tramo de la curva corresponderá a la pendiente positiva posterior al punto de fluencia, representada por  $(\alpha_1 K_e)$ , la cual se define mediante un punto  $(V_d, \Delta_d)$  y el punto de intersección con el primer segmento de la línea, de manera que las áreas situadas por encima y por debajo de la curva real se encuentren aproximadamente equilibradas. El punto  $(V_d, \Delta_d)$  será tomado de la curva real de fuerza-desplazamiento en el desplazamiento objetivo calculado, o en el desplazamiento asociado a la fuerza cortante basal máxima, eligiéndose el menor de ambos valores.
- El tercer tramo de la curva corresponderá a la pendiente negativa que se desarrolla después de la fluencia  $(\alpha_2 K_e)$ , Definida a partir del punto que marca el final de la pendiente positiva posterior al proceso de fluencia  $(V_d, \Delta_d)$  y el punto en el cual la fuerza cortante basal se reduce hasta alcanzar el 60% de la resistencia efectiva de fluencia.

En edificaciones con diafragma rígido, el desplazamiento objetivo  $\delta_t$  puede determinarse utilizando la ecuación 2.13 .

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \tag{2.13}$$

- $S_a$  = La aceleración del espectro de respuesta en el periodo efectivo fundamental del edificio en la dirección en consideración.
- $g$  = Aceleración de la gravedad
- $C_0$  = Factor de ajuste utilizado para vincular el desplazamiento espectral de un sistema equivalente de un solo grado de libertad (SDOF) con el desplazamiento del techo del sistema de múltiples grados de libertad (MDOF) del edificio, calculado mediante uno de los siguientes procedimientos: el producto del factor de participación de masa del primer modo por la ordenada de la forma modal en el nodo de control; el factor de participación de masa obtenido a partir de un vector de forma que representa la deformada del edificio en el desplazamiento objetivo, multiplicado por la ordenada de dicho vector en el nodo de control; o alternativamente, mediante el valor correspondiente de la tabla 2.8 .

Número de pisos	Edificios de corte		Otros edificios
	Patrón de carga triangular	Patrón de carga uniforme	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

**Tabla 2.8** . Valores del factor de modificación  $C_0$ .

(Fuente: Adaptado del ASCE/SEI 41-17,2017)

- $C_1$  = Factor de ajuste empleado para asociar los desplazamientos inelásticos máximos esperados con los desplazamientos obtenidos a partir de la respuesta elástica lineal calculada conforme a la ecuación correspondiente. 2.14 . Para periodos menores a 0,2 s, ya no corresponde que  $C_1$  sea mayor que el valor en  $T = 0,2s$ . Para periodos superiores a 1,0 s,  $C_1 = 1,0$ .

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{\text{strength}} - 1}{aT_e^2} \tag{2.14}$$

donde:

$a$  = Factor de clase de sitio:  $a = 130$  para la clase de sitio A o B;  $a = 90$  para la clase de sitio C;  $a = 60$  para la clase de sitio D, E o F;  $a = 60$  para la clase de sitio D, E, or F.

$T_e$  = Período fundamental efectivo del edificio Eq. 2.15 en la dirección considerada, en segundos.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \tag{2.15}$$

donde:

- $T_i$  = Período elástico fundamental en la dirección analizada, determinado a partir de un análisis dinámico lineal.
- $K_i$  = Rigidez lateral elástica de la edificación en la dirección bajo análisis.
- $K_e$  = Rigidez lateral efectiva de la edificación en la dirección evaluada.

$\mu_{strength}$  = Relación entre la demanda de resistencia elástica y el coeficiente de límite elástico, determinada conforme a la ecuación correspondiente. 2.16 .

$$\mu_{strength} = \frac{S_a}{V_y/W} \cdot C_m \tag{2.16}$$

donde:

- $S_a$  = Aceleración del espectro de respuesta correspondiente al período fundamental efectivo del edificio en la dirección analizada.
- $V_y$  = Cortante de fluencia del edificio en la dirección evaluada, obtenida a partir de la curva no lineal idealizada de fuerza-desplazamiento desarrollada.
- $W$  = Peso sísmico efectivo, compuesto por la carga muerta más un porcentaje de la carga viva.
- $C_m$  = Factor de masa efectivo de la Tabla 2.9 . De manera alternativa,  $C_m$  podrá considerarse como el factor de participación de masa modal efectiva obtenido a partir de un análisis de valores propios para el modo fundamental. En caso de que el período fundamental  $T$  exceda 1,0 segundos, se adoptará un valor de  $C_m = 1,0$ .

Número de pisos	Pórticos de concreto	Muros de corte de concreto	Pórticos de acero
1-2	1	1	1
3 o más	0.9	0.8	0.9

**Tabla 2.9** . Valores para factor de masa efectiva  $C_m$ .

(Fuente: Adaptado del ASCE/SEI 41-17,2017)

- $C_2$  = Factor de ajuste que representa los efectos de la forma de histéresis, la degradación cíclica de la rigidez y la pérdida de resistencia en el desplazamiento máximo calculado conforme a la ecuación correspondiente 2.17 . Para períodos mayores a 0,7 segundos,  $C_2 = 1.0$ .

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left( \frac{\mu_{\text{strength}} - 1}{T_e} \right)^2 \quad (2.17)$$

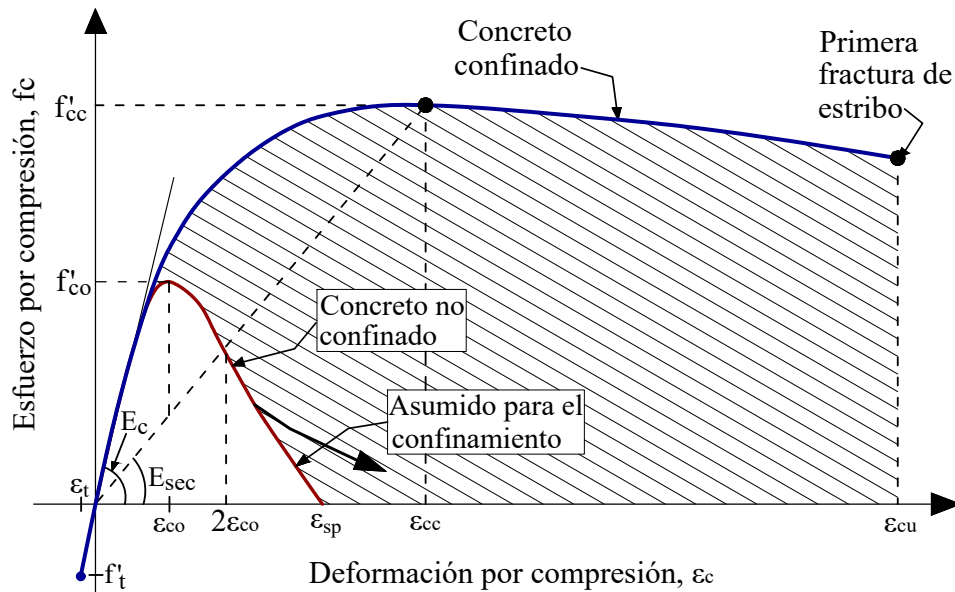
Una vez establecidos todos los parámetros, es posible calcular el desplazamiento objetivo y trazar la bilinealización de la curva de capacidad hasta alcanzar el punto de desempeño.

### 2.2.8 Modelos no lineales de los materiales

En esta sección se presentan los parámetros y los modelos constitutivos empleados para los materiales considerados en el análisis de los elementos estructurales, tales como columnas, vigas y muros de concreto armado. Las propiedades de los materiales en un elemento estructural pueden caracterizarse como isotrópicas, ortotrópicas o anisotrópicas.

#### Curva de esfuerzo deformación del concreto

El modelo adoptado para calcular la curva esfuerzo-deformación del concreto corresponde al propuesto por Mander, el cual considera que el confinamiento no solo incrementa la capacidad de deformación del concreto, sino que también mejora su resistencia a compresión. De acuerdo con Paulay y Priestley (1992), la deformación última se alcanza cuando se produce la fractura del acero transversal de confinamiento, y puede estimarse igualando la capacidad de absorción de energía del acero en el momento de la fractura con el incremento de energía absorbido por el concreto. Para una comprensión más detallada de la formulación y de las ecuaciones, se recomienda consultar el artículo completo de Mander (1988). En la figura 2.7 se ilustra el comportamiento comparativo del concreto confinado y no confinado.

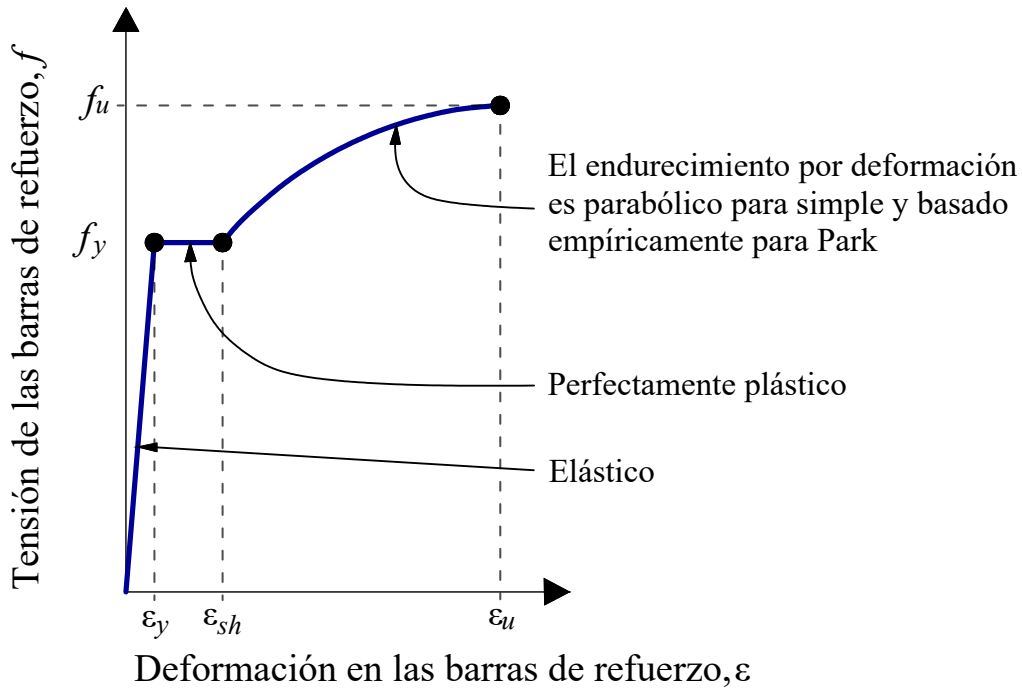


**Figura 2.7:** Curva esfuerzo-deformación del concreto.

(Fuente: Adaptado de Mander, 1988)

### Curva de esfuerzo deformación del acero

De acuerdo con Mander et al. (1988), el modelo constitutivo del acero debe incorporar tanto el endurecimiento cinemático como el isotrópico para lograr una predicción precisa de la respuesta estructural frente a cargas cíclicas severas, como las inducidas por sismos. Park (1989) complementó esta propuesta, enfatizando la relevancia de considerar la degradación de la rigidez durante los ciclos de carga, y resaltando la necesidad de un enfoque detallado que capture los efectos de la fatiga del material sobre el comportamiento global de la estructura.



**Figura 2.8:** Relación esfuerzo-deformación del acero de refuerzo.  
(Fuente: Adaptado de CSI, 2021b)

Rango elástico:

$$\varepsilon \leq \varepsilon_y \quad \leftrightarrow \quad f = E \cdot \varepsilon \quad (2.18)$$

Rango plástico:

$$\varepsilon_y < \varepsilon \leq \varepsilon_{sh} \quad \leftrightarrow \quad f = f_y \quad (2.19)$$

**Rango de endurecimiento:**

$$\varepsilon_{sh} < \varepsilon \leq \varepsilon_u \quad \leftrightarrow \quad f = f_y \left( \frac{m(\varepsilon - \varepsilon_{sh}) + 2}{60(\varepsilon - \varepsilon_{sh}) + 2} + \frac{(\varepsilon - \varepsilon_{sh})(60 - m)}{2(30 + 1)^2} \right) \quad (2.20)$$

donde:

$f_y$ : Esfuerzo de fluencia de la barra.

$f_u$ : Esfuerzo último.

$\varepsilon_{sh}$ : Deformación unitaria en la barra al comienzo de la región de endurecimiento.

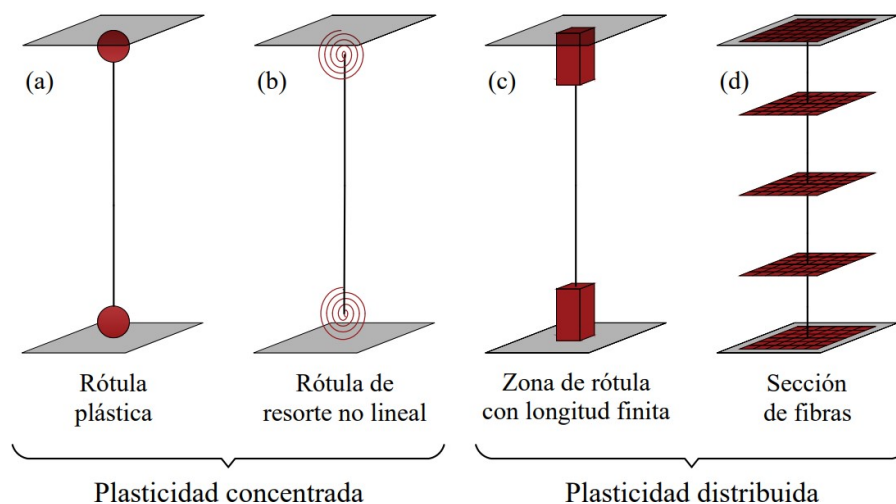
$\varepsilon_u$ : Deformación unitaria cuando se alcance la capacidad última en la barra.

### 2.2.9 Representación del comportamiento no lineal

Los modelos inelásticos de los componentes estructurales pueden clasificarse según la manera en que la plasticidad se distribuye a lo largo de la sección transversal y de la longitud de los elementos (Kim & Lee, 2002). La figura 2.9 presenta un resumen de los modelos de plasticidad utilizados en el análisis no lineal mediante elementos

viga-columna disponibles actualmente en la literatura.

Los modelos de plasticidad concentrada son aplicados en estructuras sismorresistentes, considerando que el comportamiento no lineal se localiza en los extremos de los elementos, donde se insertan rótulas con propiedades mecánicas obtenidas a partir de un análisis estructural. No obstante, su implementación en columnas presenta ciertas dificultades, debido a que estas están considerablemente influenciadas por la carga axial y los momentos flectores, los cuales se representan a través de diagramas de interacción. Para resolver esta limitación, es posible realizar la calibración de cargas mediante ensayos experimentales altamente precisos, ya que pequeñas variaciones pueden modificar la curva de capacidad alterando el estado de carga. Este tipo de plasticidad se caracteriza explícitamente mediante diagramas momento-rotación disponibles en tablas específicas para vigas, columnas y muros. Aunque este modelo refleja de manera empírica la degradación de la rigidez de los elementos, ofrece resultados estables y consistentes (Romero Ángeles, 2020).



**Figura 2.9:** Modelos de plasticidad idealizados de componentes estructurales.

(Fuente: Adaptado de Deierlein, 2010)

Los modelos de plasticidad distribuida son especialmente útiles para analizar el comportamiento no lineal de los elementos estructurales a lo largo de toda su longitud. Esto permite una representación más precisa de la respuesta real del elemento, ya que identifica la inelasticidad en cualquier punto a lo largo de su extensión. A diferencia del modelo de plasticidad concentrada, que asume la formación de rótulas solo en los extremos, este enfoque permite que las rótulas se desarrollen en cualquier punto del elemento, aunque generalmente tienden a formarse en los extremos. El comportamiento constitutivo de este modelo puede ser definido mediante la discretización en fibras paralelas a la sección del elemento o mediante la relación entre esfuerzos y deformaciones (Romero Ángeles, 2020). Así mismo Filippou (1983) manifiesta que los modelos de

plasticidad distribuida, aplicados en análisis pushover, proporcionan una mayor precisión al evaluar la formación de rótulas plásticas y la degradación de la rigidez a lo largo de los elementos estructurales. Por otro lado Spacone (1996) afirma que el modelo de fibras es particularmente útil en el análisis de muros de concreto armado y estructuras donde las deformaciones se distribuyen gradualmente.

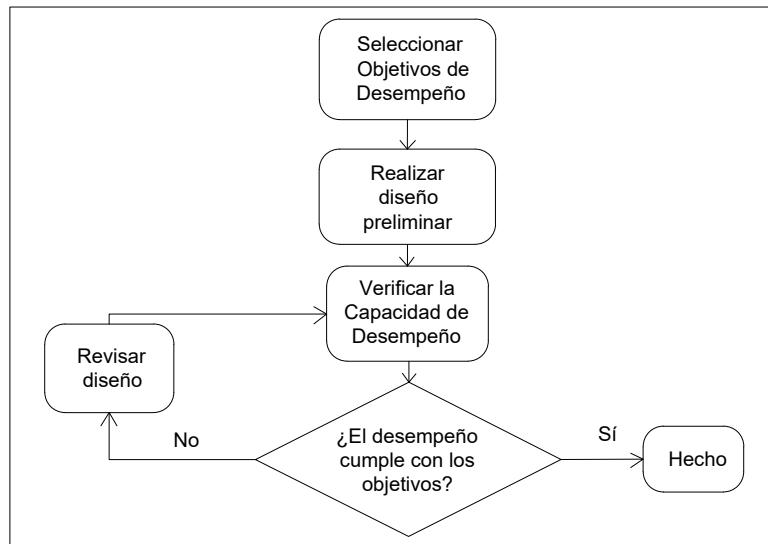
En esta investigación por proporcionar una mayor precisión se considera el modelo de plasticidad distribuida tipo fibra figura 2.9 (d) en los siguientes elementos estructurales (columnas, vigas y muros estructurales).

## **2.3 Marco conceptual**

El marco conceptual tiene como propósito sintetizar lo investigado en el apartado de antecedentes, poniendo especial atención en la formulación conceptual del problema de estudio. En otras palabras, se busca definir, a partir de la revisión documental, el problema que el autor de la tesis ha identificado como objeto de investigación (Muñoz, 2011). En este contexto, el marco conceptual no consiste únicamente en recopilar opiniones previas sobre el tema, sino en construir una conceptualización que resalte la relevancia del problema abordado.

### **2.3.1 Evaluación del desempeño sísmico**

La Evaluación del desempeño sísmico es una metodología que busca analizar cómo responde una estructura ante diferentes niveles de demanda sísmica, evaluando si esta puede seguir operando, limitar los daños, o evitar el colapso bajo un evento severo. Este enfoque va más allá del diseño convencional, evaluando no solo si la estructura puede resistir cargas, sino también cómo se comportará bajo diferentes niveles de amenaza sísmica. Las normativas internacionales, como el ASCE/SEI 41-17 y el Comité VISION 2000, proveen guías para clasificar los niveles de desempeño



**Figura 2.10:** Metodología de Ingeniería Basada en Desempeño.

(Fuente: Adaptado del ATC-58, 2010)

## Metodología de Evaluación

### 1. Recopilación de Información de la Estructura

- Planos arquitectónicos y estructurales.
- Inspección visual y pruebas destructivas/no destructivas.
- Identificación de materiales y detalles constructivos (concreto, acero).

### 2. Modelación y Análisis Estructural

- Modelar en ETABS para simulaciones.
- Obtención de la curva de capacidad con el análisis no lineal estático (Pushover).
- Determinar niveles de desempeño (asociar puntos de desempeño con desplazamientos límite).

### 3. Evaluación Normativa

- Comparar los resultados con los criterios establecidos por ASCE/SEI 41-17 (2017) y VISION 2000 (Seacoc, 1995).
- Verificar los niveles de desempeño y definir si es necesaria una intervención.

### 4. Recomendaciones de Refuerzo (si aplica)

- Propuestas de refuerzos estructurales (muros de corte adicionales, elementos metálicos).
- Criterios económicos y de viabilidad.

### Estados de daño

Los estados de daño en la evaluación del desempeño sísmico se dividen en niveles que representan diferentes grados de afectación estructural y funcionalidad de la edificación. Estos niveles buscan proporcionar objetivos claros en términos de seguridad y operatividad para eventos sísmicos de distinta magnitud:

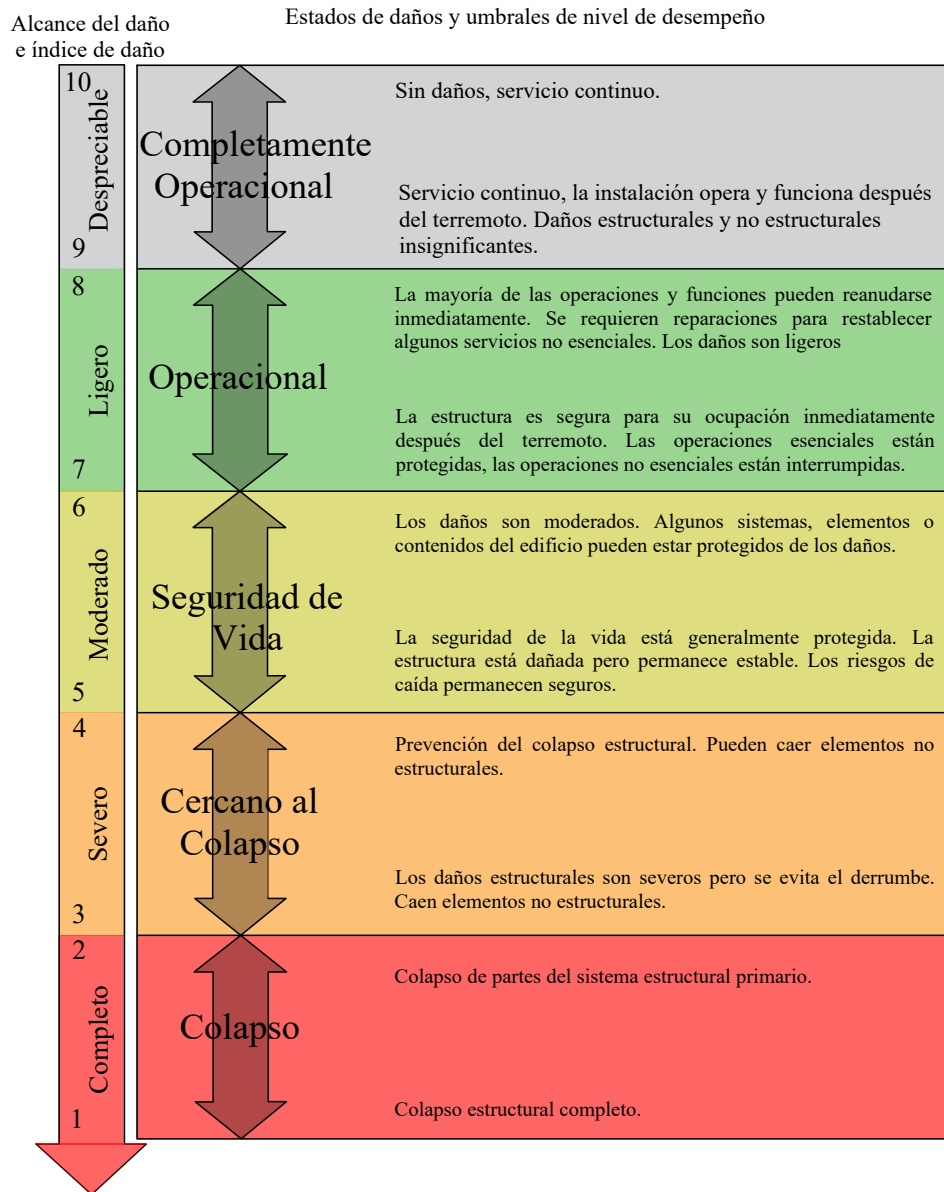


Figura 2.11: Espectro de los estados de daños sísmicos.

(Fuente: Adaptado del Seacoc, 1995)

### 2.3.2 Fundamentos del análisis no lineal estático

En el diseño de una edificación de acuerdo a la Norma E.030 (2020), la acción sísmica se define mediante un espectro de diseño inelástico, el cual incorpora un factor de reducción de respuesta denominado **R**, que depende del tipo de sistema estructural. Al emplear

este factor, se presume que la estructura superará su comportamiento elástico y disipará energía de forma estable, lo cual exige que la edificación posea una ductilidad suficiente.

En vista que el análisis pushover captura explícitamente el comportamiento no lineal, no es necesario aplicar un factor  $\mathbf{R}$  para reducir las fuerzas sísmicas. El análisis modela la redistribución de esfuerzos, la formación de mecanismos plásticos, y la capacidad de la estructura de disipar energía, todo lo cual el factor  $\mathbf{R}$  trata de representar indirectamente en un análisis lineal.

En el análisis estático no lineal, la estructura se idealiza como un conjunto de componentes capaces de reflejar un comportamiento no lineal monotónico en la relación fuerza-deformación. Se aplica un patrón de cargas laterales (o una variación de este) junto con las cargas gravitatorias permanentes, empujando la estructura de manera monotónica hasta alcanzar un desplazamiento objetivo en un punto de referencia, generalmente ubicado en el centro de masas del nivel superior del edificio. El propósito de este procedimiento es desplazar la estructura hasta el nivel de respuesta previsto en el diseño sísmico, para posteriormente evaluar las derivas de demanda, las deformaciones en los componentes y las fuerzas internas correspondientes. Estas demandas se comparan con los límites aceptables para determinar el desempeño estructural (Vlacev, 2011).

El ASCE/SEI 41-17 (2017), en su capítulo 7.3.2.1 establece que el análisis no lineal estático es válido cuando se cumplen las siguientes condiciones.

1. El valor de  $\mu_{strength}$  (ecuación 2.16) no debe ser mayor que el  $\mu_{max}$ .

$$\mu_{max} = \frac{\Delta_d}{\Delta_y} + \frac{|\alpha_e|^{-h}}{4} \quad (2.21)$$

donde:

$\Delta_d$  = El menor entre el desplazamiento objetivo,  $\delta_r$ , o el desplazamiento correspondiente al cortante basal máximo definido en la Fig. 2.6;

$\Delta_y$  = Desplazamiento en la resistencia efectiva de fluencia definido en la Fig. 2.6;

$h = 1 + 0,15 \ln T_e$ ;

$\alpha_e$  = Relación efectiva de la pendiente post-fluencia negativa definida en la ecuación 2.22 .

$$\alpha_e = \alpha_{P-\Delta} + \lambda(\alpha_2 - \alpha_{P-\Delta}) \quad (2.22)$$

donde:

$\alpha_2$  = La pendiente negativa posterior a la fluencia, representada en la Figura 2.6. Esta correlación abarca los efectos P- $\Delta$ , la degradación en ciclo, y la degradación cíclica.

$\alpha_{P-\Delta}$  = Relación inversa de la pendiente derivada de dichos efectos P- $\Delta$ .

$\lambda$  = Factor de efecto de campo cercano:  $\lambda = 0.8$  si  $S_{X1} \geq 0.6$  para BSE-2N; y  
 $\lambda = 0.2$  si  $S_{X1} \leq 0.6$  para BSE-2N.

2. Los modos superiores no se consideran relevantes, salvo que se demuestre lo contrario. Para verificarlo, debe efectuarse un análisis modal de espectro de respuesta utilizando un número suficiente de modos que permita alcanzar al menos el 90% de participación de masa. Asimismo, se debe realizar un segundo análisis considerando únicamente la participación del primer modo. Los efectos de los modos superiores se consideran significativos si el cortante en cualquier piso, obtenido al considerar los modos necesarios para alcanzar el 90% de masa participativa, supera en más del 130% al cortante de piso derivado únicamente de la respuesta del primer modo.

Así mismo la norma (ASCE-41-17, 2017) se establecen las siguientes consideraciones para este tipo de análisis:

1. Como caso de partida, se toma en cuenta la acción de las cargas gravitatorias.
2. El modelo debe ser discretizado de manera que represente de forma conjunta y por separado la respuesta inelástica en términos de fuerza y desplazamiento de cada componente.
3. Es necesario incorporar en el modelo tanto en las componentes principales como las secundarias que tengan función sismorresistente.
4. El modelo debe incorporar el comportamiento no lineal de los elementos estructurales mediante la envolvente de capacidad (backbone), considerando tanto la degradación de la resistencia como la fuerza residual.
5. El desplazamiento debe controlarse en la azotea superior del edificio, en un punto situado lo más próximo posible al centro de masas.
6. El patrón de cargas aplicado debe ser proporcional a la forma modal del primer modo en la dirección analizada.
7. Para calcular el desempeño, se debe emplear el método de coeficientes establecido.

” *La confianza en sí mismo es el secreto de éxito.* ”

— **Ralph Waldo Emerson**

# CAPÍTULO 3

## Método de la investigación

### 3.1 Enfoque

Según Ñaupas et al. (2018) El enfoque **cuantitativo** de investigación se relaciona con el uso de números y procesos numéricos. En la actualidad, este enfoque ha incorporado alternativas grupales para obtener hipótesis válidas y confiables.

### 3.2 Alcance

El estudio corresponde a una **investigación descriptiva**. Tal como indica Arias (2012), la investigación descriptiva se enfoca en documentar hechos, fenómenos, individuos o grupos con el fin de determinar su estructura o comportamiento, ofreciendo un nivel intermedio de profundidad en el conocimiento.

### 3.3 Diseño de investigación

Según Ñaupas et al. (2018) En un diseño **no experimental** el investigador observa y recopila datos sin manipular variables de manera activa. No se implementan intervenciones ni se controlan variables de manera directa. En lugar de eso, se observan eventos tal como ocurren naturalmente.

**El diseño es de corte transversal**, tiene como propósito describir variables y analizar sus interrelaciones y ocurrencias en un momento específico en el tiempo (Shanti & Alok, 2017).

## 3.4 Población y muestra

### 3.4.1 Población

La población comprende el universo de las unidades de estudio (López, 2004). En nuestra investigación la población lo constituyen las edificaciones que posean una tipología similar a la edificación estudiada y que se encuentran ubicados en la región de Ayacucho, distrito de Ayacucho.

### 3.4.2 Muestra

**El muestreo no probabilístico** se emplea cuando el investigador, guiado por sus criterios, selecciona intencionadamente una población en función de rasgos comunes (Arias & Convinos, 2021). La muestra consiste en un subconjunto de unidades de estudio de la población, el cual debe ser representativo de la misma (López, 2004).

En nuestra investigación la muestra será el módulo Nro 01 del edificio de Archivo Regional de Ayacucho, ubicado en la Urbanización José Ortiz Vergara Mz. W Lt. 1 - Enace, Ayacucho, Perú.

## 3.5 Hipótesis

### 3.5.1 Hipótesis general

El edificio de Archivo Regional de Ayacucho ante los cuatro niveles de amenaza sísmica está dentro de los niveles de desempeño sísmico recomendados por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC).

### 3.5.2 Hipótesis específicas

1. Los límites de daño permisibles indican el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC).
2. Los parámetros influyen en el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC)?

## 3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

### 3.6.1 Variables

Una variable es un elemento, evento, situación o fenómeno de interés en una investigación, cuya intensidad o categoría debe ser determinada. Por lo que la variable independiente vendría a ser el *Método no lineal estático* y la variable dependiente es el *Desempeño sísmico*.

#### Método no lineal estático

Definición conceptual: El "Método No Lineal Estático" es un enfoque analítico utilizado en ingeniería sísmica para evaluar el comportamiento estructural de edificios ante cargas sísmicas. En este método, se realiza un análisis no lineal considerando la distribución de esfuerzos y deformaciones en la estructura en respuesta a cargas sísmicas estáticas incrementales. A diferencia de los métodos lineales, el enfoque no lineal permite capturar de manera más precisa el comportamiento real de la estructura, considerando la no linealidad de los materiales y la respuesta estructural ante grandes desplazamientos.

Definición operacional: En el contexto de la evaluación del desempeño sísmico del Edificio del Archivo Regional de Ayacucho, la aplicación del "Método No Lineal Estático" implicará la realización de un análisis detallado de la estructura. Se llevará a cabo la aplicación gradual de cargas sísmicas estáticas, considerando la no linealidad de los materiales y la respuesta no lineal de la estructura. Se utilizarán herramientas y software especializado para modelar el comportamiento de la estructura, generando curvas de capacidad y espectros de demanda que permitan evaluar la capacidad de carga y la distribución de esfuerzos en diferentes partes del edificio.

#### Desempeño sísmico

Definición conceptual: El "Desempeño Sísmico" de una estructura se refiere a la capacidad de esa estructura para resistir y mantener su integridad durante un evento sísmico. Involucra la evaluación de diversos aspectos, como la capacidad de carga, la deformación, la distribución de esfuerzos y la capacidad de absorber energía sísmica sin sufrir daños significativos. El desempeño sísmico se asocia con la capacidad de la estructura para cumplir con ciertos criterios de rendimiento predefinidos, como limitar los desplazamientos o garantizar la seguridad de las personas y la funcionalidad de la estructura después de un terremoto.

Definición operacional: En el marco de la evaluación del desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho, la variable dependiente "Desempeño Sísmico" se medirá

mediante la cuantificación de parámetros específicos obtenidos a partir del análisis sísmico realizado. Estos parámetros pueden incluir, pero no se limitan a, desplazamientos máximos, demandas de capacidad, distribución de esfuerzos y deformaciones en elementos críticos de la estructura. Se establecerán criterios de rendimiento para evaluar si la estructura cumple con los estándares de seguridad y funcionalidad establecidos.

Variables	Dimensiones	Definición conceptual	Naturaleza	Indicadores	Unidad de medida
<b>VARIABLES INDEPENDIENTES</b>					
Metodo no lineal estático	Momento - rotación	Es un gráfico que permite conocer la ductilidad de una sección, es decir su potencial de incursionar en un rango no lineal antes de llegar a su fallo.	Cuantitativa	Ductilidad de las secciones	Diagrama M (kN.m o N.m) - $\theta$ (rad)
	Cargas	Son las cargas laterales aplicadas en incrementos que permiten rastrear el desarrollo del comportamiento de la estructura.	Cuantitativa	Patrón de cargas laterales	Ton, Kgf
	Rigidez	Es la capacidad que tienen los elementos de las estructuras de aguantar los esfuerzos sin perder su forma (deformarse) manteniendo sus uniones.	Cuantitativa	Matriz de rigidez	Ton/m kg/m
<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>					
Desempeño sísmico	Desplazamiento de techo	Son las deformaciones laterales en cada piso originados por la aplicación incremental del patrón de cargas.	Cuantitativa	Desplazamiento de techo	m, cm, mm
	Fuerza Cortante	Son las fuerzas cortantes en la base del edificio originados por la aplicación incremental del patrón de cargas.	Cuantitativa	Fuerza cortante en la base	Ton, Kgf
	Aceleración espectral	Es la respuesta de aceleración máxima absoluta a un periodo dado de un sistema estructural.	Cuantitativa	Aceleración espectral	cm/s <sup>2</sup>
	Desplazamiento espectral	Es el desplazamiento relativo máximo a un periodo dado de un sistema estructural.	Cuantitativa	Desplazamiento espectral	cm

**Tabla 3.1 . Operacionalización de variables**

## 3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

De acuerdo con Arias (2020), una vez establecido el diseño de la investigación, la muestra y las variables, se procede a la recolección de datos para elaborar un plan detallado que permita obtener los resultados deseados.

### 3.7.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica principal empleada es el análisis documental, mediante el cual se recopila, selecciona y analiza información relevante proveniente de fuentes bibliográficas especializadas, documentos oficiales y recursos digitales actualizados, que sustentan y orientan el desarrollo de la presente investigación.

## 3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

El procesamiento de datos se realizó utilizando software comercial como Excel para el manejo de hojas de cálculo y Word para la redacción y edición de texto. Para garantizar alta confiabilidad en el análisis de los datos estructurales, se empleó el software especializado ETABS de CSI.

## 3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

En la presente sección se da a conocer los procedimientos para el desarrollo de la evaluación del desempeño sísmico de la edificación de concreto armado existente de cinco niveles de uso más una azotea. Por lo tanto el desarrollo de este trabajo se dividirá en los siguientes pasos:

1. Caracterización del edificio.
2. Modelo computacional para el análisis lineal norma E.030 (2020).
3. Modelo computacional para el análisis no lineal estático.
4. Gráfica de la curva de capacidad producto del análisis no lineal estático.
5. Sectorización de las zonas de desempeño sísmico, según Seaoc (1995).
6. Puntos de desempeño de acuerdo al método de coeficientes según el ASCE/SEI 41-17.
7. Evaluación del desempeño sísmico de la estructura evaluada ante los 04 niveles de amenaza sísmica de acuerdo al comité VISION 2000 del SEAOC.
8. Propuesta de intervención estructural.

### 3.9.1 Características del edificio

El edificio de Archivo Regional de Ayacucho es una infraestructura existente, ubicado en la Urbanización José Ortiz Vergara Mz. W Lt. 01 - Enace. Esta infraestructura comprende tres módulos I, II y III de cinco niveles de uso más una azotea (se considera

el primer nivel como el 0+000), las siguientes figuras 3.1 y 3.2 muestran las fotografías de la infraestructura.

Según el expediente técnico, los niveles de la infraestructura contienen:

- En el primer nivel: sub estación, guardianía, montacargas, depósito, auditorio, administración - atención, servicio higiénico varones y mujeres, recibidor, sala de exposiciones, lobby y ascensor.
- En el segundo nivel: hall - atención, servicio higiénico varones y mujeres, administración, repositorio, cocineta y sala de investigación.
- En el tercer nivel: hall - atención, servicio higiénico, administración, repositorio, cocineta y sala de investigación.
- En el cuarto nivel: gerencia de planificación, estudios, expedientes - corredor, liquidación y ploteos, imagen constitucional, cocineta, servicio higiénico varones y mujeres, depósito de limpieza.
- En el quinto nivel: oficina de obras, sala de reuniones y residencia, secretaria - corredor, liquidación y ploteos, servicio higiénico varones y mujeres, y escalera que sube a la azotea.

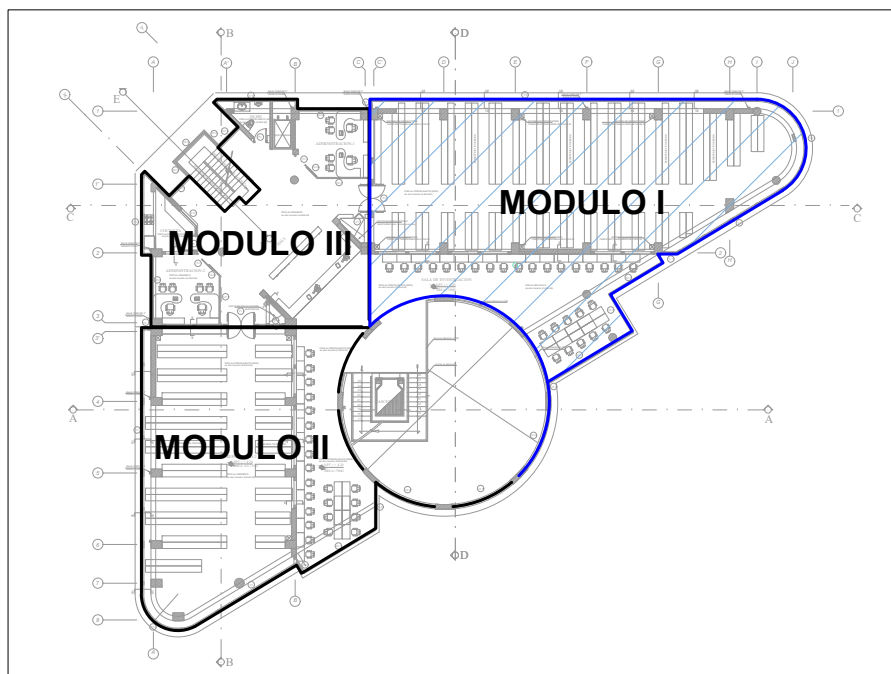


**Figura 3.1:** Fotografía Nro 01 del edificio de Archivo Regional de Ayacucho.



**Figura 3.2:** Fotografía Nro 02 del edificio de Archivo Regional de Ayacucho.

En la siguiente figura 3.3 se resalta el módulo I, el cual viene a ser nuestro caso de estudio.



**Figura 3.3:** Visualización en planta de los tres módulos del edificio.

De acuerdo a la norma E.030 el edificio pertenece a la categoría "B" Edificación Importante, así mismo viene a ser un sistema estructural de concreto armado de Muros

Estructurales en el *eje X* y en el *eje Y* vendría a ser un sistema estructural Dual (pórticos y muros estructurales).

### 3.9.2 Modelo computacional para el análisis lineal

- El modelo incluye elementos estructurales como vigas, columnas, muros de corte, losa aligerada, y otros componentes, todos representados en un entorno tridimensional que refleja la geometría del sistema real.
- Características de los materiales:
  - **Concreto Armado**
    - \* Resistencia mecánica del concreto  $f'c = 210Kg/cm^2$ .
    - \* Modulo de Elasticidad del concreto  $E = 217370.65 Kg/cm^2 (15000 * \sqrt{f'c})$ .
    - \* Relación de Poisson: 0.20
  - **Acero de Refuerzo**
    - \* Resistencia a la fluencia del acero grado 60,  $fy = 4200Kg/cm^2$ .
- Cargas muertas (CM), Cargas Vivas (L) y Cargas de Sismo.

#### Cargas Muertas (D)

Peso propio elementos de concreto armado	2400	Kg/m <sup>3</sup>
Peso propio de muros portantes	1900	Kg/m <sup>3</sup>
Peso propio de losa aligerada (h=25)	350	Kg/m <sup>2</sup>
Peso propio de losa aligerada (h=20)	300	Kg/m <sup>2</sup>
Peso propio piso terminado	100	Kg/m <sup>2</sup>
Peso de tabiquería existente	100	Kg/m <sup>2</sup>
Peso adicional por drywal	50	Kg/m <sup>2</sup>

**Tabla 3.2** . Carga muerta considerado en el modelado lineal de la edificación.

#### Cargas Vivas (L)

Sobrecarga de piso	300	Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de archivos	750	Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga corredores y escaleras	400	Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga de azotea	100	Kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga en zonas administrativas y atención	250	Kg/m <sup>2</sup>

**Tabla 3.3** . Carga viva considerado en el modelado lineal de la edificación.

**Cargas de Sismo (EQ)**

Según Norma Peruana de Estructuras (Sa) (ZUCS.g) /R

**Tabla 3.4** . Carga de Sismo en el modelado lineal de la edificación.

- Espectro de diseño para el análisis lineal.

$$S_a = ZUCS \times g/R$$

Z (factor de zona)	0.25 (Zona 2 Ayacucho)
U (categoría de la edificación)	1.30 (categoría B: Edificación Importante)
C (factor de amplificación sísmica)	2.5
S (factor de suelo)	1.2 ( $T_p = 0.6$ suelos intermedios)
g (aceleración de la gravedad)	9.81 (aceleración de la gravedad m/s <sup>2</sup> )

**Tabla 3.5** . Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en el modelado lineal de la edificación.

- Sistema estructural de concreto armado: Para la dirección *X* la resistencia sísmica de los muros estructurales es el 90.22% de la fuerza cortante basal de la estructura, por lo que vendría a ser un sistema de muros estructurales. Así mismo para la dirección *Y* los muros estructurales tienen una resistencia sísmica del 64.66% del cortante basal de la estructura y las columnas mayor al 20%, por lo que en la dirección *Y* viene a ser un sistema dual.
- Regularidad Estructural: La estructura no presenta irregularidad estructural en altura ( $I_a = 1$ ) ni en planta ( $I_p = 1$ ).
- Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas  $R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$ :  
 Para el eje X (Sistema estructural de muros estructurales):  $R = 6 \times 1 \times 1 = 6$   
 Para el eje X (Sistema estructural dual de pórticos y muros):  $R = 7 \times 1 \times 1 = 7$

**3.9.3 Modelo computacional para el análisis no lineal**

Un modelo computacional utiliza formulaciones avanzadas que incluyen tanto plasticidad como degradación de rigidez para evaluar la respuesta estructural bajo cargas extremas, como terremotos o vientos fuertes, proporcionando una representación más precisa del comportamiento real del material" (Filippou & Constantinides, 2004). Por otro lado, Mazzoni (2006) destaca que un modelo computacional no lineal es fundamental en la predicción del colapso estructural, ya que permite simular la redistribución de fuerzas y el desarrollo de mecanismos de fallo antes del colapso global.

- Propiedades no lineales de los materiales, se describen utilizando modelos constitutivos que capturan tanto el comportamiento elástico como el plástico. Para

representar el comportamiento del concreto confinado y no confinado se utiliza el modelo de Mander (1988), y en el caso del acero se usa el modelo de Park (1987).

**Nonlinear Material Data**

**Material Name and Type**

Material Name: Concreto  $f_c=210\text{kg/cm}^2$

Material Type: Concrete, Isotropic

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type: Concrete

Modify/Show Hysteresis Parameters...

**Drucker-Prager Parameters**

Friction Angle: 0 deg

Dilatational Angle: 0 deg

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.003	m/m
LS	0.02	-0.006	m/m
CP	0.05	-0.015	m/m

Ignore Tension Acceptance Criteria

**Stress Strain Curve Definition Options**

Parametric: Mander

User Defined

Convert to User Defined

**Parametric Strain Data**

Strain at Unconfined Compressive Strength,  $f_c$ : 0.002

Ultimate Unconfined Strain Capacity: 0.004

Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

Show Stress-Strain Plot...

OK Cancel

**Figura 3.4:** Definición del material de concreto con el modelo de Mander (1988).

**Nonlinear Material Data**

**Material Name and Type**

Material Name: Acero corrugado  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

Material Type: Rebar, Uniaxial

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type: Kinematic

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.005	m/m
LS	0.02	-0.01	m/m
CP	0.05	-0.02	m/m

**Stress Strain Curve Definition Options**

Parametric: Park

User Defined

Convert to User Defined

**Parametric Strain Data**

Strain at Onset of Strain Hardening: 0.01

Ultimate Strain Capacity: 0.09

Final Slope (Multiplier on E): -0.1

Show Stress-Strain Plot...

OK Cancel

**Figura 3.5:** Definición del material de acero de refuerzo con el modelo de Park (1987).

- Así mismo en el modelado de la infraestructura se incluyen los refuerzos de aceros en las secciones de los elementos estructurales (columnas, vigas, Muros de corte).

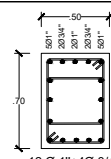
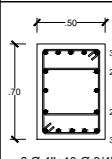
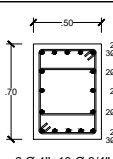
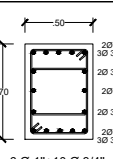
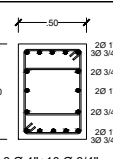
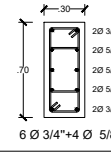
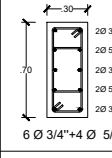
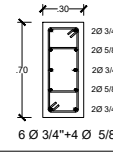
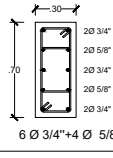
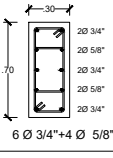
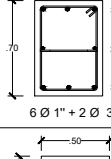
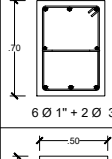
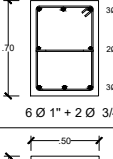
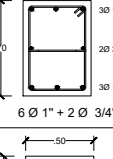
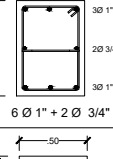
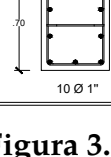
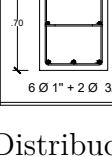
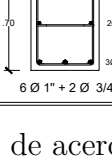
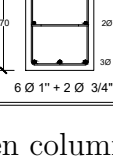
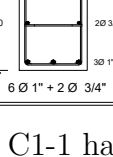
TIPO	1° PISO	2° PISO	3° PISO	4° PISO	5° PISO	REFUERZO TRANSVERSAL
C1-1	 12 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 10 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 10 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 10 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 10 Ø 3/4"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E
C1-2	 6 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"	 6 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"	 6 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"	 6 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"	 6 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E
C1-3	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E
C1-4	 10 Ø 1"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E

Figura 3.6: Distribución de aceros en columnas C1-1 hasta C1-4.  
(Fuente: Adaptado del Expediente Técnico)

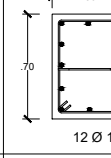
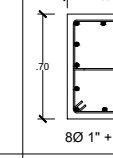
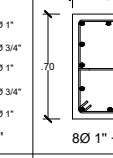
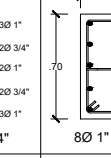
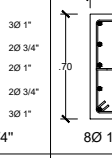
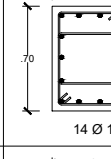
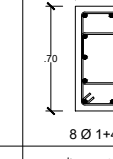
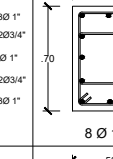
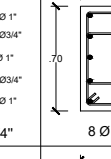
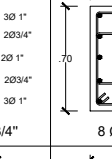
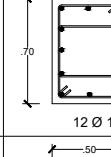
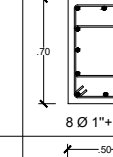
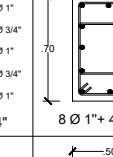
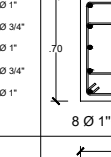
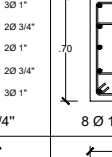
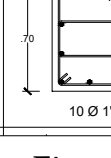
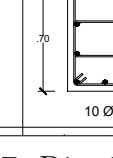
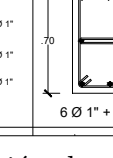
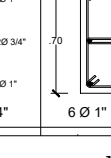
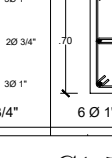
C1-5	 12 Ø 1"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E
C1-6	 14 Ø 1"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E
C1-7	 12 Ø 1"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	 8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E
C1-8	 10 Ø 1"	 10 Ø 1"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	 6 Ø 1" + 2 Ø 3/4"	ø 3/8" 1 @ 0.05, 8 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E

Figura 3.7: Distribución de aceros en columnas C1-5 hasta C1-8.  
(Fuente: Adaptado del Expediente Técnico)

C1-9						$\varnothing 3/8" 1@0.05, 8@0.10$ Rto @0.20 C/E
C1-10						$\varnothing 3/8" 1@0.05, 8@0.10$ Rto @0.20 C/E
C1-11						$\varnothing 3/8" 1@0.05, 8@0.10$ Rto @0.20 C/E
C1-12						$\varnothing 3/8" 1@0.05, 8@0.10$ Rto @0.20 C/E
C1-13						$\varnothing 3/8" 1@0.05, 18@0.10$ Rto @0.20 C/E
C1-14						$\varnothing 3/8" 1@0.05, 8@0.10$ Rto @0.20 C/E

Figura 3.8: Distribución de aceros en columnas C1-9 hasta C1-14.

(Fuente: Adaptado del Expediente Técnico)

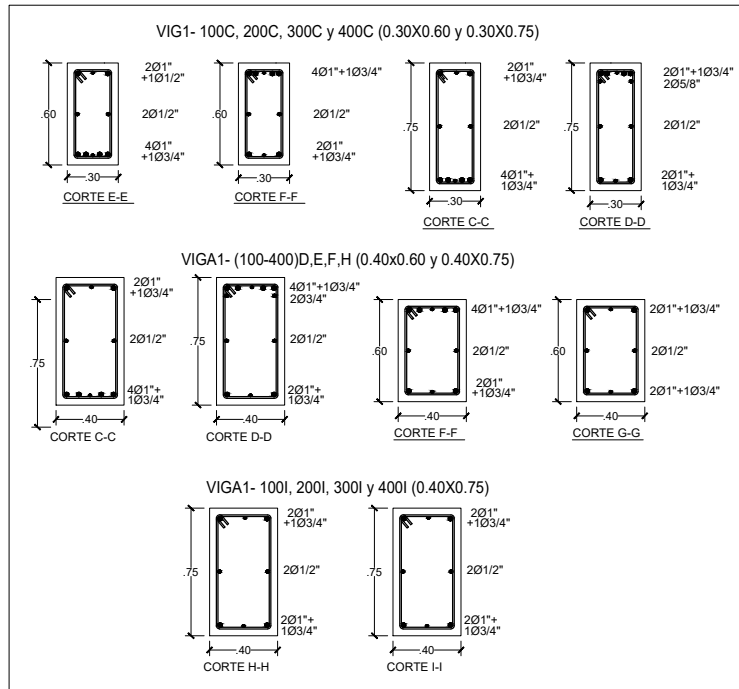
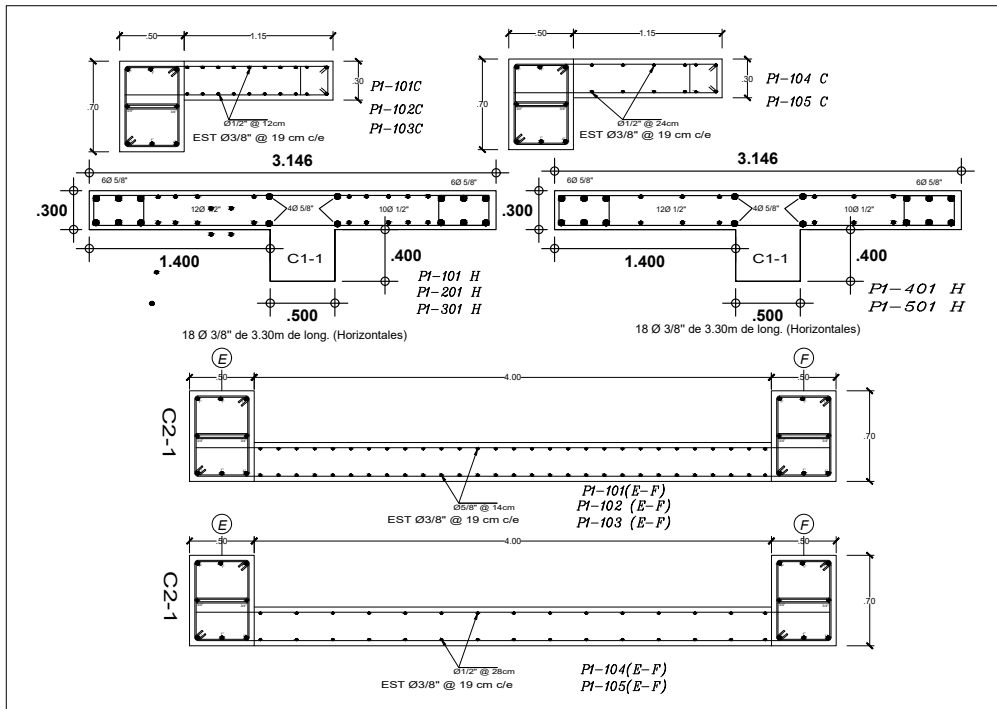


Figura 3.9: Distribución de aceros en vigas.

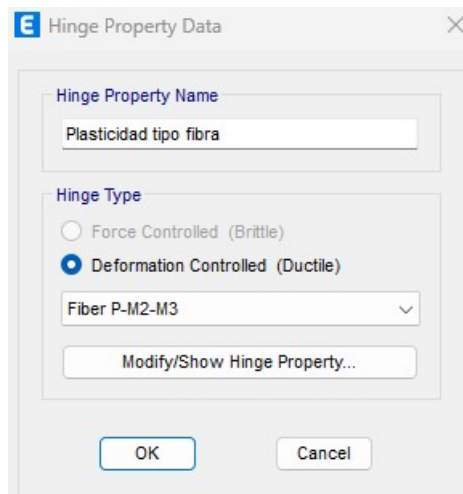
(Fuente: Adaptado del Expediente Técnico)



**Figura 3.10:** Distribución de aceros en placas.

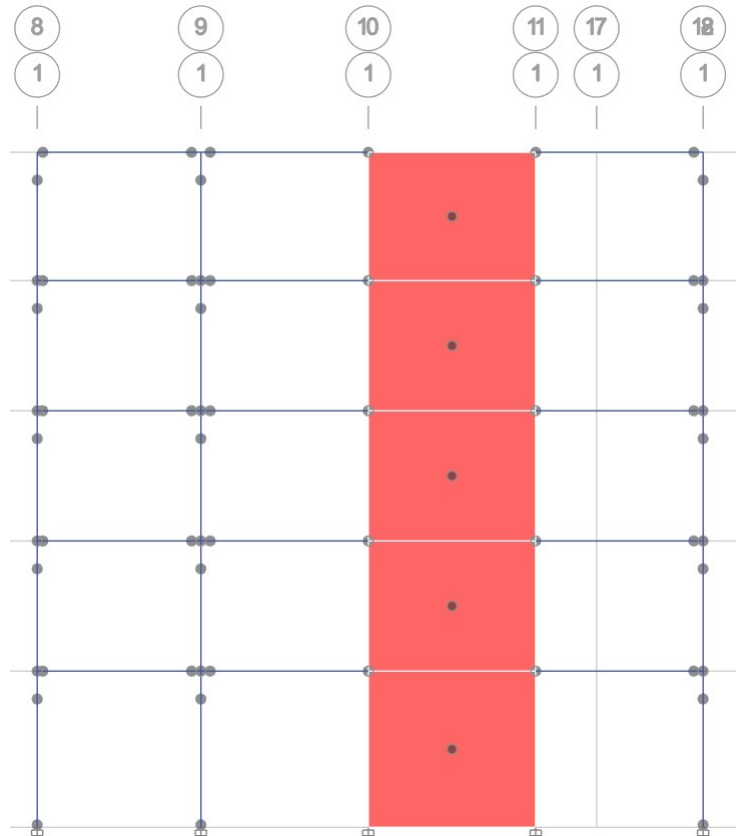
(Fuente: Adaptado del Expediente Técnico)

- Se define las rótulas plásticas para lo cuál se considera plasticidad distribuida tipo fibra en los elementos estructurales (columna, viga y muros de corte).



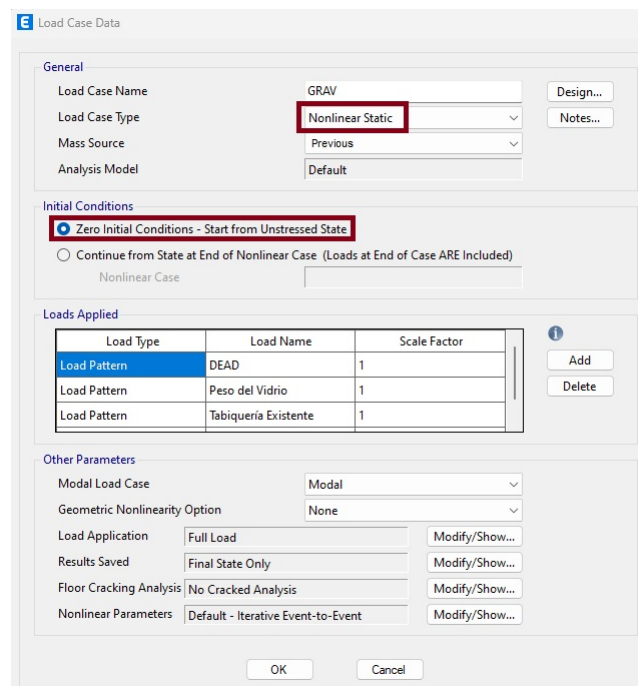
**Figura 3.11:** Definición de la plasticidad distribuida tipo fibra.

(Fuente: Etabs 22.1.0)



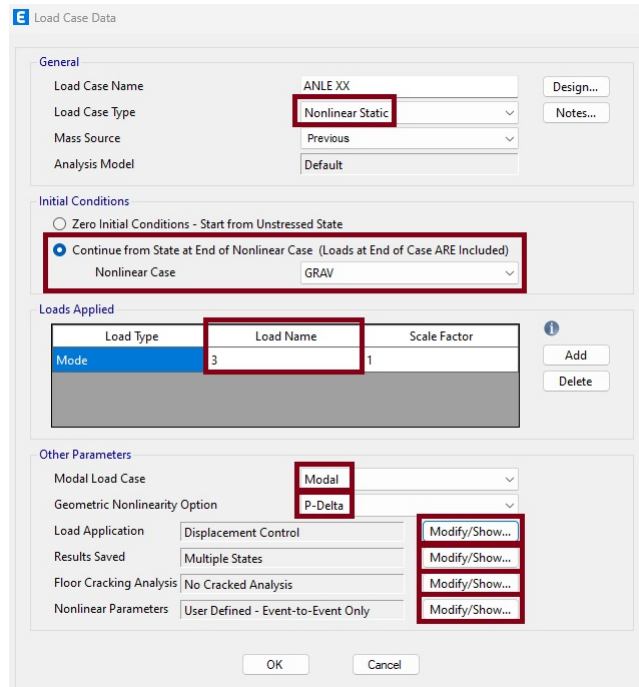
**Figura 3.12:** Asignación de las rótulas plásticas.  
(Fuente: Etabs 22.1.0)

- Las condiciones de cargas para el análisis no lineal estático.



**Figura 3.13:** Cargas Gravitatorias.  
(Fuente: Etabs 22.1.0)

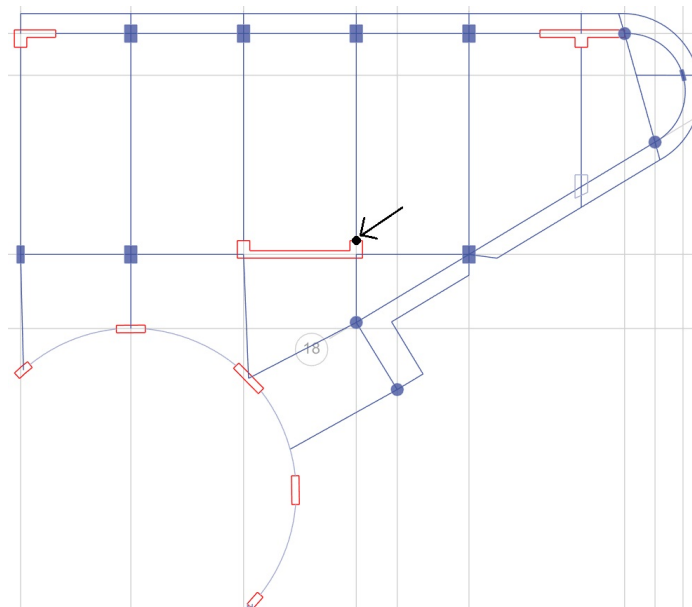
Se define la carga monotónica en la *dirección X* (Modo 3) como se muestra en la figura 3.14 y de la misma manera en la *dirección Y* (Modo 1).



**Figura 3.14:** Carga monotónica dirección X.

(Fuente: Etabs 22.1.0)

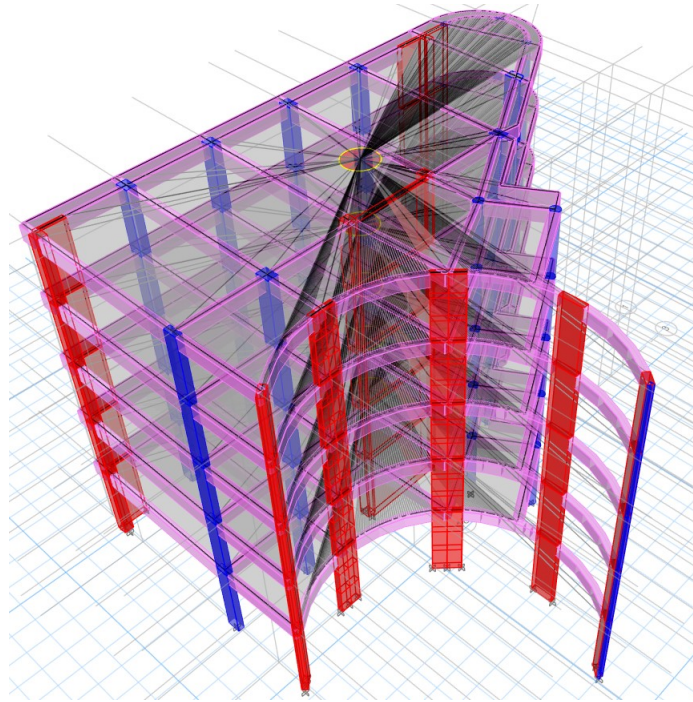
El punto de control será el nodo más cercano al centro de gravedad, en este caso se considera el siguiente nodo mostrado en la figura 3.15.



**Figura 3.15:** Punto de control para el desplazamiento.

(Fuente: Etabs 22.1.0)

- Considerando lo anterior, el modelo computacional para el análisis está concretado.



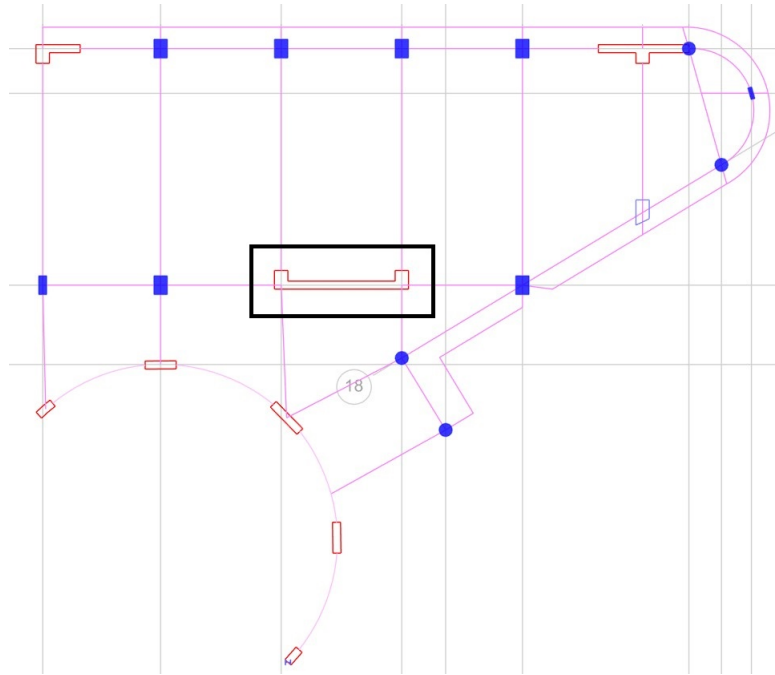
**Figura 3.16:** Modelado en Etabs del módulo 01 - vista en 3D.

- Ahora se procede a analizar el modelo.

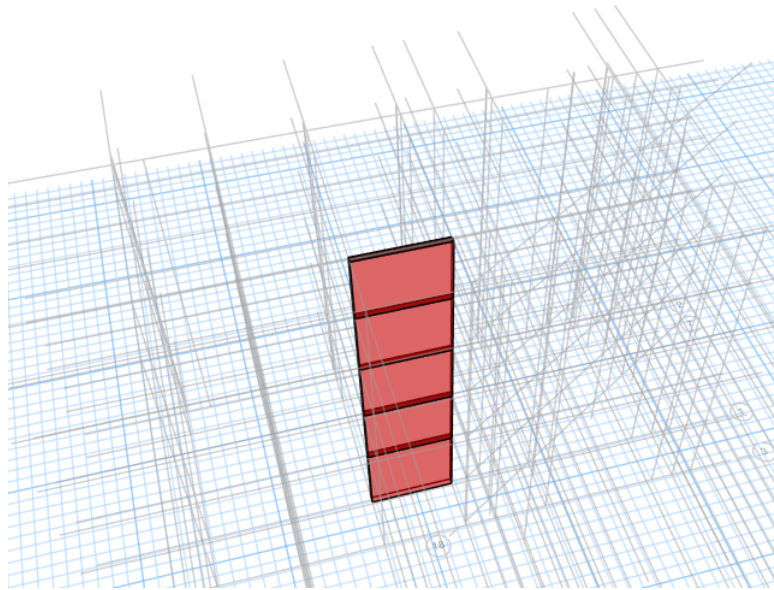
#### 3.9.4 Cálculo del punto de colapso

El punto de colapso en la norma ASCE/SEI 41-17 está relacionado con el nivel de desempeño "Prevención del Colapso" (Collapse Prevention - CP). Este nivel de desempeño está diseñado para asegurar que una estructura no colapse durante un sismo severo, aunque puede haber daños estructurales significativos.

En componentes controlados por deformación (como muros de corte), se permite una deformación mayor en condiciones no lineales, hasta alcanzar un límite de daño. Por lo tanto para controlar el desplazamiento límite se evalúa el muro estructural más cercano al centro de masas como se muestra en la figura 3.17.



**Figura 3.17:** Muro estructural controlado por deformación según el ASCE/SEI 41-17.



**Figura 3.18:** Elevación del Muro estructural controlado.

El muro estructural evaluado se divide en 29 fibras (16 fibras de concreto y 13 fibras de acero), tal y como se muestra en la figura 3.19.

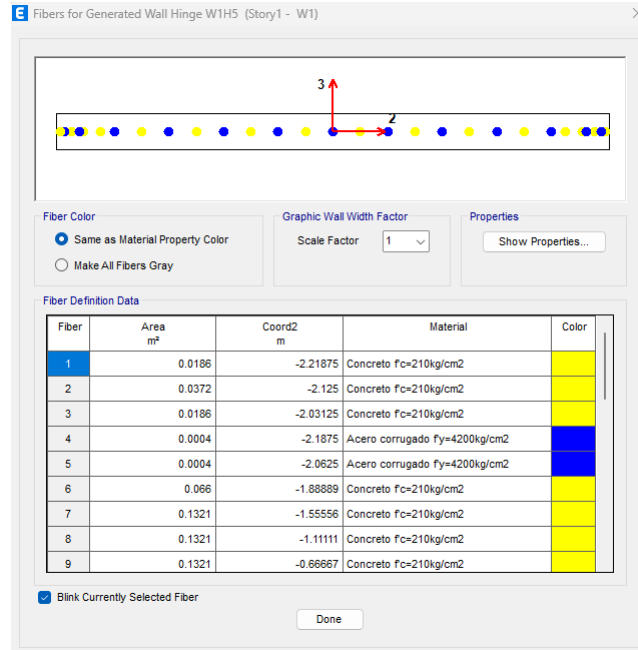


Figura 3.19: Fibras del muro estructural evaluado.

El punto de colapso se evalúa con la tabla 10-19 del ASCE/SEI 41-17, el cual nos indica los criterios de aceptación numérica para procedimientos no lineales de muros estructurales de hormigón armado.

Se resuelve las ecuaciones de la tabla 10-19 del ASCE/SEI 41-17:

Dirección XX:

$$\frac{(A_s - A'_s)f_{yE} + P}{t_w l_w f'_{cE}} = -0.116155203 \tag{3.1}$$

$$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{cE}}} = 20.34755577 \tag{3.2}$$

De las ecuaciones 3.1 y 3.2 y según a la tabla 10.19 del ASCE/SEI 41-17:

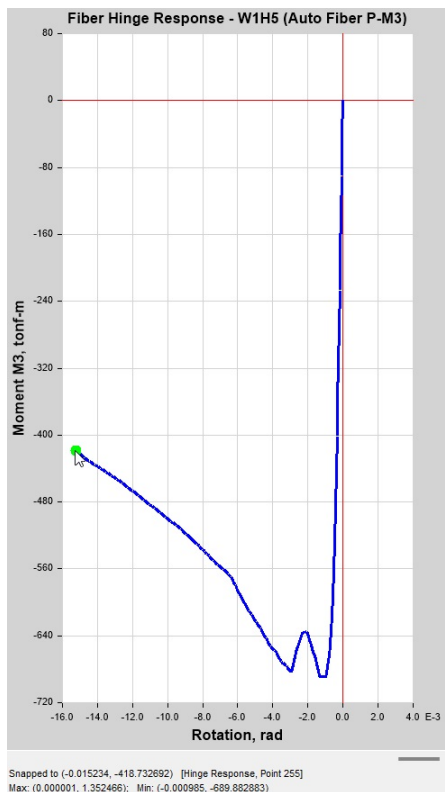
Table 10-19. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Structural Walls and Associated Components Controlled by Flexure

Conditions	Plastic Hinge Rotation (radians)		Residual Strength Ratio	Acceptable Plastic Hinge Rotation <sup>a</sup> (radians)				
	a	b		Performance Level				
				IO	LS	CP		
i. Structural walls and wall segments								
$\frac{(A_s - A'_s)f_{yE} + P}{t_w l_w f'_{cE}}$	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{cE}}}$	Confined Boundary <sup>b</sup>						
<0.1	<4	Yes	0.015	0.020	0.75	0.005	0.015	0.020
≤0.1	≥6	Yes	0.010	0.015	0.40	0.004	0.010	0.015
>0.25	≤4	Yes	0.009	0.012	0.60	0.003	0.009	0.012
≥0.25	≥6	Yes	0.005	0.010	0.30	0.0015	0.005	0.010
≤0.1	≤4	No	0.008	0.015	0.60	0.002	0.008	0.015
≤0.1	≥6	No	0.006	0.010	0.30	0.002	0.006	0.010
≥0.25	≤4	No	0.003	0.005	0.25	0.001	0.003	0.005
≥0.25	≥6	No	0.002	0.004	0.20	0.001	0.002	0.004

Figura 3.20: Punto de colapso en la dirección X.

Aquello nos quiere decir que en la dirección X, el criterio de aceptación para el Punto de Colapso se da cuando la rotación de la rótula plástica alcanza el valor de **0.015 radianes**, esto corresponde al límite del desempeño Collapse Prevention - CP según el ASCE/SEI 41-17.

Por lo tanto para la rotación 0.015 radianes tenemos un **desplazamiento máximo de 25.50cm en la dirección X**, es decir que la estructura a partir de dicho desplazamiento la estructura se encuentra dentro del colapso, la figura 3.21 muestra la rotación máxima del muro estructural es alcanzado en el step 255.



**Figura 3.21:** Diagrama momento - rotación del Muro evaluado en la dirección X.

**Dirección YY:**

$$\frac{(A_s - A'_s)f_y E + P}{t_w l_w f'_{cE}} = -0.053913484 \quad (3.3)$$

$$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f'_{cE}}} = 5.519183029 \quad (3.4)$$

De las ecuaciones 3.3 y 3.4 y según a la tabla 10.19 del ASCE/SEI 41-17:

Table 10-19. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Structural Walls and Associated Components Controlled by Flexure

Conditions	Plastic Hinge Rotation (radians)		Residual Strength Ratio	Acceptable Plastic Hinge Rotation <sup>a</sup> (radians)				
	a	b		Performance Level				
			c	IO	LS	CP		
i. Structural walls and wall segments								
$\frac{(A_s - A_s')f_y E + P}{t_w t_w f_{cE}}$	$\frac{V}{t_w t_w \sqrt{f_{cE}}}$	Confined Boundary <sup>b</sup>						
$\leq 0.1$	$\leq 4$	Yes	0.015	0.020	0.75	0.005	0.015	0.020
$\leq 0.1$	$\geq 6$	Yes	0.010	0.015	0.40	0.004	0.010	0.015
$\geq 0.25$	$\leq 4$	Yes	0.009	0.012	0.60	0.003	0.009	0.012
$\geq 0.25$	$\geq 6$	Yes	0.005	0.010	0.30	0.0015	0.005	0.010
$\leq 0.1$	$\leq 4$	No	0.008	0.015	0.60	0.002	0.008	0.015
$\leq 0.1$	$\geq 6$	No	0.006	0.010	0.30	0.002	0.006	0.010
$\geq 0.25$	$\leq 4$	No	0.003	0.005	0.25	0.001	0.003	0.005
$\geq 0.25$	$\geq 6$	No	0.002	0.004	0.20	0.001	0.002	0.004

Figura 3.22: Punto de colapso en la dirección Y según el ASCE/SEI 41-17.

Aquello nos quiere decir que en la dirección Y, el criterio de aceptación para el Punto de Colapso se da cuando la rotación de la rótula plástica alcanza el valor de **0.0162 radianes** (interpolado), esto corresponde al límite del desempeño Collapse Prevention - CP según el ASCE/SEI 41-17.

Por lo tanto para la rotación 0.0162 radianes tenemos un **desplazamiento máximo de 17.50cm**, es decir que la estructura a partir de dicho desplazamiento la estructura se encuentra dentro del colapso, la figura 3.23 muestra la rotación máxima del muro estructural alcanzado en el step 175.

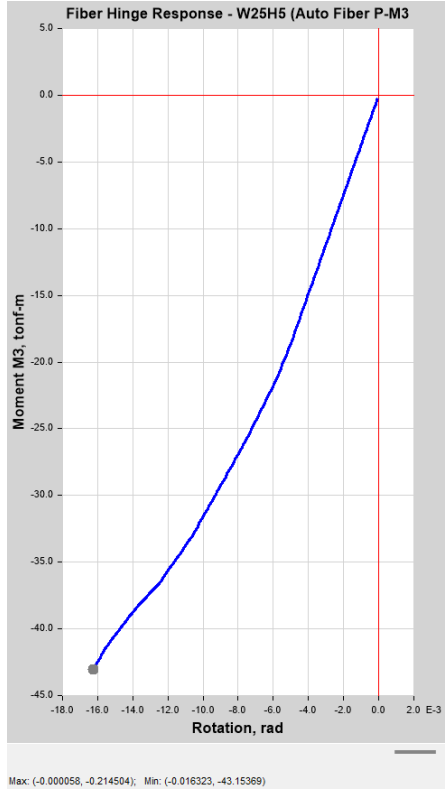
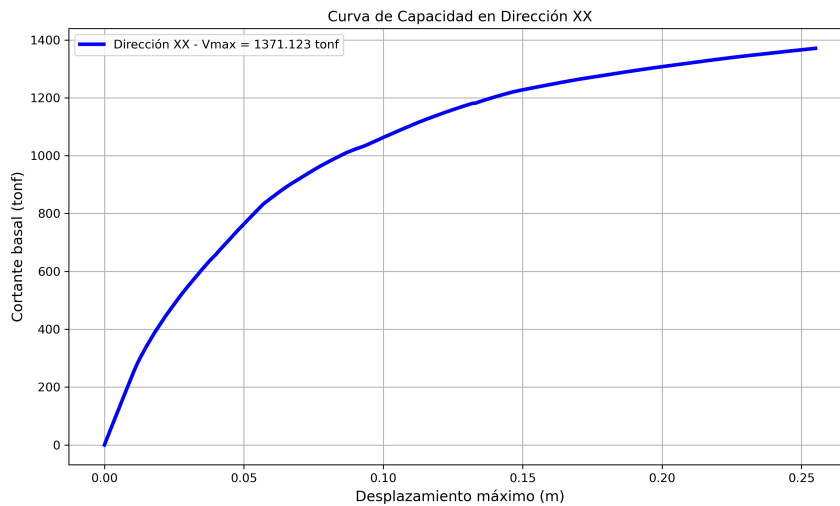


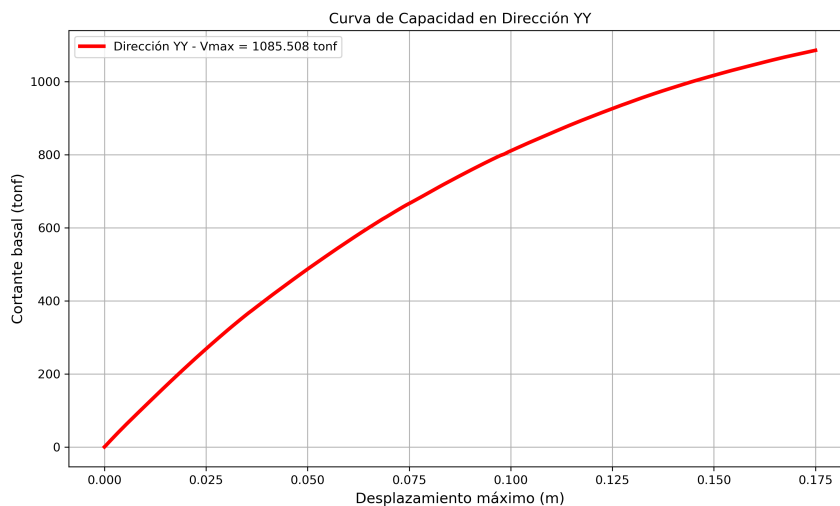
Figura 3.23: Diagrama momento - rotación del Muro evaluado en la dirección Y.

### 3.9.5 Curva de capacidad de la estructura

Como se puede observar en la figura 3.24 la curva de capacidad en la *dirección X*, por lo que la estructura sufre el colapso cuando el desplazamiento es  $25.50\text{cm}$  con un cortante basal de  $1371.123\text{tonf}$ . De igual manera la figura 3.25 muestra la la curva de capacidad en la *dirección Y*, por lo que la estructura sufre el colapso cuando el desplazamiento es  $17.50\text{cm}$  con un cortante basal de  $1085.508\text{tonf}$ .

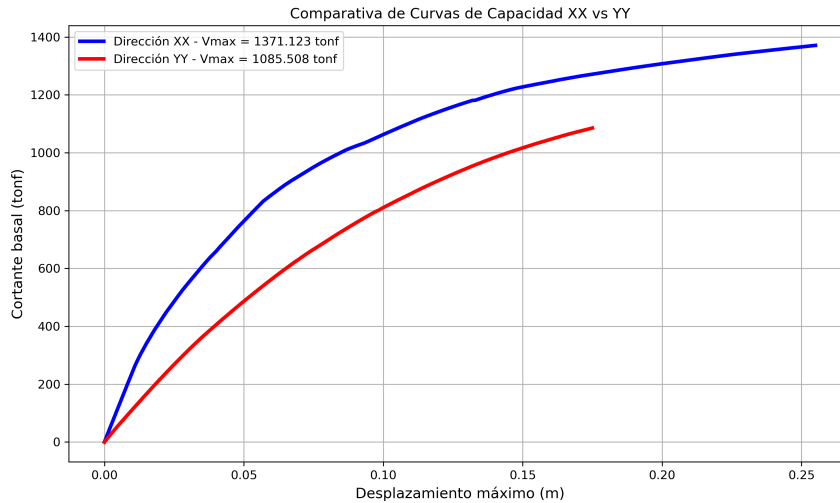


**Figura 3.24:** Curva de capacidad en la dirección X.



**Figura 3.25:** Curva de capacidad en la dirección Y.

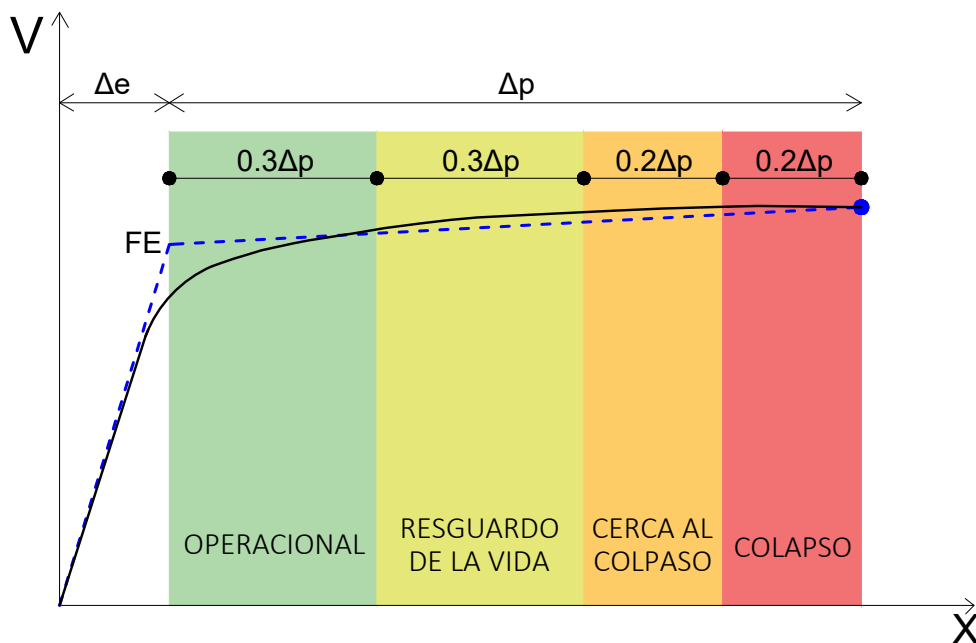
En la figura 3.26 se ilustra la comparación entre la curva de capacidad de la dirección X y dirección Y.



**Figura 3.26:** Comparación entre las curvas de capacidad de ambas direcciones.

### 3.9.6 Sectorización de las zonas de desempeño sísmico

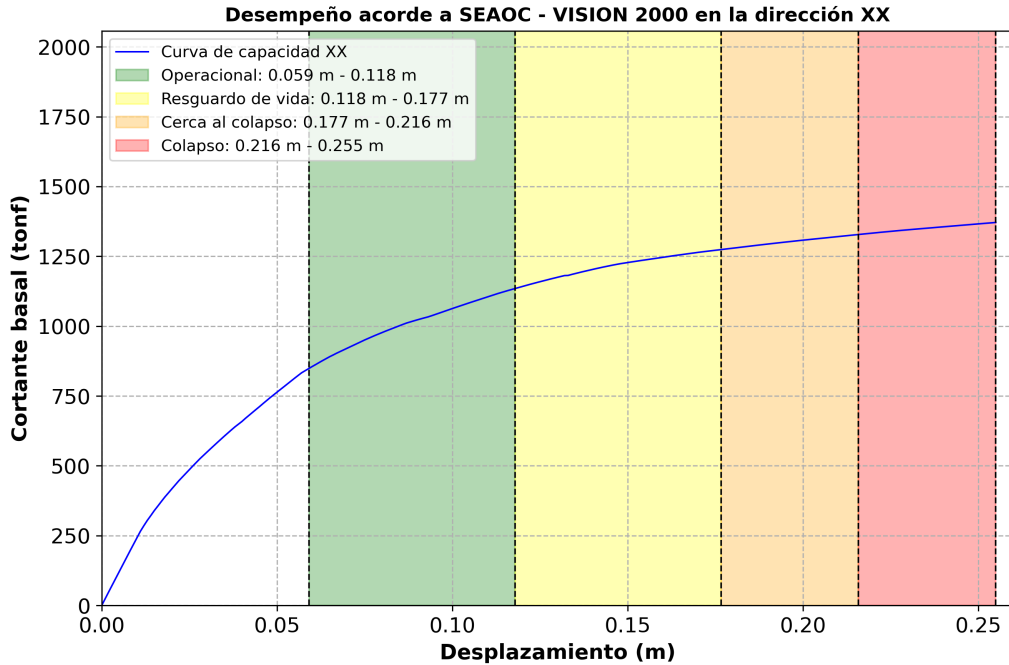
La sectorización de los niveles de desempeño sísmico se realizará según la propuesta del comité VISION 2000 del SEAOC, tal como se muestra en la figura 3.27:



**Figura 3.27:** Sectorización de las zonas de desempeño sísmico según la SEAOC, 1995.

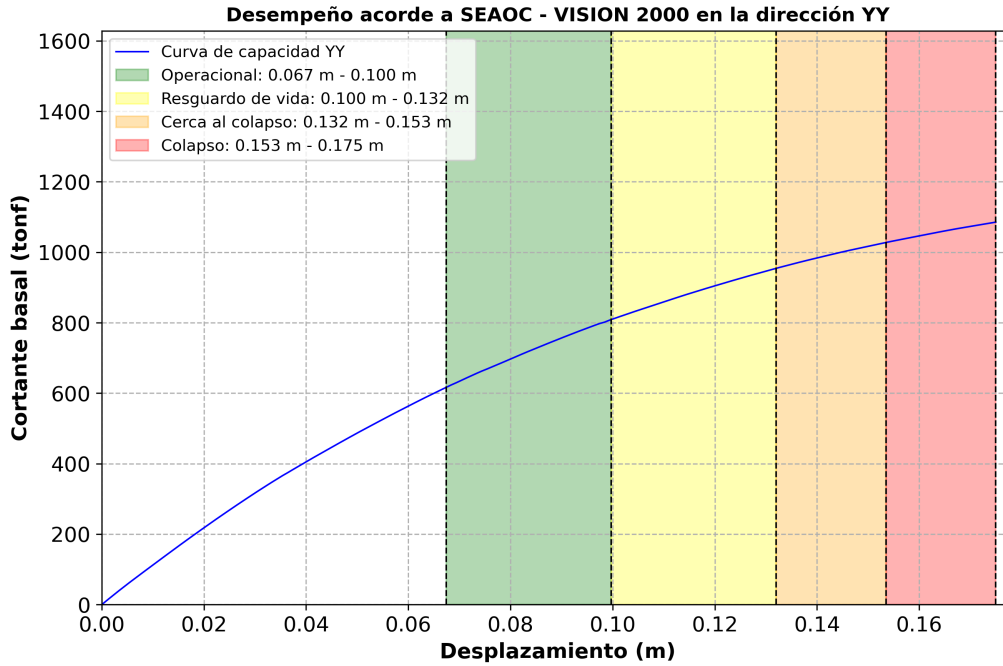
Para poder sectorizar la curva de capacidad, se tiene que determinar el desplazamiento inelástico ( $\Delta p$ ), por lo que se debe definir el punto de fluencia efectiva (FE) empleando un modelo bilineal que encierre un área igual a la que está bajo la curva de capacidad.

Se obtiene el punto de Fluencia Efectiva (FE) con el Etabs, de esta manera definimos el desplazamiento elástico  $\Delta e$  e inelástico  $\Delta p$ . Por lo tanto en la *dirección X*, se determina  $\Delta e_{xx} = 0.059m$ ,  $\Delta p_{xx} = 0.196m$  y la sectorización de los niveles de desempeño sísmico ilustrado en la figura 3.28.



**Figura 3.28:** Sectorización de las zonas de desempeño sísmico en la dirección X.

De la misma forma para la *dirección Y* se obtiene  $\Delta e_{yy} = 0.0674m$ ,  $\Delta p_{yy} = 0.1076m$  y la sectorización de los niveles de desempeño sísmico ilustrado en la figura 3.29.



**Figura 3.29:** Sectorización de las zonas de desempeño sísmico en la dirección Y.

### 3.9.7 Puntos de desempeño de acuerdo al ASCE/SEI 41-17

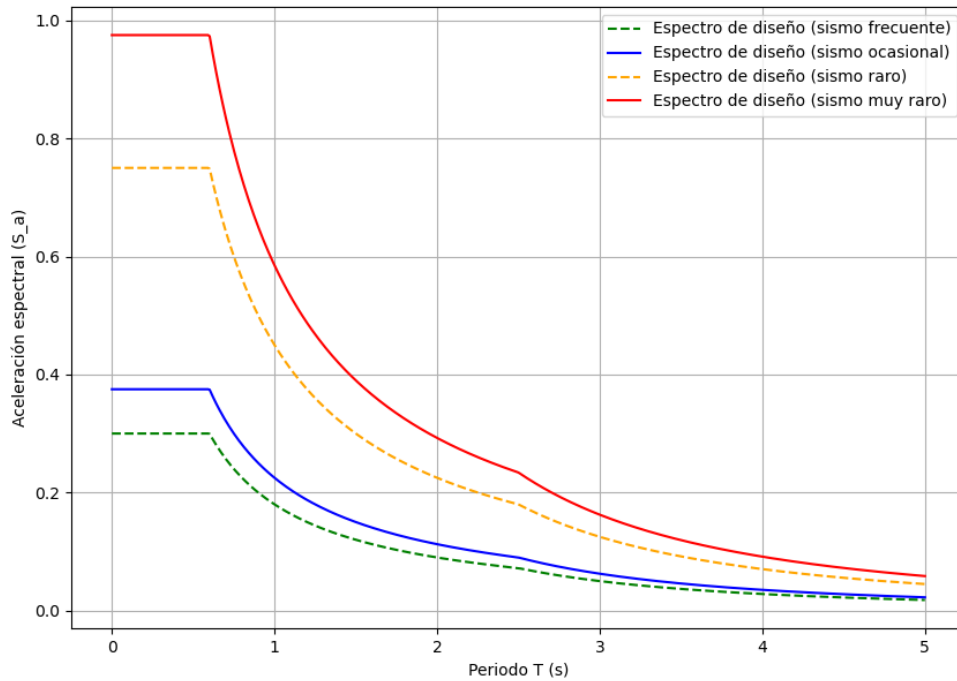
Se realiza el cálculo por el método de coeficientes del ASCE 41-17 por ser la norma más actual y también por brindar un resultado más conservador. El desplazamiento objetivo en el análisis no lineal estático (NSP) se calcula usando la siguiente ecuación 2.13 :

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

En la tabla 3.6 nos muestra el factor de ajuste que usaremos para los espectros de demanda para los cuatro niveles de amenaza sísmica (frecuente, ocasional, raro y muy raro). Se utiliza la relación  $\frac{a_2}{a_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k$  ( $a_1$  y  $a_2$  son las aceleraciones espectrales en los periodos  $T_1$  y  $T_2$  respectivamente) de la Eurocódigo 8.

	Periodo de Retorno (años)	Probabilidad de excedencia	Factor de escala
Sismo frecuente	43	69% en 50 años	0.4
Sismo Ocasional	72	50% en 50 años	0.5
Sismo Raro	475	10% en 50 años	1.0
Sismo Muy Raro	970	5% en 50 años	1.3

**Tabla 3.6 .** Factor de ajuste para los espectros de demanda.



**Figura 3.30:** Espectros de las distintas demandas sísmicas.  
(Fuente: Propia, elaborado en Python)

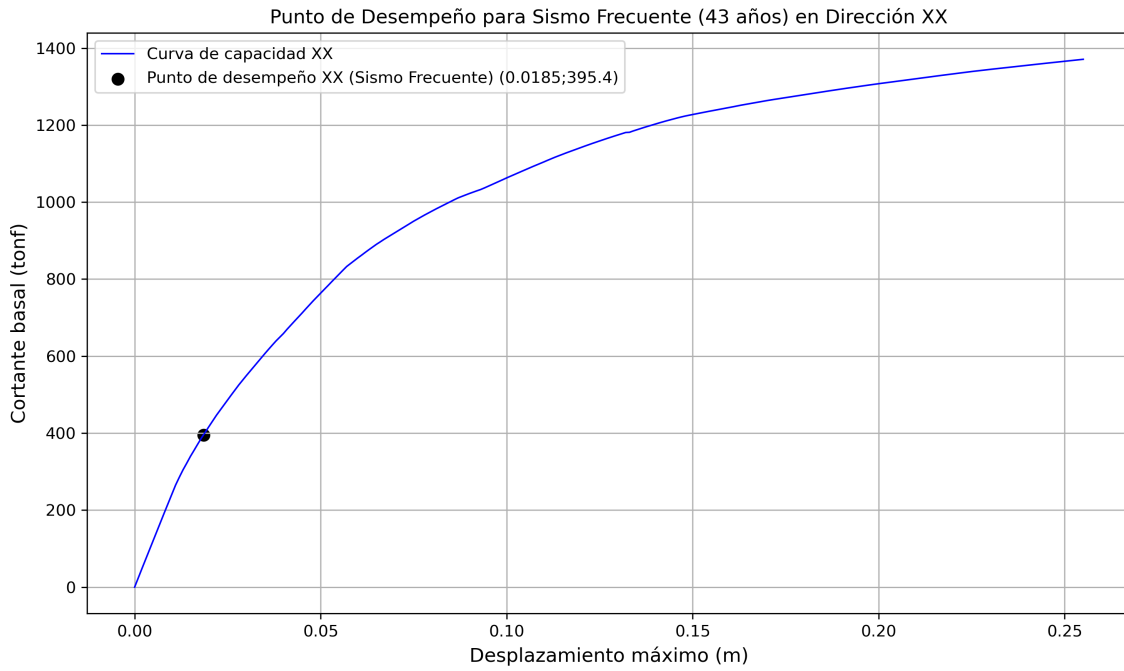
**1. Puntos de desempeño en la *dirección X*.**

Las tablas 3.7 , 3.8 , 3.9 , 3.10 muestran los desplazamientos objetivos en la *dirección X* para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestas por el comité VISION 2000, estos puntos se ilustran en la figura 3.35.

1.1 Punto de desempeño para un Sismo Frecuente (43 años) en la *dirección X*.

Sismo Frecuente - Dirección X	
$C_0$	1.4
$C_1$	1.046
$C_2$	1.004
$S_a$	0.300
$T_e(seg)$	0.411
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	1.85

**Tabla 3.7 .** Desplazamiento objetivo para un sismo Frecuente en la dirección X.

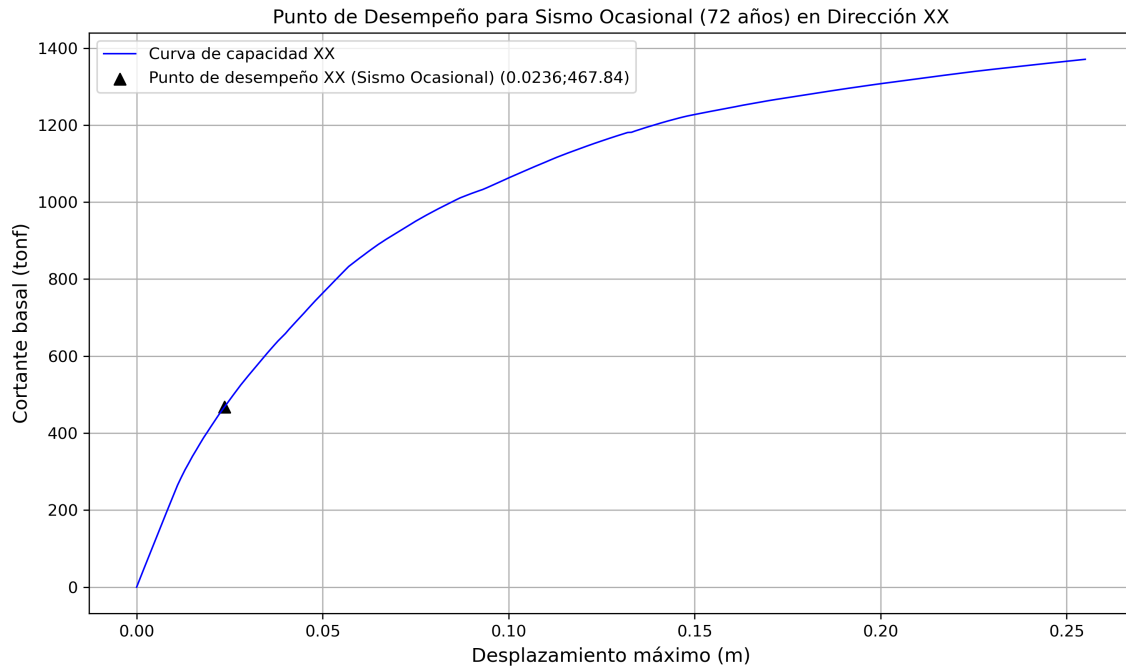


**Figura 3.31:** Punto de desempeño para un Sismo frecuente en la dirección X.

1.2 Punto de desempeño para un Sismo Ocasional (72 años) en la *dirección X*.

Sismo Ocasional - Dirección X	
$C_0$	1.4
$C_1$	1.063
$C_2$	1.007
$S_a$	0.375
$T_e(seg)$	0.411
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	2.36

**Tabla 3.8 .** Desplazamiento objetivo para un sismo Ocasional en la dirección X.

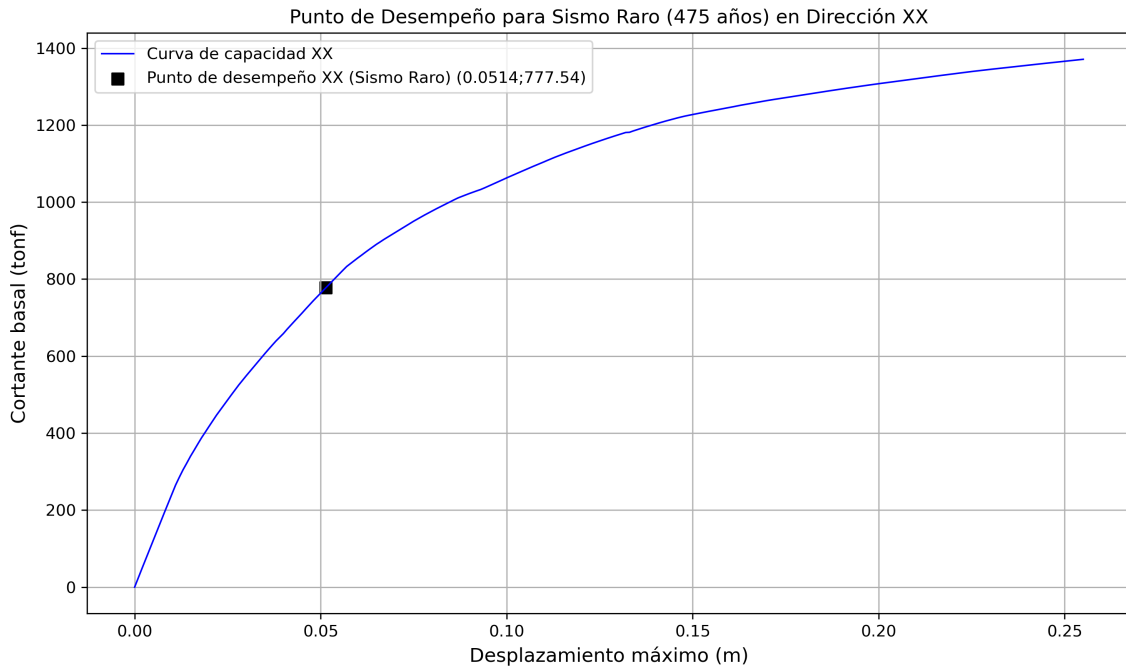


**Figura 3.32:** Punto de desempeño para un Sismo Ocasional en la dirección X.

1.3 Punto de desempeño para un Sismo Raro (475 años) en la *dirección X*.

Sismo Raro - Dirección X	
$C_0$	1.4
$C_1$	1.129
$C_2$	1.028
$S_a$	0.750
$T_e(seg)$	0.412
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	5.14

**Tabla 3.9 .** Desplazamiento objetivo para un sismo Raro en la dirección X.

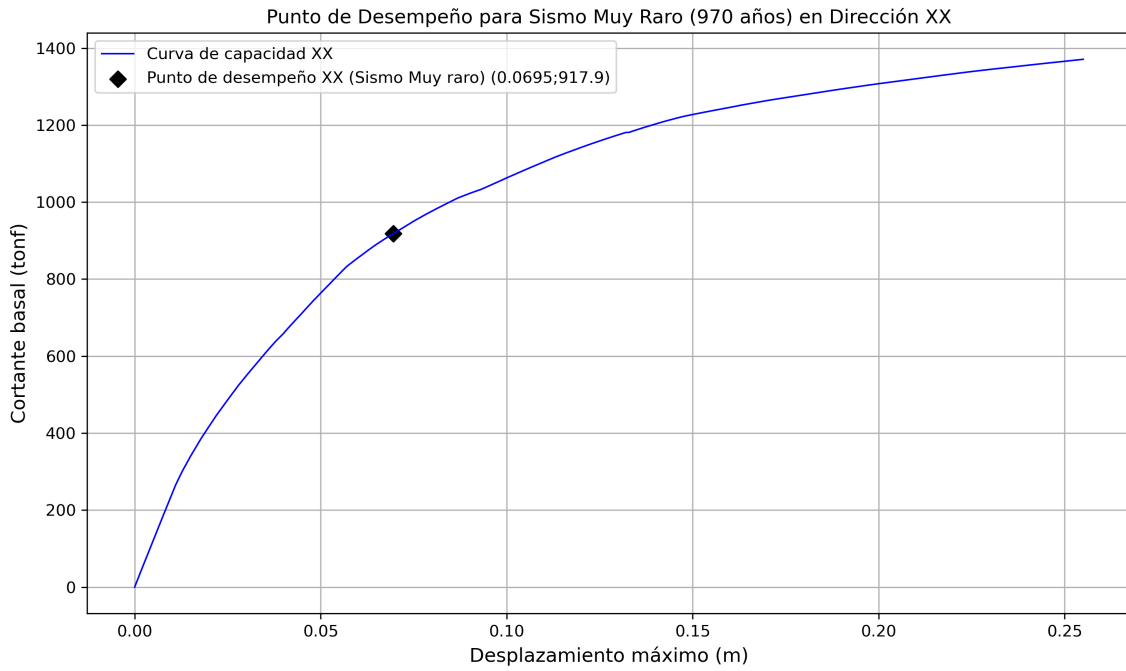


**Figura 3.33:** Punto de desempeño para un Sismo Raro en la dirección X.

1.4 Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en la *dirección X*.

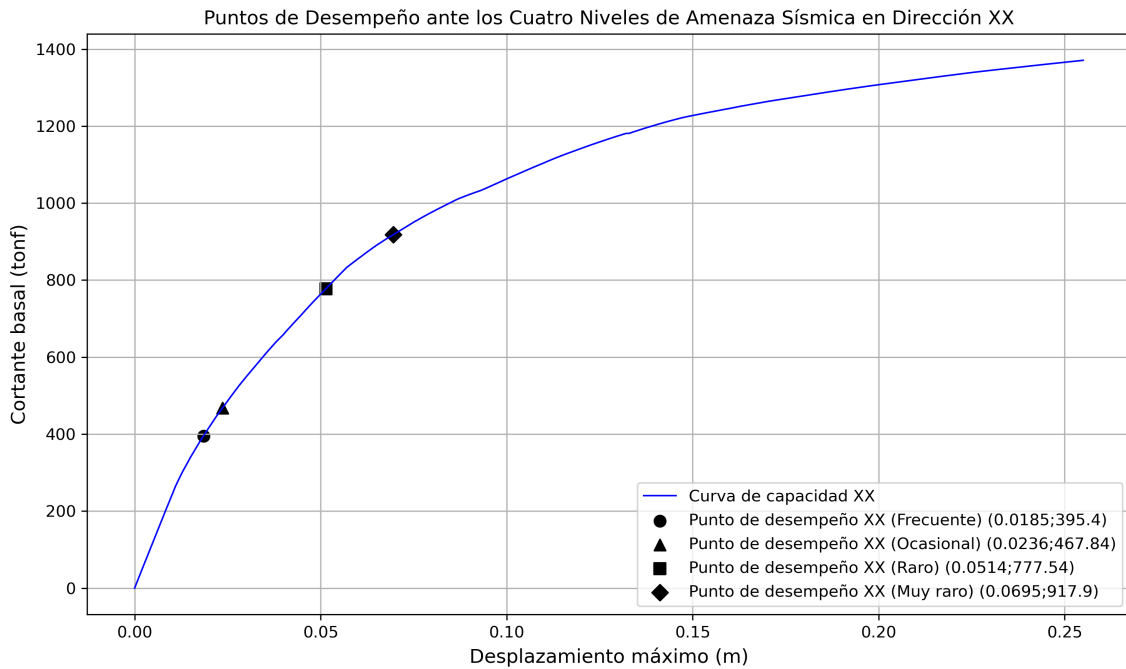
Sismo Muy Raro - Dirección X	
$C_0$	1.4
$C_1$	1.125
$C_2$	1.028
$S_a$	0.975
$T_e(seg)$	0.421
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	6.95

**Tabla 3.10 .** Desplazamiento objetivo para un sismo Muy Raro en la dirección X.



**Figura 3.34:** Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en la dirección X.

1.5 Puntos de desempeño para los cuatro niveles de amenaza sísmica en la dirección X, figura 3.35.



**Figura 3.35:** Puntos de desempeño sísmico en la dirección X.

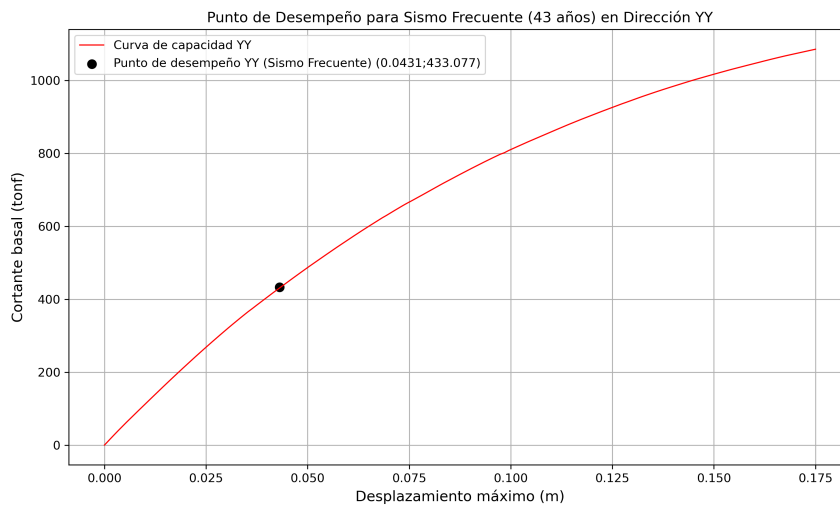
## 2. Punto de desempeño en la *dirección Y*.

Así mismo las tablas 3.11 , 3.12 , 3.13 , 3.14 nos muestran los desplazamientos objetivos en la dirección *Y* y en la figura 3.40 se ilustra los puntos de desempeño para los cuatro niveles de amenaza sísmica.

### 2.1 Punto de desempeño para un Sismo Frecuente (43 años) en la *dirección Y*.

Sismo Frecuente - Dirección Y	
$C_0$	1.4
$C_1$	1.022
$C_2$	1.002
$S_a$	0.268
$T_e(seg)$	0.672
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	4.31

**Tabla 3.11** . Desplazamiento objetivo para un sismo Frecuente en la dirección *Y*.  
(Fuente: Elaboración propia)

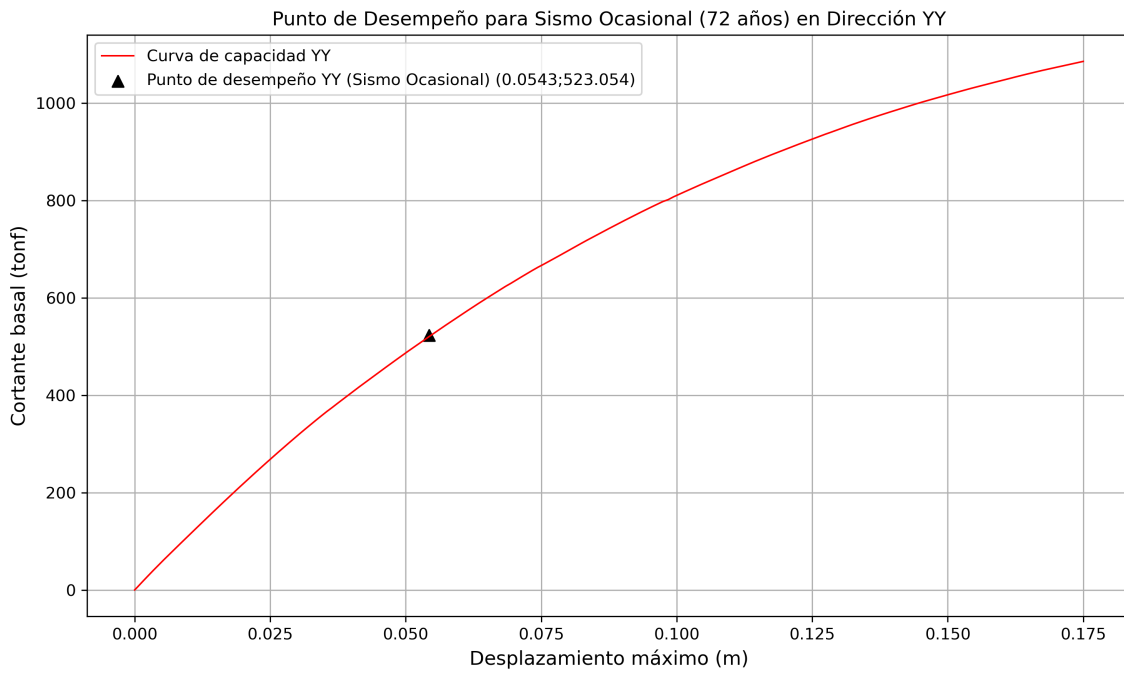


**Figura 3.36:** Punto de desempeño para un Sismo Frecuente en la dirección *Y*.

### 2.2 Punto de desempeño para un Sismo Ocasional (72 años) en la *dirección Y*.

Sismo Ocasional - Dirección Y	
$C_0$	1.4
$C_1$	1.028
$C_2$	1.004
$S_a$	0.335
$T_e(seg)$	0.672
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	5.43

**Tabla 3.12 .** Desplazamiento objetivo para un sismo Ocasional en la dirección Y.  
(Fuente: Elaboración propia)

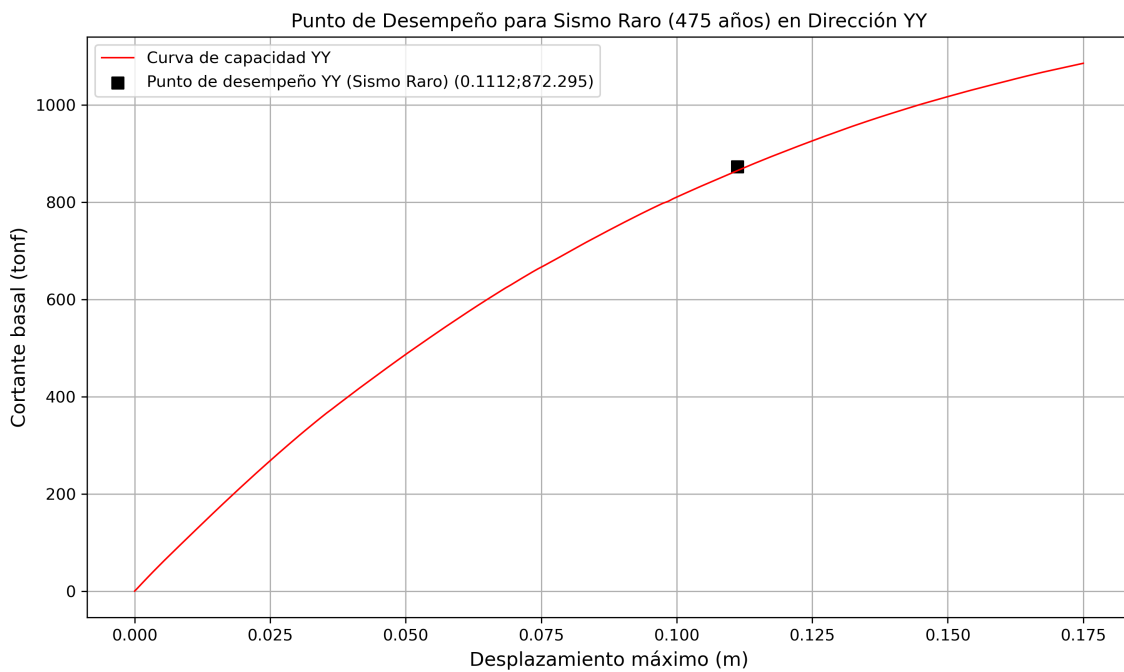


**Figura 3.37:** Punto de desempeño para un Sismo FOcasional en la dirección Y.

2.3 Punto de desempeño para un Sismo Raro (475 años) en la *dirección Y*.

Sismo Raro - Dirección Y	
$C_0$	1.4
$C_1$	1.031
$C_2$	1.005
$S_a$	0.656
$T_e(seg)$	0.686
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	11.12

**Tabla 3.13** . Desplazamiento objetivo para un sismo Raro en la dirección Y.

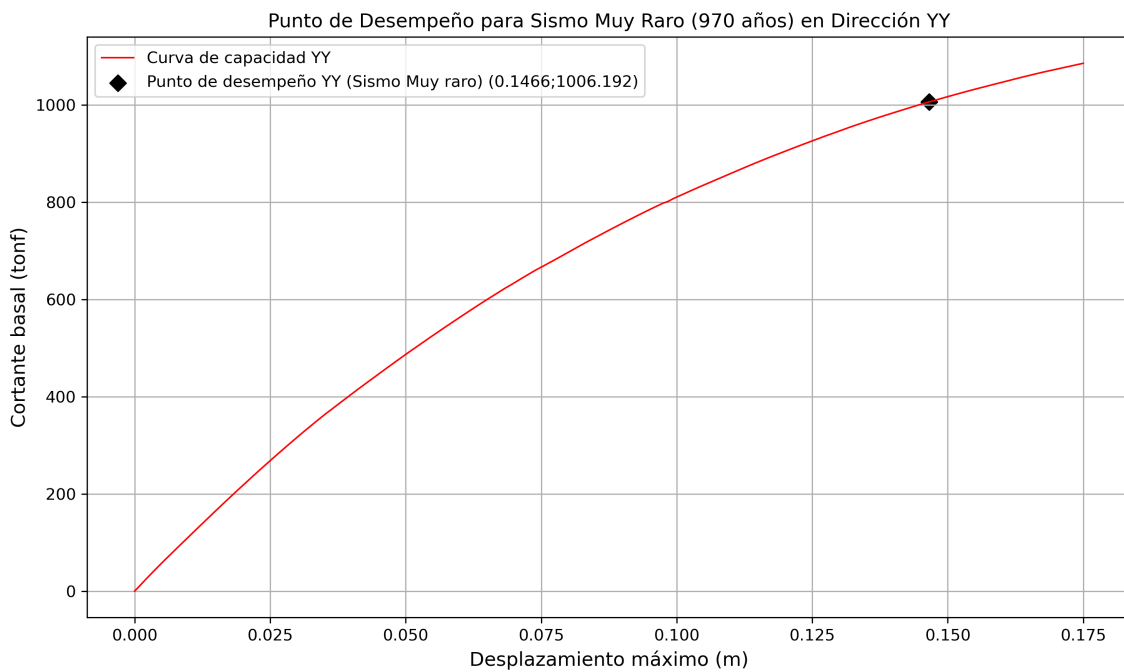


**Figura 3.38:** Punto de desempeño para un Sismo Raro en la dirección Y.

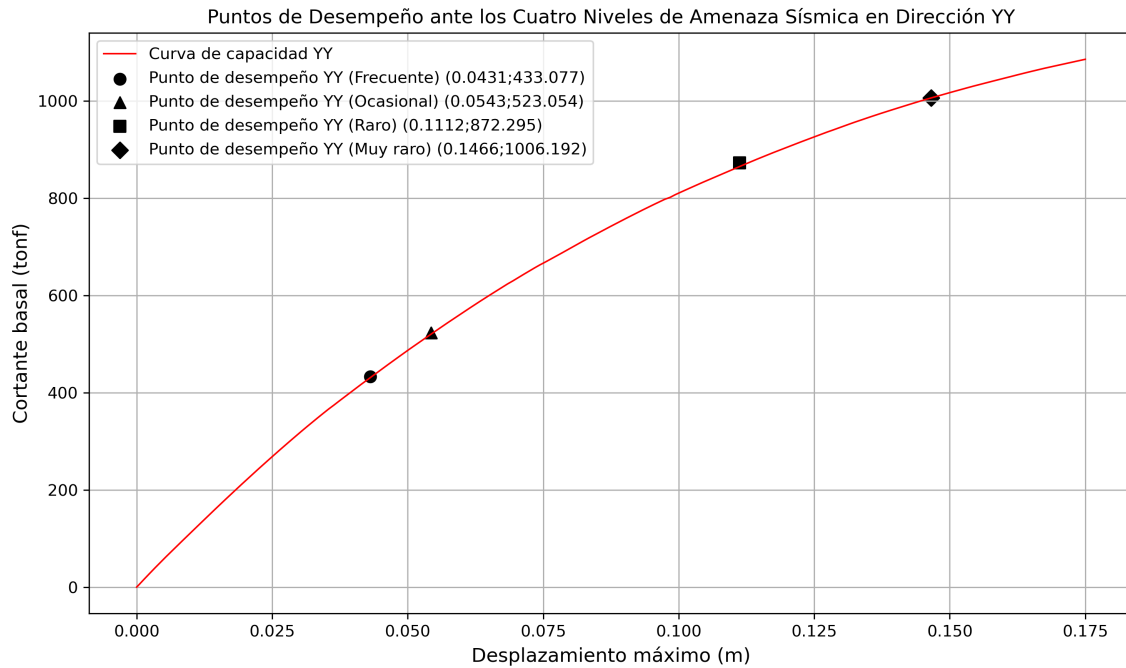
2.4 Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en la *dirección Y*.

Sismo Muy Raro - Dirección YY

$C_0$	1.4
$C_1$	1.033
$C_2$	1.005
$S_a$	0.843
$T_e(seg)$	0.694
$g(m/s^2)$	9.81
$\delta_t(cm)$	14.66

**Tabla 3.14** . Desplazamiento objetivo para un sismo Muy Raro en la dirección Y.**Figura 3.39:** Punto de desempeño para un Sismo Muy Raro en la dirección Y.

2.5 Puntos de desempeño ante los cuatro niveles de amenaza sísmica en la *dirección* Y.



**Figura 3.40:** Puntos de desempeño sísmico en la dirección Y.

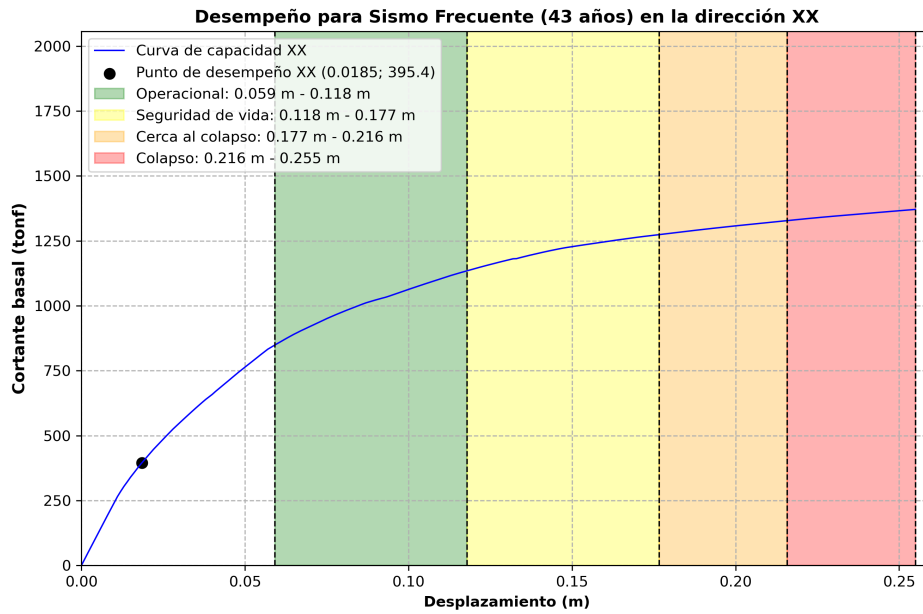
Estos desplazamientos objetivos nos sirven para encontrar o determinar el desempeño sísmico de acuerdo a la zonificación de los niveles de desempeño en la curva de capacidad de la estructura.

### 3.9.8 Evaluación del desempeño sísmico de acuerdo al comité VISION 2000

En vista de haber calculado el punto de desempeño se puede ubicar en el gráfico de sectorización de acuerdo al VISION 2000 para obtener el desempeño sísmico ante los cuatro niveles de amenaza sísmica.

#### 1. El desempeño sísmico determinado para la *dirección X*.

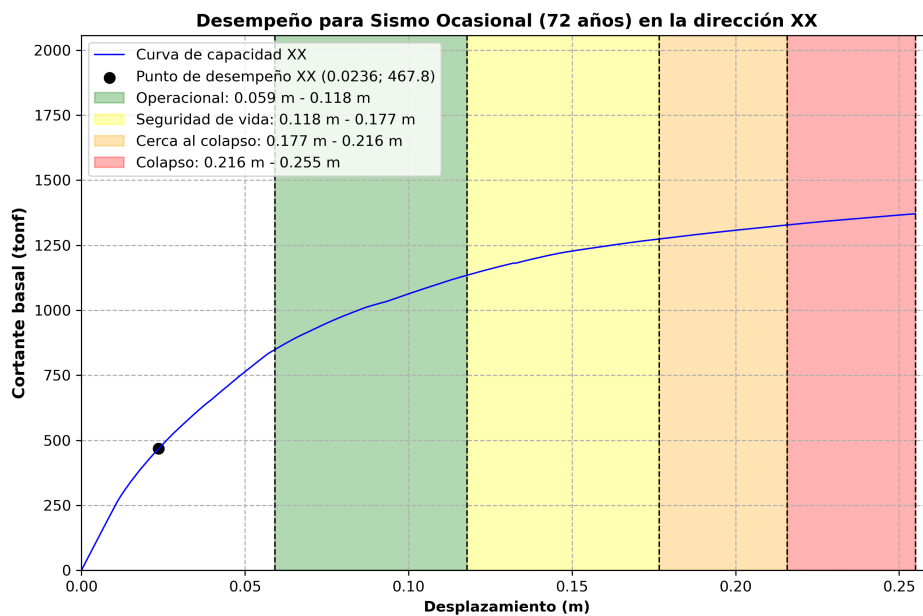
##### 1.1 Desempeño para un Sismo frecuente (43 años) en la *dirección X*.



**Figura 3.41:** Desempeño para un Sismo Frecuente (43 años) en el eje X.

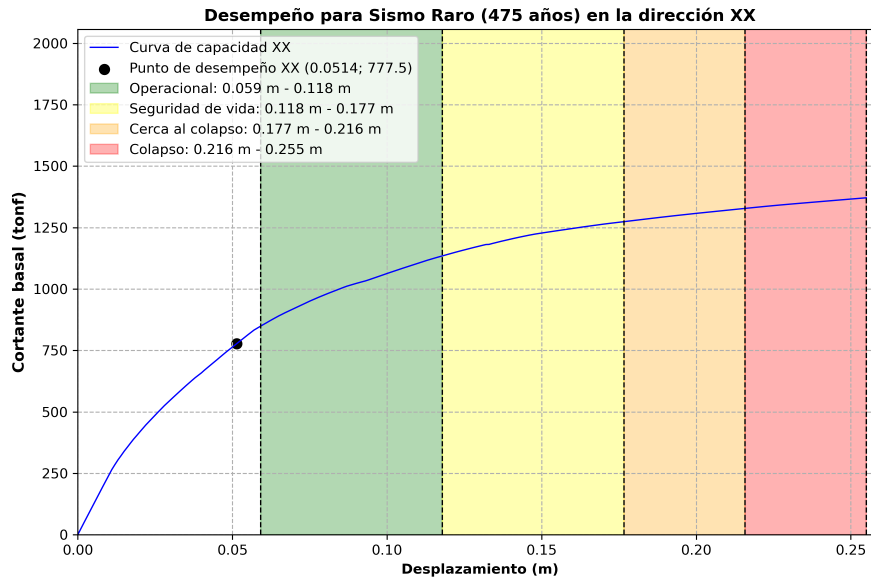
De acuerdo a la figura 3.41, el desempeño de la edificación para un Sismo Frecuente en la dirección X corresponde a **Totalmente Operacional**.

## 1.2 Desempeño para un Sismo ocasional (72 años) en la *dirección X*.



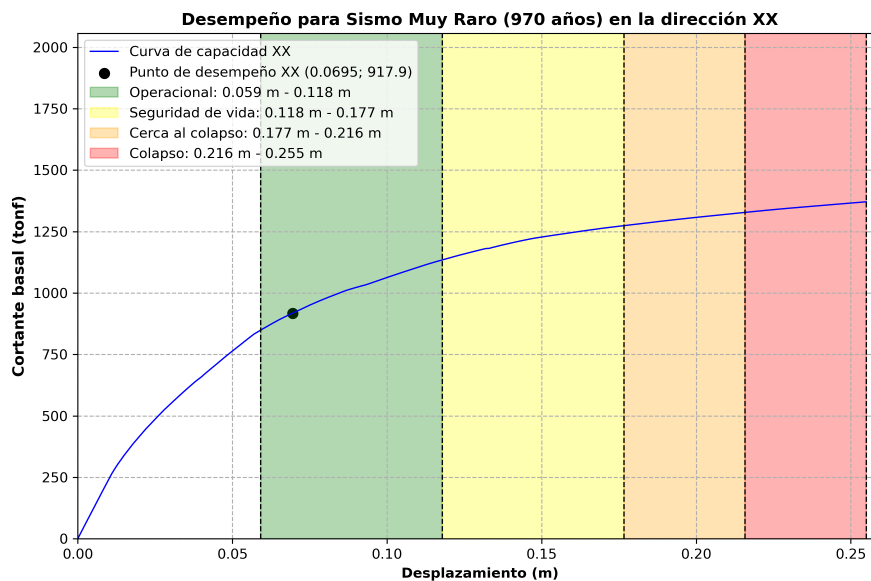
**Figura 3.42:** Desempeño para un Sismo Ocasional (72 años) en el eje X.

De acuerdo a la figura 3.42, el desempeño de la edificación para un Sismo Ocasional (72 años) en la dirección X corresponde a **Totalmente**

*Operacional.*1.3 Desempeño para un Sismo raro (475 años) en la *dirección X*.

**Figura 3.43:** Desempeño para un Sismo Raro (475 años) en el eje X.

De acuerdo a la figura 3.43, el desempeño de la edificación para un Sismo Ocasional (72 años) en la dirección XX corresponde a **Totalmente Operacional**.

1.4 Desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en la *dirección X*.

**Figura 3.44:** Desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en el eje X.

De acuerdo a la figura 3.44, el desempeño de la edificación para un Sismo Ocasional (72 años) en la dirección X corresponde a **Operacional**.

1.5 Desempeño sísmico de la edificación en la *dirección X* ante los cuatro niveles de amenaza sísmica, figura 3.45.

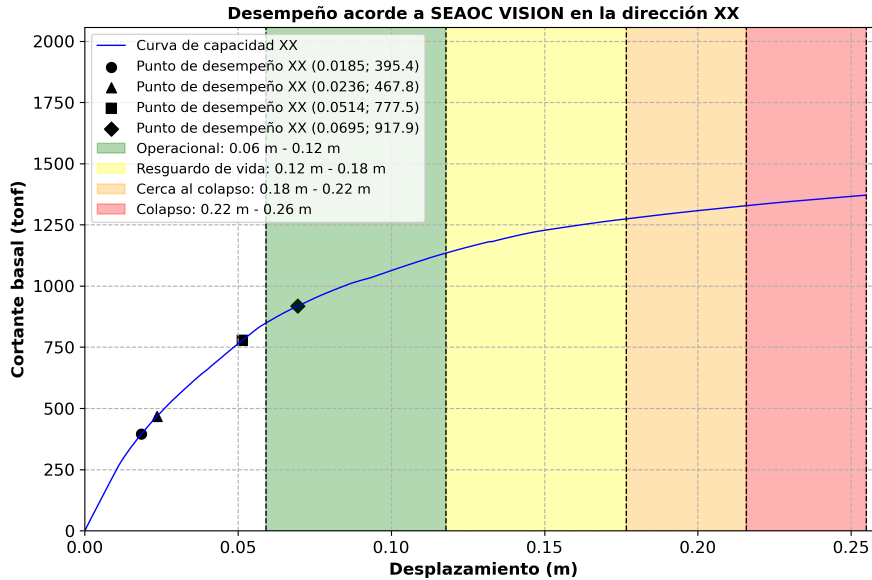


Figura 3.45: Desempeño sísmico ante los cuatro niveles de amenaza sísmica en el eje X.

## 2. Desempeño sísmico de la estructura en el *eje Y*.

2.1 Desempeño para un Sismo frecuente (43 años) en el *eje Y*.

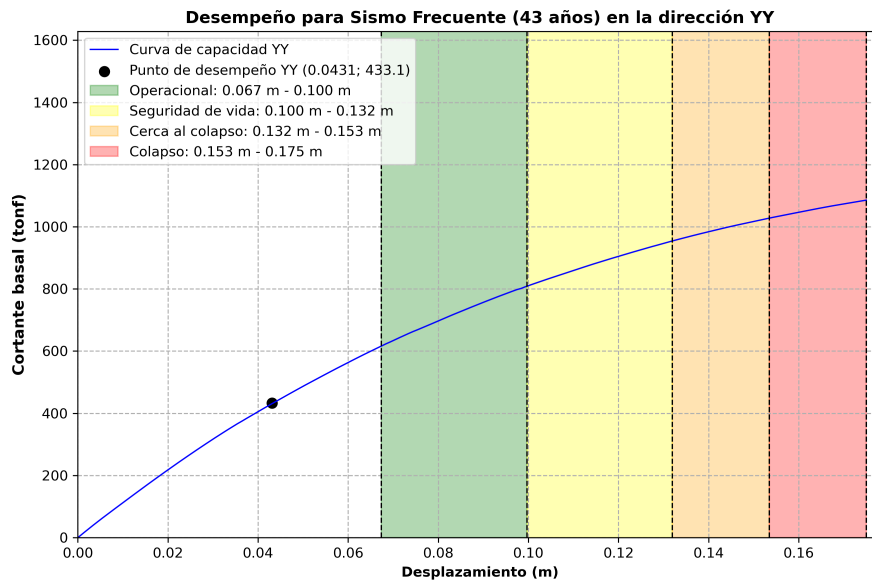
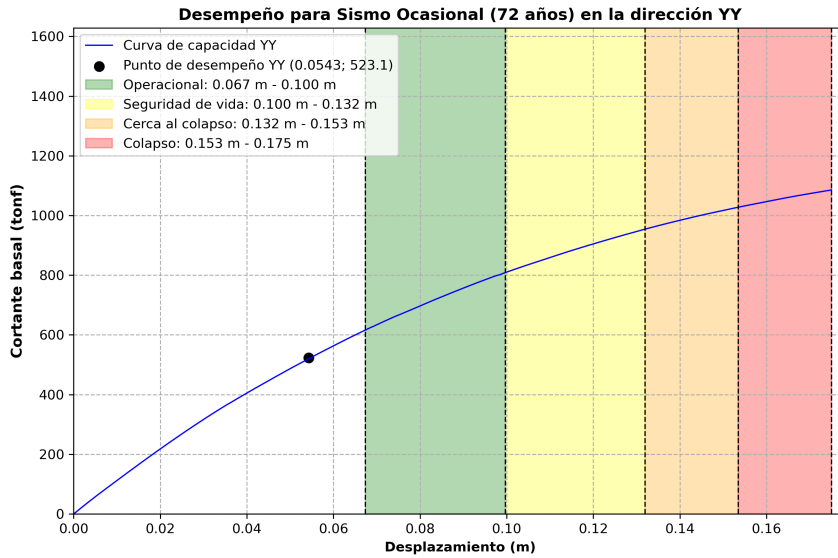


Figura 3.46: Desempeño para un Sismo Frecuente (43 años) en el eje Y.

De acuerdo a la figura 3.46, el desempeño de la edificación para un Sismo Frecuente (43 años) en la dirección YY corresponde a **Totalmente Operacional**.

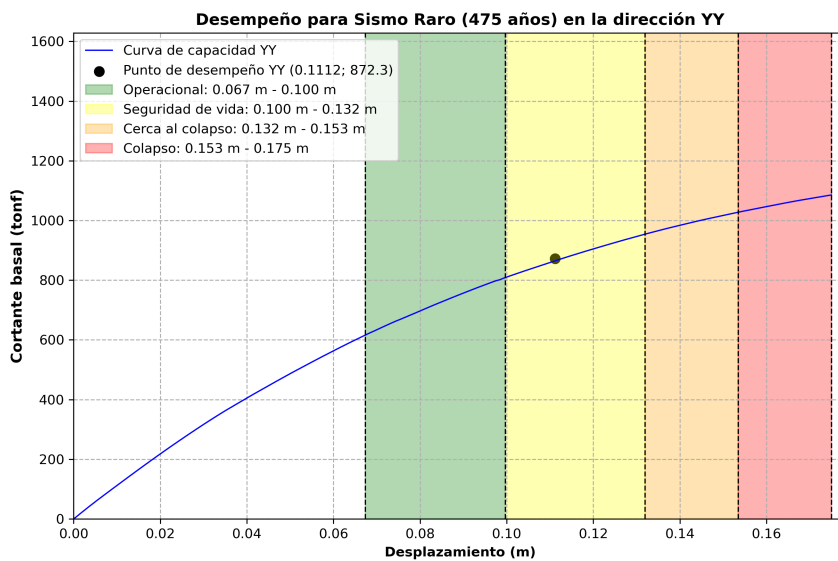
2.2 Desempeño para un Sismo ocasional (72 años) en la *dirección Y*.



**Figura 3.47:** Desempeño para un Sismo Ocasional (72 años) en el eje Y.

De acuerdo a la figura 3.47, el desempeño de la edificación para un Sismo Ocasional (72 años) en la dirección Y corresponde a **Totalmente Operacional**.

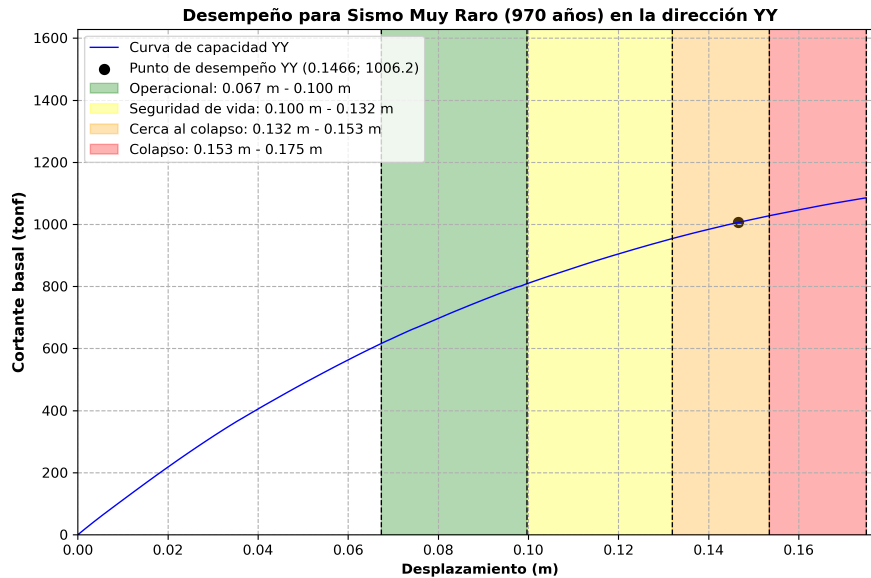
2.3 Desempeño para un Sismo raro (475 años) en la *dirección Y*.



**Figura 3.48:** Desempeño para un Sismo Raro (475 años) en el eje Y.

De acuerdo a la figura 3.48, el desempeño de la edificación para un Sismo Raro (475 años) en la dirección Y corresponde a *Seguridad de Vida*.

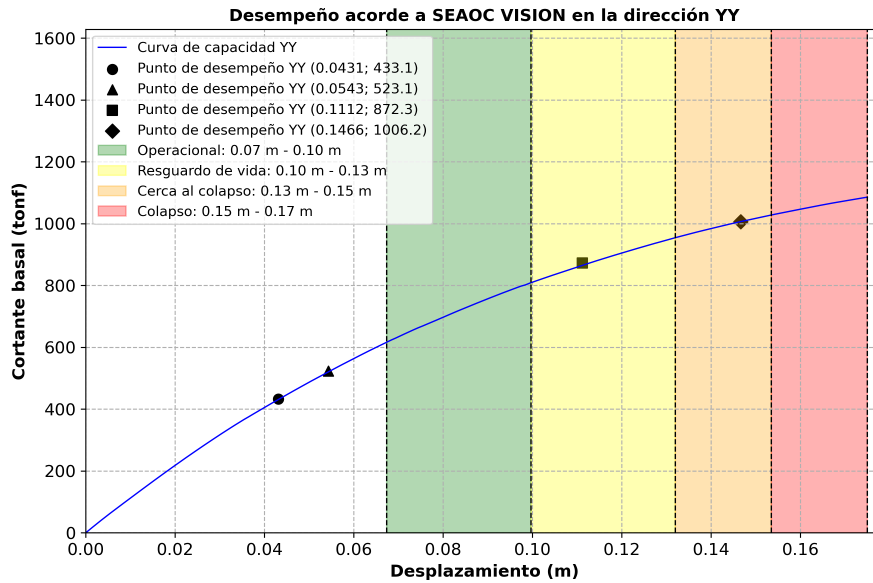
#### 2.4 Desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en la *dirección Y*.



**Figura 3.49:** Desempeño para un Sismo Muy Raro (970 años) en el eje Y.

De acuerdo a la figura 3.49, el desempeño de la edificación para un Muy Raro (970 años) en la dirección Y corresponde a *Cercano al Colapso*.

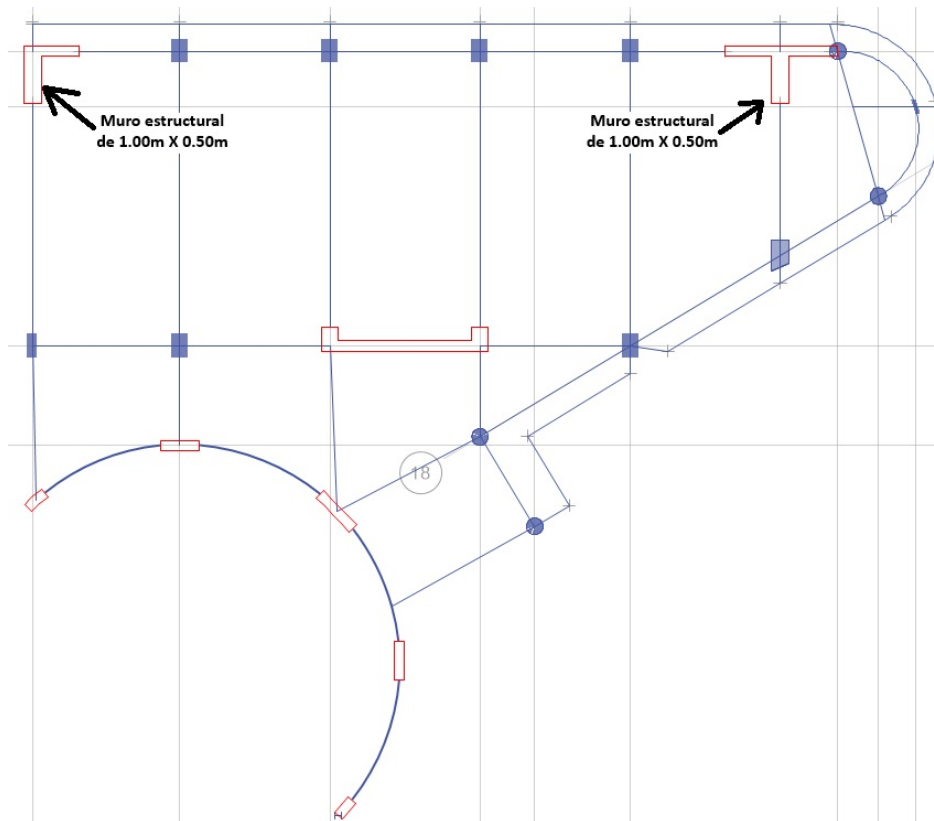
#### 2.5 Desempeño sísmico de la edificación en la *dirección Y* ante los cuatro niveles de amenaza sísmica, figura 3.50.



**Figura 3.50:** Desempeño sísmico ante los cuatro niveles de amenaza sísmica en el eje Y.

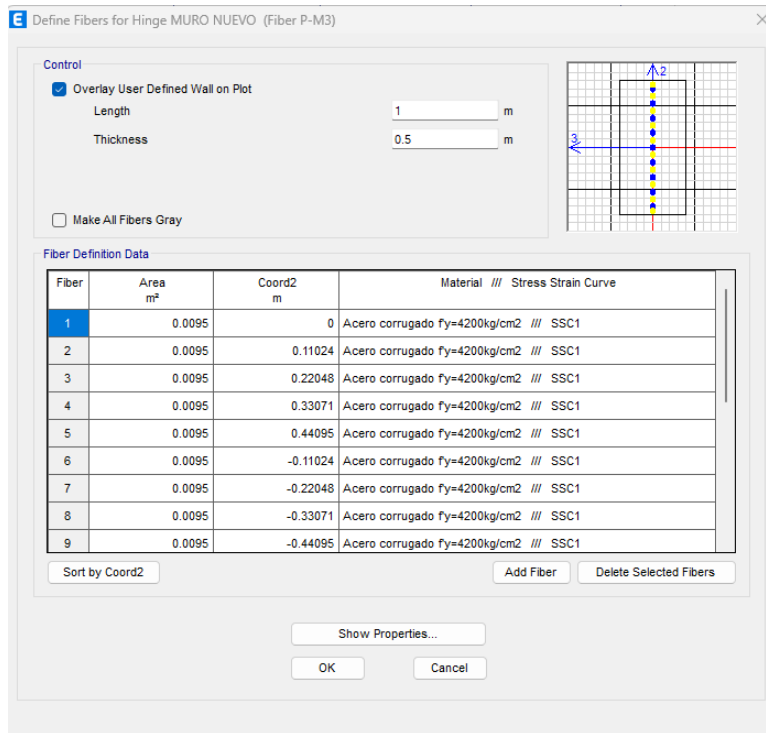
### 3.9.9 Propuesta de intervención estructural

La intervención estructural consiste en implementar 02 muros de corte (1.00m de largo y 0.50m de espesor) como se ilustra en la figura 3.51. Estos muros aumentan la rigidez estructural en la dirección longitudinal (eje Y).



**Figura 3.51:** Modelo reforzado en etabs.

Los nuevos muros de corte se dividen en 19 fibras (09 de acero de refuerzo y 10 de concreto), figura 3.52.



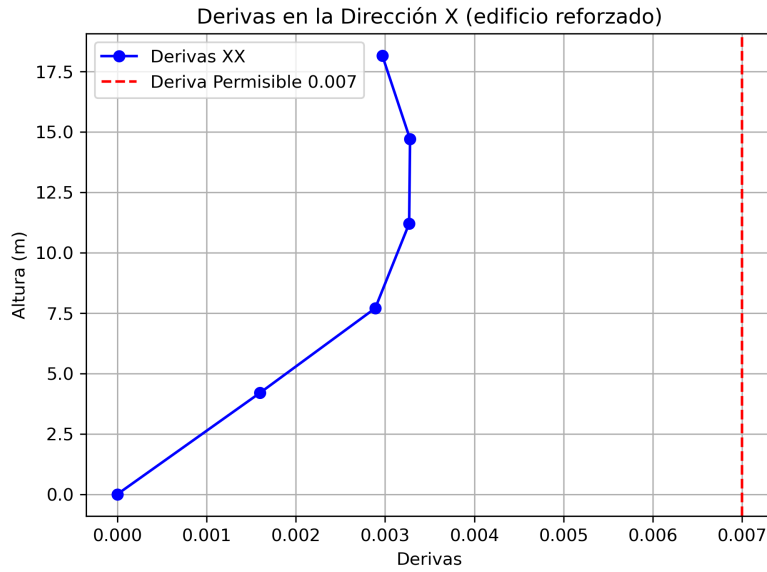
**Figura 3.52:** Fibras de los nuevos muros.

Una vez concluido la modelación incluyendo a los nuevos muros de corte, se procede a analizar la estructura para su verificación por la norma peruana y por la SEAOC (1995).

Se verifica el cumplimiento de las derivas de entrepiso de acuerdo a la norma E.030 en la dirección X, Tabla 3.15 .

	Deriva elástica $\phi_e$ (Etabs)	Deriva inelástica $\phi_e * 0.75 * R$	Norma E.030 $\Delta_i/h_{ei}$	
Story5	0.00066%	0.00297%	0.007%	Cumple
Story4	0.00073	0.00328	0.007	Cumple
Story3	0.00073	0.00327	0.007	Cumple
Story2	0.00064	0.00289	0.007	Cumple
Story1	0.00036	0.00160	0.007	Cumple

**Tabla 3.15 .** Deriva de entrepiso (edificio reforzado) dirección X.

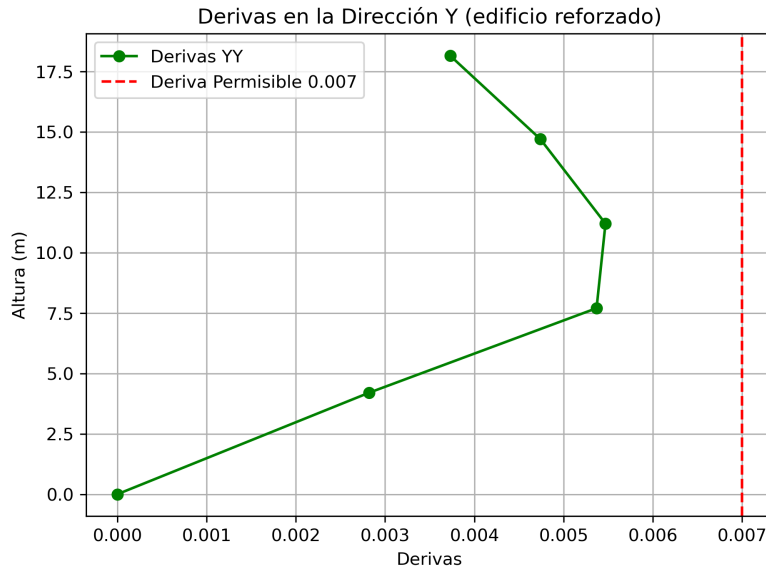


**Figura 3.53:** Derivas de entrepiso (edificio reforzado) dirección X.

Se verifica el cumplimiento de las derivas de entrepiso de acuerdo a la norma E.030 en la dirección Y, Tabla 3.16 .

	Deriva elástica	Deriva inelástica	Norma E.030	
	$\phi_e$ (Etabs)	$\phi_e * 0.75 * R$	$\Delta_i/h_{ei}$	
Story5	0.00083	0.00373	0.007	Cumple
Story4	0.00105	0.00474	0.007	Cumple
Story3	0.00122	0.00547	0.007	Cumple
Story2	0.00119	0.00537	0.007	Cumple
Story1	0.00063	0.00282	0.007	Cumple

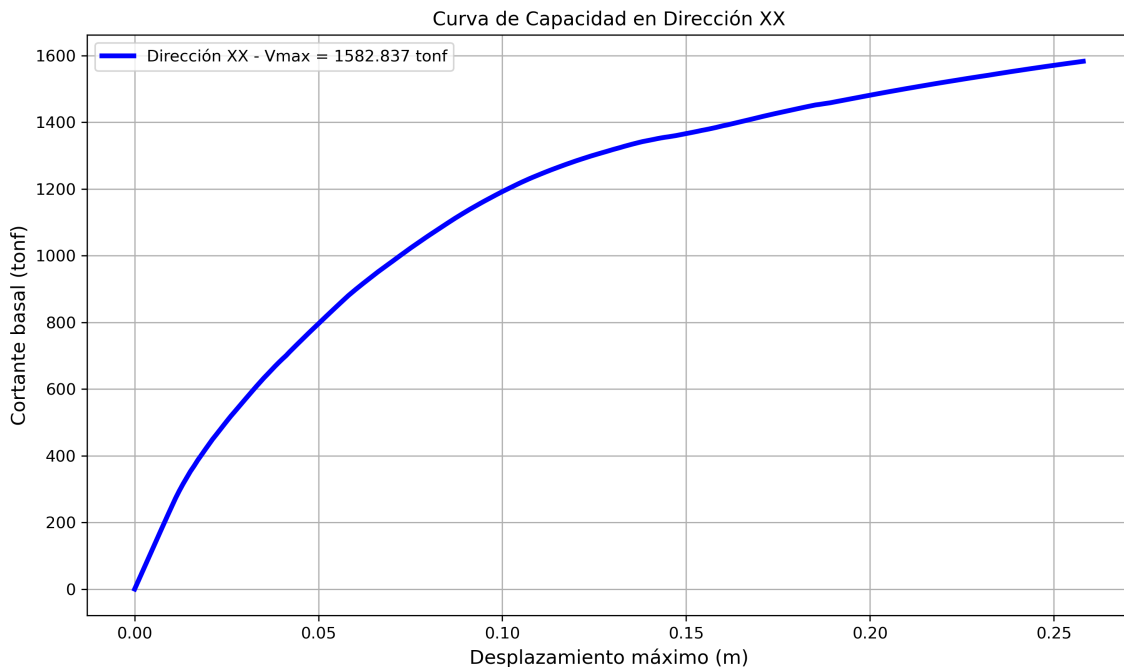
**Tabla 3.16 .** Deriva de entrepiso (edificio reforzado) dirección Y.



**Figura 3.54:** Derivas de entrepiso (edificio reforzado) dirección Y.

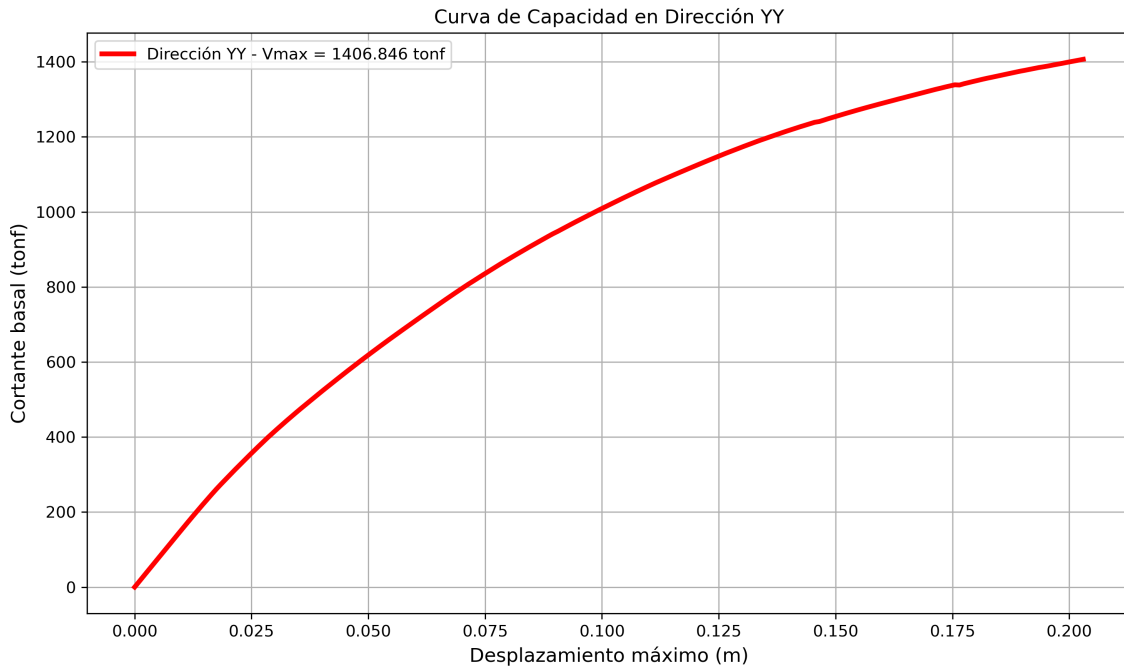
Así mismo se realiza el análisis por desempeño para verificar el cumplimiento de los niveles de desempeño propuestos por la SEAOC (1995).

En la curva de capacidad de la dirección transversal (eje X) con la intervención estructural aumenta su cortante basal en  $211.714\text{tonf}$ .



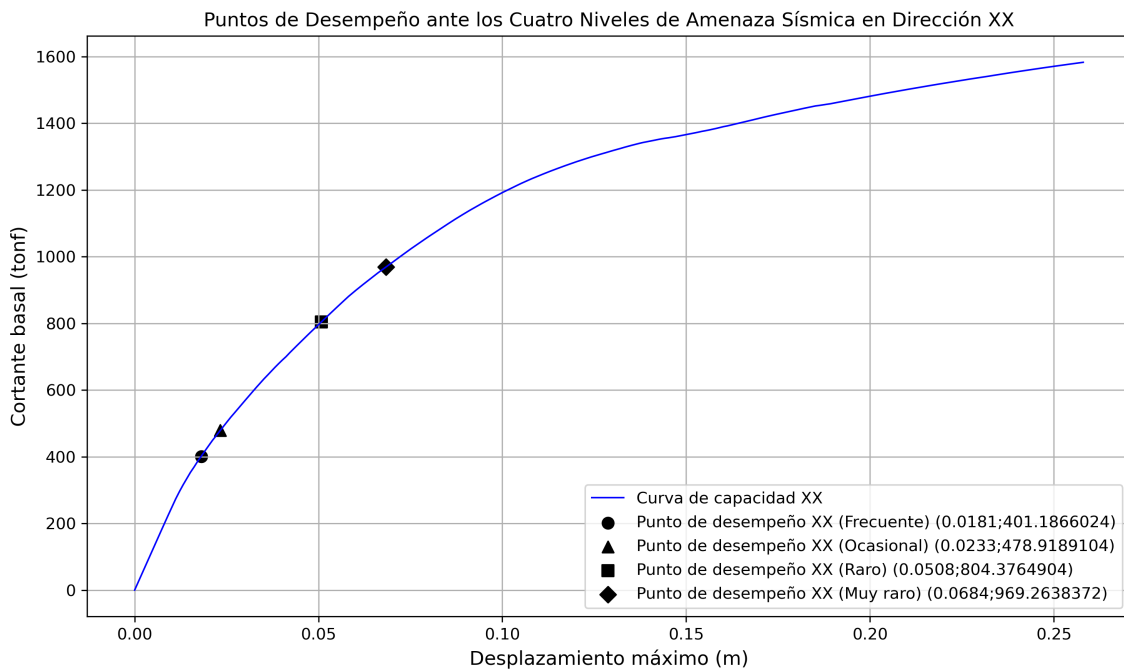
**Figura 3.55:** Curva de capacidad del edificio reforzado en la dirección X.

En la curva de capacidad de la dirección longitudinal (eje Y) con la intervención estructural aumenta su cortante basal en  $321.338\text{tonf}$ .

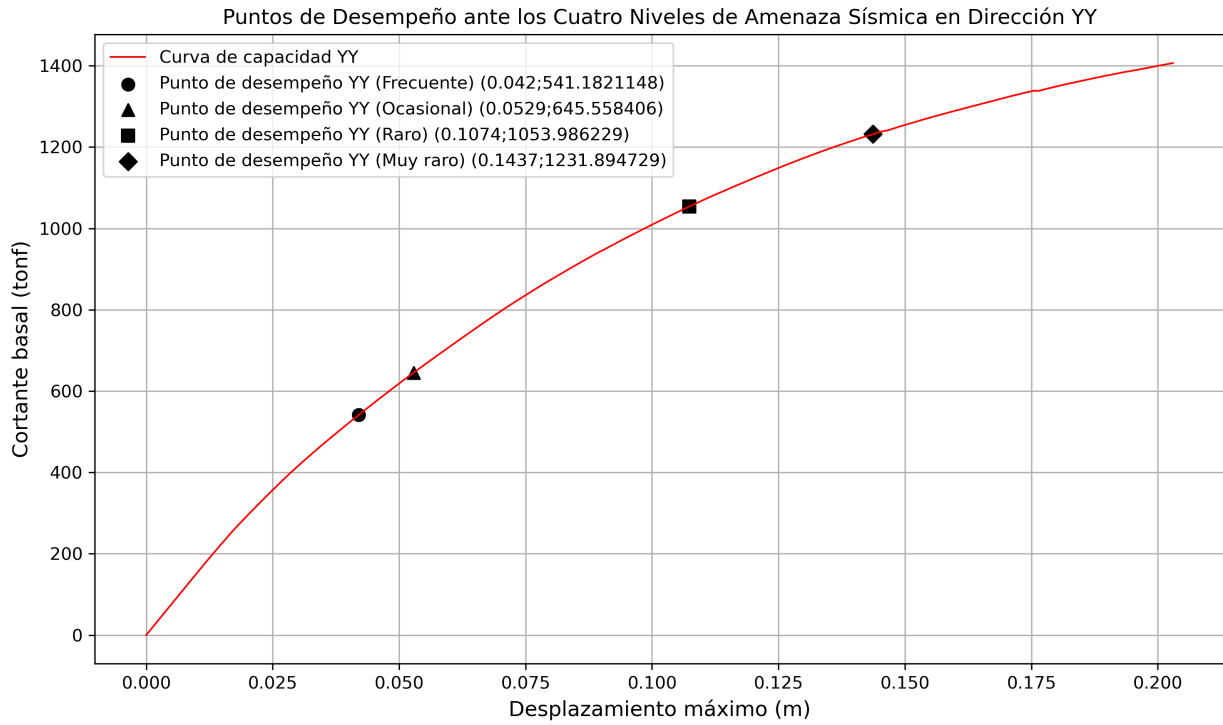


**Figura 3.56:** Curva de capacidad del edificio reforzado en la dirección Y.

Los puntos de desempeño del edificio con la intervención estructural se obtiene usando la ecuación 2.13 . El desempeño para la dirección X se ilustra en la figura 3.57 y para la dirección Y en la figura 3.58.



**Figura 3.57:** Puntos de desempeño en la dirección X del edificio reforzado.



**Figura 3.58:** Puntos de desempeño en la dirección X del edificio reforzado.

” *"La ciencia se compone de errores, que a su vez son los pasos hacia la verdad."*

— Jules Verne

CAPÍTULO **4**

## Resultados

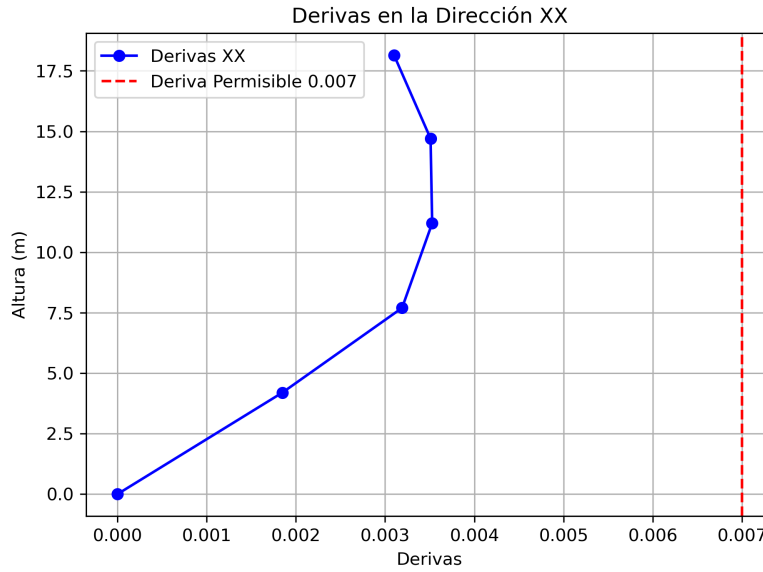
### 4.1 Análisis e interpretación

#### 4.1.1 De la deriva de entrepiso de acuerdo a la norma E.030

- Verificación de las derivas en la *dirección X*.

	Deriva elástica	Deriva inelástica	Norma E.030	
	$\phi_e$ (Etabs)	$\phi_e * 0.75 * R$	$\Delta_i/h_{ei}$	
Story5	0.000689	0.0031005	0.007	Cumple
Story4	0.00078	0.00351	0.007	Cumple
Story3	0.000784	0.003528	0.007	Cumple
Story2	0.000709	0.0031905	0.007	Cumple
Story1	0.000411	0.0018495	0.007	Cumple

**Tabla 4.1** . Deriva de entrepiso dirección X.



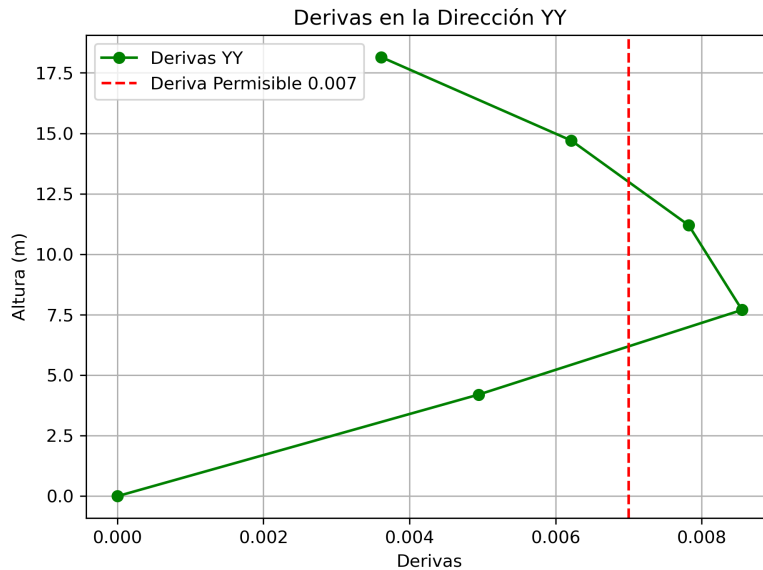
**Figura 4.1:** Derivas en la dirección XX (Análisis Lineal).

**Discusión:** El comportamiento en la dirección X es satisfactorio, ya que todas las derivas inelásticas cumplen con el límite permisible. Esto indica que la estructura es más rígida en esta dirección o que la distribución de los elementos resistentes es adecuada para controlar los desplazamientos laterales.

- Verificación de las derivas en la *dirección Y*.

	Deriva elástica	Deriva inelástica	Norma E.030	
	$\phi_e$ (Etabs)	$\phi_e * 0.75 * R$	$\Delta_i/h_{ei}$	
Story5	0.000803	0.0036135	0.007	Cumple
Story4	0.001184	0.006216	0.007	Cumple
Story3	0.00149	0.0078225	0.007	No cumple
Story2	0.001629	0.00855225	0.007	No cumple
Story1	0.000942	0.0049455	0.007	Cumple

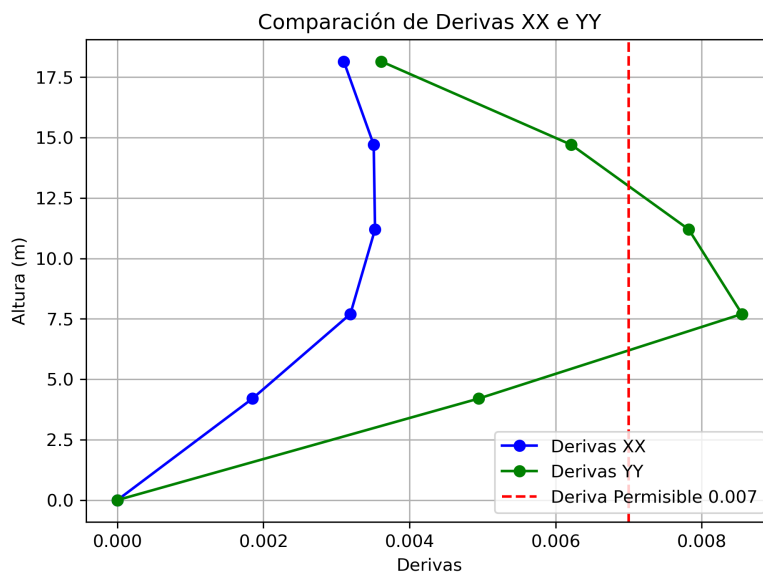
**Tabla 4.2 .** Deriva de entrepiso dirección Y.



**Figura 4.2:** Derivas en la dirección YY (Análisis Lineal).

**Discusión:** El incumplimiento de las derivas en los niveles intermedios (Story3 y Story2) en la dirección Y indica que existen zonas críticas en la estructura que podrían estar sometidas a deformaciones excesivas bajo carga sísmica. Esto podría derivar en daños no estructurales o, en casos severos, en fallas locales. Se recomienda reforzar o rediseñar estos niveles para reducir las derivas. Una opción podría ser aumentar la rigidez lateral de estos niveles, agregando muros de corte o elementos estructurales adicionales para controlar los desplazamientos.

- Se compara ambas derivas obtenidas en el análisis lineal.



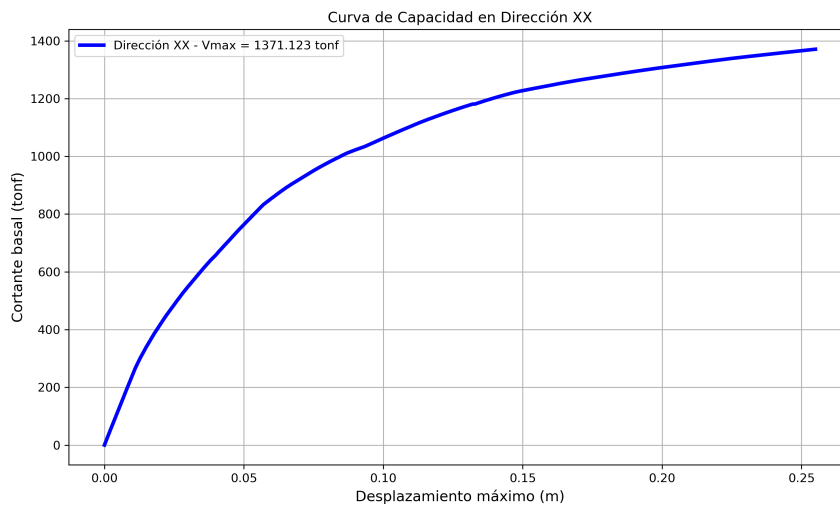
**Figura 4.3:** Comparación de las derivas (Análisis Lineal).

## 4.1.2 De la curva de capacidad

La curva de Capacidad es una representación gráfica que muestra la relación entre la resistencia del edificio frente a cargas laterales y el desplazamiento lateral en el piso superior. El objetivo principal de obtener esta curva es identificar tanto la capacidad de fluencia como la capacidad última de la estructura. El análisis e interpretación de las curvas de capacidad se llevará a cabo según la dirección del análisis, la figura 4.4 corresponde a la curva de capacidad en la dirección XX y la figura 4.7 corresponde a la dirección YY.

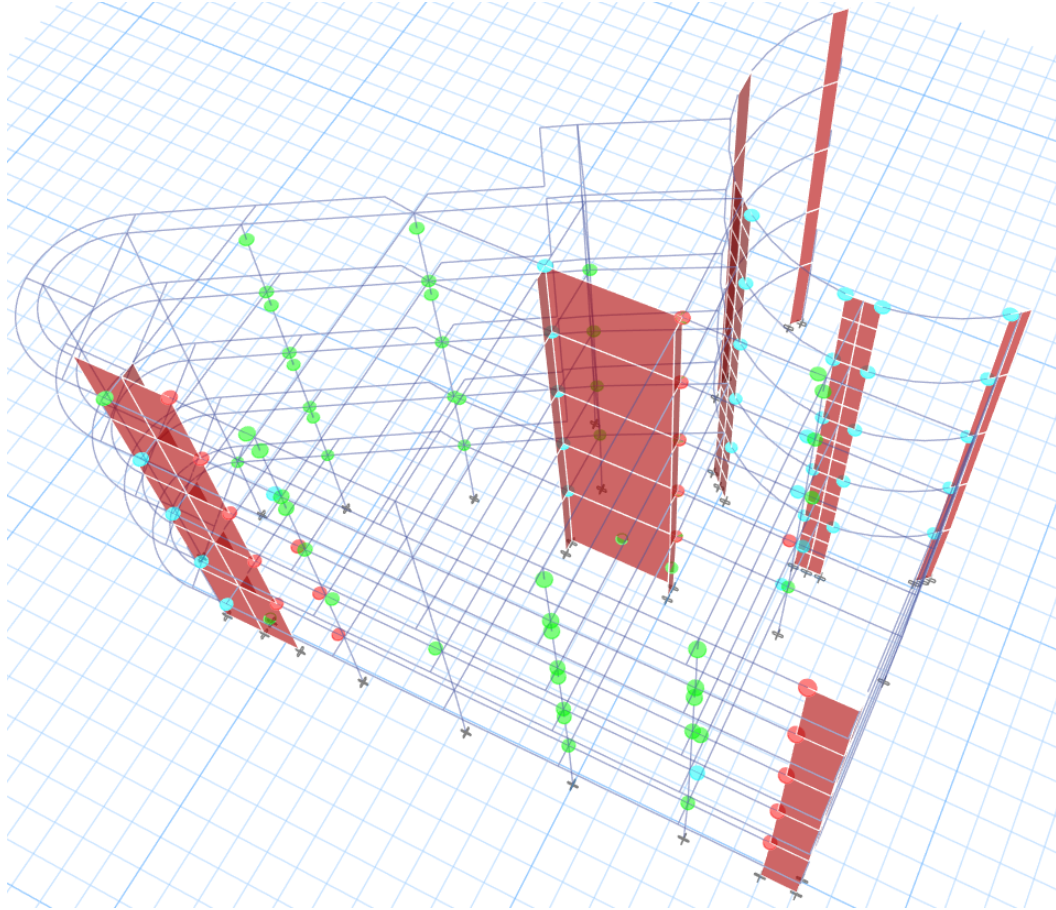
### Curva de capacidad dirección X

La figura 4.4 nos muestra la curva de capacidad en la *dirección X*.



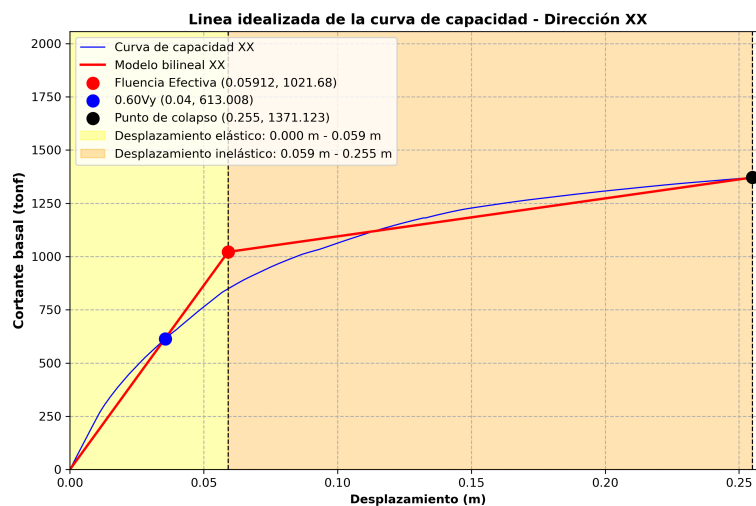
**Figura 4.4:** Curva de capacidad en la dirección XX.

En la figura 4.5 se muestra el último paso del análisis no lineal estático en la dirección X realizado en ETABS, se puede apreciar las rótulas plásticas en los elementos estructurales, donde la falla se da en las vigas.



**Figura 4.5:** Último paso del análisis no lineal en la dirección X.

Para mejor apreciación y para la interpretación se grafica la línea idealizada de la curva de capacidad en la dirección XX como se muestra en la figura 4.6, el cual fue graficado bajo los lineamientos de la figura 2.6 del ASCE/SEI 41-17.



**Figura 4.6:** Interpretación de la curva de capacidad en el eje X.

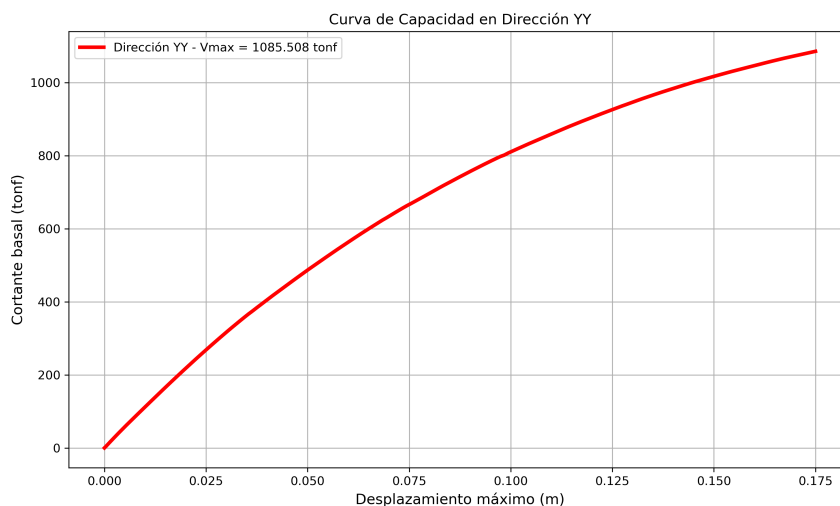
- Del punto de fluencia efectiva, ( $\Delta_y = 5.912\text{cm}$ ,  $V_y = 1021.68\text{ton.f}$ ) este punto representa el inicio del comportamiento inelástico, aquí, la estructura empieza

a sufrir deformaciones permanentes, lo que significa que algunos elementos estructurales han alcanzado su límite elástico.

- Del 60% de  $V_y$ , es una zona de advertencia donde la estructura aún no ha alcanzado su límite elástico completo, pero comienza a acumular deformaciones más significativas, aunque de forma moderada. Por lo que podemos decir, cuando la edificación sufre un desplazamiento de  $0.04m$  con una cortante basal de  $613.01tonf$  que corresponde al 60% de  $V_y$ , la estructura podría presentar los primeros signos de debilidad estructural como el agrietamiento.
- Del punto de colapso ( $\Delta_d = 25.50cm$ ,  $V_d = 1371.123tonf$ ), este punto representa la capacidad máxima de la estructura, es decir, el cortante basal máximo que la estructura puede soportar antes de entrar en un estado crítico de colapso. Más allá de este punto, la estructura ya no es capaz de resistir más cargas laterales de manera efectiva, y se encuentra en una fase de colapso inminente. El desplazamiento sigue aumentando, pero sin un incremento significativo en la fuerza, lo que indica la formación de mecanismos de colapso en la estructura.

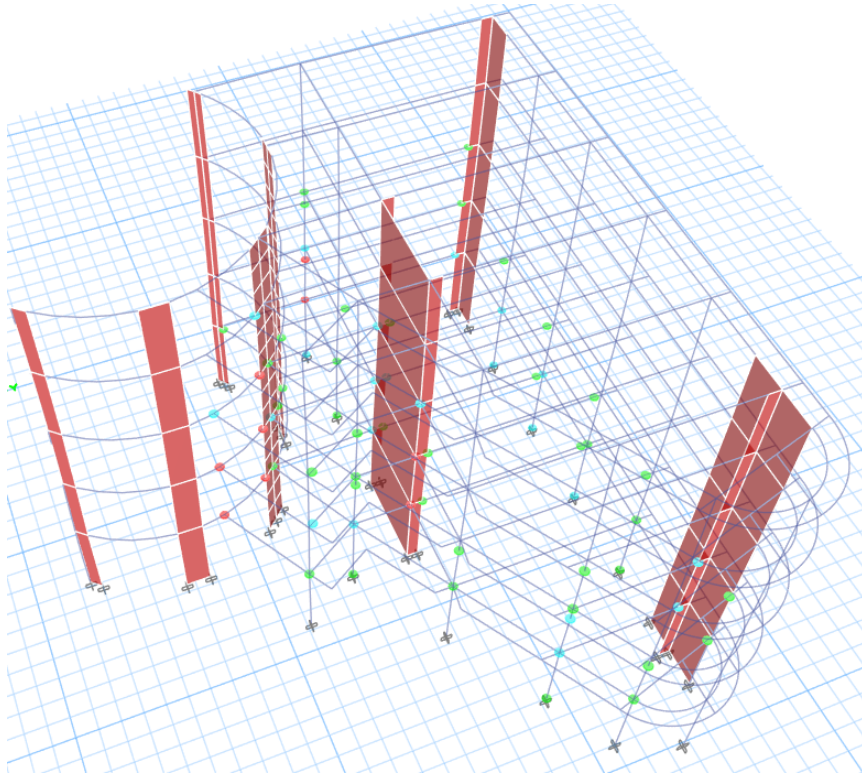
### Curva de capacidad dirección Y

La figura 4.7 nos muestra la curva de capacidad en la *dirección Y*.



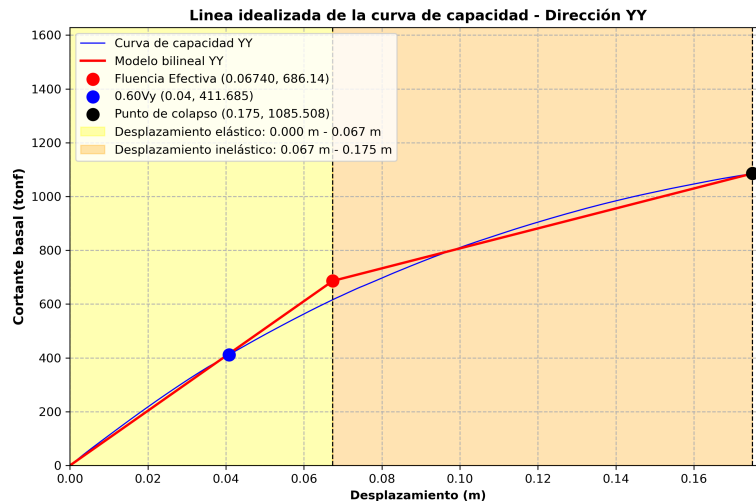
**Figura 4.7:** Curva de capacidad en la dirección Y.

En la figura 4.8 se muestra el último paso del análisis no lineal estático en la dirección Y realizado en ETABS, se puede apreciar las rótulas plásticas en los elementos estructurales, donde la falla se da en las vigas y columnas.



**Figura 4.8:** Último paso del análisis no lineal en el eje Y.

Para mejor apreciación y para la interpretación se grafica la línea idealizada de la curva de capacidad en la dirección YY como se muestra en la figura 4.9, el cual fue graficado bajo los lineamientos de la figura 2.6 del ASCE/SEI 41-17.



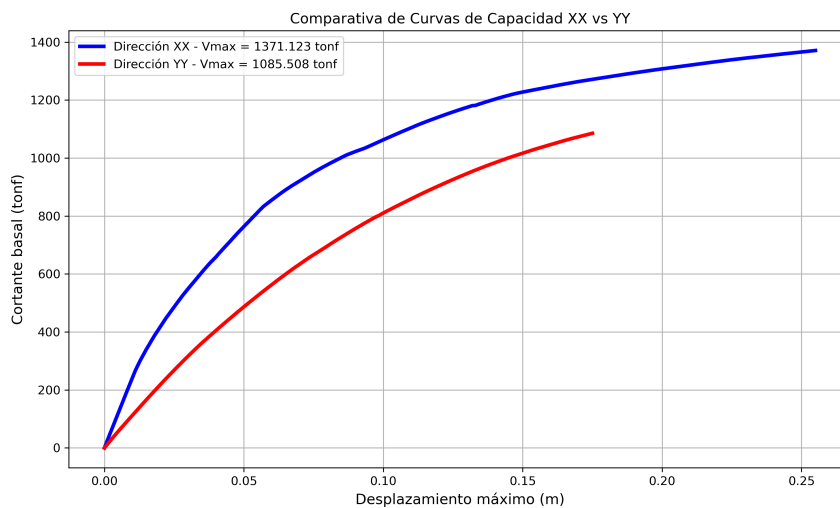
**Figura 4.9:** Interpretación de la curva de capacidad en el eje Y.

- Del punto de fluencia efectiva, ( $\Delta_y = 6.74\text{cm}$ ,  $V_y = 686.14\text{tonf}$ ) este punto representa el inicio del comportamiento inelástico, aquí, la estructura empieza a sufrir deformaciones permanentes, lo que significa que algunos elementos estructurales han alcanzado su límite elástico.

- Del 60% de  $V_y$ , cuando la edificación sufre un desplazamiento de  $0.04m$  con una cortante basal de  $411.685tonf$  que corresponde al 60% de  $V_y$ , la estructura podría presentar los primeros signos de debilidad estructural como el agrietamiento.
- Del punto de colapso, podemos decir que la estructura en la dirección YY llega al colapso cuando  $\Delta_d = 17.50cm$  y  $V_d = 1085.508tonf$ , en este estado la estructura sufre daños severos, se caen elementos no estructurales pero se evita el derrumbe de la edificación.

### Comparación de las curvas de capacidad entre ambas direcciones

En la figura 4.10 se ilustra la comparación entre la curva de capacidad de la dirección X y dirección Y.



**Figura 4.10:** Comparación entre las curvas de capacidad de ambas direcciones.

Análisis e interpretación:

- La cortante basal máxima de la dirección X ( $V_d = 1371.123tonf$ ) es mayor que la dirección Y ( $V_d = 1085.508tonf$ ), lo que indica que la estructura es más resistente a las cargas laterales en la dirección X. Esta diferencia se da por la distribución de elementos estructurales como los muros de corte en la dirección X que ofrecen mayor rigidez o resistencia.
- La rigidez en la dirección X es mayor que la rigidez en la dirección Y. Esto se debe a una distribución irregular de elementos estructurales.
- Respecto al comportamiento inelástico, la curva de la dirección X sigue siendo más pronunciada, lo que indica que la estructura tiene una mayor capacidad de absorción de energía en esa dirección antes de llegar a la falla.

### 4.1.3 De la ductilidad del edificio

Para la curva de capacidad de la dirección X se puede apreciar en la figura 4.6, de donde se ha obtenido un desplazamiento de fluencia  $0.0591m$  y un desplazamiento último de  $0.255m$  resultando una ductilidad de 4.31; en cambio, en la *dirección Y* el desplazamiento de fluencia es de  $0.0674m$  y el desplazamiento último es  $0.175m$  resultando una ductilidad de 2.60.

De acuerdo a la tabla 10.6 del ASCE/SEI 41-17 podemos clasificar la estructura en la dirección X de alta ductilidad al ser  $4.31 > 4$  y en la dirección Y corresponde a una demanda de ductilidad moderada  $2 < 2.60 < 4$

El valor de ductilidad en la dirección X indica que la estructura tiene una capacidad significativa para deformarse inelásticamente sin sufrir fallos frágiles, esto es beneficioso desde el punto de vista sísmico, ya que una mayor ductilidad permite que la estructura disipe más energía durante un sismo, reduciendo el riesgo de colapso.

Por otro lado, la ductilidad en la dirección Y indica que la estructura puede deformarse inelásticamente, pero con una menor capacidad de disipación de energía en comparación con la dirección X. Aunque la estructura en la dirección Y no es tan dúctil, sigue siendo capaz de soportar deformaciones inelásticas sin colapsar, pero la demanda sísmica en esta dirección podría requerir un mayor control de desplazamientos o refuerzos adicionales para mejorar su comportamiento sísmico.

### 4.1.4 Del desempeño sísmico

La figura 2.5 y 4.11 nos muestran el desempeño sísmico esperado para las distintas edificaciones según VISION 2000 (SEAOC,1995), en vista que nuestra estructura corresponde a una edificación importante de acuerdo a la norma E.030 y que para el desempeño esperado no existe específicamente un objetivo para ello según la figura 4.11, entonces la estructura se evaluará con los objetivos esenciales.

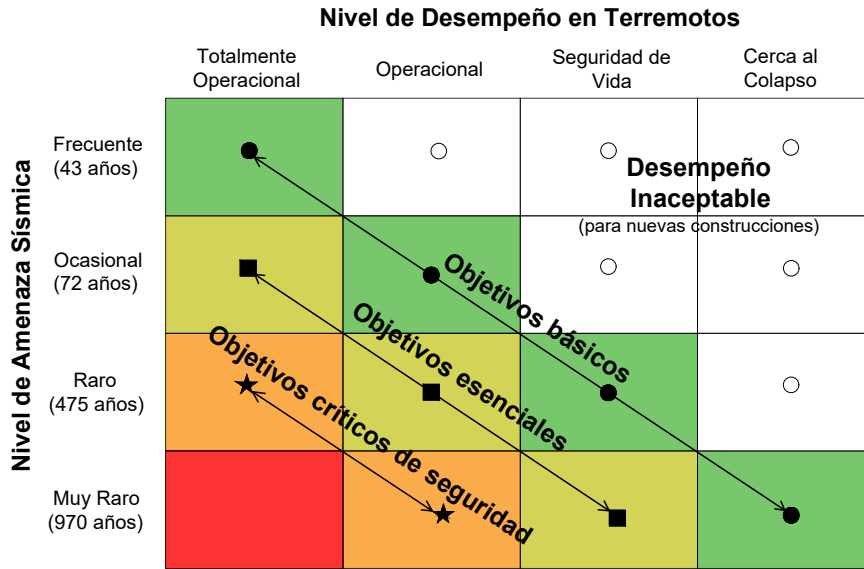


Figura 4.11: Desempeño esperado para la edificación.  
(Fuente: Adaptado del Seac, 1995)

A) Desempeño sísmico para la dirección X.

El desempeño sísmico determinado para la *dirección X* ante los cuatro niveles de amenaza sísmica se ilustra en la figura 4.12.

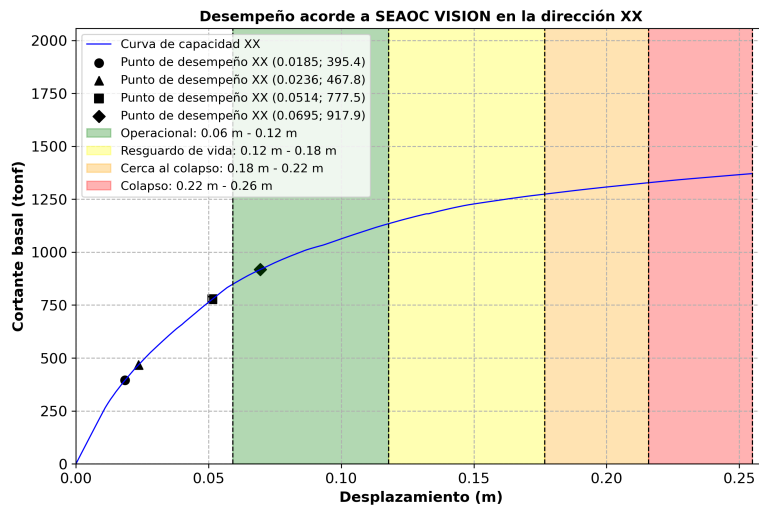
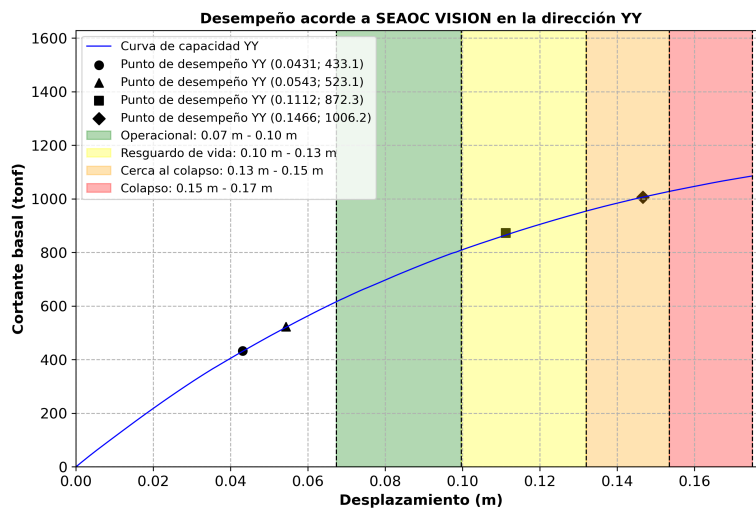


Figura 4.12: Desempeño sísmico en el eje X.

- Para Sismo frecuente (43 años) en la *dirección X*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, no especifica el desempeño sísmico para un *Sismo frecuente* y de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al **Totalmente Operacional**, por lo que la edificación tiene un buen comportamiento de acuerdo a los lineamientos del comité VISION 2000 (Seac, 1995).

- Para Sismo ocasional (72 años) en la *dirección X*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, la edificación deberá tener un nivel de desempeño sísmico *Totalmente Operacional*, y de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al ***Totalmente Operacional***, por lo que la edificación cumple con las especificaciones propuestas por el comité VISION 2000 (Seacoc, 1995).
- Para Sismo raro (475 años) en la *dirección X*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, la edificación deberá tener un nivel de desempeño sísmico *Operacional*, y de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al ***Totalmente Operacional***, por lo que la edificación cumple con las especificaciones propuestas por el comité VISION 2000 (Seacoc, 1995).
- Para Sismo muy raro (970 años) en la *dirección X*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, la edificación deberá tener un nivel de desempeño sísmico *Seguridad de Vida*, y de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al ***Operacional***, por lo que la edificación tiene un buen comportamiento de acuerdo a los lineamientos propuestas por el comité VISION 2000 (Seacoc, 1995).

B) **Desempeño sísmico para la dirección Y.** El desempeño sísmico determinado para la *dirección Y* ante los cuatro niveles de amenaza sísmica se ilustra en la figura 4.13.



**Figura 4.13:** Desempeño sísmico en la dirección Y.

- Para Sismo frecuente (43 años) en la *dirección Y*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, no especifica el desempeño sísmico para un *Sismo frecuente* y

de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al **Totalmente Operacional**, por lo que la edificación tiene un buen comportamiento de acuerdo a los lineamientos del comité VISION 2000 (SEAOC, 1995).

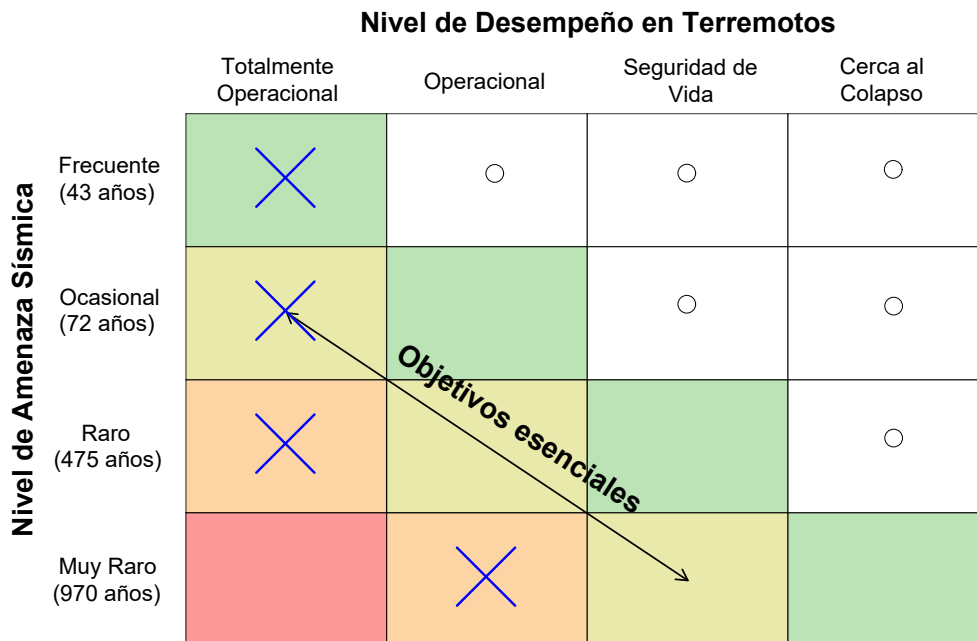
- Para Sismo ocasional (72 años) en la *dirección Y*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, la edificación deberá tener un nivel de desempeño sísmico *Totalmente Operacional*, y de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al **Totalmente Operacional**, por lo que la edificación cumple con las especificaciones propuestas por el comité VISION 2000 (SEAOC, 1995).
- Para Sismo raro (475 años) en la *dirección Y*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, la edificación deberá tener un nivel de desempeño sísmico *Operacional*, y de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al **Seguridad de Vida**, por lo que la edificación no cumple con las especificaciones propuestas por el comité VISION 2000 (SEAOC, 1995).
- Para Sismo muy raro (970 años) en la *dirección Y*, según la SEAOC (1995), figura 4.11, la edificación deberá tener un nivel de desempeño sísmico *Seguridad de Vida*, y de acuerdo nuestro cálculo (figura 4.12), el desempeño sísmico corresponde al **Cercano al Colapso**, por lo que la edificación no cumple con el objetivo propuesto por el comité VISION 2000 (SEAOC, 1995).

### C) Resumen del Desempeño Sísmico obtenido.

Se realiza un cuadro comparativo entre los objetivos del Desempeño Sísmico de acuerdo al comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) y los resultados obtenidos para la edificación en estudio, para la *dirección X* se muestra en la tabla 4.3 y para la *dirección Y* en la tabla 4.4 .

Amenaza Sísmica (Seac, 1995)	Desempeño Sísmico Obtenido	Objetivos de Desempeño (Seac, 1995)	Evaluación del Desempeño Sísmico Obtenido	Estado de daño del desempeño sísmico obtenido
Frecuente (43 años)	Totalmente Operacional	-	Cumple	Sin daño, el servicio continúa.
Ocasional (72 años)	Totalmente Operacional	Totalmente Operacional	Cumple	Sin daño, el servicio continúa.
Raro (475 años)	Totalmente Operacional	Operacional	Cumple	Sin daño, el servicio continúa, las instalaciones opera y funciona después del terremoto, los daños estructurales y no estructurales insignificantes.
Muy Raro (970 años)	Operacional	Seguridad de Vida	Cumple	Se genera un daño ligero, la estructura es segura para ocupación inmediatamente después del terremoto. Los servicios esenciales están protegidos, las operaciones no esenciales se ven interrumpidas, se requieren reparaciones para restaurar algunos servicios no esenciales.

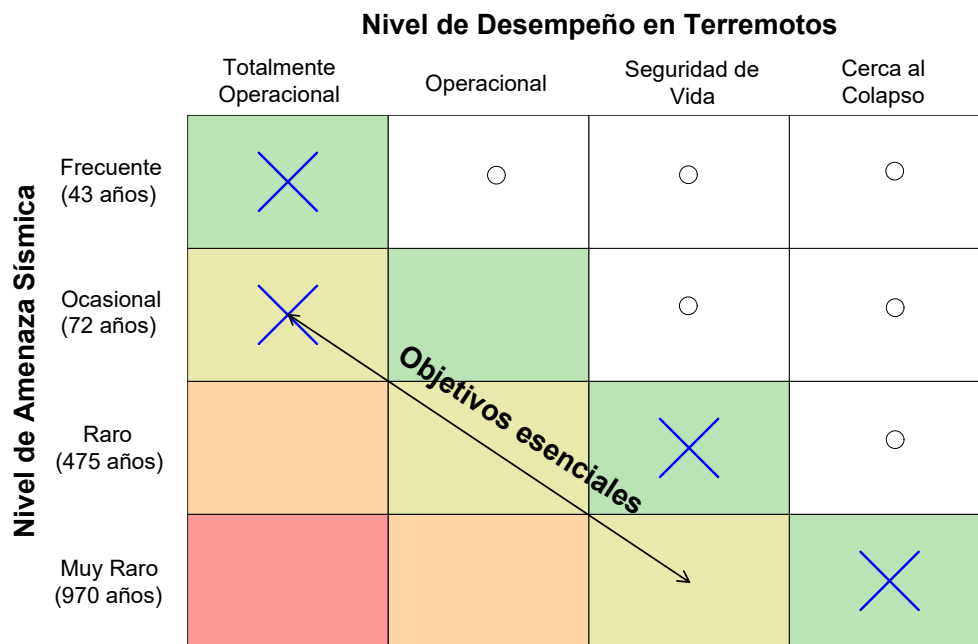
**Tabla 4.3** . Cuadro de Evaluación del desempeño sísmico obtenido, *dirección XX*.



**Figura 4.14:** Matriz de Desempeño sísmico en la dirección X.

Amenaza Sísmica (Seac, 1995)	Desempeño Sísmico Obtenido	Objetivos de Desempeño (Seac, 1995)	Evaluación del Desempeño Sísmico Obtenido	Estado de daño del desempeño sísmico obtenido
Frecuente (43 años)	Totalmente Operacional	-	Cumple	Sin daño, el servicio continúa, la instalación opera y funciona después del terremoto.
Ocasional (72 años)	Totalmente Operacional	Totalmente Operacional	Cumple	Sin daño, pero al superar el $0.60V_y = 411.685tonf$ podrían aparecer los primeros signos de debilidad estructural.
Raro (475 años)	Seguridad de Vida	Operacional	No cumple	Se genera un daño moderado, la estructura está dañada pero permanece estable, los riesgos de caídas permaneces seguros.
Muy Raro (970 años)	Cercano al colapso	Seguridad de Vida	No cumple	El daño es severo. Caen elementos no estructurales pero, se evita el derrumbe del edificio.

**Tabla 4.4** . Cuadro de Evaluación del desempeño sísmico obtenido, *dirección YY*.

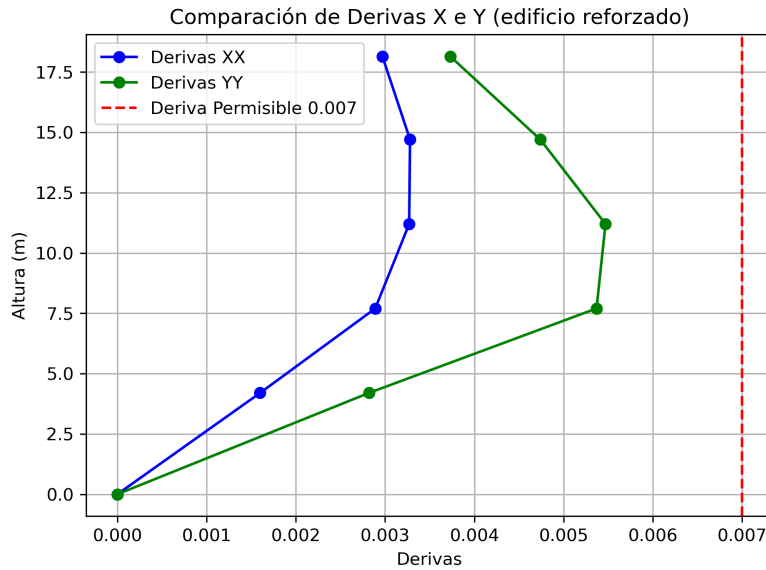


**Figura 4.15:** Matriz de Desempeño sísmico en la dirección Y.

### 4.1.5 De la intervención estructural

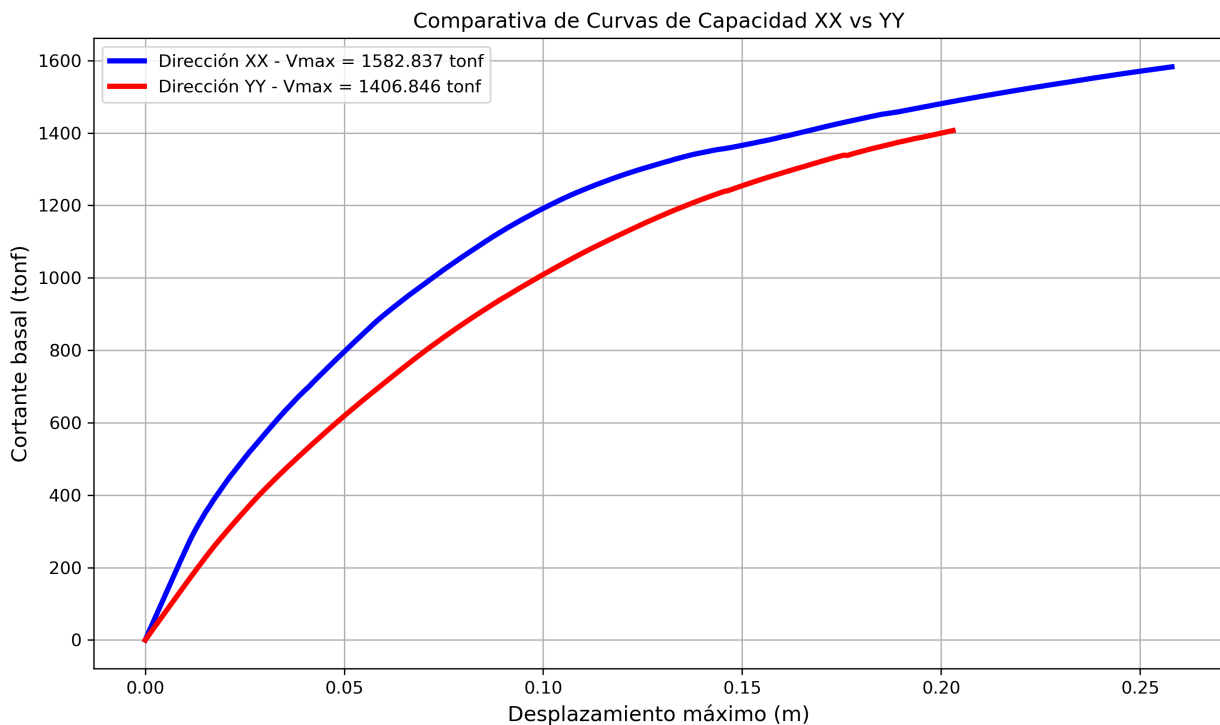
Habiendo propuesto una intervención estructural en la dirección Y, se evaluó nuevamente obteniendo derivas de entrepiso dentro de la normativa peruana, figura 4.16 y desempeños sísmicos que satisfacen los niveles de desempeño propuesto por la SEAOC (1995), figura 4.19 y 4.21.

- Verificación de las derivas en la *dirección X* y *Y*.



**Figura 4.16:** Derivas de entrespiso (edificio reforzado) ambas direcciones.

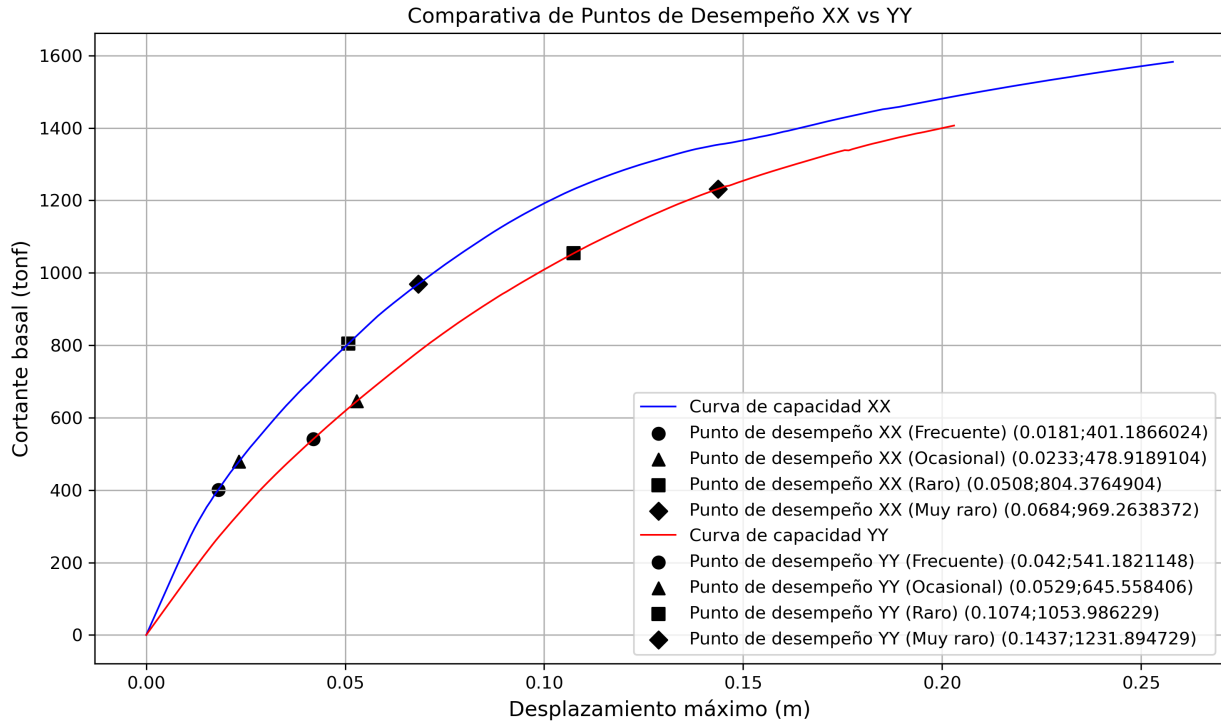
- Curva de capacidad del edificio con la intervención estructural. La capacidad del edificio después de la intervención estructural es de  $1582.837\text{tonf}$  en la dirección X, y  $1406.846\text{tonf}$  en la dirección Y, figura 4.17. Por lo que esta intervención nos permite obtener una mayor resistencia en la dirección Y, lo cual influye en un buen comportamiento ante los eventos sísmicos.



**Figura 4.17:** Curva de capacidad del edificio reforzado.

- Puntos de desempeño del edificio con la intervención estructural.

Se muestra los puntos de desempeño calculados para las curvas de capacidad en ambas direcciones.



**Figura 4.18:** Puntos de desempeño en ambas direcciones del edificio reforzado.

- Desempeño sísmico del edificio con la intervención estructural.

Desempeño sísmico en la dirección transversal (eje X), se muestra en la figura 4.19 que el edificio tiene un nivel de desempeño *Operacional* para un sismo muy raro, por lo que excede el desempeño propuesto (*Seguridad de Vida*) por la SEAOC (2020). Así mismo la ductilidad del edificio en la dirección X es 4.00 por lo que se clasifica como alta ductilidad.

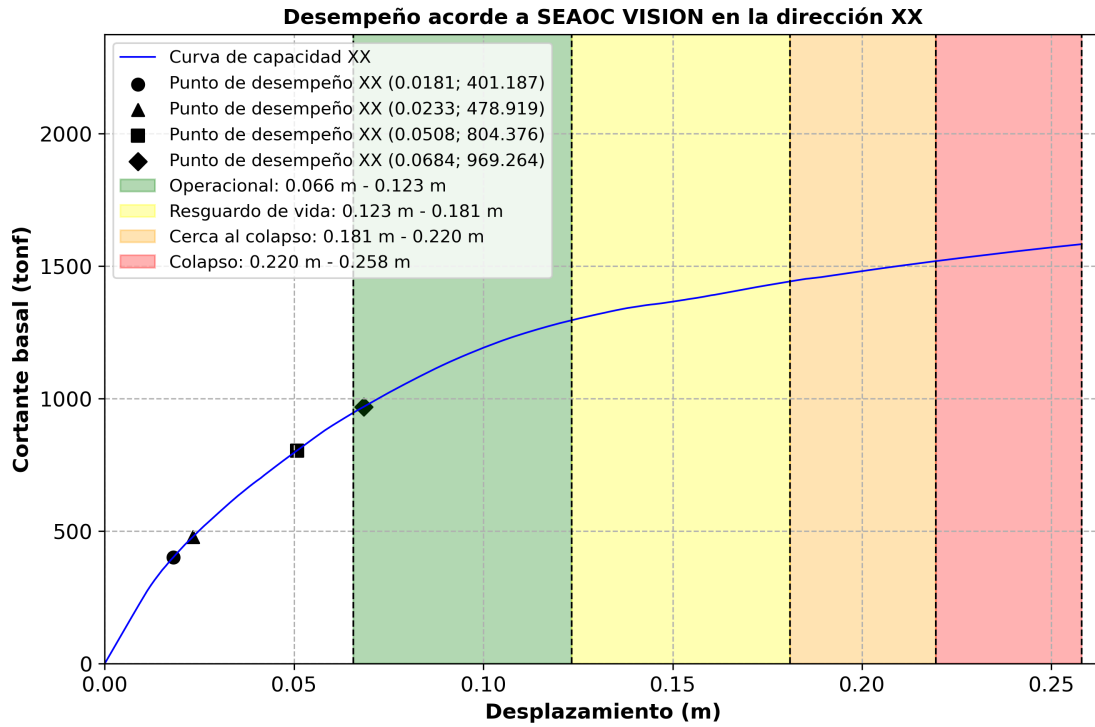


Figura 4.19: Desempeño en la dirección X del edificio reforzado.

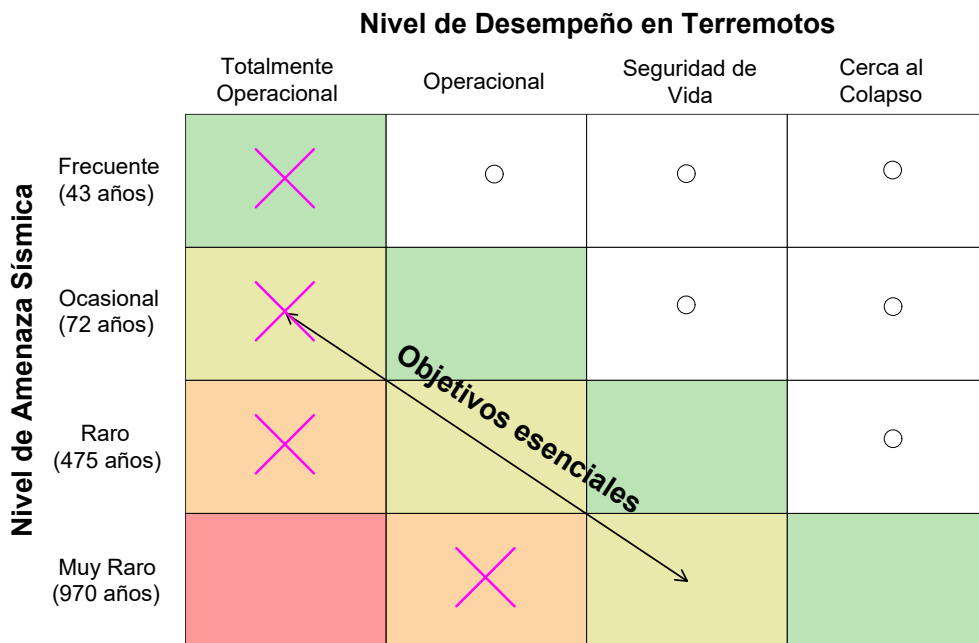
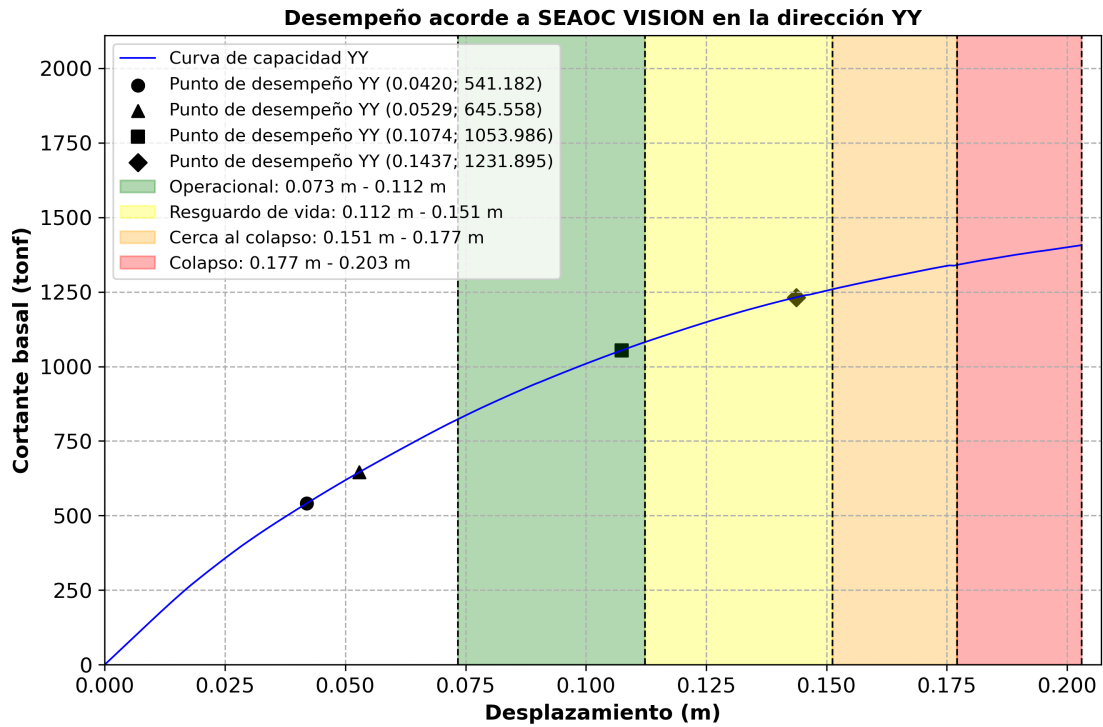


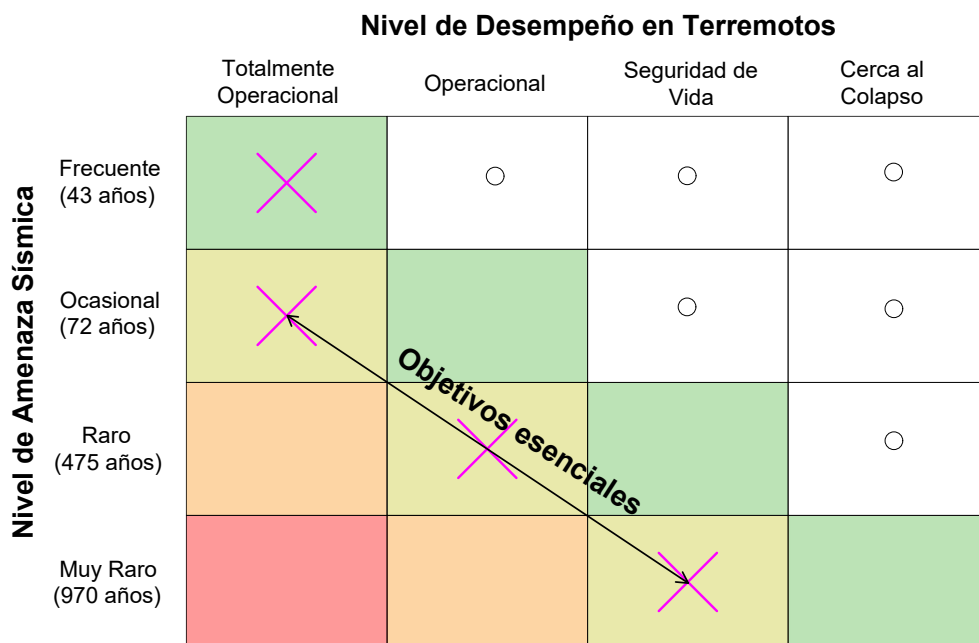
Figura 4.20: Matriz de desempeño sísmico (edificio reforzado) en la dirección X.

Desempeño sísmico en la dirección longitudinal (eje Y), se muestra en la figura 4.21 que el edificio tiene un nivel de desempeño *Seguridad de Vida* para un sismo muy raro, por lo que satisface el desempeño propuesto (*Seguridad de Vida*) por la

SEAO (2020). Así mismo la ductilidad del edificio en la dirección Y es 2.76 por lo que se clasifica como moderada ductilidad.



**Figura 4.21:** Desempeño en la dirección Y del edificio reforzado.  
(Fuente: Propia, imagen adaptado con el Python)



**Figura 4.22:** Matriz de desempeño sísmico (edificio reforzado) en la dirección Y.

## 4.2 Constrastación de Hipótesis

### 4.2.1 Hipótesis general

*"El edificio de Archivo Regional de Ayacucho ante los cuatro niveles de amenaza sísmica está dentro de los niveles de desempeño sísmico recomendados por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC)".*

- El edificio en la dirección X (transversal) se mantiene dentro de los niveles de desempeño sísmico recomendados por el comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) para los cuatro niveles de amenaza sísmica (Frecuente, Ocasional, Raro, Muy Raro) como se muestra en la tabla 4.3 . Mientras que en la dirección Y (longitudinal) no cumple con los niveles de desempeño recomendados para los sismos raro (475 años) y muy raro (970 años), Tabla 4.4 . Por lo tanto la hipótesis general no se valida en su totalidad, en vista que el edificio para la dirección X (transversal) sí cumple pero en la dirección Y (longitudinal) no cumple.

### 4.2.2 Hipótesis específicas

1. *"Los límites de daño permisibles indican el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC)".*

- Se valida la primera hipótesis específica, ya que al determinar los puntos de colapso para las *direcciones XX* y *YY* según las figuras 3.20 y 3.22, se calculó los límites de daños permisibles para los cuatro niveles de desempeño sísmico basado en desplazamientos de nuestro punto de control (figura 3.28 y 3.29) bajo los lineamientos de la figura 3.27 propuesta por la SEAOC (1995). Por lo tanto los límites de daño permisibles son directamente proporcional al desempeño sísmico como se muestra en la tabla 2.5 .

2. *"Los parámetros influyen en el desempeño sísmico del edificio de Archivo Regional de Ayacucho para los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC)".*

- Se valida la segunda hipótesis específica, ya que los parámetros de la ecuación 2.13 tienen gran influencia en el desempeño sísmico de la edificación, tales como:
  - La rigidez lateral de la estructura, este parámetro determina cuánto se desplazará bajo cargas sísmicas.
  - El factor de sitio  $a$ , este factor afecta la forma en que las ondas sísmicas se amplifican o atenúan.

- El periodo fundamental efectivo del edificio  $T_e$ .
- La aceleración espectral de respuesta  $S_a$ .
- El factor  $C_0$ , este factor ajusta la respuesta de un sistema estructural de múltiples grados de libertad (MDOF) a un sistema equivalente de un solo grado de libertad (SDOF).
- El factor  $C_1$ , este factor relaciona los desplazamientos máximos inelásticos con los desplazamientos calculados elásticamente, en términos simples, ajusta el análisis para capturar el comportamiento no lineal real.
- Factor  $C_2$ , este factor ajusta la respuesta para tener en cuenta la pérdida de rigidez que ocurre debido a la plasticidad y a la degradación cíclica de los materiales.

” *"Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es la victoria completa."*

— Mahatma Gandhi

# CAPÍTULO 5

## Conclusiones

### 5.1 Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones planteadas en función del objetivo general, los objetivos específicos de la tesis sobre la evaluación del desempeño sísmico del edificio del Archivo Regional de Ayacucho empleando el método no lineal estático bajo los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 de la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC):

1. El edificio del Archivo Regional de Ayacucho fue evaluado mediante el método estático no lineal (Pushover) según los cuatro niveles de amenaza sísmica propuestos por el comité VISION 2000 del SEAOC (frecuente, ocasional, raro y muy raro). Los resultados indican que el desempeño sísmico en la dirección transversal (eje X) del edificio se encuentra dentro de los objetivos recomendados por el comité VISION 2000, sin embargo en la dirección longitudinal (eje Y) del edificio se encuentra fuera de los objetivos recomendados, alcanzando niveles de daño no compatibles con los requerimientos normativos para las distintas amenazas consideradas. Por lo que se requiere de una intervención estructural en la dirección Y para cumplir con los objetivos de desempeño sísmico recomendados por la SEAOC,1995.
2. Se determinaron los límites permisibles de daño según los cuatro niveles sísmicos establecidos por el comité VISION 2000 (SEAOC). **Para la dirección transversal (X) el límite de daño máximo es de 0.255m (desplazamiento de techo) con un cortante basal de  $v_x=1371.123\text{Tonf}$** , los resultados obtenidos indican que la estructura cumple holgadamente estos límites, alcanzando niveles de desempeño

"Totalmente Operacional" para un sismo raro y "Operacional" para un sismo muy raro. En contraste, **en la dirección longitudinal (Y) el límite de daño máximo es de 0.175m (desplazamiento de techo) con un cortante basal de  $v_x=1085.508\text{Tonf}$** , los resultados indican que el desempeño sísmico está fuera considerablemente de los límites permisibles.

3. Se identificaron los parámetros estructurales que tienen una influencia determinante en el desempeño sísmico del edificio. Los parámetros más significativos fueron **la rigidez lateral**, el **período fundamental efectivo ( $T_e$ )**, **la aceleración espectral ( $S_a$ )**, y **los factores de ajuste ( $C_0, C_1, C_2$ )**, siendo especialmente relevante la rigidez lateral, que mostró una marcada diferencia entre ambas direcciones principales. La dirección transversal (eje X) exhibió mayor rigidez lateral y una ductilidad superior, permitiendo una mejor distribución y disipación de la energía sísmica. En contraste, la dirección longitudinal (eje Y) presentó una menor rigidez lateral y ductilidad moderada, incrementando notablemente su vulnerabilidad y comprometiendo su desempeño sísmico en condiciones extremas, como las que se presentan en sismos raros y muy raros. Por tanto, reforzar estos aspectos específicos permitirá mejorar considerablemente el comportamiento sísmico futuro del edificio.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos se propone una intervención estructural en la dirección longitudinal (eje Y), lo cual no implica modificaciones significativas respecto a la arquitectura y al realizar el análisis en la edificación con la propuesta de adición de muros estructurales se tiene resultados satisfactorios cumpliendo con la normativa peruana y con los niveles de desempeño recomendados por la SEAOC (1995). Con esta intervención estructural se garantiza el correcto comportamiento del edificio ante los 4 niveles de amenaza sísmica satisfaciendo los niveles de desempeño sísmico propuestos por la SEAOC (1995).

## 5.2 Recomendaciones

1. Dado a los resultados obtenidos, se recomienda implementar la intervención estructural del edificio en la dirección Y, donde se tiene una menor rigidez y por ende un mal comportamiento ante eventos sísmicos severos.
2. Extender la aplicación del análisis no lineal estático y dinámico a otras edificaciones críticas en la región de Ayacucho, como hospitales y escuelas, para evaluar su desempeño y proponer refuerzos adecuados.
3. Revisar y actualizar los diseños estructurales considerando normativas más avanzadas, como la ASCE/SEI 41-17, para garantizar que las edificaciones cumplan con estándares más rigurosos de desempeño.

## 5.3 Trabajos futuros

1. Realizar pruebas experimentales en laboratorio para validar los resultados obtenidos en el análisis pushover, utilizando modelos físicos a escala que representen el edificio evaluado.
2. Extender la investigación mediante un análisis dinámico no lineal para evaluar la respuesta del edificio bajo registros sísmicos reales, comparando su comportamiento con el análisis estático (pushover).
3. Desarrollar un análisis de costos a lo largo del ciclo de vida del edificio, evaluando el costo-beneficio de las estrategias de reforzamiento propuestas frente a los riesgos sísmicos.
4. Desarrollar modelos predictivos utilizando redes neuronales o aprendizaje automático para estimar el desempeño sísmico de estructuras similares, optimizando los tiempos de evaluación.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- [1] Mander, J. B., Priestley, M. J. N., & Park, R. (1988). Theoretical stress-strain model for confined concrete. *Journal of Structural Engineering*.
- [2] Bazán, J., & Meli, R. (2002). *Comportamiento sísmico de estructuras*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [3] Kim, J., & Lee, S. (2002). Plasticity models for seismic analysis of structural components. *Structural Engineering Journal*.
- [4] Verri, D. (2003). *Análisis no lineal de estructuras*. Pearson.
- [5] Lin, C. (2004). Comparison between coefficient method and spectrum method in seismic evaluation. *Earthquake Engineering Journal*.
- [6] Chopra, A. K. (2014). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (4ta. ed.). Pearson.
- [7] Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico. McGraw-Hill Interamericana Editores.
- [8] Ñaupas, H., & otros. (2018). *Métodos de investigación cuantitativa*. Ediciones Universitarias.
- [9] Shanti, A., & Alok, P. (2017). *Research methodologies in civil engineering*. Cambridge University Press.

## **Normativas internacionales y manuales**

- [10] SEAOC. (1995). *VISION 2000: Performance-Based Seismic Engineering*. Structural Engineers Association of California (SEAOC).
- [11] Teran, S. (1997). *Seismic design guidelines for modern buildings*. Structural Engineers Association of California (SEAOC).
- [12] Applied Technology Council (ATC). (2018). *ATC-40: Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. ATC.
- [13] American Society of Civil Engineers. (2017). *ASCE/SEI 41-17: Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. American Society of Civil Engineers.

- [14] CSI. (2021). Manual de usuario de ETABS v18.1.1. Computers and Structures, Inc.

### **Investigaciones o informes internacionales**

- [15] Karanja, P., & Katalin, T. (2023). Global report on seismic risk reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR).
- [16] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). Informe sobre la vulnerabilidad estructural en Sudamérica. CEPAL.

### **Investigaciones o informes nacionales**

- [17] Instituto Geofísico del Perú (IGP). (2022). Reporte de riesgos sísmicos en la costa y sierra del Perú. IGP.
- [18] Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2022). Informe sobre el cumplimiento de normativas sísmicas en edificaciones peruanas. INDECI.

### **Artículos**

- [19] Bertero, V. (1995). Performance-based seismic engineering. En SEAOC (Ed.), *Structural Engineering: Principles and Practice*. SEAOC.
- [20] Hube, M. (2021). Evaluación del comportamiento sísmico mediante el análisis pushover. *Revista de Ingeniería Sísmica*.
- [21] Arias, J., & Convinos, M. (2021). Diseño y Metodología de la Investigación. ResearchGate.
- [22] Muñoz, F. (2020). Ingeniería basada en desempeño para edificaciones críticas. *Revista de Ingeniería Estructural*.
- [23] Serkan, H., & Mete, K. (2020). Seismic risk mitigation in South America. *Journal of Earthquake Engineering*.
- [24] Vlacev, T. (2011). *Pushover analysis in earthquake engineering*. Elsevier.

### **Tesis internacionales**

- [25] Aguilar, J., & Álvarez, P. (2022). Evaluación del desempeño sísmico de una estructura de hormigón armado en Guayaquil (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil.
- [26] Jaramillo, F. (2022). Evaluación del comportamiento sísmico de edificios en Ecuador (Tesis de pregrado). Universidad de Samborondón.
- [27] Macas, R. (2022). Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones en Guayaquil mediante el análisis Pushover (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil.

- [28] Montero, P., & Paredes, S. (2023). Análisis de desempeño sísmico del edificio Castro en Ecuador. Universidad de Quito.

#### **Tesis nacionales**

- [29] Paredes, C. (2020). Evaluación sísmica de un edificio multifamiliar en Trujillo (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte.
- [30] Estrada, D., & Gómez, L. (2023). Evaluación de Desempeño Sísmico de la Edificación Cumbre Instituto de Gastronomía-Chiclayo utilizando un Análisis no Lineal Estático. Universidad Señor de Sipan.
- [31] Chuzón, I., & Vásquez, O. (2023). Evaluación del desempeño sísmico aplicando un análisis estático no lineal de la I.E. Inmaculada Concepción 11014. Universidad Tecnológica del Perú.

#### **Tesis locales**

- [32] Cisneros, R. (2014). Análisis y diseño sísmico por desempeño de la infraestructura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- [33] Sauñe, E. (2014). Evaluación por desempeño sismorresistente del edificio de la Escuela de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- [34] Díaz, V. (2018). Evaluación del desempeño sísmico de una nave industrial de acero estructurada a base de armaduras en el centro comercial de Talara-Promart (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- [35] Quispe, R. (2018). Evaluación del desempeño sísmico del Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH mediante métodos no lineales (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- [36] De la Cruz, G. (2021). Evaluación del desempeño sismorresistente para la mejora del comportamiento estructural del laboratorio de la Escuela Profesional de Obstetricia, UNSCH, 2021 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.
- [37] Barrientos, U. (2022). Evaluación del desempeño sísmico y reforzamiento estructural con la norma ASCE/SEI 41-17 aplicado al pabellón I de la Escuela Profesional de Ciencias Físico Matemáticas (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga.

CAPÍTULO

# A

## Anexo: Planos

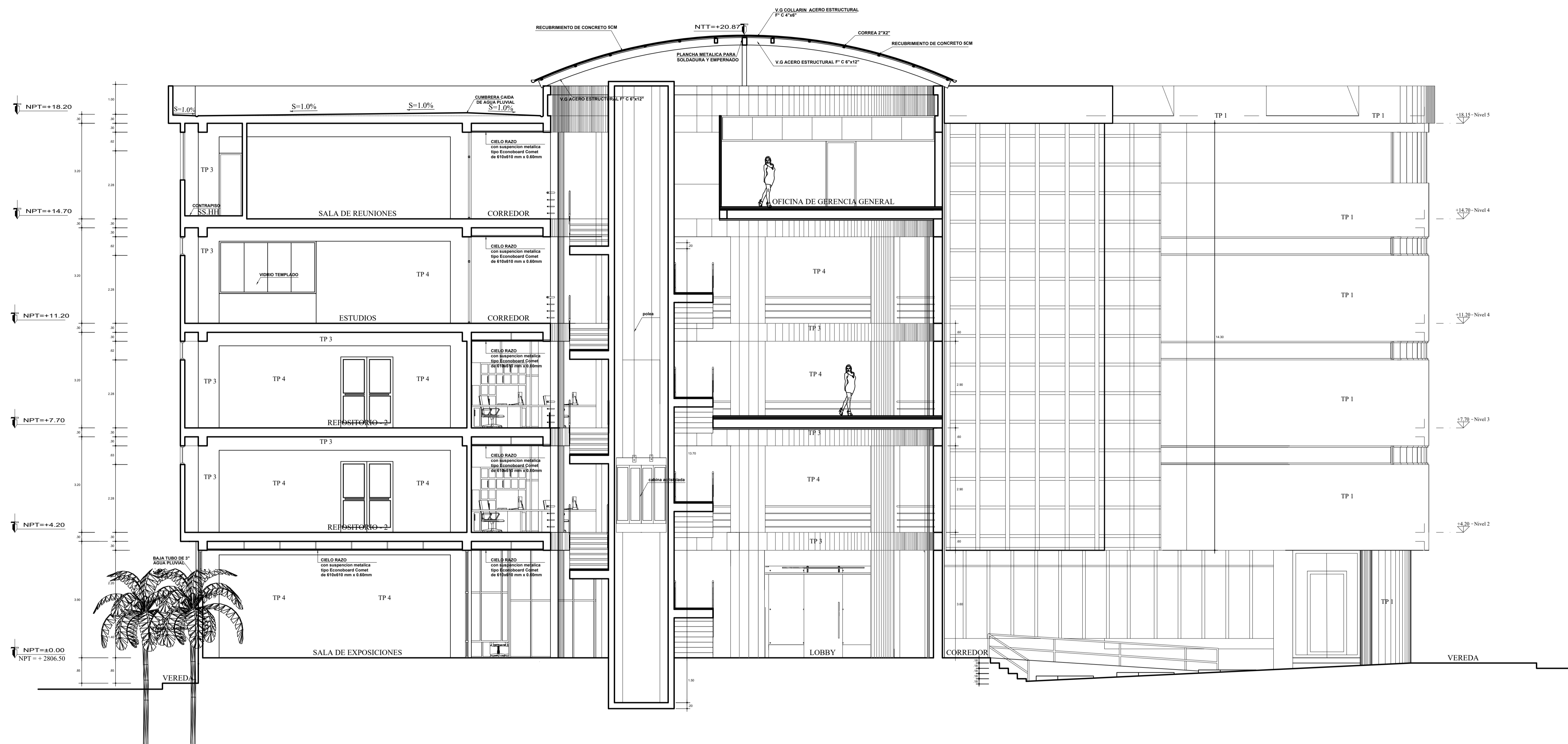
### **Planos Arquitectónicos**

1. PRIMERA PLANTA ARQUITECTURA (A-01)
2. CORTE A-A ARQUITECTURA (A-08)
3. CORTE B-B ARQUITECTURA (A-09)
4. CORTE C-C ARQUITECTURA (A-10)

### **Planos Estructurales**

5. CIMENTACIONES MODULO I, II, III (E-01)
6. COLUMNAS Y ZAPATAS I, II, III (E-02)
7. DETALLE DE PLACAS I, II, III (E-04)
8. 1ra, 2da, 3ra PLANTA MODULO I - VIGAS (ES-01)
9. PRIMERA PLANTA MODULO I - TECHO ALIGERADO (ES-1)
10. SEGUNDA PLANTA MODULO I - TECHO ALIGERADO (ES-2)
11. TERCERA PLANTA MODULO I - TECHO ALIGERADO (ES-3)
12. CUARTA PLANTA MODULO I - TECHO ALIGERADO (ES-4)
13. QUINTA PLANTA MODULO I - TECHO ALIGERADO (ES-5)





## CORTE A-A

ESC : 1 / 75

### NOTAS:

- A.- DEBERA USARSE PINTURA LATEX EXTERIOR Y/O INTERIOR FORMULADA CON RESINAS ALQUIDICAS Y PIGMENTOS ESTABILIZADAS A LA ACCION DEL MEDIO AMBIENTE Y LA LUZ, DE EXCELENTE ADHERENCIA Y RESISTENCIA AL LAVADO TALES COMO EL OLEO MATE SHERWIN WILLIAMS, TEKNO O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS.  
 EL OLEO MATE SE APLICARA SOBRE UN SELLADOR ANTICALINO QUE EVITE LA SAPONIFICACION, FORMULADO EN BASE A UNA SOLUCION DE CAUCHO SINTETICO, ESPECIALMENTE RESISTENTE A SUPERFICIES ALCALINAS.  
 B.- LOS CIelos RASOS DE CEMENTO LLEVARAN DOS MANOS DE PINTURA LATEX, PREVIO APLICACION DEL SELLADOR BLANCO DE MUROS DE LA MISMA DEL LATEX (VENCELATEX, EXCELLO LATEX, TEKNO MATE O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS).  
 C.- LA CARPINTERIA DE MADERA LLEVARA DOS MANOS DE PINTURA AL DUCO, SOBRE UNA BASE DE BASE SELLADOR PARAMADERO TEKNO.  
 D.- LOS ELEMENTOS METALICOS LLEVARAN DOS MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA ROJA DE TIPOCONVENCIONAL ALQUIDICO Y LUEGO DE UNA MANO DE ESMALTE SINTETICO A BASE DE RESINAS ALQUIDICAS CON PIGMENTO DE GRAN ESTABILIDAD (SHERWIN WILLIAMS, TEKNO, VENCEDOR O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS) EL ANTICORROSIVO DEBE SER DE COLOR AMARILLO, ROJO O VERDE.  
 E.- PARA LA DEMARCACION SE USARA PINTURA DE TRAFICO, PINTURA E POXICA O ESMALTE CAUCHO CLORADO

### CUADRO DE COLORES

- TP-1 LATEX EXTERIORES ORO VIEJO - TEKNO O SIMILAR  
 TP-2 LATEX EXTERIORES VERDE MILITAR - TEKNO O SIMILAR  
 TP-3 LATEX INTERIOR COLOR PORCELANA - TEKNO O SIMILAR  
 TP-4 LATEX INTERIOR - COLOR PORCELANA - TEKNO O SIMILAR



GOBIERNO REGIONAL  
AYACUCHO

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

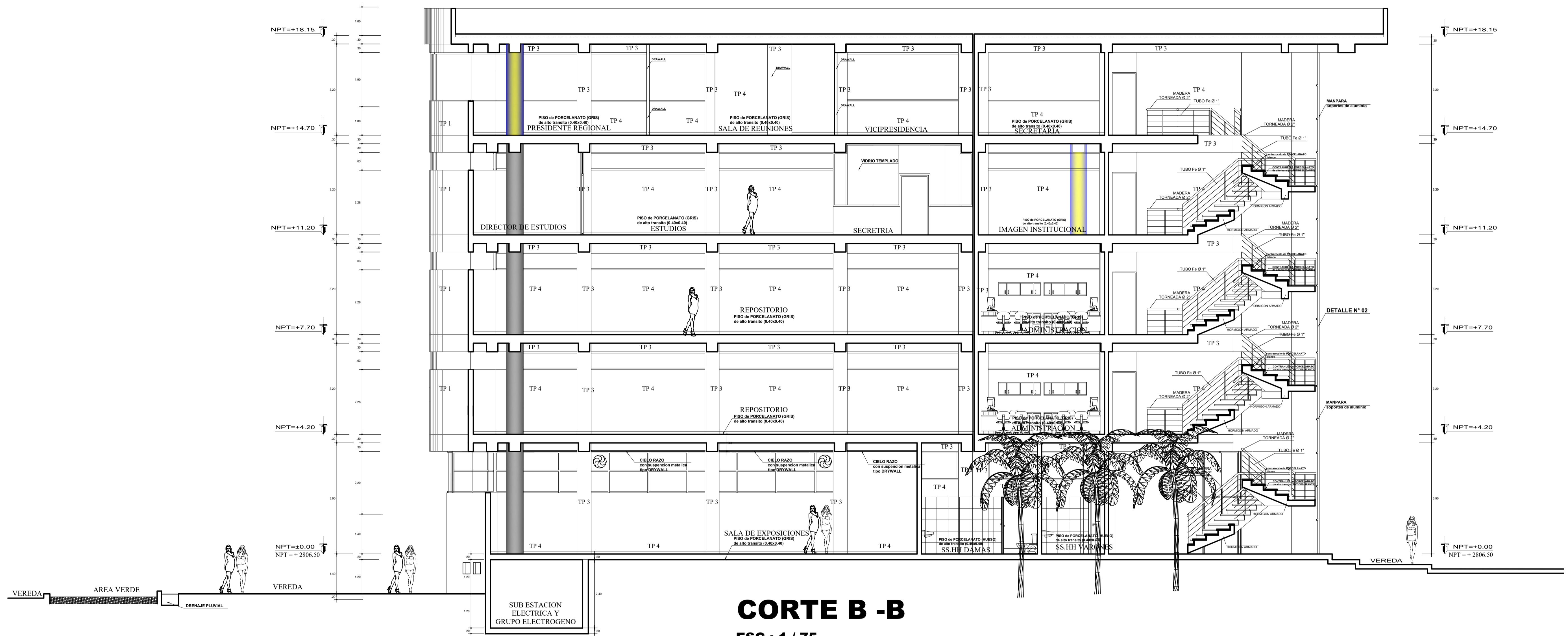
PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

UBICACION :  
Lugar: Urb. Jose Ortiz Vergara  
Provincia: Ayacucho  
Departamento: Huamanga  
Ayacucho

PLANO : **CORTE A - A**  
**ARQUITECTURA**

LAMINA N°  
**A-08**

REVISADO:	APROBADO:	DIBUJO:	ESCALA: 1/75
			FECHA: Sep. 2018



**CORTE B - B**  
**ESC : 1 / 75**

**NOTAS:**

A.- DEBERA USARSE PINTURA LATEX EXTERIOR Y/O INTERIOR FORMULADA CON RESINAS ALQUIDICAS Y PIGMENTOS ESTABILIZADAS A LA ACCION DEL MEDIO AMBIENTE Y LA LUZ, DE EXCELENTE ADHIERENCIA Y RESISTENCIA AL LAVADO TALES COMO EL OLEO MATE SHERWIN WILLIAMS, TEKNO O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS. EL OLEO MATE SE APLICARA SOBRE UN SELLADOR ANTIALCALINO QUE EVITE LA SAPONIFICACION, FORMULADO EN BASE A UNA SOLUCION DE CAUCHO SINTETICO, ESPECIALMENTE RESISTENTE A SUPERFICIES ALCALINAS.

B.- LOS CIELOS RAZOS DE CEMENTO LLEVARAN DOS MANOS DE PINTURA LATEX, PREVIO APLICACION DEL SELLADOR BLANCO DE MUROS DE LA MISMA DEL LATEX (VENCELATEX, EXCELLO LATEX, TEKNO MATE O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS).

C.- LA CARPINTERIA DE MADERA LLEVARA DOS MANOS DE PINTURA AL DUCO, SOBRE UNA BASE DE BASE SELLADOR PARAMADERO TEKNO.

D.- LOS ELEMENTOS METALICOS LLEVARAN DOS MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA ROJA DE TIPO CONVENCIONAL ALQUIDICO Y LUEGO DE UNA MANO DE ESMALTE SINTETICO A BASE DE RESINAS ALQUIDICAS CON PROMENTO DE GRAN ESTABILIDAD (SHERWIN WILLIAMS, TEKNO, VENCEDOR O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS). EL ANTICORROSIVO DEBE SER DE COLOR AMARILLO, ROJO O VERDE.

E.- PARA LA DEMARCCACION SE USARA PINTURA DE TRAFICO, PINTURA E POKICA O ESMALTE CAUCHO CLORADO

**CUADRO DE COLORES**

TP-1 LATEX EXTERIORES ORO VIEJO - TEKNO O SIMILAR  
 TP-2 LATEX EXTERIORES VERDE MILITAR - TEKNO O SIMILAR  
 TP-3 LATEX INTERIOR COLOR PORCELANA - TEKNO O SIMILAR  
 TP-4 LATEX INTERIOR - COLOR PORCELANA - TEKNO O SIMILAR

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

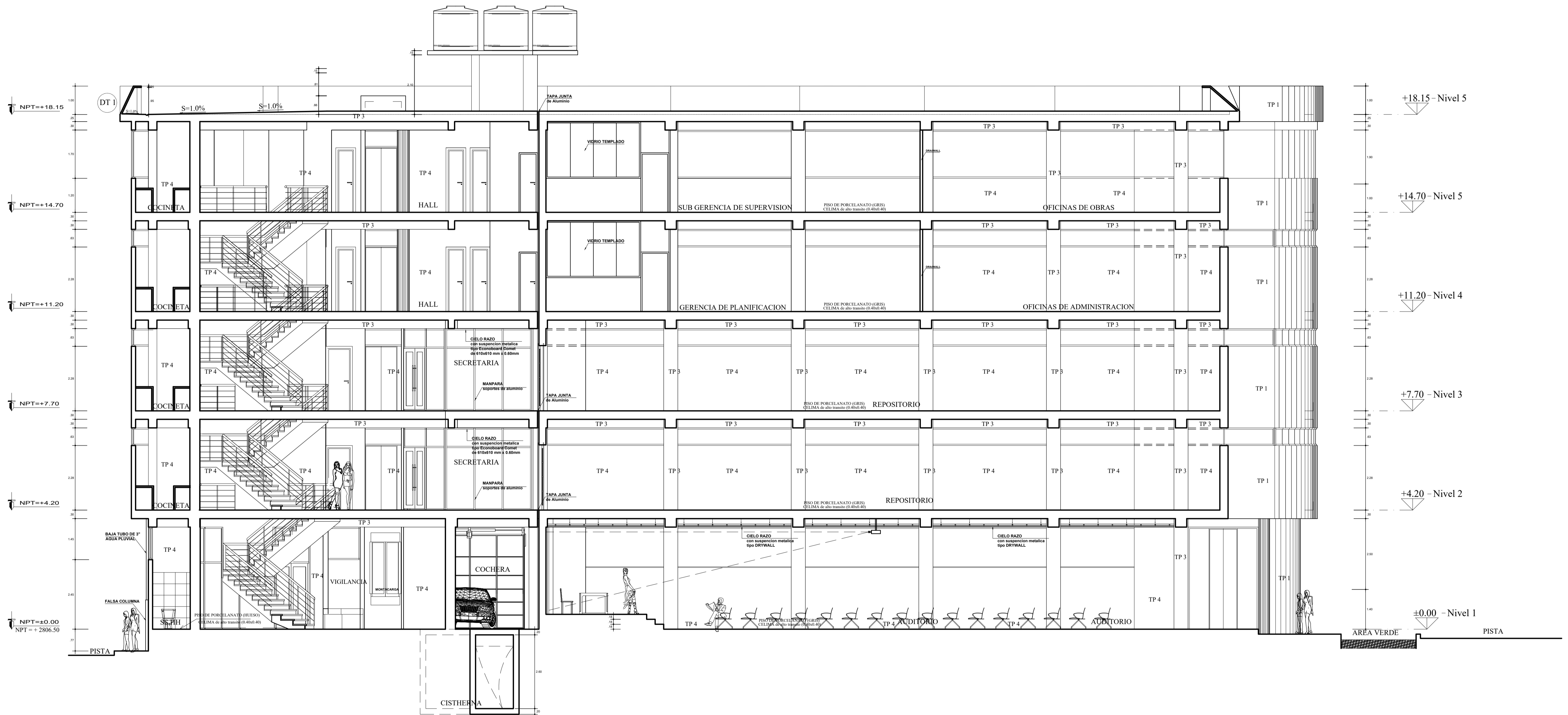
PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO : **CORTE B - B**  
**ARQUITECTURA**

UBICACION :  
 Lugar: Urb. Jose Ortiz Vergara  
 Distrito: Ayacucho  
 Provincia: Huamanga  
 Departamento: Ayacucho

REVISADO: \_\_\_\_\_ APROBADO: \_\_\_\_\_ DIBUJO: \_\_\_\_\_ ESCALA: 1/75 FECHA: Sep. 2018

LAMINA N° **A-09**



# CORTE C - C

ESC : 1 / 75

**NOTAS:**

A.- DEBERA USARSE PINTURA LATEX EXTERIOR Y/O INTERIOR FORMULADA CON RESINAS ALQUIDICAS Y PIGMENTOS ESTABILIZADAS A LA ACCION DEL MEDIO AMBIENTE Y LA LUZ DE EXCELENTE ADHERENCIA Y RESISTENCIA AL LAVADO TALES COMO EL OLEO MATE SHERWIN WILLIAMS, TEKNO O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS  
 EL OLEO MATE SE APLICARA SOBRE UN SELLADOR ANTIALCALINO QUE EVITE LA SAPONIFICACION, FORMULADO EN BASE A UNA SOLUCION DE CAUCHO SINTETICO ESPECIALMENTE RESISTENTE A SUPERFICIES ALCALINAS.

B.- LOS CIELOS RASOS DE CEMENTO LLEVARAN DOS MANOS DE PINTURA LATEX, PREVIO APLICACION DEL SELLADOR BLANCO DE MUROS DE LA MISMA DEL LATEX (VENCILATEX, EXCELLO LATEX, TEKNO MATE O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS).

C.- LA CARPINTERIA DE MADERA LLEVARA DOS MANOS DE PINTURA AL DUCO , SOBRE UNA BASE DE BASE SELLADOR PARAMADERO TEKNO.

D.- LOS ELEMENTOS METALICOS LLEVARAN DOS MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA ROJA DE TIPOCONVENCIONAL ALQUIDICO Y LUEGO DE UNA MANO DE ESMALTE SINTETICO A BASE DE RESINAS ALQUIDICAS CON PIGMENTO DE GRAN ESTABILIDAD (SHERWIN WILLIAMS, TEKNO, VENCEDOR O DE SIMILARES ESPECIFICACIONES TECNICAS), EL ANTI CORROSIVO DEBE SER DE COLOR AMARILLO, ROJO O VERDE.

E.- PARA LA DEMARCAION SE USARA PINTURA DE TRAFICO, PINTURA E POXICA O ESMALTE CAUCHO CLORADO

**CUADRO DE COLORES**

TP-1 LATEX EXTERIORES ORO VIEJO - TEKNO O SIMILAR  
 TP-2 LATEX EXTERIORES VERDE MILITAR - TEKNO O SIMILAR  
 TP-3 LATEX INTERIOR COLOR PORCELANA - TEKNO O SIMILAR  
 TP-4 LATEX INTERIOR - COLOR PORCELANA - TEKNO O SIMILAR

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

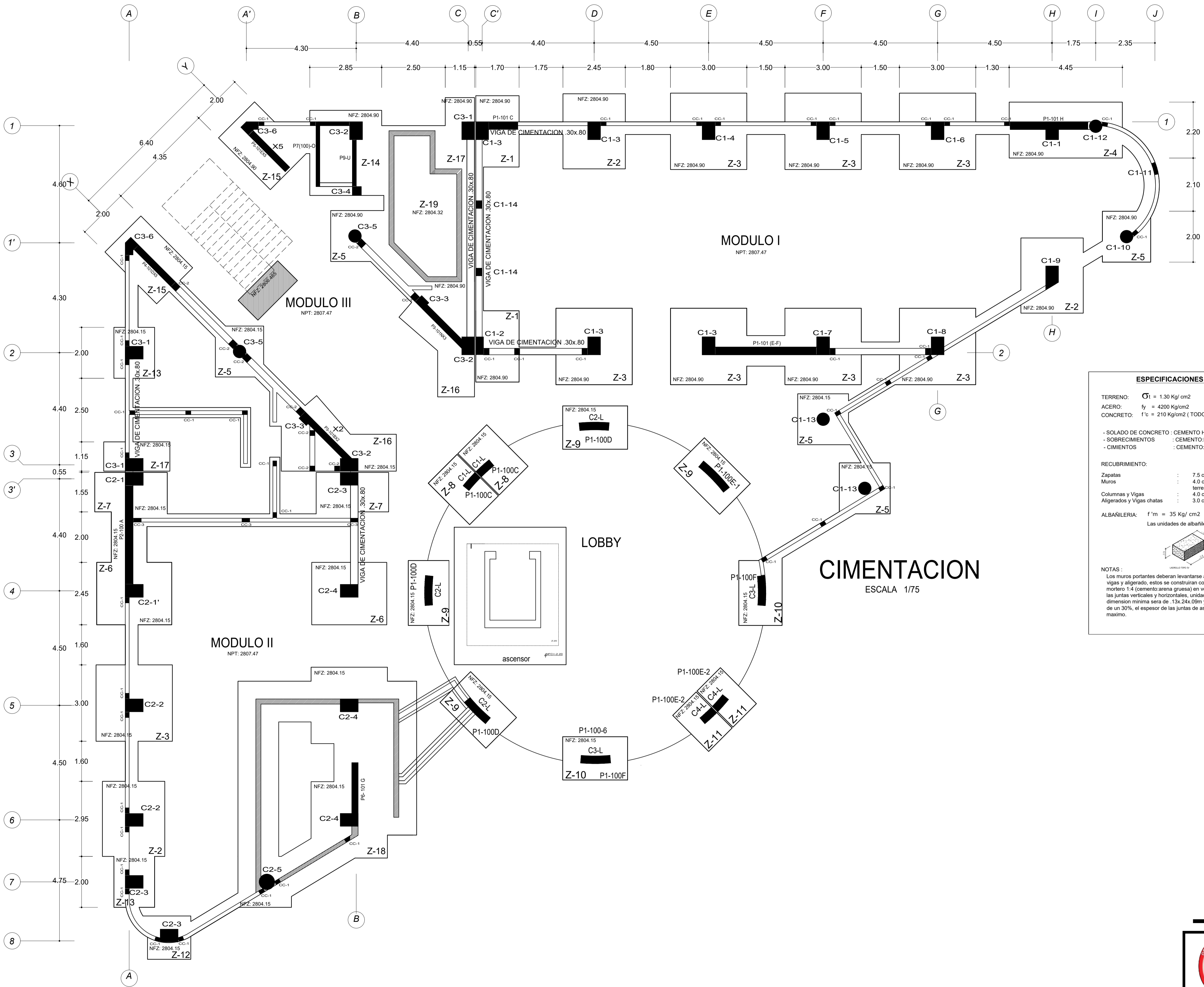
PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO : **CORTE C - C**  
**ARQUITECTURA**

LUBICACION :  
 Usuario: Urb. Jose Ortiz Vergara  
 Distrito: Ayacucho  
 Provincia: Huamanga  
 Departamento: Ayacucho

LAMINA N° **A-10**

REVISADO: \_\_\_\_\_ APROBADO: \_\_\_\_\_ DIBUJO: \_\_\_\_\_ ESCALA: **1/75** FECHA: **Sep. 2018**



**ESPECIFICACIONES GENERALES**

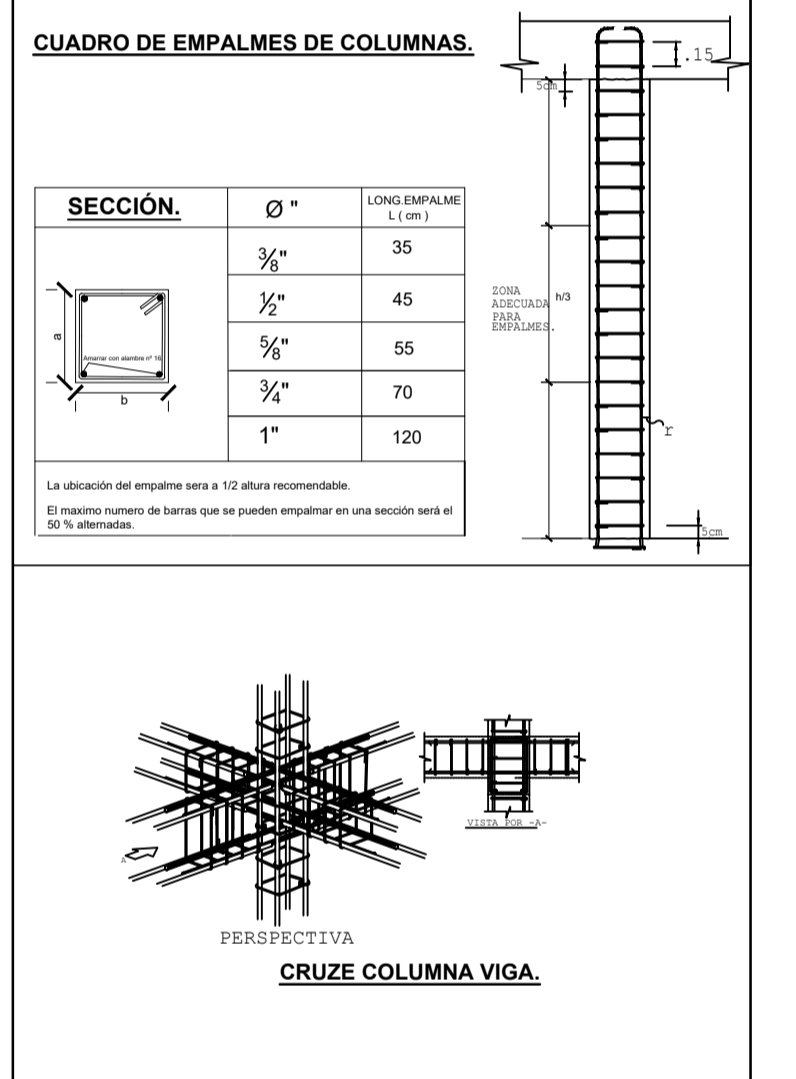
TERRENO:  $\sigma_t = 1.30 \text{ Kg/cm}^2$   
 ACERO:  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
 CONCRETO:  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  (TODOS LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES)

- SOLADO DE CONCRETO : CEMENTO HORMIGON 1:12  
 - SOBRECIMENTOS : CEMENTO HORMIGON 1:8 + 25% DE PM. 3" max.  
 - CIMENTOS : CEMENTO HORMIGON 1:10 + 30% DE PG 6" max.

RECUBRIMIENTO:  
 Zapatas : 7.5 cm.  
 Muros : 4.0 cm. (En caras en contacto con agua o terreno)  
 Columnas y Vigas : 4.0 cm.  
 Aligerados y Vigas chatas : 3.0 cm.

ALBANILERIA:  $f'm = 35 \text{ Kg/cm}^2$   
 Las unidades de albanileria seran de ( 24 x 13 x 9 ).

NOTAS:  
 Los muros portantes deberan levantarse antes del vaciado de la columna, vigas y aligerado, estos se construiran con ladrillo tipo macizo y con mortero 1:4 (cemento:arena gruesa) en volumen, llenando completamente las juntas verticales y horizontales, unidad de albanileria tipo IV, la dimension minima sera de 13x24x9cm y tendra como maximo un vacio de un 30%, el espesor de las juntas de asentado es de 1.50 cm como maximo.



**Gobierno Regional "AYACUCHO"**  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO : **CIMENTACIONES MODULO I-II-III**

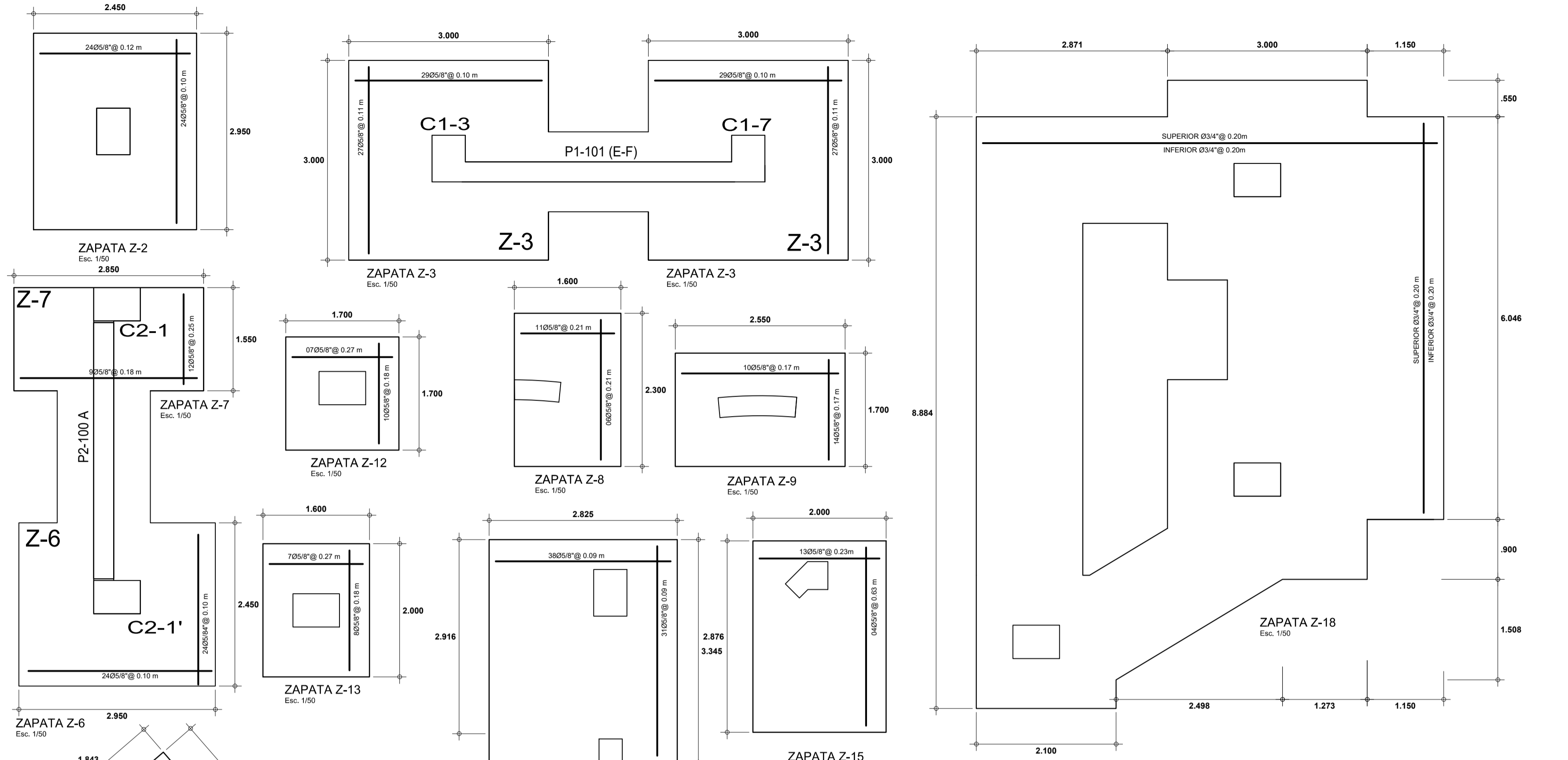
UBICACION: Uto. Jose Ortiz Vergara  
 Local: Ayacucho  
 Provincia: Huamanga  
 Distrito: Ayacucho

REVISADO: APROBADO: DIBUJO: ESCALA: INDICADA FECHA:

LAMINA N° **E-01**

CUADRO DE PLACAS LOBBY

TIPO	1º PISO	2º PISO	3º PISO	4º PISO	5º PISO	REFUERZO TRANSVERSAL	Fc (Kg-f/cm²)
C1-L 02 Unidades P1-100C						3/8" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10 6 @ 0.15 Rto @ 0.20 C/E	210
C2-L 03 Unidades P1-100D						3/8" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10 6 @ 0.15 Rto @ 0.20 C/E	210
C3-L 02 Unidades modulo II P1-100F						3/8" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10 6 @ 0.15 Rto @ 0.20 C/E	210
P1-100E-1 01 Unidades modulo I						3/8" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10 6 @ 0.15 Rto @ 0.20 C/E	210
C4-L 02 Unidades P1-100E-2						3/8" 1 @ 0.05, 4 @ 0.10 6 @ 0.15 Rto @ 0.20 C/E	210



CUADRO DE COLUMNAS MODULO 2

TIPO	1º PISO	2º PISO	3º PISO	4º PISO	5º PISO	REFUERZO TRANSVERSAL	Fc (Kg-f/cm²)
C2-1						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C2-2						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C2-3						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C2-4						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C2-5						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C2-6						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
CC-1						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	175
CC-3						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	175

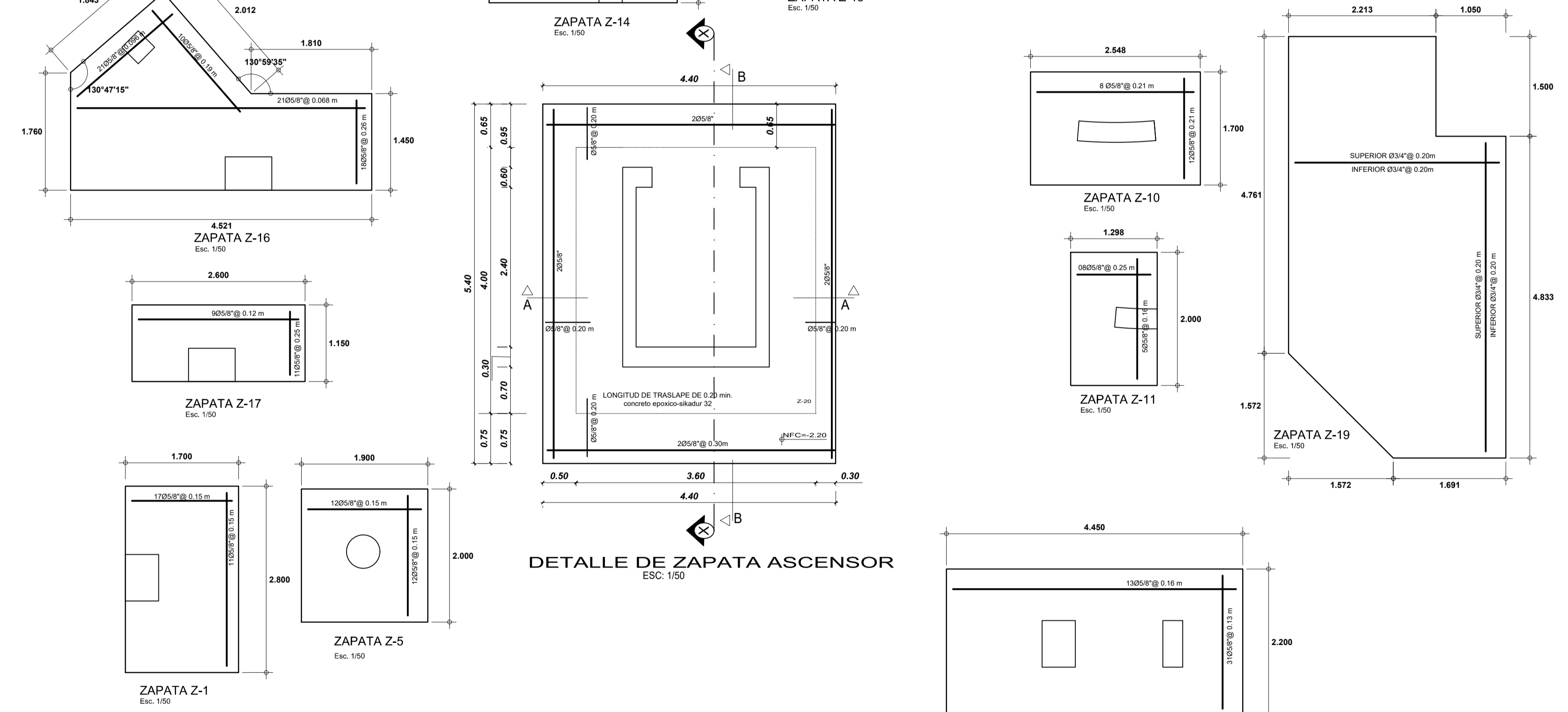
CUADRO DE COLUMNAS MODULO 1

TIPO	1º PISO	2º PISO	3º PISO	4º PISO	5º PISO	REFUERZO TRANSVERSAL	Fc (Kg-f/cm²)
C1-1						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-2						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-3						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-4						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-5						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-6						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-7						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-8						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-9						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-10						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-11						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-12						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-13						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C1-14						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
CC-1						3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	175

CUADRO DE COLUMNAS MODULO 3

TIPO	1º PISO	2º PISO	3º PISO	4º PISO	5º PISO	SOTEA	REFUERZO TRANSVERSAL	Fc (Kg-f/cm²)
C3-1							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C3-2							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C3-3							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C3-4							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C3-5							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
C3-6							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	210
CC-2							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	175
CC-7							3/8" 1 @ 0.05, 1 @ 0.10 Rto @ 0.20 C/E	175

COLUMNAS Y PLACAS



ZAPATAS  
ESCALA 1/50

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

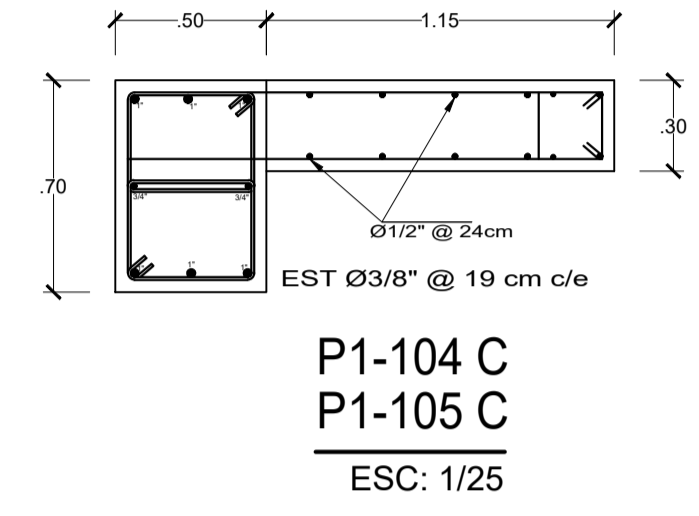
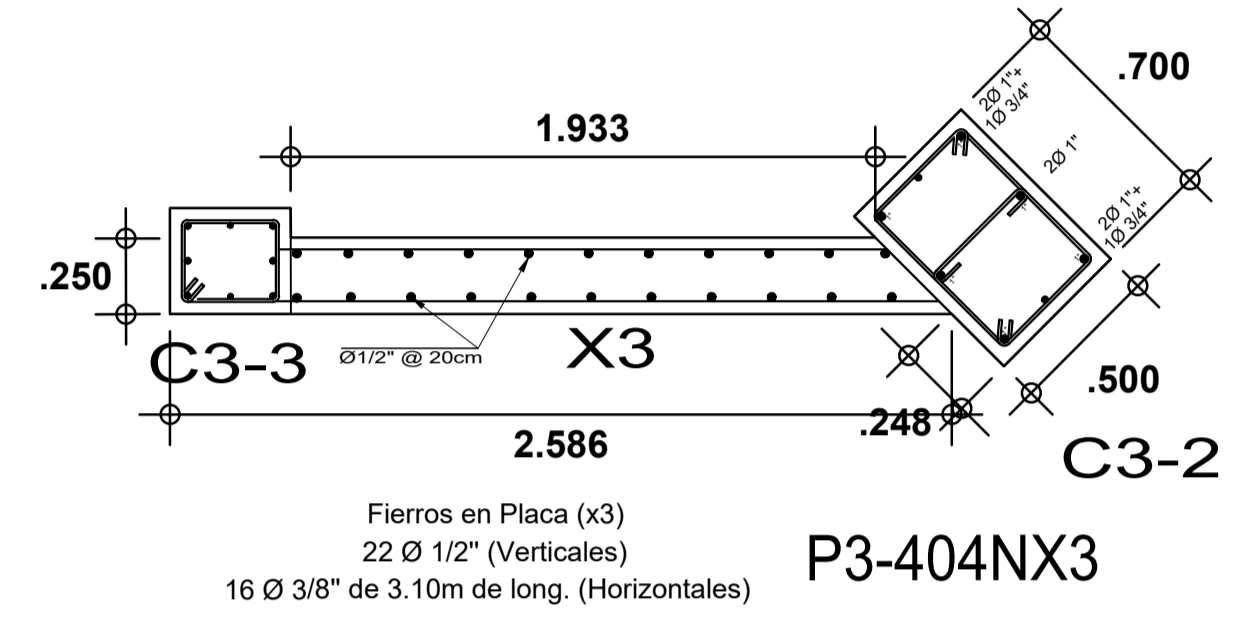
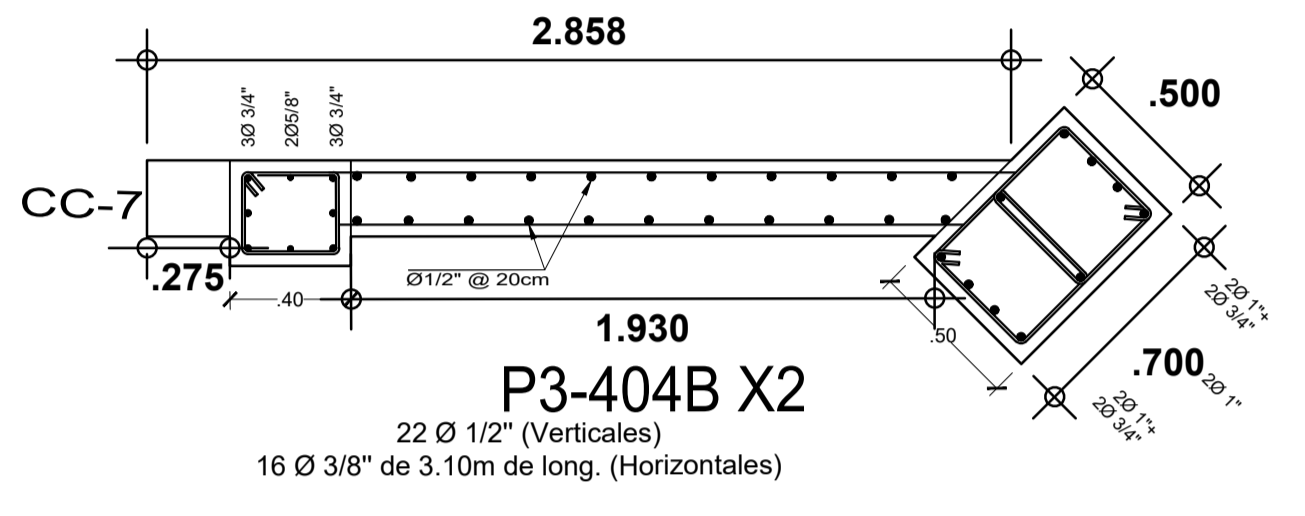
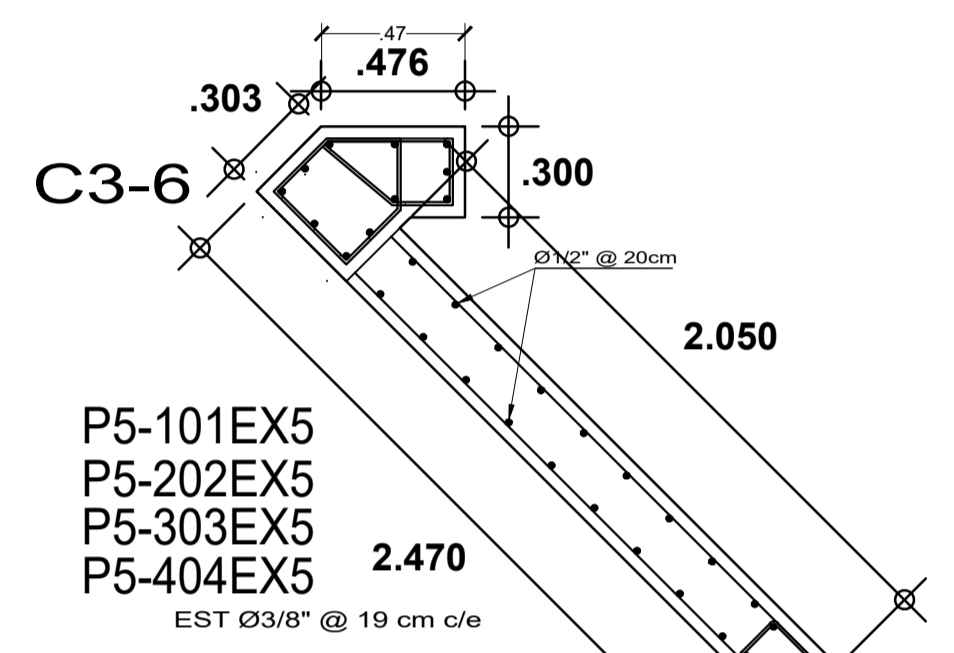
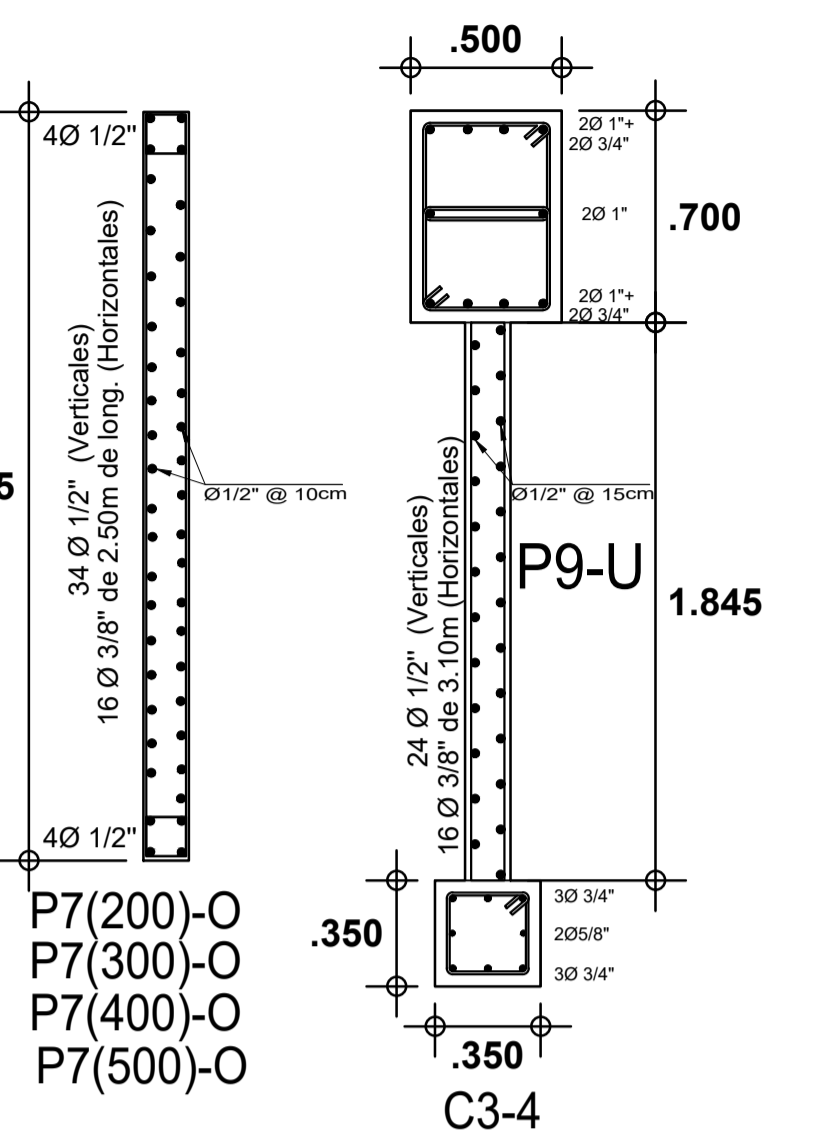
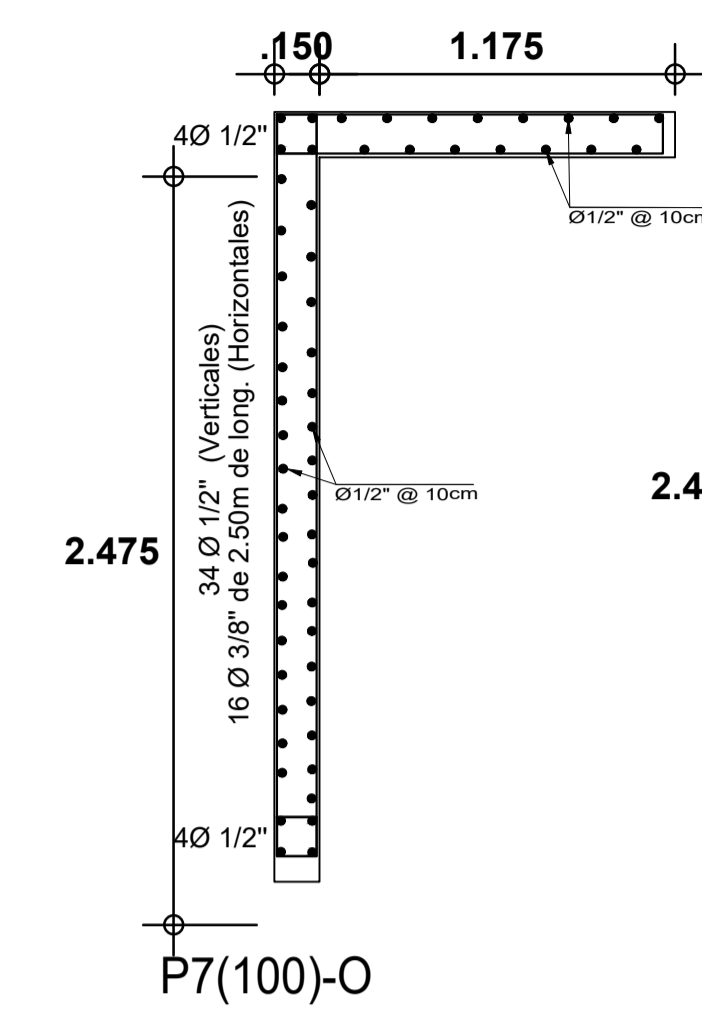
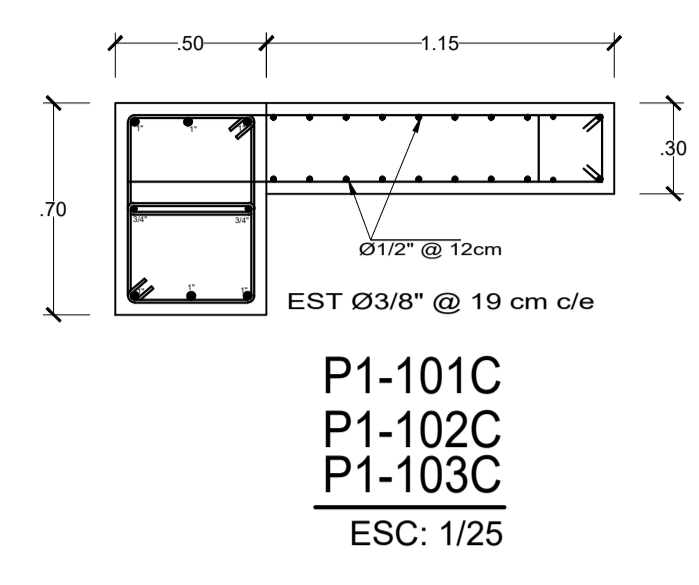
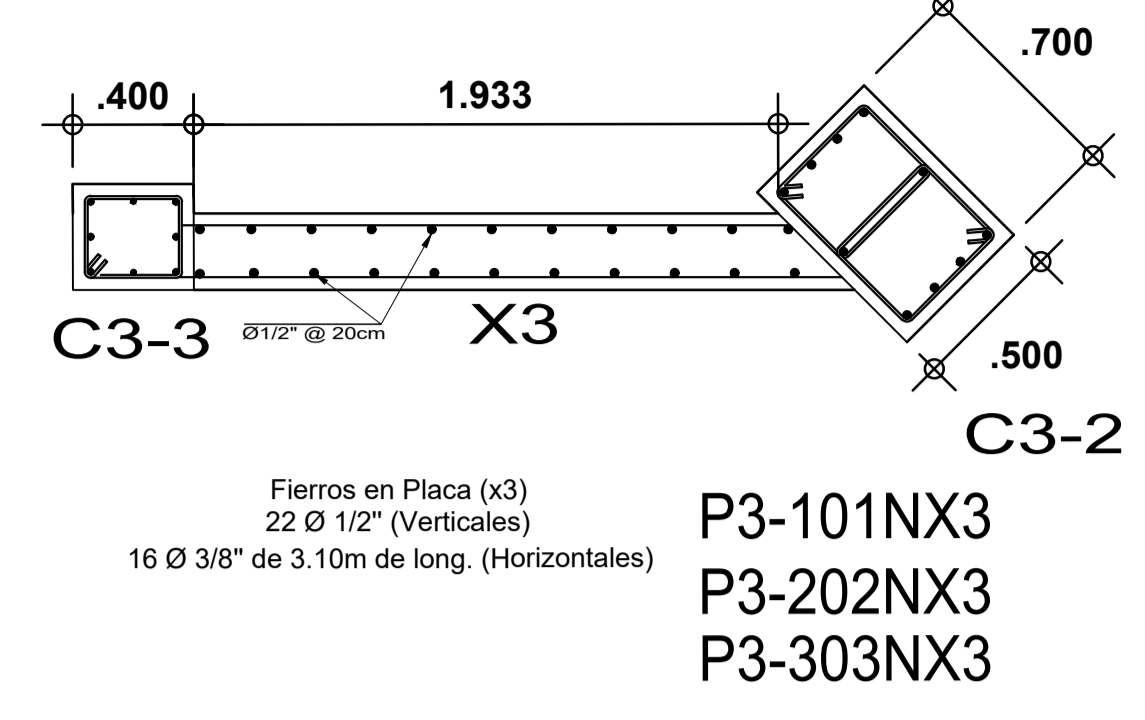
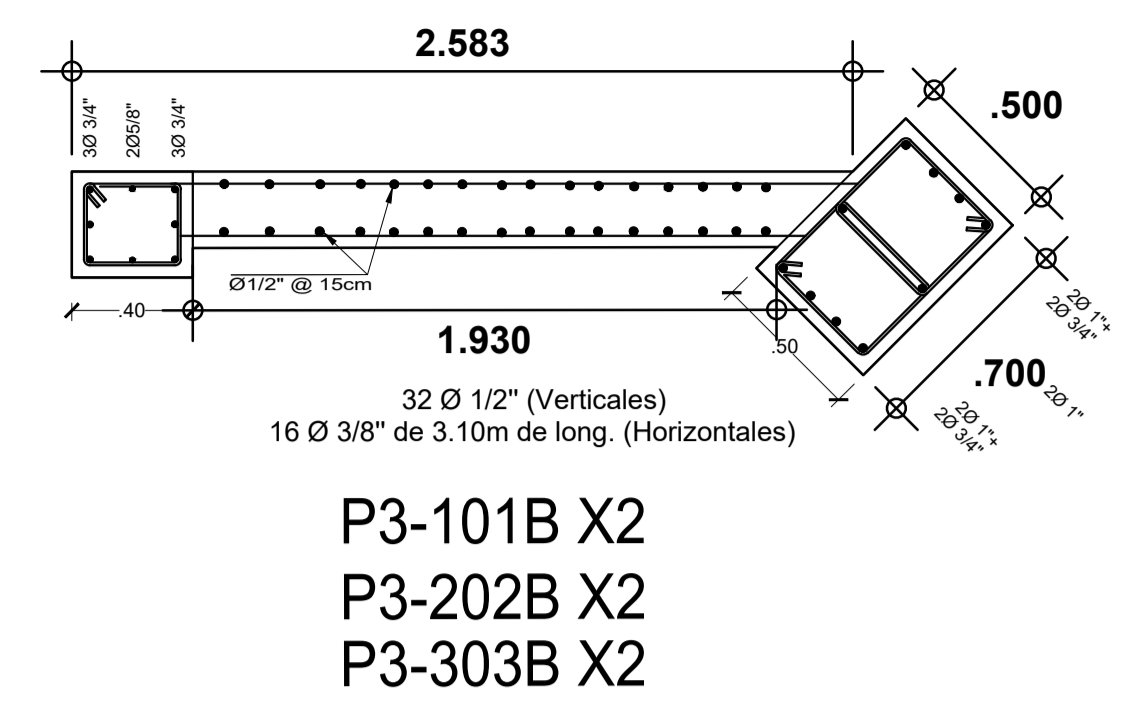
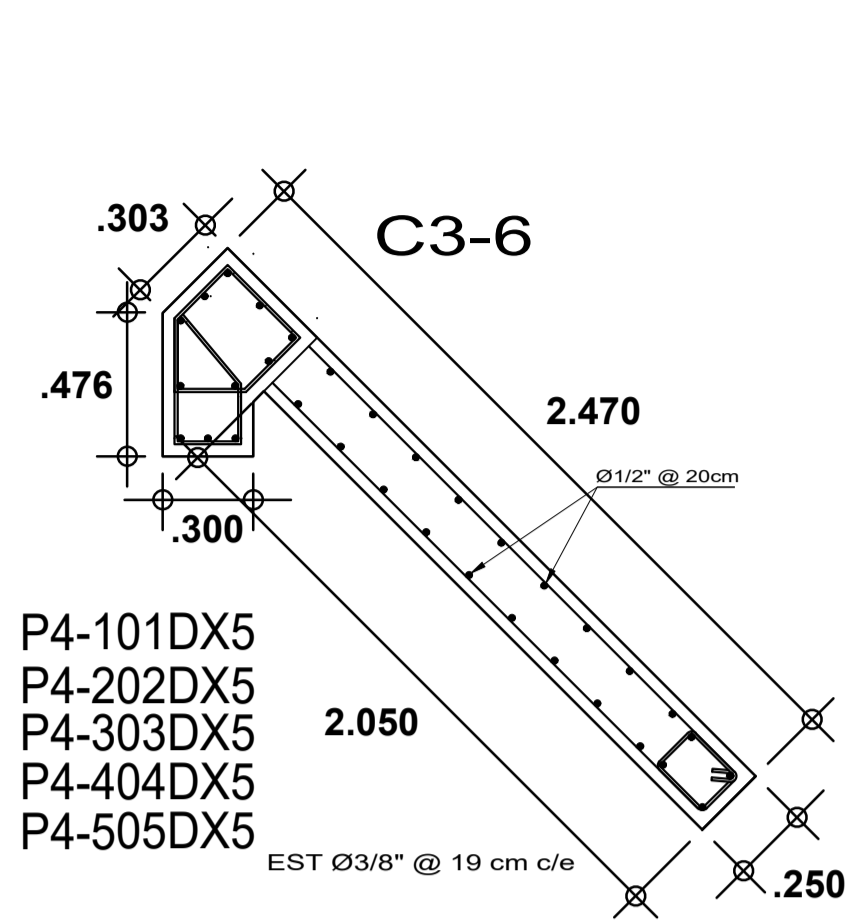
PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO : **COLUMNAS Y ZAPATAS MODULO I-II-III**

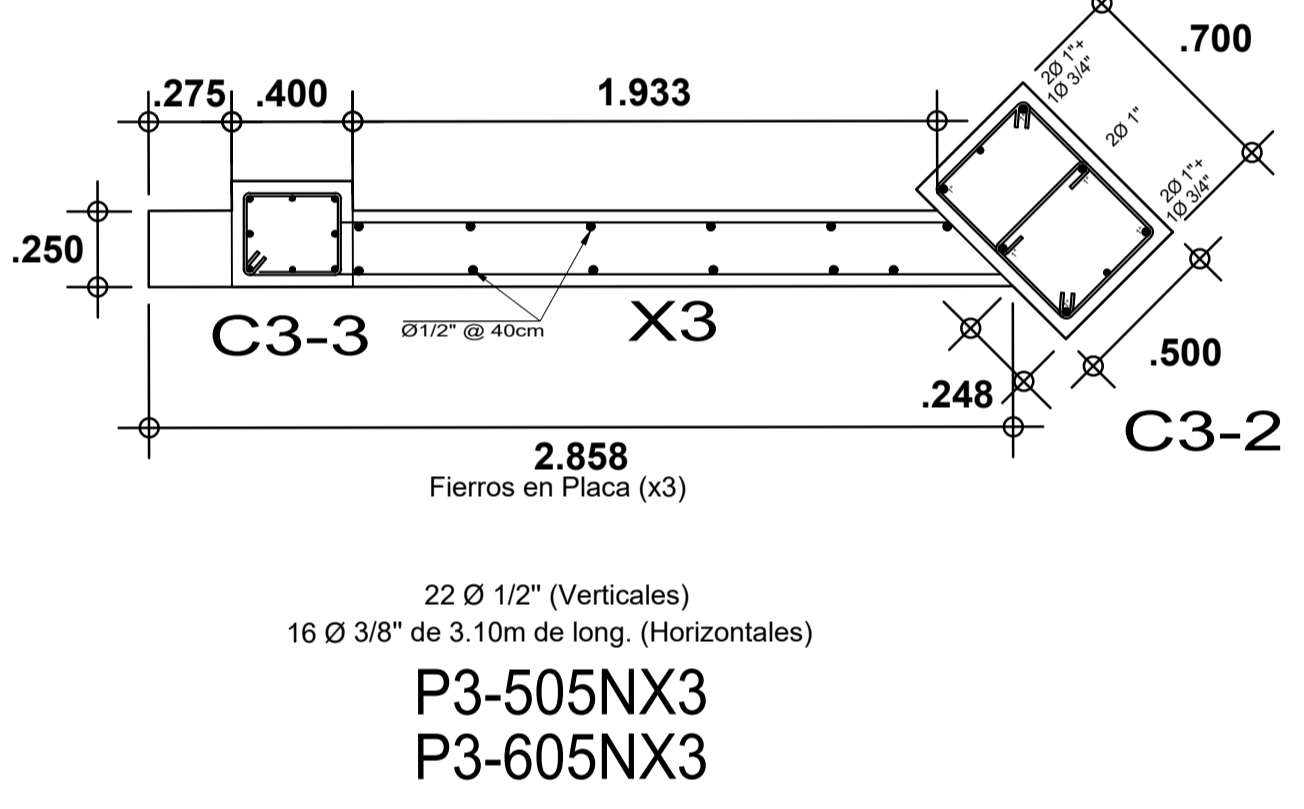
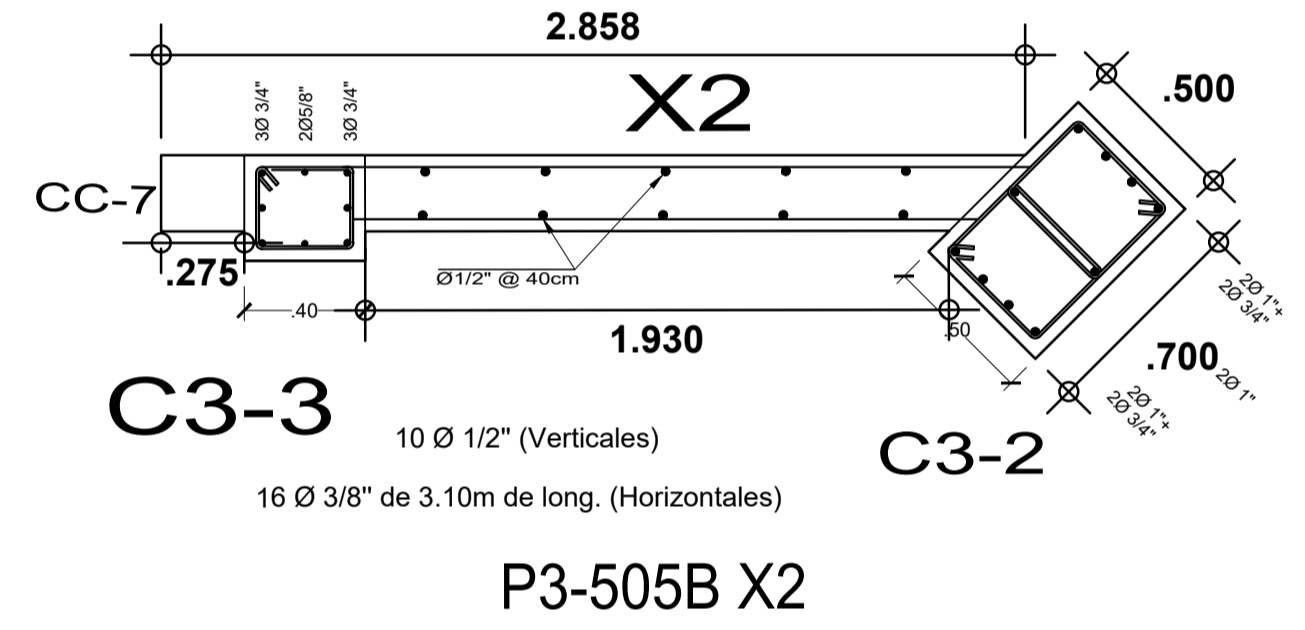
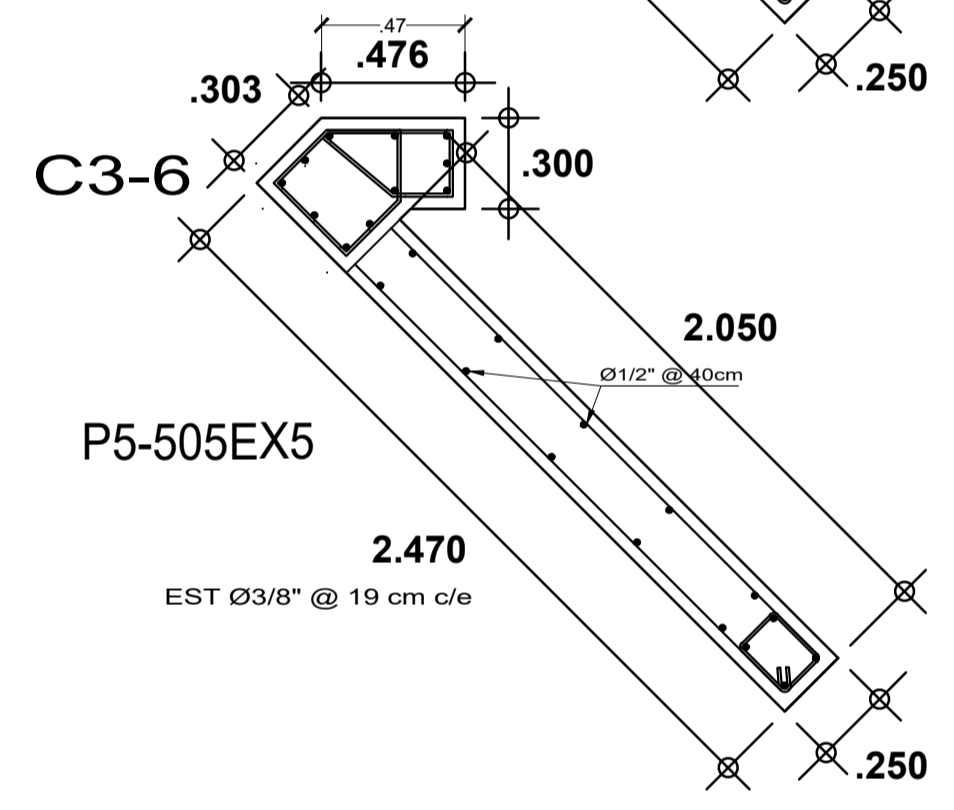
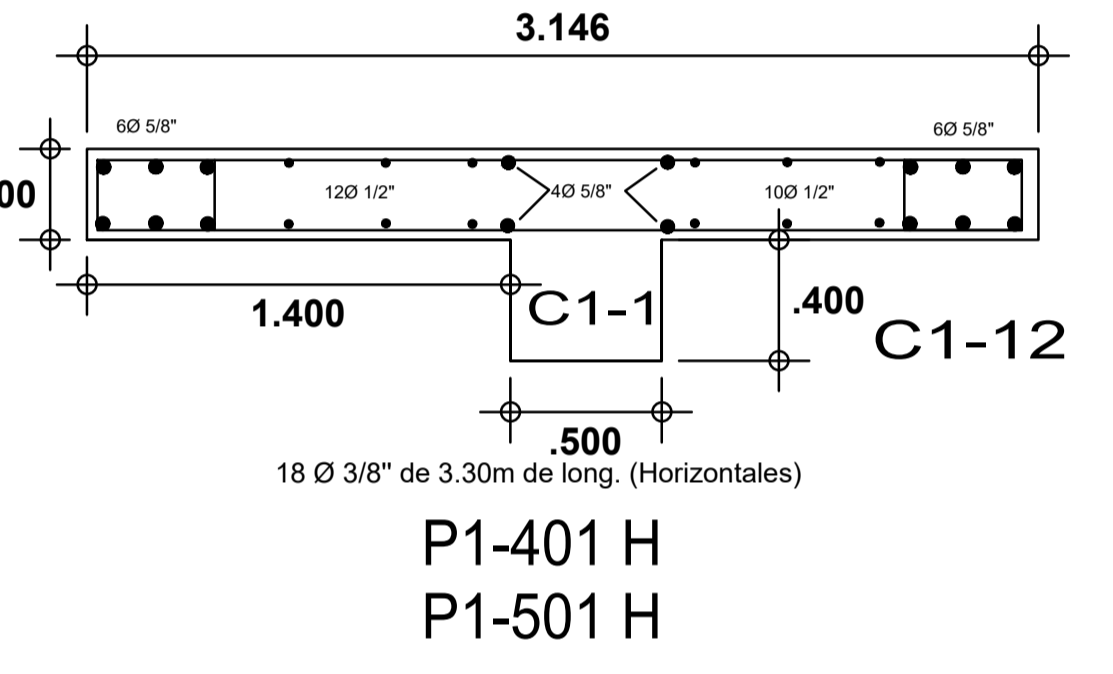
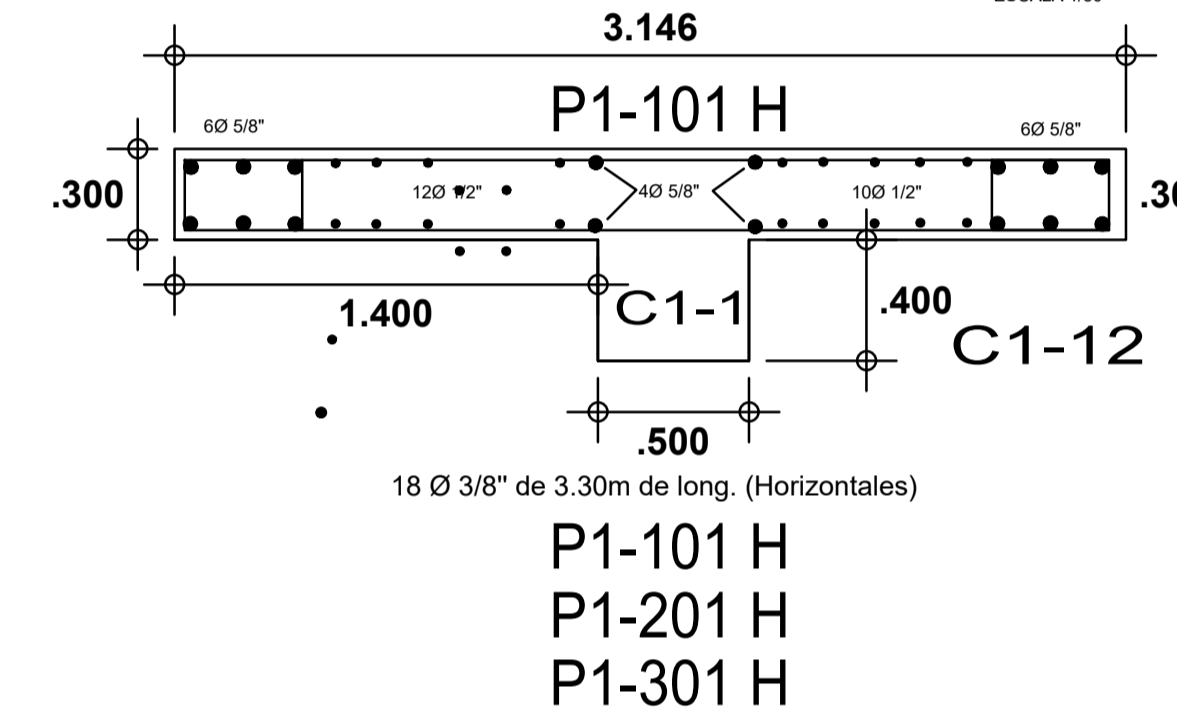
UBICACION :  
Lugar: Urb. Jose Ortiz Vergara  
Provincia: Huamanga  
Departamento: Ayacucho

REVISADO: \_\_\_\_\_ APROBADO: \_\_\_\_\_ DIBUJO: \_\_\_\_\_ ESCALA INDICADA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

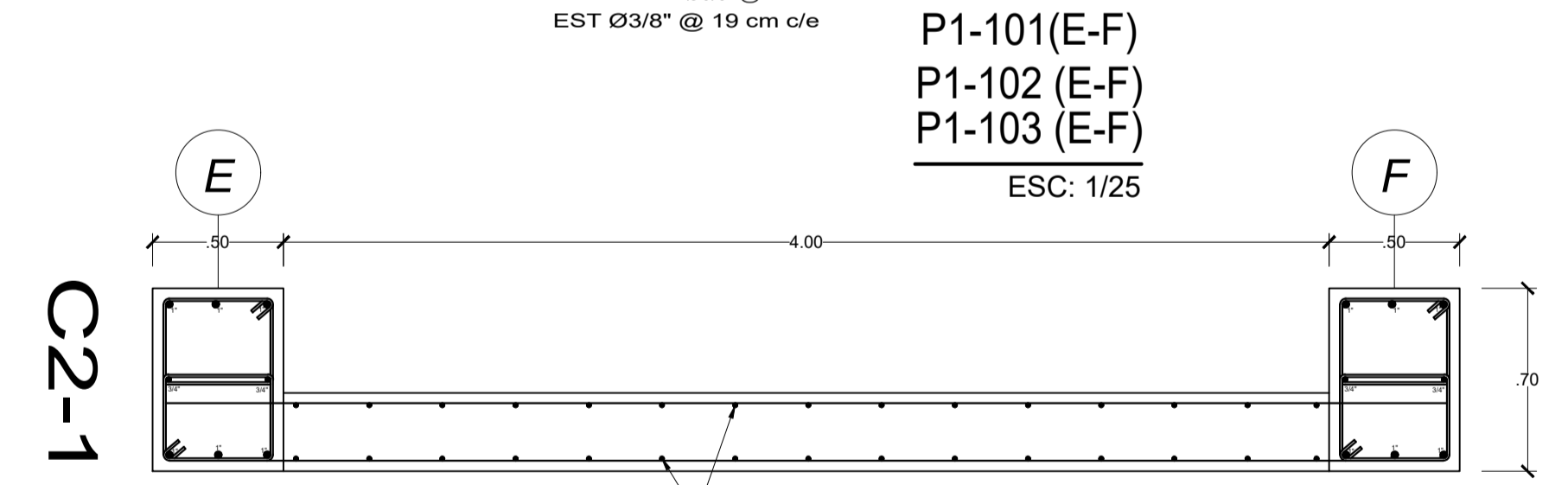
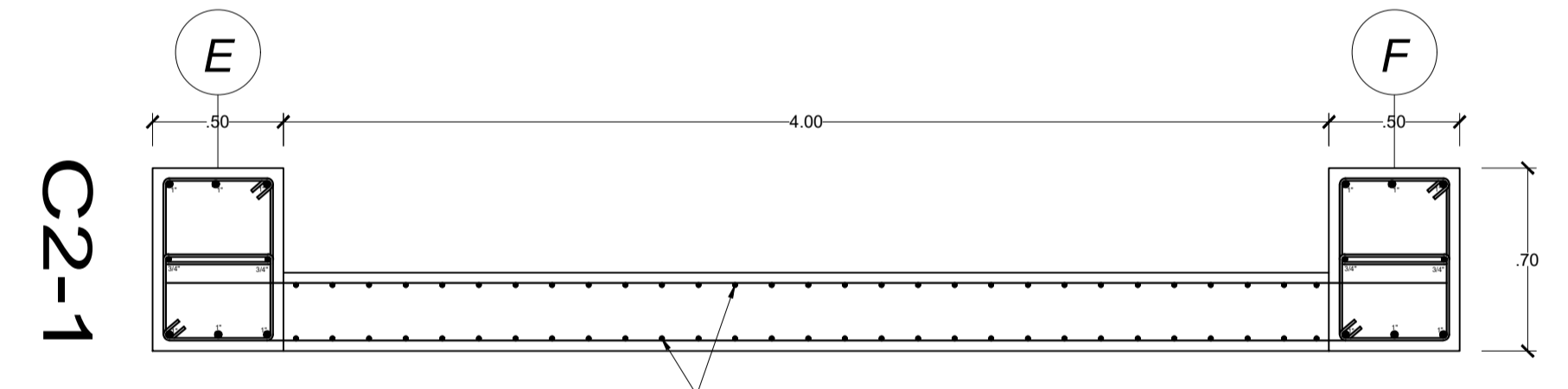
LAMINA N° **E-02**



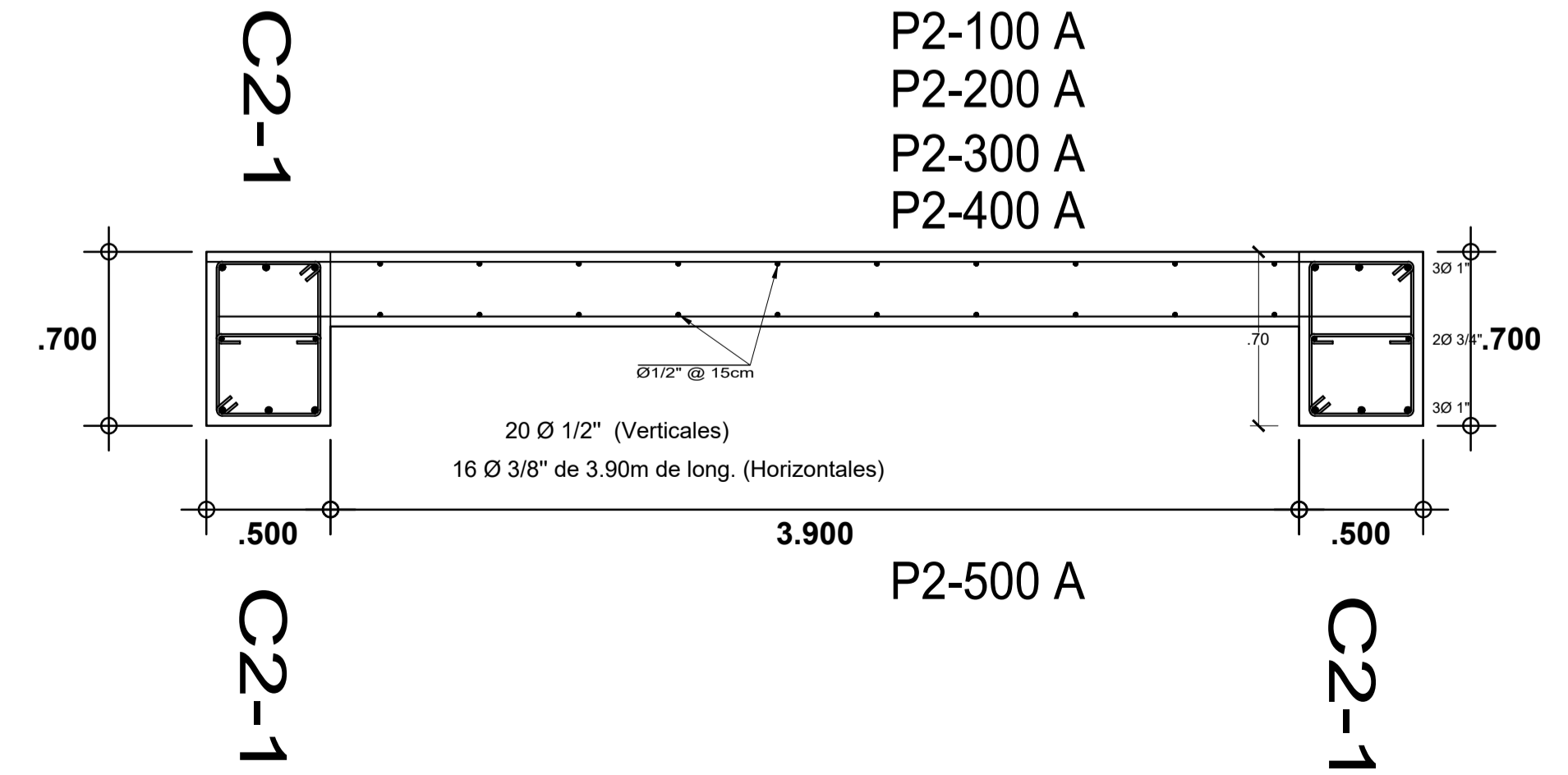
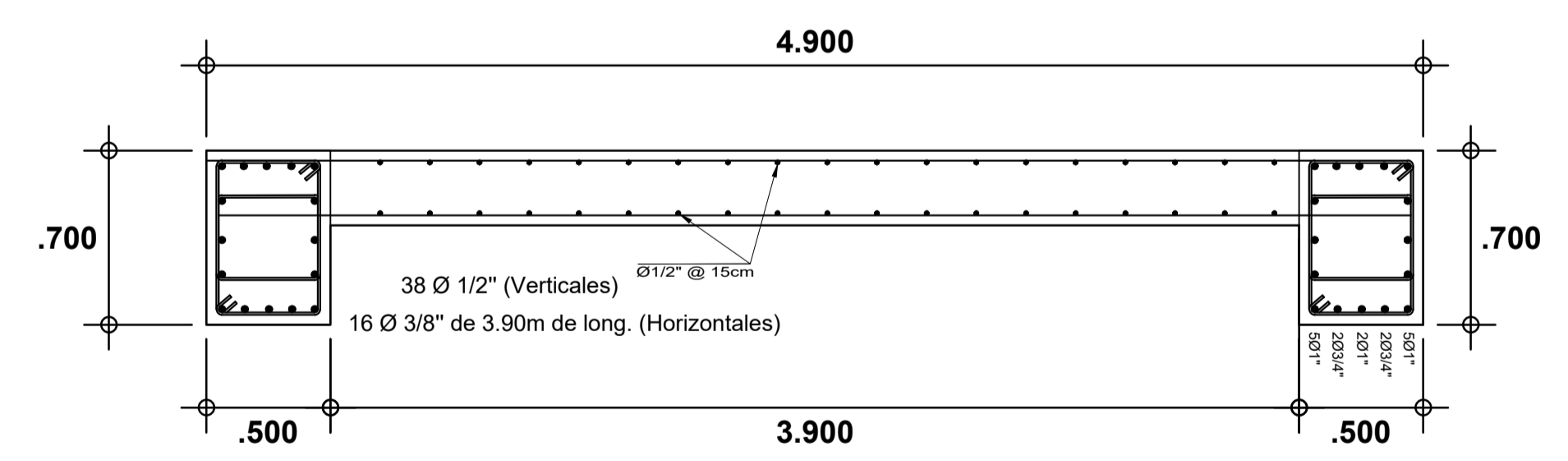
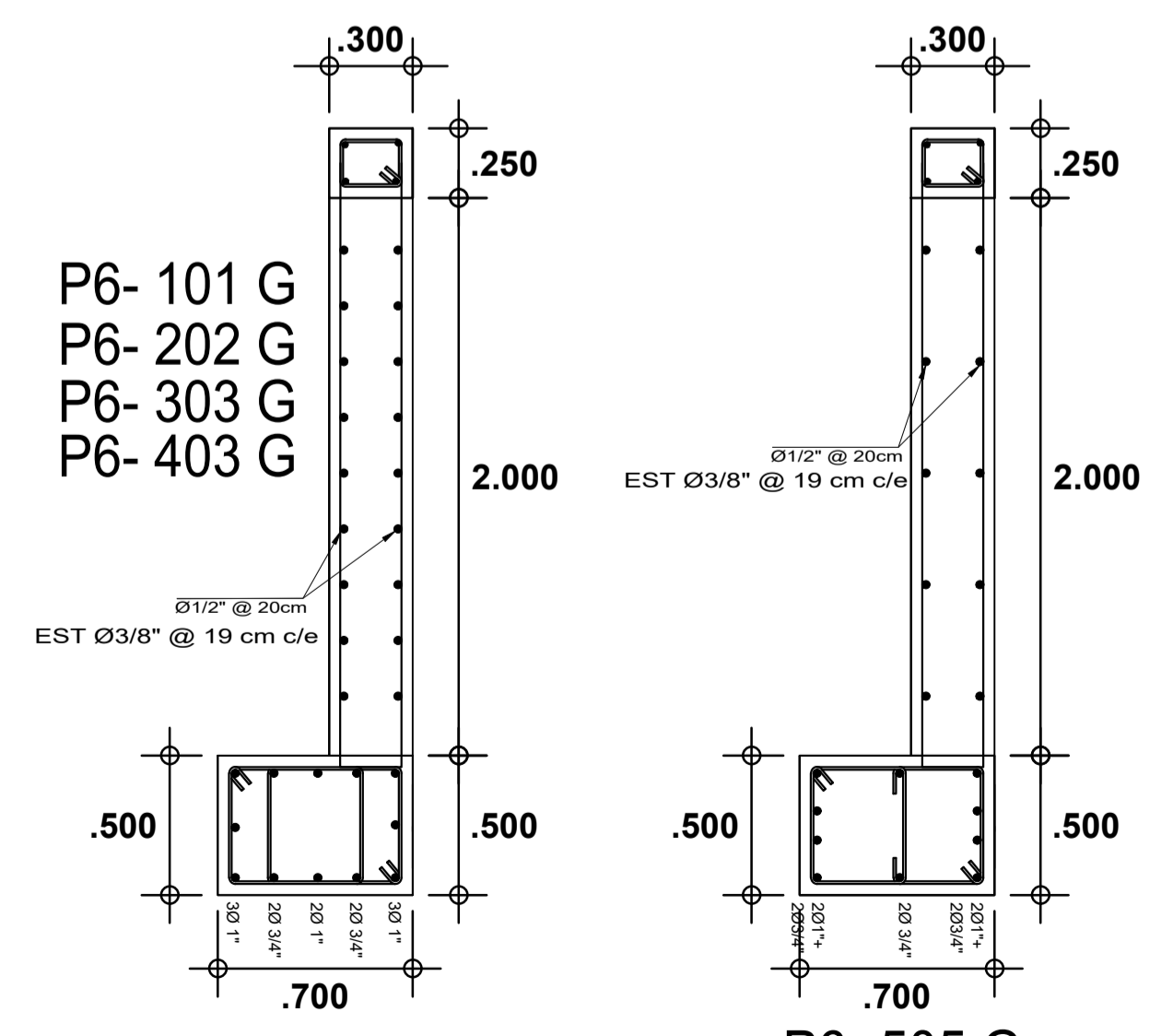
PLACAS MONTACARGA  
ESCALA 1/50



PLACAS MODULO III  
ESCALA 1/25



PLACAS MODULO I  
ESCALA 1/50



PLACAS MODULO II  
ESCALA 1/25

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

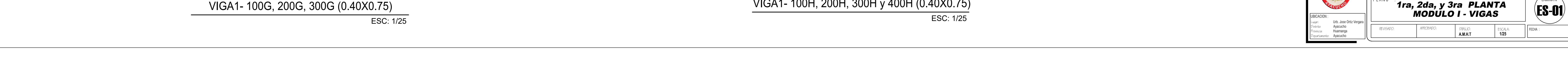
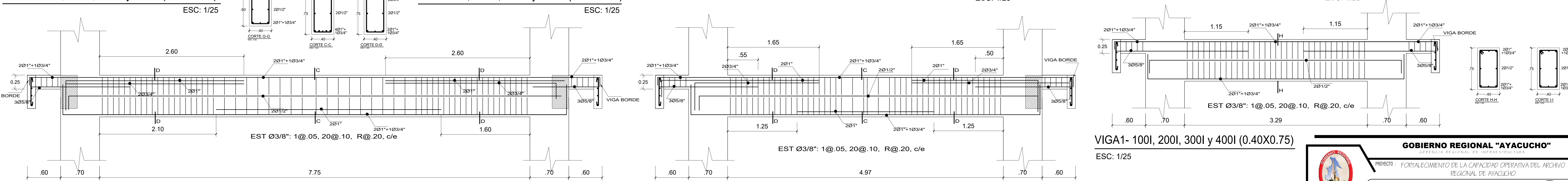
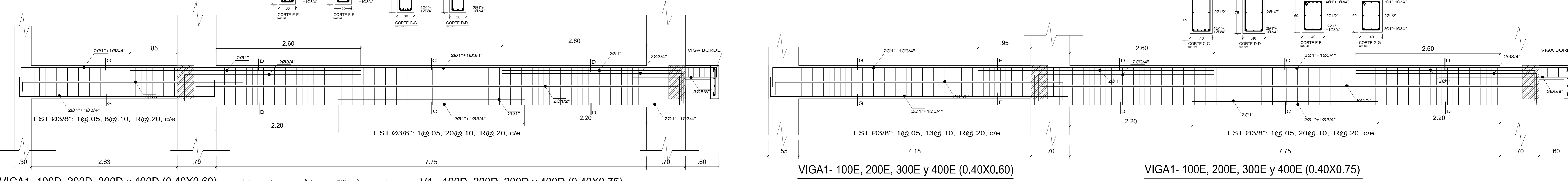
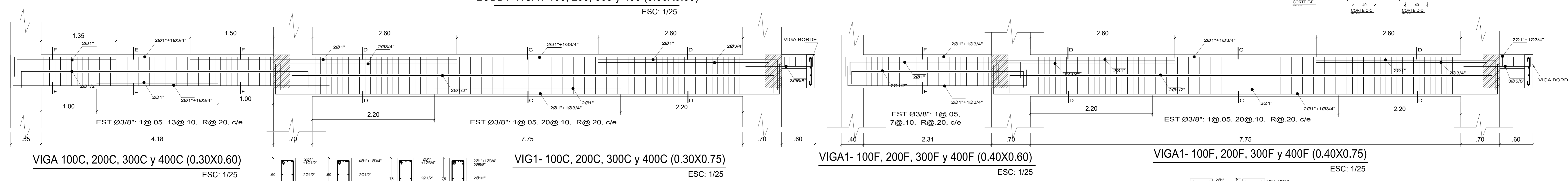
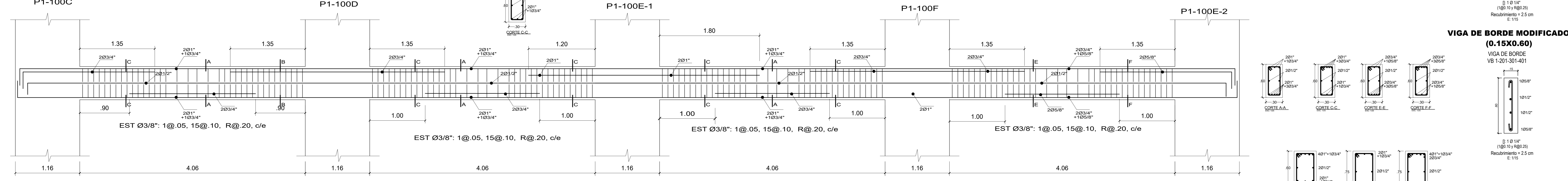
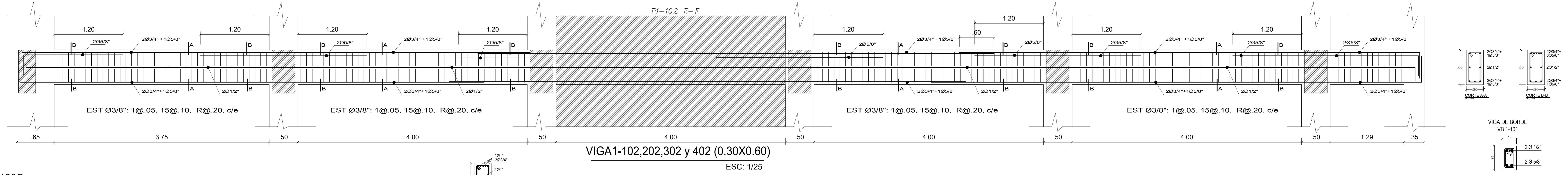
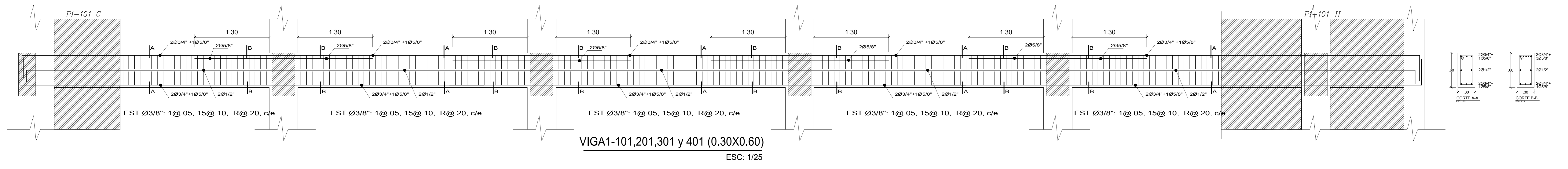
PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO : **DETALLE PLACAS MODULO I-II-III**

LAMINA N° **E-04**

UBICACION :  
Lugar: Urb. Jose Ortiz Vergara  
Distrito: Ayacucho  
Provincia: Huamanga  
Departamento: Ayacucho

REVISADO: APROBADO: DIBUJO: ESCALA: INDICADA FECHA:



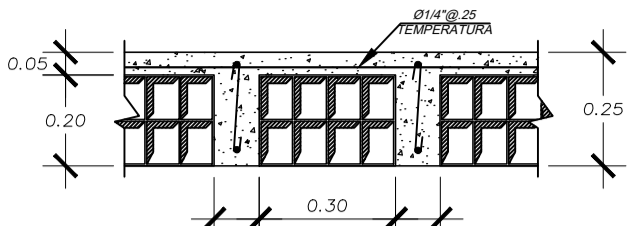
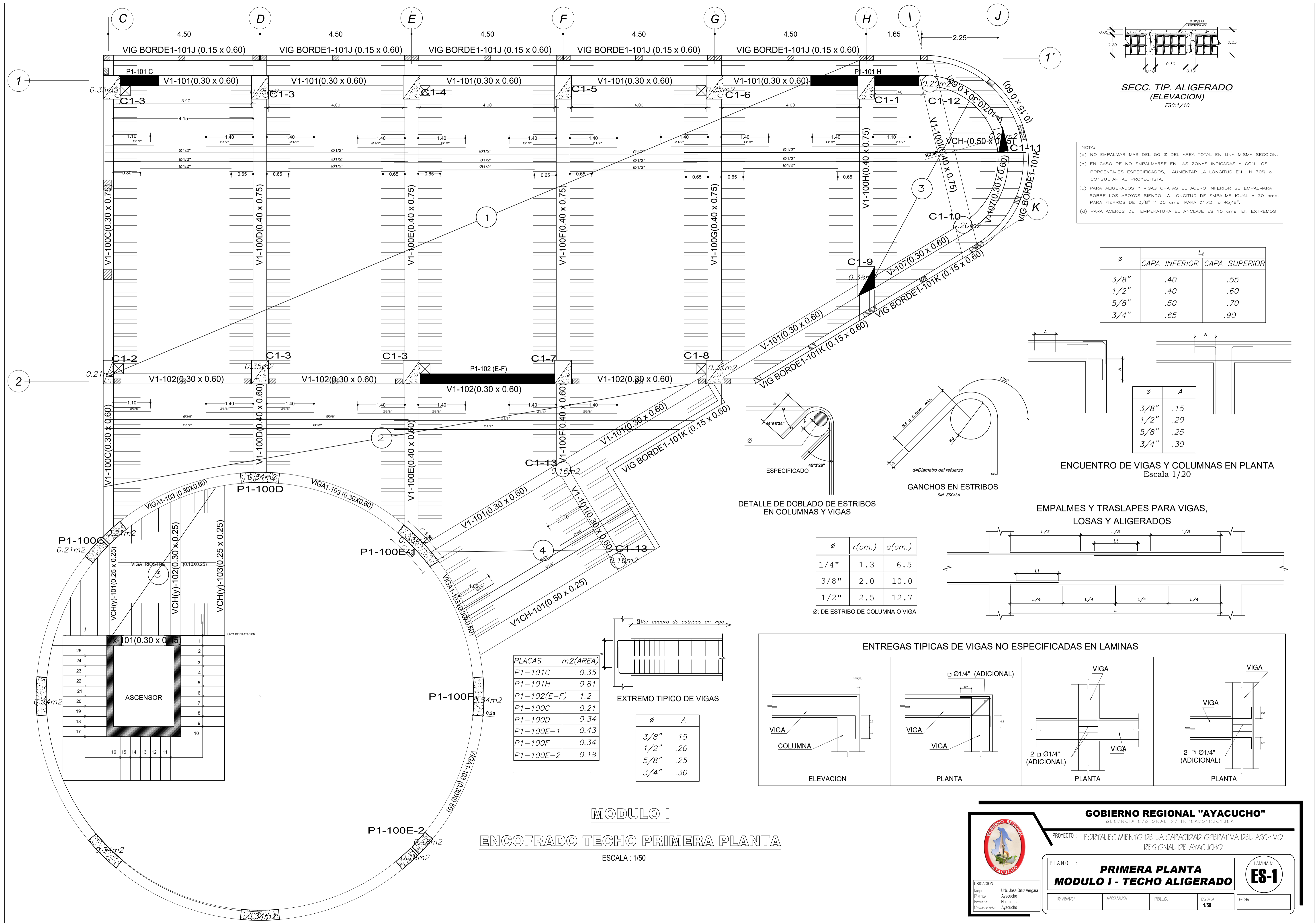
**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO: FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO: 1ra, 2da, y 3ra PLANTA MODULO I - VIGAS

REVISOR: ARQUITECTO  
PROYECTOR: ARQUITECTO  
ESCALA: 1/25

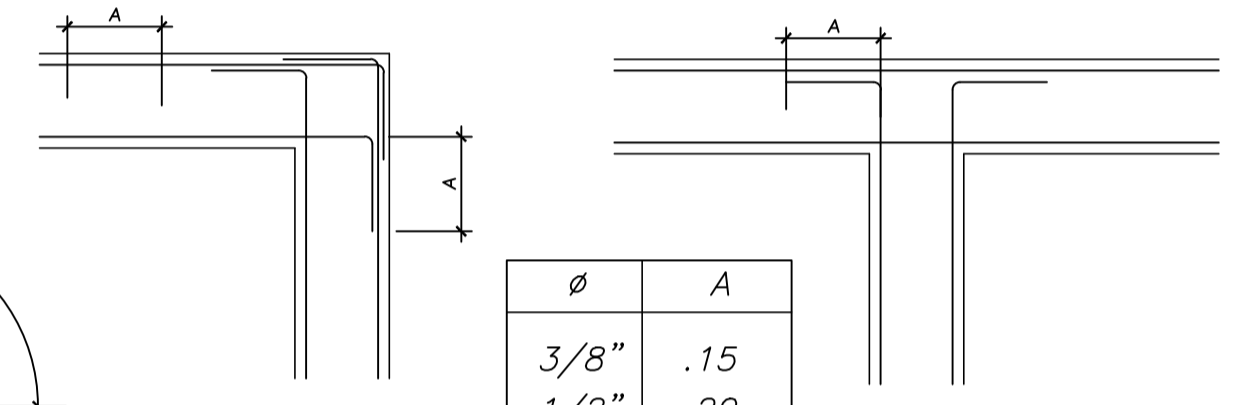
LABORATORIO: ES-01



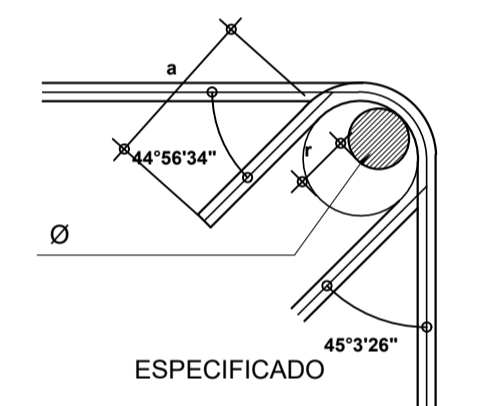
SECC. TIP. ALIGERADO (ELEVACION) ESC: 1/10

NOTA:  
 (a) NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION.  
 (b) EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.  
 (c) PARA ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 30 cms. PARA FIERROS DE 3/8" Y 35 cms. PARA #1/2" O #5/8".  
 (d) PARA ACEROS DE TEMPERATURA EL ANCLAJE ES 15 cms. EN EXTREMOS

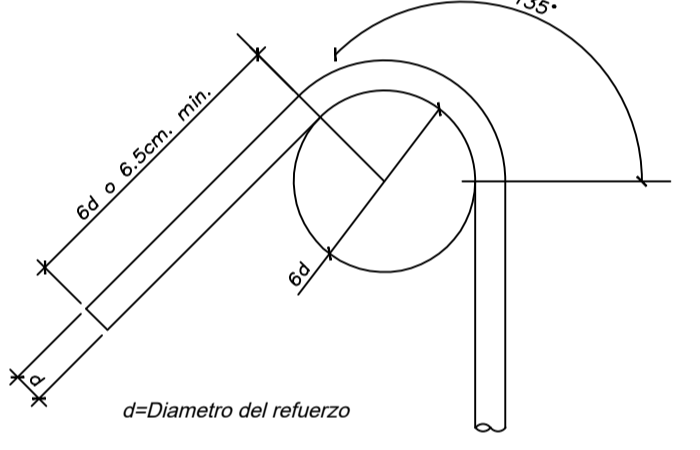
Ø	L <sub>t</sub>	
	CAPA INFERIOR	CAPA SUPERIOR
3/8"	.40	.55
1/2"	.40	.60
5/8"	.50	.70
3/4"	.65	.90



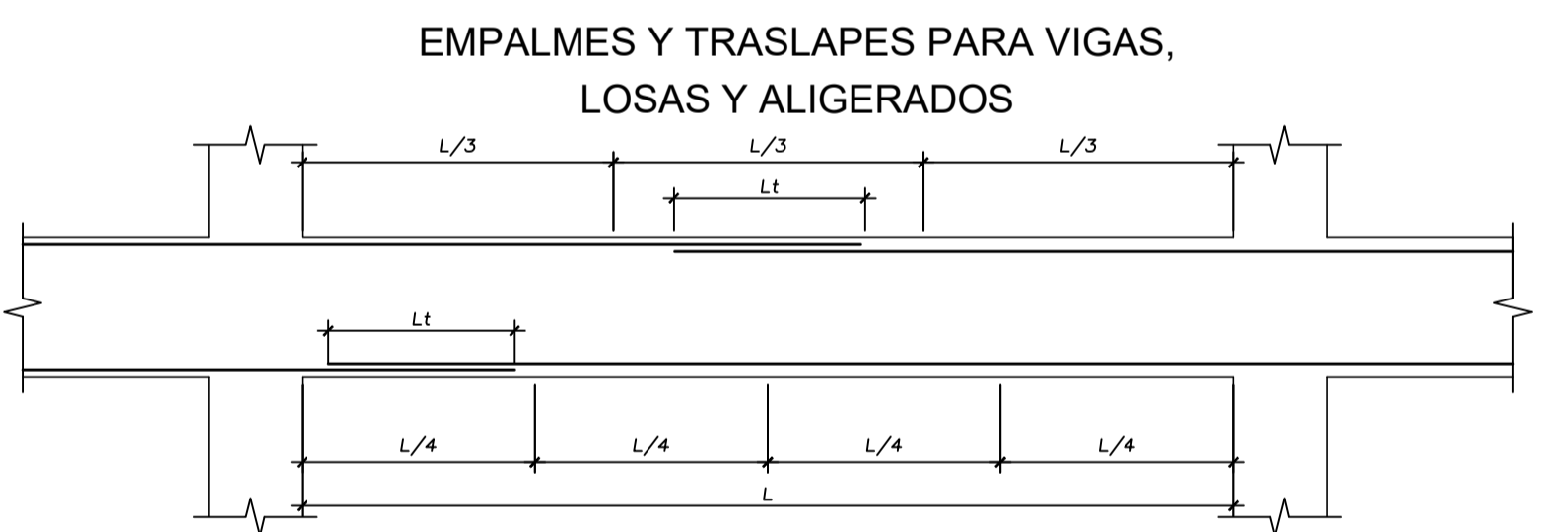
ENCUENTRO DE VIGAS Y COLUMNAS EN PLANTA Escala 1/20



DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIBOS EN COLUMNAS Y VIGAS



GANCHOS EN ESTRIBOS SIN ESCALA



EMPALMES Y TRASLAPES PARA VIGAS, LOSAS Y ALIGERADOS

Ø	r(cm.)	a(cm.)
1/4"	1.3	6.5
3/8"	2.0	10.0
1/2"	2.5	12.7

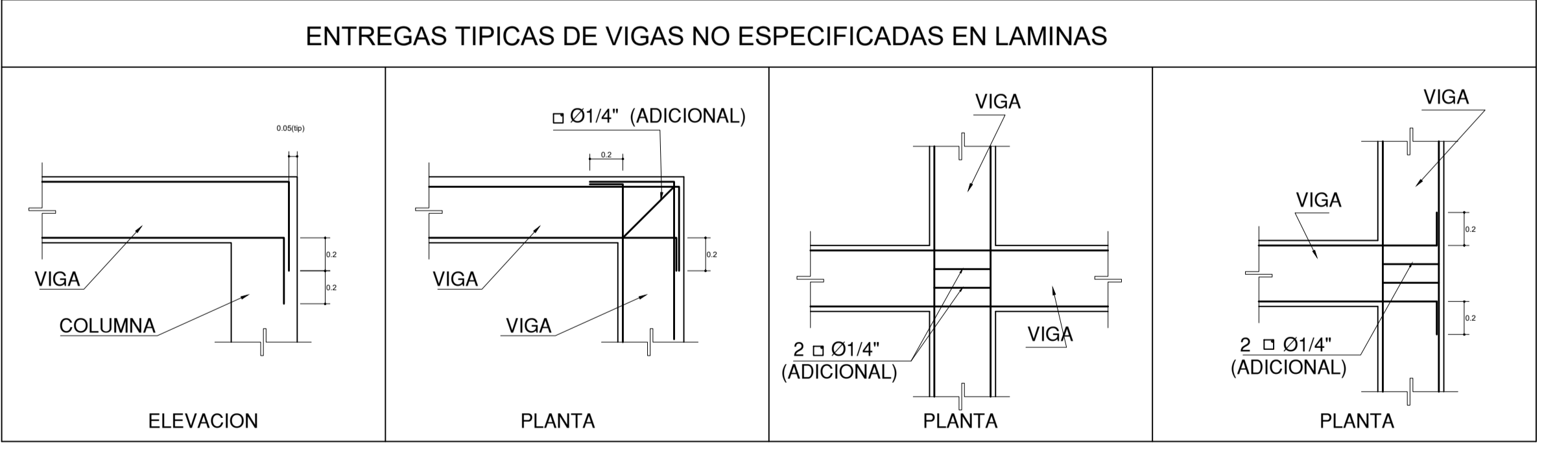
Ø: DE ESTRIBO DE COLUMNA O VIGA

PLACAS	m <sup>2</sup> (AREA)
P1-101C	0.35
P1-101H	0.81
P1-102(E-F)	1.2
P1-100C	0.21
P1-100D	0.34
P1-100E-1	0.43
P1-100F	0.34
P1-100E-2	0.18



EXTREMO TIPICO DE VIGAS

Ø	A
3/8"	.15
1/2"	.20
5/8"	.25
3/4"	.30



ENTREGAS TÍPICAS DE VIGAS NO ESPECIFICADAS EN LAMINAS

MODULO I  
 ENCOFRADO TECHO PRIMERA PLANTA  
 ESCALA : 1/50

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

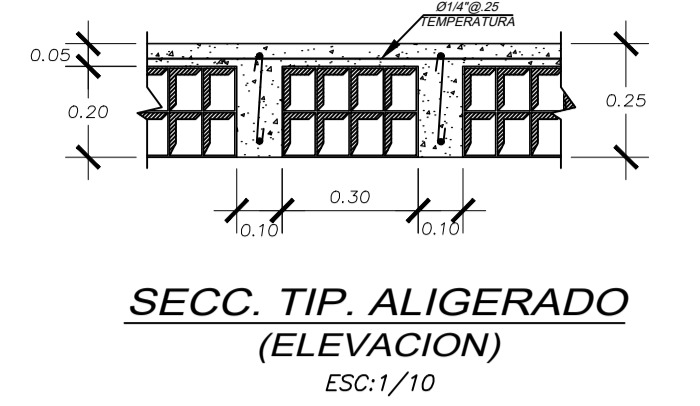
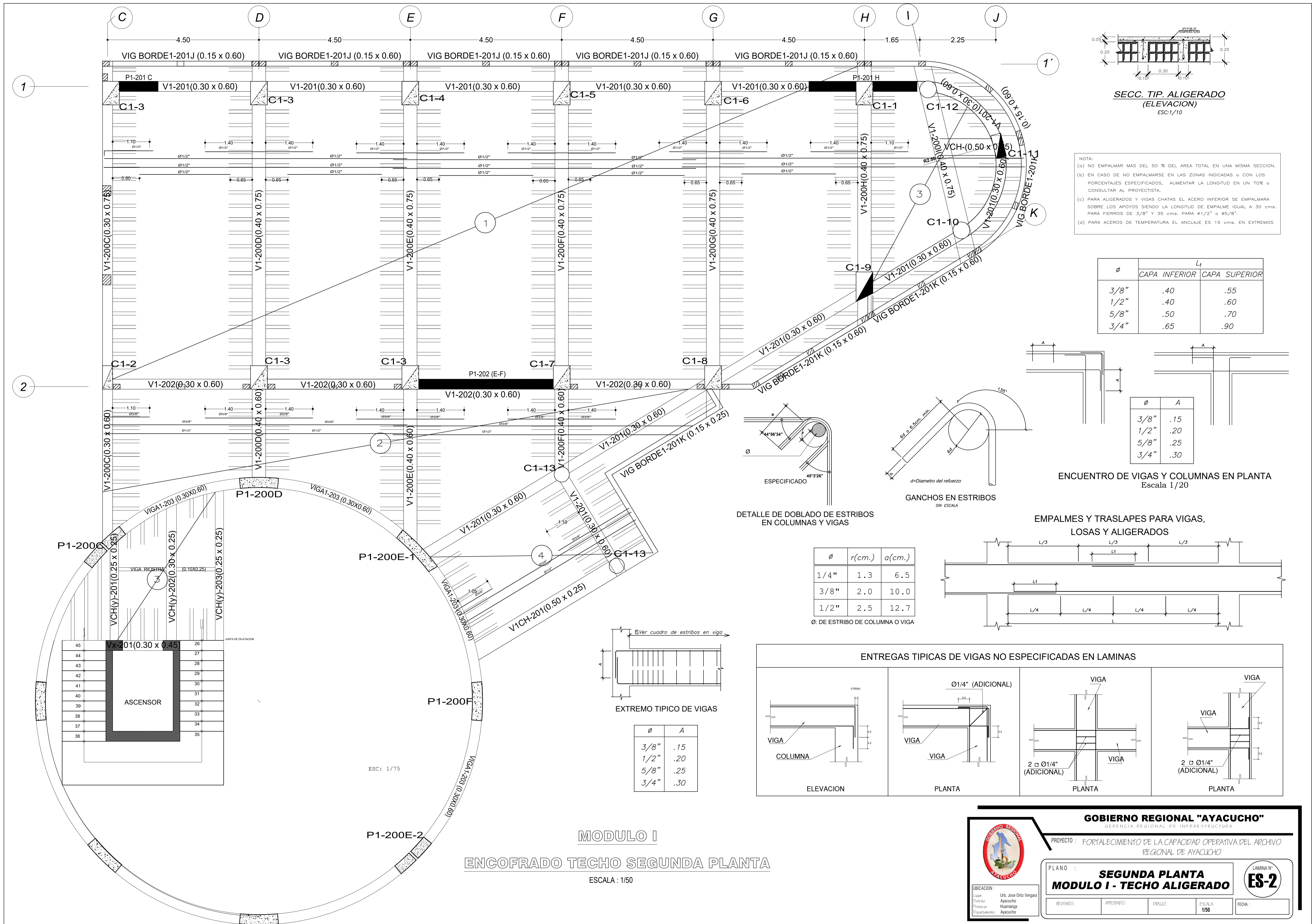
PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO : **PRIMERA PLANTA MODULO I - TECHO ALIGERADO**

LAMINA N° **ES-1**

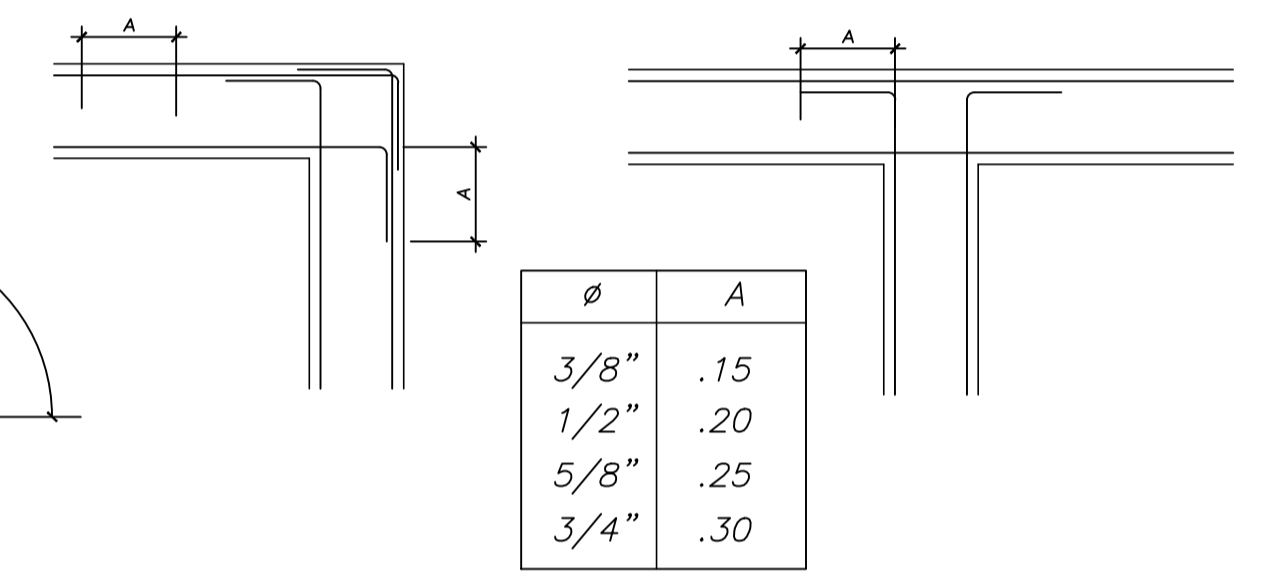
UBICACION : Urb. Jose Ortiz Vergara  
 Lugar : Ayacucho  
 Provincia : Huamanga  
 Departamento : Ayacucho

REVISADO: \_\_\_\_\_ APROBADO: \_\_\_\_\_ DIBUJO: \_\_\_\_\_ ESCALA: 1/50  
 FECHA: \_\_\_\_\_

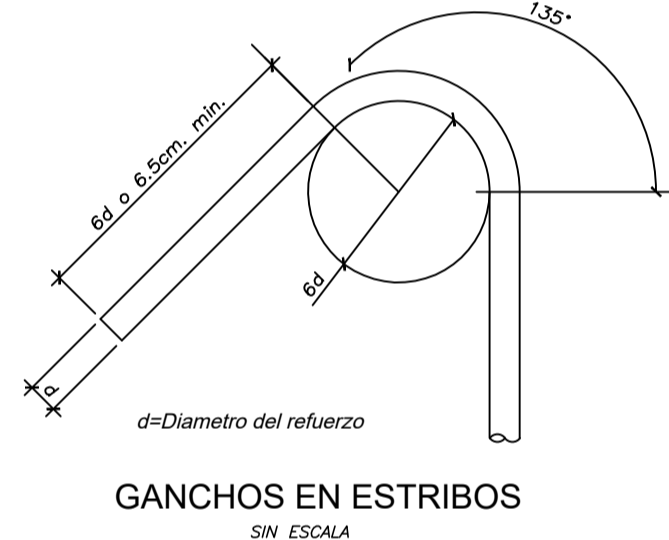
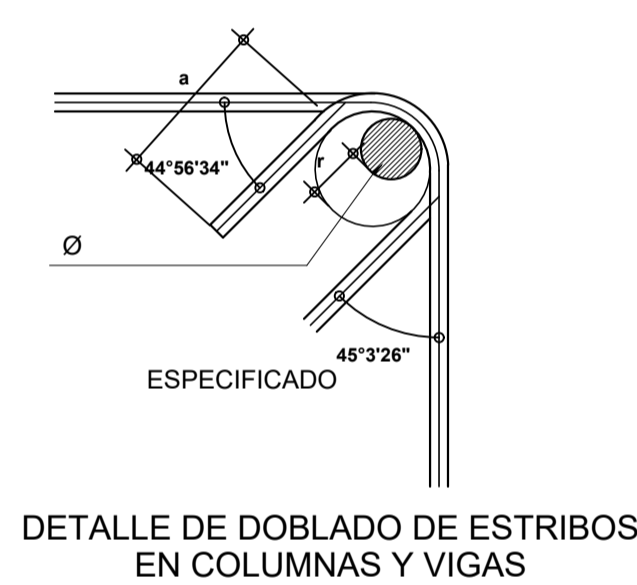


NOTA:  
 (a) NO EMPALMAR MAS DEL 50 % DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION.  
 (b) EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.  
 (c) PARA ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 30 cms. PARA FIERROS DE 3/8" Y 35 cms. PARA Ø1/2" o Ø5/8".  
 (d) PARA ACEROS DE TEMPERATURA EL ANCLAJE ES 15 cms. EN EXTREMOS

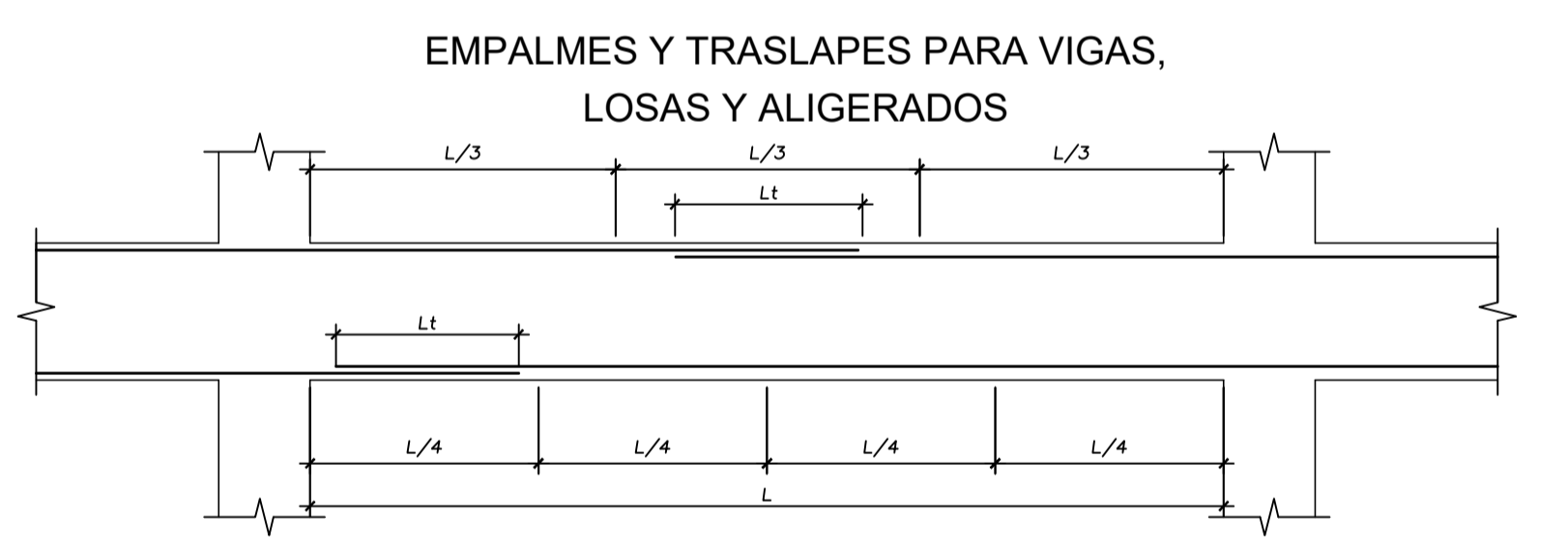
Ø	L <sub>t</sub>	
	CAPA INFERIOR	CAPA SUPERIOR
3/8"	.40	.55
1/2"	.40	.60
5/8"	.50	.70
3/4"	.65	.90



Ø	A
3/8"	.15
1/2"	.20
5/8"	.25
3/4"	.30

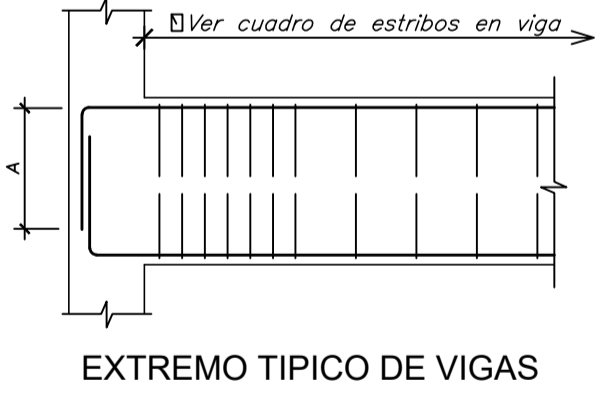


ENCUENTRO DE VIGAS Y COLUMNAS EN PLANTA  
Escala 1/20

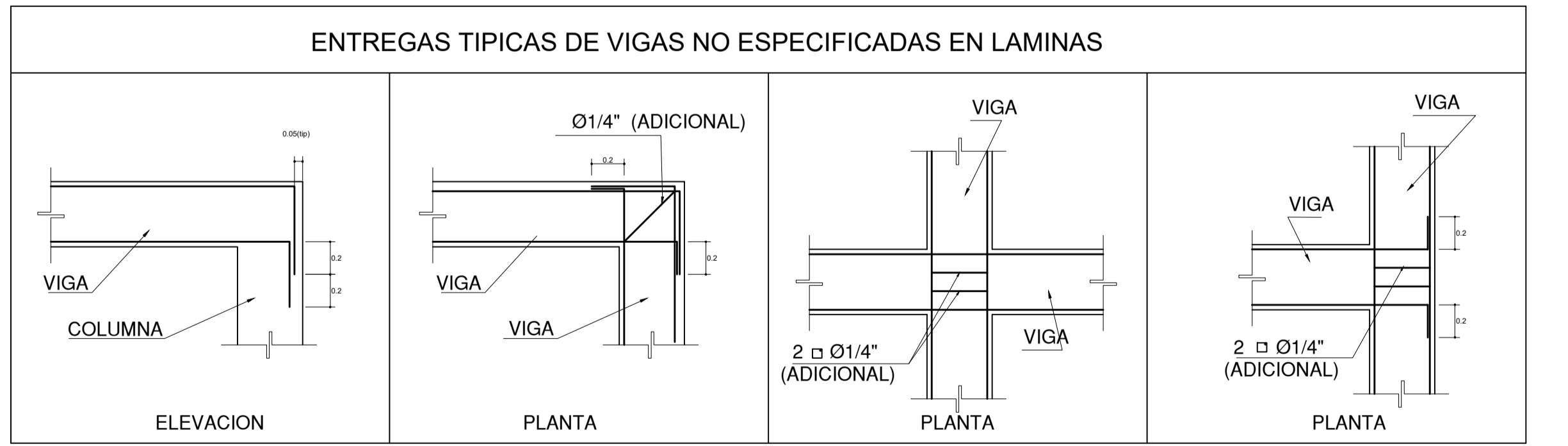


Ø	r(cm.)	a(cm.)
1/4"	1.3	6.5
3/8"	2.0	10.0
1/2"	2.5	12.7

Ø: DE ESTRIBO DE COLUMNA O VIGA



Ø	A
3/8"	.15
1/2"	.20
5/8"	.25
3/4"	.30



**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
 GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO : FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

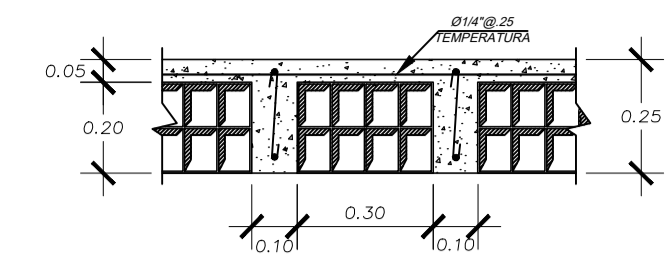
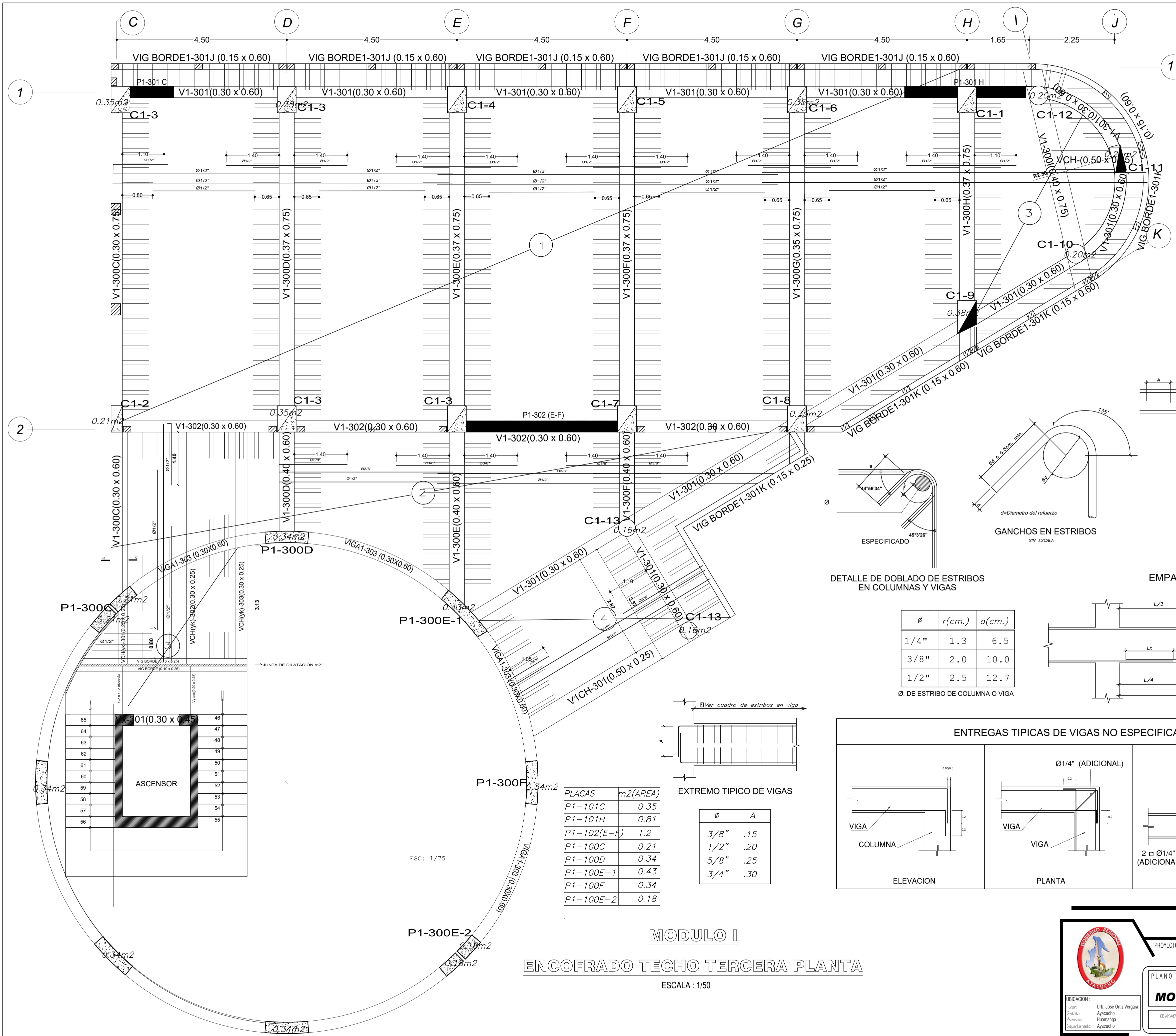
PLANO : **SEGUNDA PLANTA**  
**MODULO I - TECHO ALIGERADO**

LAMINA N° **ES-2**

UBICACION : Urb. Jose Ortiz Vergara  
 Lugar : Ayacucho  
 Provincia : Huamanga  
 Departamento : Ayacucho

REVISADO: \_\_\_\_\_ APROBADO: \_\_\_\_\_ DIBUJO: \_\_\_\_\_ ESCALA: 1/50  
 FECHA: \_\_\_\_\_

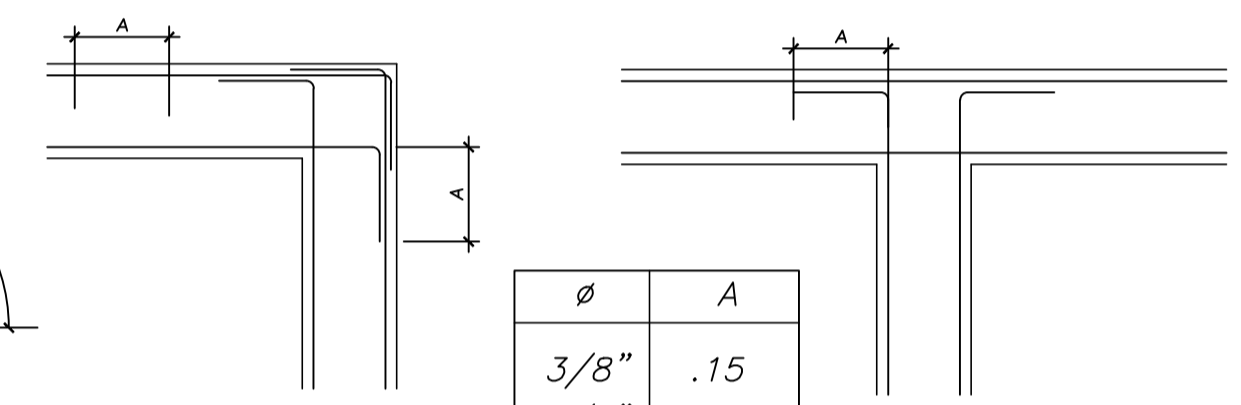
**MODULO I**  
**ENCOFRADO TECHO SEGUNDA PLANTA**  
 ESCALA : 1/50



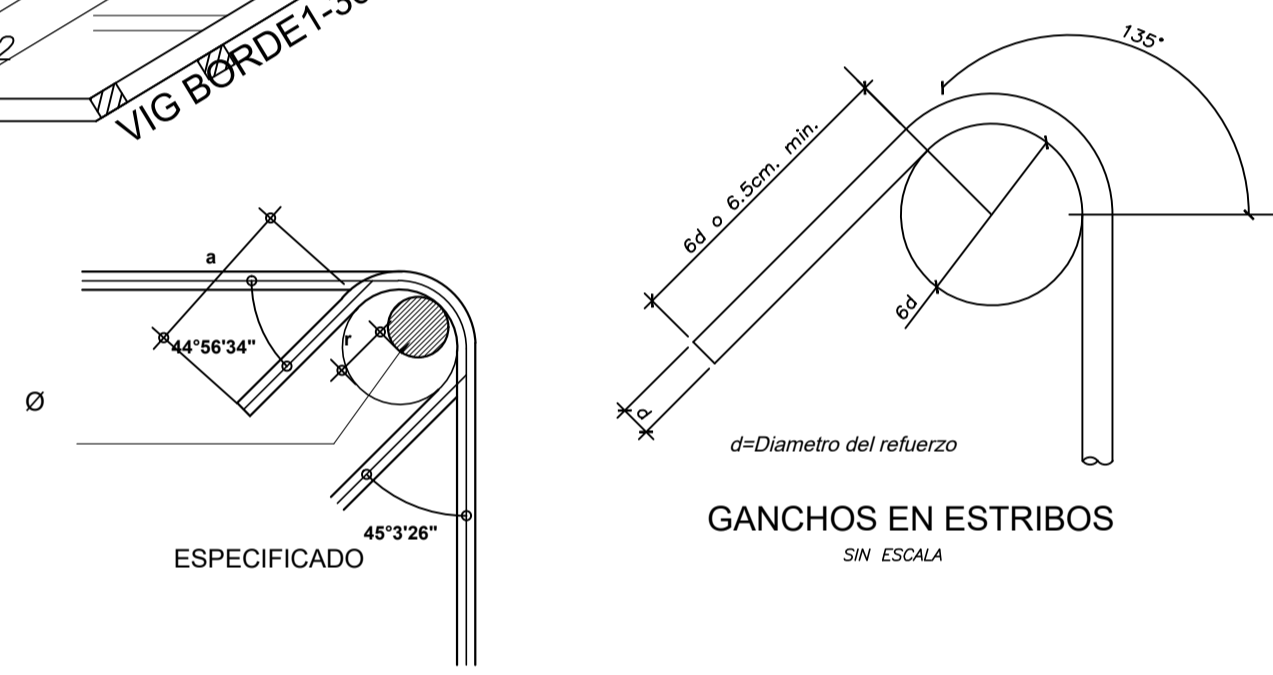
**SECC. TIP. ALIGERADO**  
(ELEVACION)  
ESC: 1/10

NOTA:  
(a) NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION.  
(b) EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD EN UN 70% O CONSULTAR AL PROYECTISTA.  
(c) PARA ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 30 cms. PARA FIERROS DE 3/8" Y 35 cms. PARA Ø1/2" O Ø5/8".  
(d) PARA ACEROS DE TEMPERATURA EL ANCLAJE ES 15 cms. EN EXTREMOS

Ø	L <sub>t</sub>	
	CAPA INFERIOR	CAPA SUPERIOR
3/8"	.40	.55
1/2"	.40	.60
5/8"	.50	.70
3/4"	.65	.90



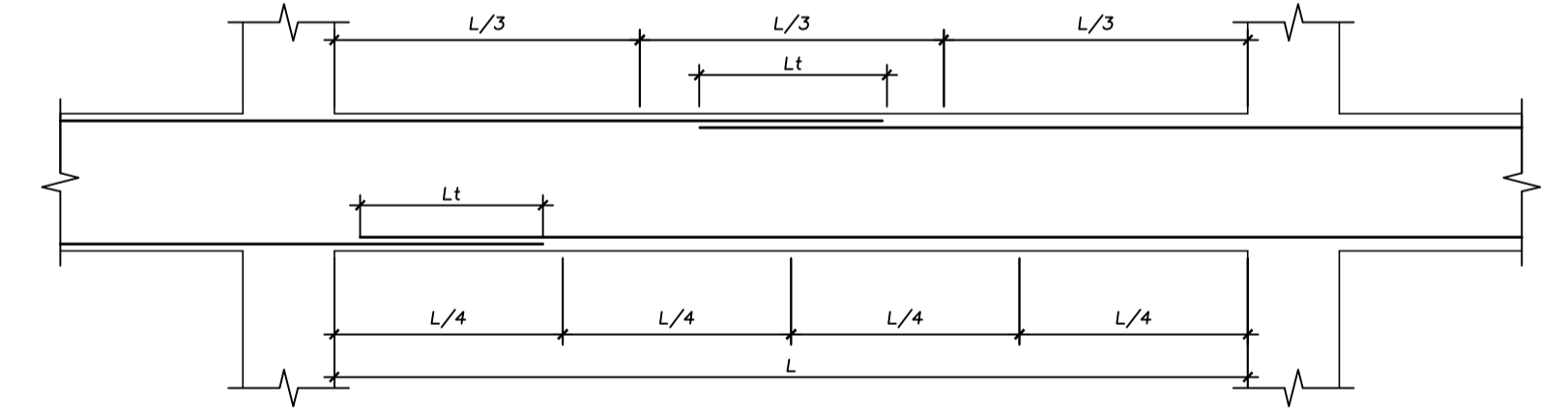
**ENCUENTRO DE VIGAS Y COLUMNAS EN PLANTA**  
Escala 1/20



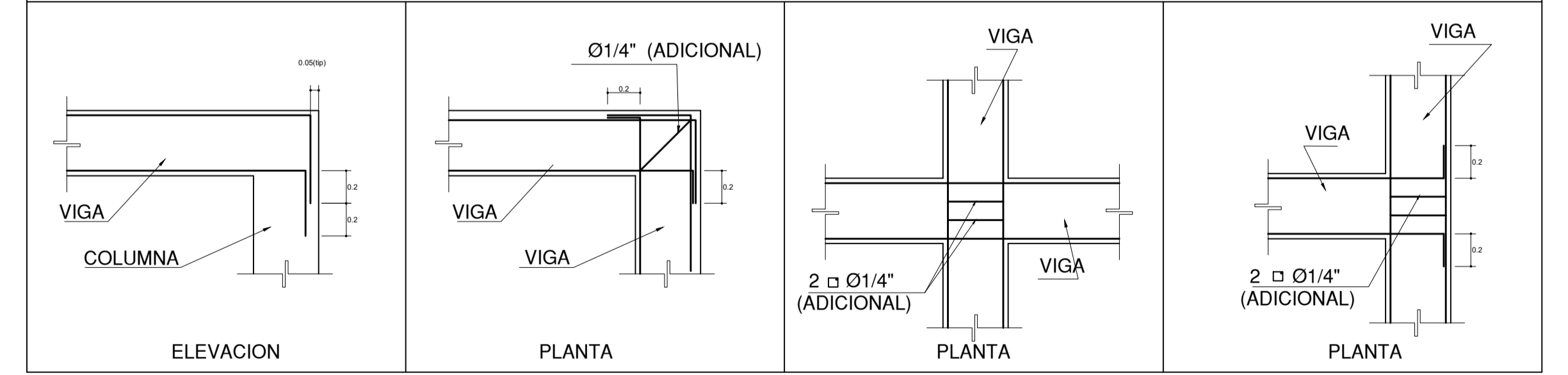
**DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIBOS EN COLUMNAS Y VIGAS**

Ø	r(cm.)	a(cm.)
1/4"	1.3	6.5
3/8"	2.0	10.0
1/2"	2.5	12.7

Ø: DE ESTRIBO DE COLUMNA O VIGA



**ENTREGAS TÍPICAS DE VIGAS NO ESPECIFICADAS EN LAMINAS**



PLACAS	m2 (AREA)
P1-101C	0.35
P1-101H	0.81
P1-102(E-F)	1.2
P1-100C	0.21
P1-100D	0.34
P1-100E-1	0.43
P1-100F	0.34
P1-100E-2	0.18

Ø	A
3/8"	.15
1/2"	.20
5/8"	.25
3/4"	.30

**MODULO I**

**ENCOFRADO TECHO TERCERA PLANTA**

ESCALA: 1/50

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO: FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

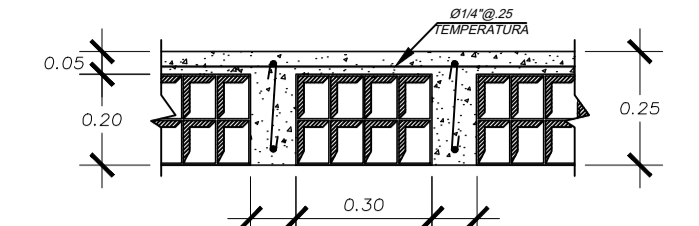
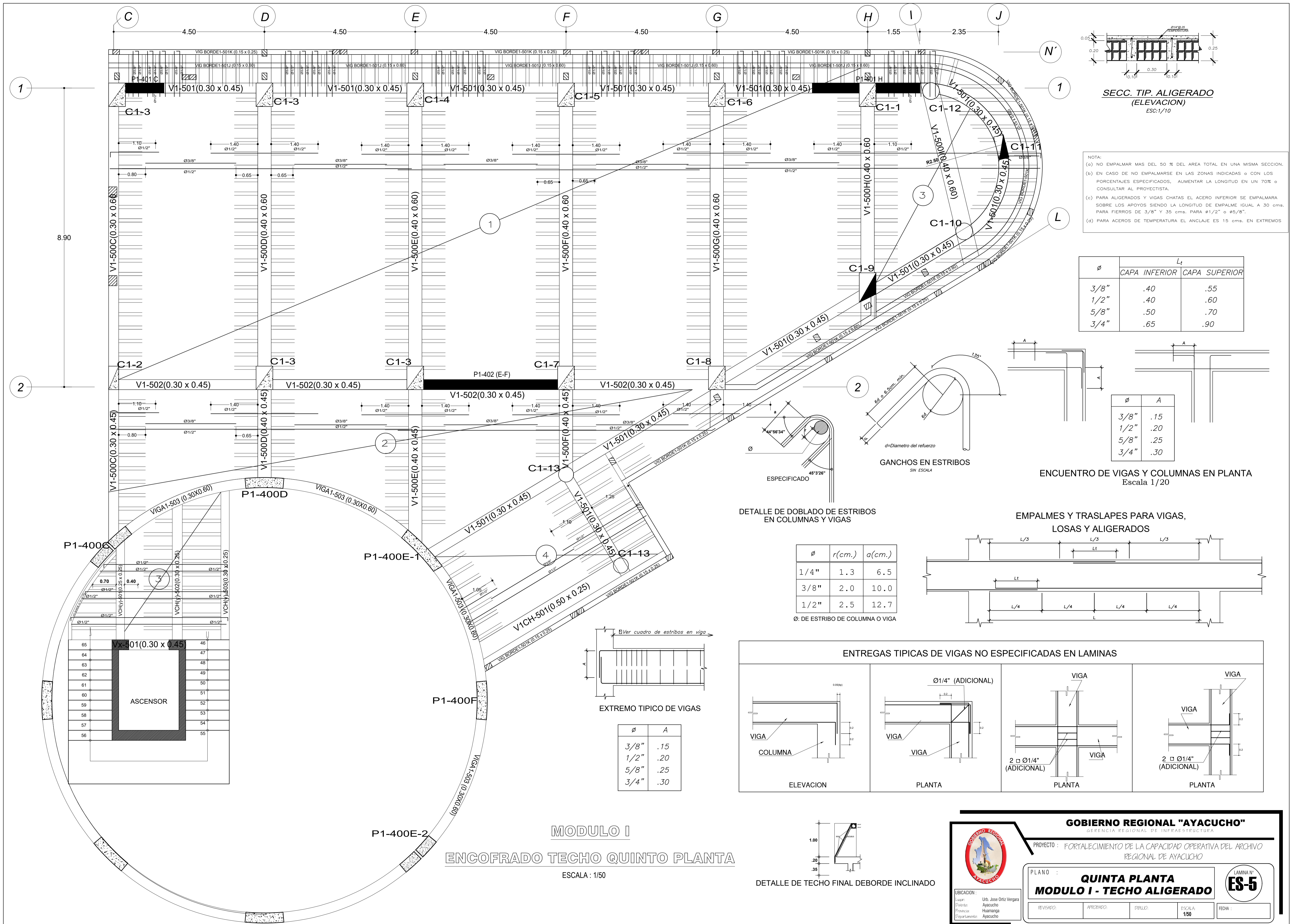
PLANO: **TERCERA PLANTA**  
**MODULO I - TECHO ALIGERADO**

LAMINA N° **ES-3**

UBICACION: Utc. Jose Ortiz Vergara  
Localidad: Ayacucho  
Provincia: Huamanga  
Departamento: Ayacucho

REVISADO: \_\_\_\_\_ APROBADO: \_\_\_\_\_ DIBUJO: \_\_\_\_\_ ESCALA: 1/50 FECHA: \_\_\_\_\_

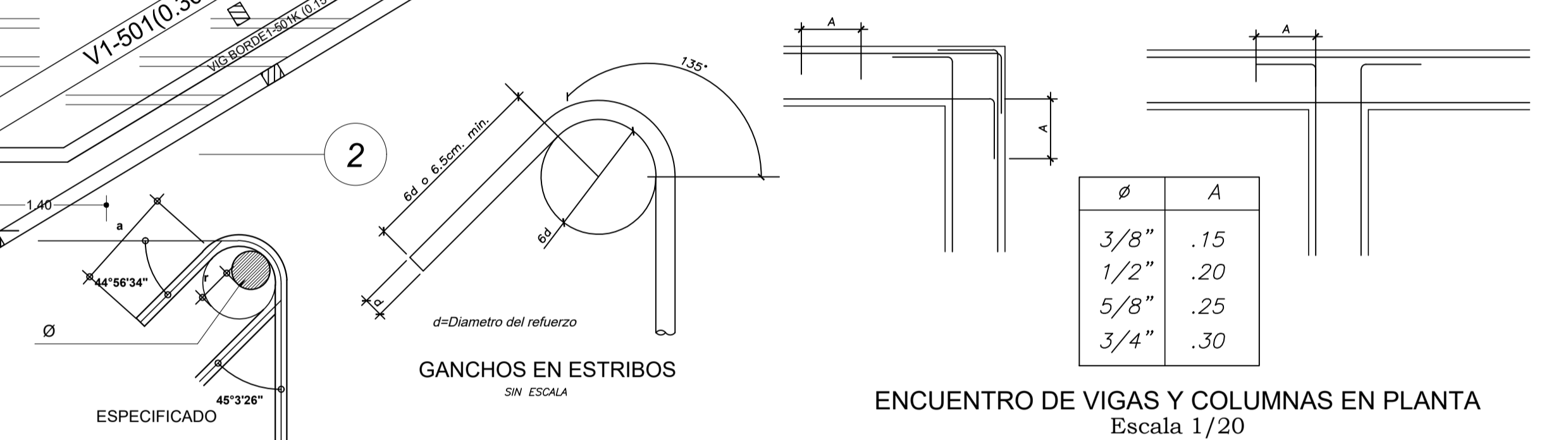




**SECC. TIP. ALIGERADO (ELEVACION)**  
ES: 1/10

- NOTA:
- (a) NO EMPALMAR MAS DEL 50 % DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION.
  - (b) EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD EN UN 70% o CONSULTAR AL PROYECTISTA.
  - (c) PARA ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 30 cms. PARA FIERROS DE 3/8" Y 35 cms. PARA Ø1/2" o Ø5/8".
  - (d) PARA ACEROS DE TEMPERATURA EL ANCLAJE ES 15 cms. EN EXTREMOS

Ø	L <sub>t</sub>	
	CAPA INFERIOR	CAPA SUPERIOR
3/8"	.40	.55
1/2"	.40	.60
5/8"	.50	.70
3/4"	.65	.90



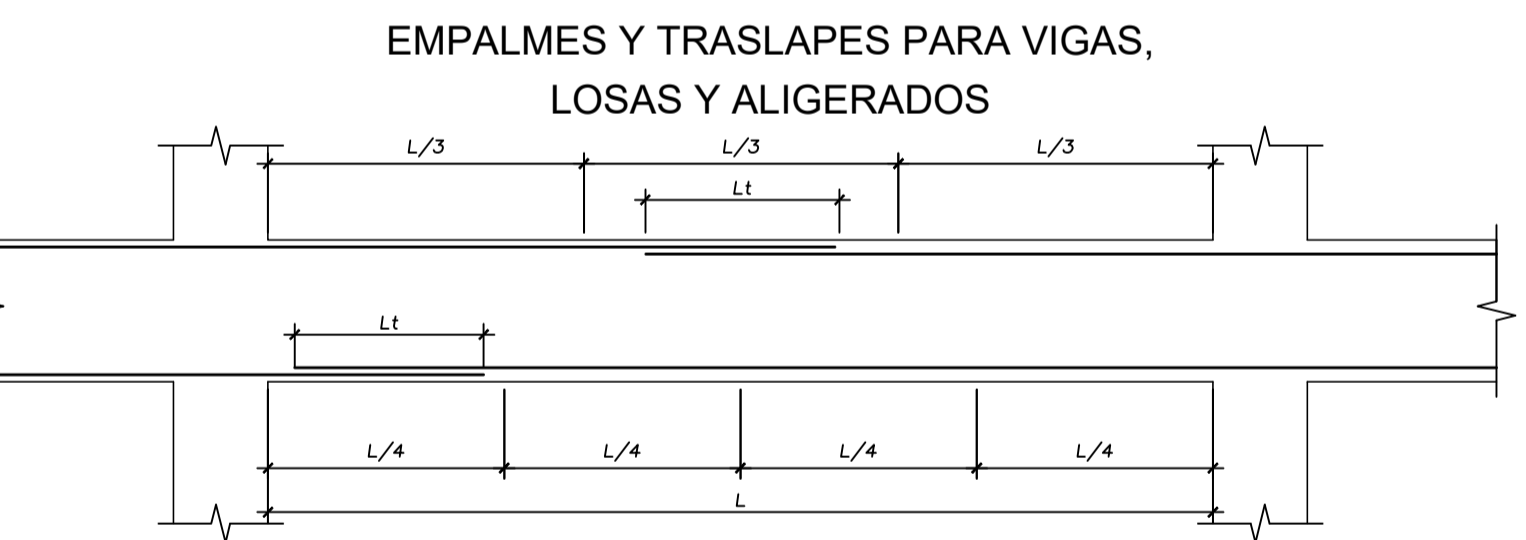
Ø	A
3/8"	.15
1/2"	.20
5/8"	.25
3/4"	.30

ENCUENTRO DE VIGAS Y COLUMNAS EN PLANTA  
Escala 1/20

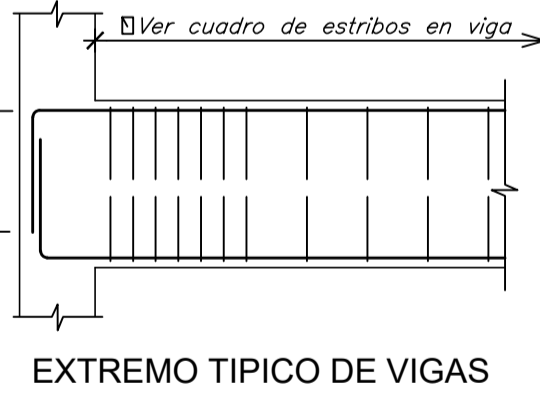
DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIBOS EN COLUMNAS Y VIGAS

Ø	r(cm.)	a(cm.)
1/4"	1.3	6.5
3/8"	2.0	10.0
1/2"	2.5	12.7

Ø: DE ESTRIBO DE COLUMNA O VIGA

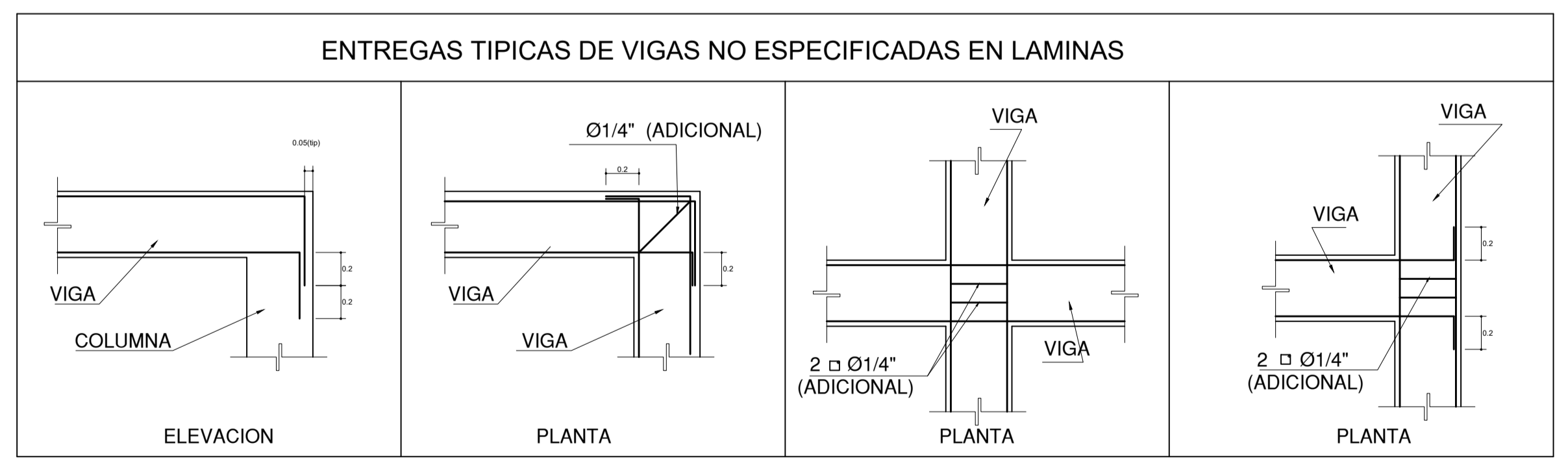


EMPALMES Y TRASLAPES PARA VIGAS, LOSAS Y ALIGERADOS



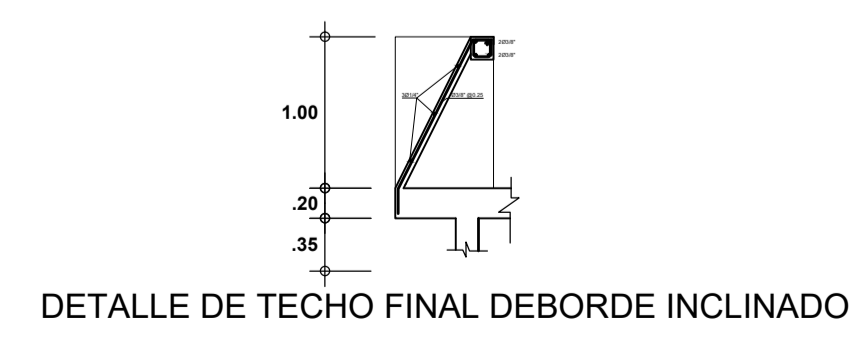
Ø	A
3/8"	.15
1/2"	.20
5/8"	.25
3/4"	.30

EXTREMO TIPICO DE VIGAS



ENTREGAS TÍPICAS DE VIGAS NO ESPECIFICADAS EN LAMINAS

**MODULO I**  
**ENCOFRADO TECHO QUINTO PLANTA**  
ESCALA: 1/50



DETALLE DE TECHO FINAL DEBORDE INCLINADO

**GOBIERNO REGIONAL "AYACUCHO"**  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

PROYECTO: FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO

PLANO: **QUINTA PLANTA MODULO I - TECHO ALIGERADO**

LAMINA Nº **ES-5**

UBICACION: Urb. Jose Ortiz Vergara, Ayacucho, Huamanga, Ayacucho

REVISADO: APROBADO: DISEÑADO: ESCALA: 1/50 FECHA:



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2025-FIMGC**

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

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 035-2025-FIMGC-D**, a los **veintiocho días del mes de marzo de 2025**, siendo las **4:00 p.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil**, bajo la presidencia del **MSc. Ing. Javier Francisco TAIPE CARBAJAL**, y los miembros: **MSc. Ing. Rolando CISNEROS AYALA**, **MSc. Ing. Abner CURI VEGA** y **MSc. Ing. Rubén Américo YACHAPA CONDEÑA**, actuando como secretario docente el **MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

**Juan Luis MISARAYME CCONISLLA**

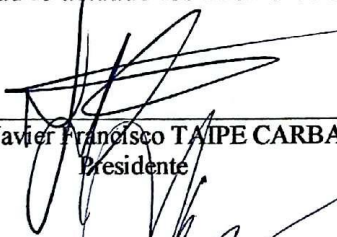
Quien presentó la tesis denominada:

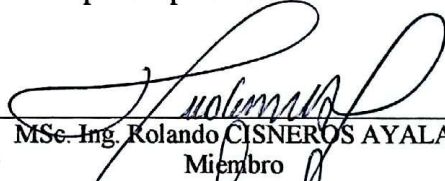
**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO CON EL MÉTODO NO LINEAL  
ESTÁTICO DEL EDIFICIO DE ARCHIVO REGIONAL DE AYACUCHO**

Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:


**Aprobado con dieciséis (16)**

Siendo las **5:30 p.m.** del día **28 de marzo de 2025**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

  
MSc. Ing. Javier Francisco TAIPE CARBAJAL  
Presidente

  
MSc. Ing. Rolando CISNEROS AYALA  
Miembro

  
MSc. Ing. Abner CURI VEGA  
Miembro

  
MSc. Ing. Rubén Américo YACHAPA CONDEÑA  
Miembro - Asesor

  
MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ  
Secretario docente de la FIMGC



UNSCH

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana "

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### CONSTANCIA N° 004-2025-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSCH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

**Apellidos y Nombres** : Juan Luis MISARAYME CCONISLLA  
**Escuela Profesional** : INGENIERÍA CIVIL  
**Título de la Tesis** : Evaluación del desempeño sísmico con el método no lineal estático del edificio de Archivo Regional de Ayacucho  
**Evaluación de la Originalidad** : 21 % Índice de Similitud  
**Identificador de la entrega** : 2660278486

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 28 de abril del 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI  
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

# Evaluación del desempeño sísmico con el método no lineal estático del edificio de Archivo Regional de Ayacucho

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	23%	10%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	9%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
3	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%

9	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://pirhua.udep.edu.pe">pirhua.udep.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

[repositorio.urp.edu.pe](http://repositorio.urp.edu.pe)

20

Fuente de Internet

<1 %

21

[vdocuments.mx](http://vdocuments.mx)

Fuente de Internet

<1 %

22

[mriuc.bc.uc.edu.ve](http://mriuc.bc.uc.edu.ve)

Fuente de Internet

<1 %

23

[qdoc.tips](http://qdoc.tips)

Fuente de Internet

<1 %

24

[repositorio.unc.edu.pe](http://repositorio.unc.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

25

[repositorio.ucv.edu.pe](http://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

26

Submitted to uni

Trabajo del estudiante

<1 %

27

[repositorio.utelesup.edu.pe](http://repositorio.utelesup.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

28

[repositorioacademico.upc.edu.pe](http://repositorioacademico.upc.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

29

[revistas.uss.edu.pe](http://revistas.uss.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to Universidad Nacional del Santa

Trabajo del estudiante

<1 %

31

[repositorio.unu.edu.pe](http://repositorio.unu.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo