



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIDAD DE INVESTIGACION

EVALUACION DE ORIGINALIDAD - 2022

N° 158 – 92947393 / 2022

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento **INFORME FINAL DE TESIS** cuyo título es:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMA SIMO RESISTENTE
E.030 DE PERÚ Y LA NORMA AMERICAN SOCIETY OF CIVIL
ENGINEERS 7-16 DE ESTADOS UNIDOS PARA LA
EVALUACIÓN SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE CINCO
NIVELES EN LA CIUDAD DE ICA-2021**

presentado por:

DIAZ SUMEN, JOEL RODRIGO

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es **7% de similitud** por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 22 noviembre 2022


DAVID MOTTA HUAYANCA
Técnico Operador Tecnológico:

 Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" Ica
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

DR. ING. MARÍN WILSON HUAMANCHUMO
Director de la Unidad de Investigación de la FIC

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Facultad de Ingeniería Civil



Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y
la norma *American Society of Civil Engineers 7-16* de Estados
Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco
niveles en la ciudad de Ica-2021

Línea de Investigación:
Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

AUTOR:
BACH. DIAZ SUMEN, JOEL RODRIGO

Ica, Perú
2021

DEDICATORIA

A mis padres y familia, por su apoyo incondicional y motivación continua durante mi etapa universitaria y en cada meta que me he planteado en el desarrollo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Luis Gonzaga, quienes me ha formado profesional, técnica y éticamente en el campo de la Ingeniería, en particular a mi asesor de tesis, Dr. Santos Chacaltana Vásquez, por sus sugerencias y aportes durante el desarrollo de la investigación.

INDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE	iv
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCION	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Antecedentes de la investigación	13
1.2.1 Antecedentes a nivel internacional.....	13
1.2.2 Antecedentes a nivel nacional.....	15
1.2.3 Antecedentes a nivel local.....	15
1.3. Formulación del problema	16
1.3.1. Problema general:.....	16
1.3.2. Problemas específicos:.....	16
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	16
1.4.1. Justificación.....	16
1.4.2. Importancia	16
1.5. Objetivos	17
1.5.1 Objetivo general	17
1.5.2. Objetivos específicos	17
1.6. Hipótesis y variables de la investigación	17
1.6.1. Hipótesis de investigación.....	17
1.6.1.1. Hipótesis general o principal.....	17
1.6.1.2. Hipótesis específicas	17
1.6.2. Variables de investigación	17
1.6.2.1. Variable independiente.....	17
1.6.2.2. Variable dependiente.....	18
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	19
2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	19
2.1.1. Tipo de investigación	19
2.1.2. Nivel de investigación.....	19
2.1.3. Diseño de investigación	19
2.2. Población y muestra	19

2.2.1.	Población de estudio	19
2.2.2.	Tamaño de muestra	19
2.2.3.	Criterios de inclusión y exclusión	19
2.3.	Instrumentos de recolección de información	19
2.3.1.	Instrumentos de recolección de datos.....	20
2.3.2.	Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos	20
2.3.2.1.	Técnicas de procesamiento	20
2.3.2.2.	Técnicas de análisis e interpretación de datos.....	20
2.4.	Comparación entre norma E.030-2018 de Perú y norma ASCE 7-16 de EE.UU.	20
2.4.1.	Parámetros para determinar el peligro sísmico	20
2.4.1.1.	Zonificación sísmica	20
2.4.1.1.1.	Zonificación sísmica en Perú	21
2.4.1.1.2.	Zonificación sísmica en Estados Unidos.....	22
2.4.1.2.	Perfil del suelo.....	22
2.4.1.2.1.	Perfil del suelo en Perú	23
2.4.1.2.2.	Perfil del suelo en Estados Unidos.....	25
2.4.1.3.	Factor de amplificación sísmica.....	27
2.4.1.3.1.	Factor de amplificación sísmica en Perú.....	27
2.4.1.3.2.	Factor de amplificación sísmica en Estados Unidos	27
2.4.1.4.	Categoría de las edificaciones y factor de uso	28
2.4.1.4.1.	Categoría de las edificaciones y factor de uso en Perú	29
2.4.1.4.2.	Categoría de las edificaciones y factor de uso en Estados Unidos.....	30
2.4.1.5.	Factor de reducción de fuerzas sísmicas	31
2.4.1.5.1.	Factor de reducción de fuerzas sísmicas en Perú	31
2.4.1.5.2.	Factor de reducción de fuerzas sísmicas en Estados Unidos.....	34
2.4.1.6.	Estimación del peso.....	35
2.4.1.6.1.	Estimación del peso en Perú	35
2.4.1.6.2.	Estimación del peso en Estados Unidos.....	35
2.4.1.7.	Periodo fundamental de vibración.....	36
2.4.1.7.1.	Periodo fundamental de vibración en Perú	36
2.4.1.7.2.	Periodo fundamental de vibración en Estados Unidos	36
2.4.2.	Parámetros para determinar el análisis sísmico.....	37
2.4.2.1.	Fuerza cortante basal en Perú.....	37
2.4.2.2.	Fuerza cortante basal en Estados Unidos	38
2.4.3.	Análisis sísmico dinámico.....	38
2.4.3.1.	Aceleración espectral en Perú	38
2.4.3.2.	Aceleración espectral en Estados Unidos.....	39

2.4.4.	Determinación de desplazamientos laterales relativos.....	40
2.4.4.1.	Desplazamientos laterales relativos en Perú	40
2.4.4.2.	Desplazamientos laterales relativos en Estados Unidos.....	41
III.	RESULTADOS.....	43
3.1.	Generalidades.....	43
3.1.1.	Ubicación del estudio.....	43
3.1.2.	Perfiles de suelo	43
3.1.3.	Arquitectura.....	45
3.1.4.	Estructuración del proyecto.....	52
3.2.	Parámetros sísmicos en las normativas	53
3.2.1.	Perfil del suelo.....	53
3.2.1.1.	Perfil del suelo en Perú	53
3.2.1.2.	Perfil del suelo en Estados Unidos.....	53
3.2.2.	Sistema estructural	55
3.2.3.	Periodo fundamental de vibración.....	55
3.2.4.	Peso de la edificación.....	56
3.2.5.	Participación de las masas.....	57
3.2.6.	Sistema estructural resistente	57
3.2.7.	Fuerza cortante en la base de las normas sísmicas.....	58
3.2.7.1.	Fuerza cortante basal de la norma E.030-2018	58
3.2.7.2.	Fuerza cortante basal en la norma ASCE 7-16.....	63
3.3.	Espectros de diseño de las normas sísmicas.....	66
3.3.1.	Espectro inelástico de pseudo aceleración de la norma E.030, 2018 Perú.....	66
3.3.2.	Espectro inelástico de pseudo aceleración de la norma ASCE 7,2016 de Estados Unidos.....	69
3.4.	Derivas y desplazamientos laterales de las normas sísmicas	73
3.4.1.	Desplazamiento lateral y derivas en Perú	73
3.4.2.	Desplazamiento lateral y derivas en Estados Unidos.....	75
IV.	DISCUSION	77
4.1.	Fuerza cortante basal.....	79
4.1.1.	Fuerza cortante estática	79
4.1.2.	Fuerza cortante dinámica	79
4.2.	Espectro de respuesta	80
4.3.	Desplazamiento lateral.....	83
4.4.	Derivas	84
V.	CONCLUSIONES	86
VI.	RECOMENDACIONES.....	87

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	88
VIII. ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Zonificación sísmica en Perú	21
Tabla 2	Clasificación del perfil de suelo en Perú.....	23
Tabla 3	Clasificación del perfil de suelo en Estados Unidos	25
Tabla 4	Clasificación del perfil de suelo en Estados Unidos al SI.....	25
Tabla 5	Categorías de las edificaciones y Factor de uso en Perú.....	29
Tabla 6	Categorías de las edificaciones y Factor de uso en Estados Unidos	30
Tabla 7	Sistemas estructurales en Perú	31
Tabla 8	Irregularidades estructurales en altura en Perú	32
Tabla 9	Irregularidades estructurales en planta en Perú.....	33
Tabla 10	Categoría y regularidad de las edificaciones en Peru.....	34
Tabla 11	Factor de Modificación de Respuesta en Estados Unidos.....	34
Tabla 12	Valores del periodo de aproximación de los parámetros C_t y α	37
Tabla 13	Límites para la distorsión entre piso	41
Tabla 14	Limites para la distorsión entre piso	42
Tabla 15	Perfil estatigrafico predominante en la zona investigada.....	42
Tabla 16	Valores de las ondas de corte V_s según estrato de suelo	44
Tabla 17	Clasificación del perfil de suelo en Perú.....	53
Tabla 18	Clasificación del perfil de suelo en Estados Unidos al SI.....	53
Tabla 19	Periodo fundamental de vibración según tipo de estructura de la norma ASCE 7-1655	
Tabla 20	Periodos del modelado ETABS	56
Tabla 21	Carga muerta.....	56
Tabla 22	Carga viva	57
Tabla 23	Participación de masas	57
Tabla 24	Fuerza Cortante Resistente - SX	57
Tabla 25	Fuerza Cortante Resistente - SY	58
Tabla 26	Factor de suelo “S”; E.030, 2018.....	58
Tabla 27	Periodos TP y TL; E.030, 2018.....	58
Tabla 28	Categoría de las edificaciones y factor “U”; E.030, 2018.....	58
Tabla 29	Sistemas estructurales; E.030, 2018.....	59
Tabla 30	Categoría y regularidad de las edificaciones; E.030, 2018	59
Tabla 31	Irregularidad de rigidez-Piso blando; E.030, 2018	60
Tabla 32	Irregularidad de resistencia-Piso débil; E.030, 2018	60
Tabla 33	Irregularidad de peso; E.030, 2018	61
Tabla 34	Irregularidad Torsional; E.030, 2018.....	61
Tabla 35	Fuerza cortante estática en suelo S3, E.030 Perú.....	63

Tabla 36	Fuerza cortante dinámica en suelo S3; E.030 Perú.....	63
Tabla 37	Verificación de Fuerza de cortante estática y dinámica según E.030-2018.....	63
Tabla 38	Coefficiente para periodo corto; ASCE 7-16	64
Tabla 39	Coefficiente para periodo largos; ASCE 7-16.....	64
Tabla 40	Categoría de las edificaciones; ASCE 7-16	64
Tabla 41	Coefficiente de modificación de respuesta R; ASCE 7-16.....	65
Tabla 42	Fuerza cortante para suelo E - Estados Unidos.....	65
Tabla 43	Fuerza cortante dinámica en Estados Unidos.....	66
Tabla 44	Verificación de Fuerza de cortante estática y dinámica según ASCE7-2016	66
Tabla 45	Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección X-X, E.030 Perú.....	66
Tabla 46	Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección Y-Y, E.030 Perú.....	68
Tabla 47	Espectro de respuesta sísmica en suelo E, dirección X-X, ASCE 7-16 Estados Unidos	69
Tabla 48	Espectro de respuesta sísmica en suelo E, dirección Y-Y, ASCE 7-16 Estados Unidos	71
Tabla 49	Desplazamiento lateral en suelo rígido S3 y Zona 4, en dirección X-X, E.030 Perú	73
Tabla 50	Desplazamiento lateral en suelo rígido S3 y Zona 4, en dirección Y-Y, E.030 Perú	73
Tabla 51	Desplazamiento lateral en suelo E y Zona 4, en dirección X-X, ASCE 7 EE. UU....	75
Tabla 52	Desplazamiento lateral en suelo E y Zona 4, en dirección Y-Y, ASCE 7 EEUU.....	75
Tabla 53	Comparación de parámetros sísmicos de la norma E.030 y ASCE 7.16.....	77
Tabla 54	Variación porcentual de la fuerza cortante estática en Suelo S3 y suelo E.....	79
Tabla 55	Variación porcentual de la fuerza cortante dinámica en Suelo S3 y suelo E	80
Tabla 56	Comparación entre desplazamientos laterales de Perú y EE. UU., en dirección X-X	83
Tabla 57	Comparación entre desplazamientos laterales de Perú y EE. UU., en dirección Y-Y	83
Tabla 58	Comparación entre derivas de Perú y EE. UU., en dirección Y-Y	84
Tabla 59	Comparación entre derivas de Perú y EE. UU., en dirección Y-Y	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de isoaceleraciones espectrales de Estados Unidos	21
Figura 2	Mapa de zonificación sísmica	22
Figura 3	Curva de aceleración espectral de norma ASCE7-2016	39
Figura 4	Comportamiento morfológico del subsuelo en la zona de estudio	44
Figura 5	Planta arquitectónica 1er nivel - Semisótano	46
Figura 6	Planta arquitectónica 2do nivel	47
Figura 7	Planta arquitectónica 3er nivel	48
Figura 8	Planta arquitectónica 4to nivel	49
Figura 9	Planta arquitectónica 5to nivel	50
Figura 10	Planta arquitectónica de Azotea y techos	51
Figura 11	Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección X-X; E.030 Perú	67
Figura 12	Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección Y-Y; E.030 Perú	69
Figura 13	Espectro de respuesta sísmica en suelo E, dirección X-X, ASCE 7-16 EEUU	71
Figura 14	Espectro de Respuesta en Suelo E, Dirección Y-Y; ASCE 7 EEUU	72
Figura 15	Desplazamiento lateral en ambas direcciones en suelo blando y Zona 4	74
Figura 16	Deriva en ambas direcciones en suelo blando y Zona 4	74
Figura 17	Desplazamiento lateral en ambas direcciones en suelo E y Zona 4	75
Figura 18	Deriva en ambas direcciones en suelo E y zona 4	76
Figura 19	Fuerza cortante basal estática en suelo S3 y suelo E - Dirección X-X e Y-Y	79
Figura 20	Fuerza cortante basal dinámica en suelo S3 y suelo E - Dirección X-X e Y-Y	80
Figura 21	Comparación de Espectro de respuesta Perú- Estados Unidos en dirección X-X	81
Figura 22	Comparación de Espectro de respuesta Perú- Estados Unidos en dirección Y-Y	82
Figura 23	Comparación de desplazamientos laterales Perú- Estados Unidos	83
Figura 24	Comparación de derivas Perú- Estados Unidos	85

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo determinar la influencia del análisis comparativo de la norma sismorresistente E.030-2018 de Perú y la norma ASCE 7-2016 de Estados Unidos aplicados en una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica. La investigación busco comparar la influencia de la fuerza cortante basal, espectro de respuesta, desplazamientos laterales y derivas de la estructura.

La investigación tiene nivel aplicado, descriptivo y no experimental- correlacional. La muestra fue una edificación de cinco niveles de concreto armado, con sistema estructural de muros estructurales en ambas direcciones. El tipo de suelo es blando S3 y zonificación 4. El uso de la edificación es para Entidad Publica con un área de 610.70m².

La homologación de parámetros sísmicos se realizando comparando cada normativa tanto a nivel teórico, textual y de valor.

Del análisis se obtuvo que la fuerza cortante estática de la norma E.030-2018 es mayor en un 23.75% y la cortante dinámica es mayor en un 19.19%. El espectro de respuesta de la E.030-2018 es mayor a la norma ASCE 7-2016. Los desplazamientos laterales de la norma E.030 son mayores en la dirección X-X en 25.57% y en la dirección Y-Y en 28.46%. Las derivas de la norma E.030 son mayores en la dirección X-X en 56.29% y en la dirección Y-Y en 60.65%.

Se recomienda realizar nuevas comparaciones con otros países que permitan conocer el estado de la norma peruana E.030 respecto a normas internacionales en el campo del diseño sísmico usando distintos parámetros.

Palabras claves:

E.030-2018, ASCE 7-2016; evaluación, normas

ABSTRACT

The research aims to determine the influence of the comparative analysis of the seismic resistant standard E.030-2018 of Peru and the ASCE 7-2016 standard of the United States applied in a five-story building in the city of Ica. The research sought to compare the influence of the basal shear force, response spectrum, lateral displacements and drifts of the structure.

The research is applied, descriptive and non-experimental-correlational in nature. The sample was a five-story reinforced concrete building, with a structural system of structural walls in both directions. The type of soil is soft S3 and zoning 4. The use of the building is for Public Entity with an area of 610.70m².

The homologation of seismic parameters is carried out by comparing each regulation both at a theoretical, textual and value level.

From the analysis it was obtained that the static shear force of the E.030-2018 standard is greater by 23.75% and the dynamic shear is greater by 19.19%. The response spectrum of E.030-2018 is higher than the ASCE 7-2016 standard. The lateral displacements of the E.030 standard are greater in the X-X direction by 25.57% and in the Y-Y direction by 28.46%. The drifts of the E.030 standard are greater in the X-X direction by 56.29 % and in the Y-Y direction by 60.65%. It is recommended to make new comparisons with other countries that allow knowing the status of the Peruvian standard E.030 with respect to international standards in the field of seismic design using different parameters.

Keywords:

E.030-2018, ASCE 7-2016; evaluation, standards

I. INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema

Durante los últimos años, el mal proceso constructivo, la deficiencia técnica en aplicación de normas combinado con factores geodinámicos internos ha permitido la construcción de edificaciones que no se adecuan a los parámetros necesarios para afrontar con éxito sismos de envergadura.

La comparación con otros países permite conocer nuestras mejoras en el campo del comportamiento sismorresistente, así como nuestras deficiencias. Por tal motivo, compararse con países de primer nivel y con altos estándares de aplicación permitirá optimizar nuestras normas.

La aplicación de las normas para el diseño sísmico en Perú (E.030;2018) y Estados Unidos (IBC/ASCE;2016) son indispensables para minimizar el impacto en las estructuras frente a un movimiento sísmico, razón por la cual es importante la evaluación del comportamiento estructural en esta tesis de cada una de estas normas, para así conocer si la infraestructura es adecuada para la prestación de sus servicios en cada país y cumple tanto con la filosofía como con los principios del Diseño Sismorresistente.

1.2 Antecedentes de la investigación

1.2.1 Antecedentes a nivel internacional

El estudio presentado por S. Hampshire [1] en 2016 mostró la comparación en la evaluación de parámetros sísmicos de diseño a nivel internacional entre estándares de Europa y Estados Unidos. Esta investigación se enfocó en el análisis sísmico de edificios residenciales y comerciales. centrándose en los periodos de recurrencia, zonificación sísmica y el espectro de respuesta, por otro lado, toma en consideración el tipo de suelo y los coeficientes de modificación de respuesta sísmica. Este estudio concluyo que es importante analizar especialmente el periodo de recurrencia ya que ello permite un aumento sustancial en las fuerzas sísmicas adoptadas en cada normativa.

En 2016; D. Zhiqian, W. Zhizhao y L. Bo [2] evaluaron la normativa china GB50011 y la normativa europea EN1998. Se verifico que la tipología de la clase de suelo, ha sido determinado mediante onda de corte y espesor de sobrecarga a través de mapas en China, mientras que en Europa clasifica el suelo por un factor único promedio de la velocidad de onda de corte. El espectro de respuesta hallado en la investigación es similar en ambas normativas. La investigación concluye que la norma de China tiene procedimientos de construcción más estrictos de tal forma que garantiza la ductibilidad y resistencia de la edificación.

La publicación de I. Yuji [3] en 2017 brindó una visión general de la ingeniería sísmica a nivel global evaluando nuevos métodos de diseño sísmico. Logro incorporar nuevas propuestas como la introducción de dos nuevos niveles en el movimiento de la tierra y plantea fórmulas para evaluar las fuerzas sísmicas con periodos naturales cortos, considerando un balance estructural de acuerdo a las derivas y excentricidades.

La investigación de M. Tinman, D. Quiun, A. Muñoz y L. Speicher [4] en 2017, buscaron comparar el efecto de terremotos entre Perú y Chile. La investigación se centró en edificaciones con aislamiento en la base con la normativa E.060 del 2016 y el costo que representa alrededor de \$50/m². Recomiendan prestar atención a los sistemas para protección sísmica, con el fin de tener una mayor protección.

En 2018, la tesis de C. M. Piscal y F. Lopez [5], mostraron las diferencias sustanciales de la normativa ASCE7-10 y la norma ASCE 7-16 para el diseño de edificaciones que tengan un sistema de aislamiento en la base en Colombia. La versión de la ASCE 7-16 presenta cambios importantes a nivel de amenaza, irregularidad, análisis y fuerzas sísmicas muy diferentes para la misma estructura, por lo que el estudio concluye que no es recomendable combinar ambas normas para la aplicación en Colombia, debido a que sus parámetros no son similares.

En 2019, la tesis de J. García y A. Choez [6] analizaron la comparativa del diseño estructural basal tanto al análisis estático lineal como al no lineal de estructuras con sistema *pushover* en Ecuador. La investigación concluye que el sistema de pórticos es similar en cuanto a las derivas inelásticas máximas, a pesar que la norma ecuatoriana establece mayor fuerza sísmica que la planteado por la norma ASCE 7-16. El estándar estadounidense no aumenta el factor de corte basal, mientras que la norma ecuatoriana, establece factores de irregularidad en planta y elevación.

El análisis comparativo realizado por N. Reyes [7] en 2019, comparó la norma de Chile con la norma americana ASCE7-16 en su aplicación para edificaciones de acero estructural. El estudio, luego de su análisis concluye que el espectro de respuesta de la norma NCh433 ha logrado disminuir su materialidad en el desempeño estructural presentando resultados similares a la norma ASCE 7-16. La distorsión de piso obtenidas no detalla la ductibilidad de los diseños en base a la norma NCh433. El nivel de características estructurales obtenido de acuerdo con las dos normas indica un control estricto de deformación entre piso como consecuencia del aumento de materialidad.

En 2020, S. Hampshire, C. Giarlelis y J. Jara [8] realizaron una comparación de las diferentes normativas sísmicas a nivel mundial aplicada a una misma edificación entre las que se encuentran: *EUROCODE 8*, *ASCE/SEI 7-16*, *National Building Code of Canada*, *New Zealand Standars* y *Italian Ministerial Decree*. Se observó que la forma espectral está definida teniendo en cuenta la aceleración máxima del suelo definida en la norma ASCE 7-16 la cual destaca a comparación de las otras normativas citadas, además se ha evidenciado un aumento significativo de las fuerzas sísmicas de diseño, lo que se refleja en la confiabilidad de las construcciones.

1.2.2 Antecedentes a nivel nacional

En 2009, A. Blasco [9], buscó ofrecer una versión simplificada de los estándares sísmicos de Perú y como ha sido su evolución. Detallo los criterios de estructuración para cada elemento estructural y principales problemas durante el diseño. Este libro logra resumir el comportamiento del diseño sísmico y como una correcta aplicación reduce las fallas frecuentes tanto en sub estructura y super estructura.

En la tesis de R. Huapaya [10] presentada en 2017 se evidencio que, a través de la evaluación por el método estático no lineal aplicado a edificaciones de 3, 6, 9 12, 15 y 18 niveles en Lima, tanto el periodo fundamental como la sobre resistencia aumentan al mismo tiempo, con respecto a la Ductibilidad, por lo que esta tiene una tendencia polinómica clara que puede observarse en cada eje del edificio. Se concluye que a razón que el periodo aumenta, la ductibilidad disminuye.

En la tesis de C. Pozo [11] presentada en 2019 se realizó un análisis sísmico y diseño estructural de una edificación de 6 niveles en Santiago de Surco, Lima en un proyecto con suelo gravoso y de 445 m². Se realizó el análisis sísmico dinámico y estático. Los resultados concluyen que la rigidez de los muros impacta en el centro de masa que puede originar problemas de torsión en la estructura, además el análisis de gravedad mostro mayor deformación en los elementos verticales.

1.2.3 Antecedentes a nivel local

No existen antecedentes a nivel local.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general:

- ¿En qué medida influye el análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma *American Society of Civil Engineers 7-16* de los Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?

1.3.2. Problemas específicos:

- ¿En qué medida influye la fuerza de la cortante basal para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?
- ¿En qué medida influye el espectro de respuesta para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?
- ¿En qué medida influyen los desplazamientos laterales de la estructura para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?
- ¿En qué medida influyen las derivas de la estructura para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.4.1. Justificación

El proyecto de investigación se justifica en el análisis, comparación y conocimientos de la Ingeniería Sísmica aplicada en proyectos de estructuras según su respectiva normativa en los países de Perú (E.030;2018) y Estados Unidos (ASCE 7;2016), los cuales buscan minimizar el impacto de los sismos en las estructuras.

Este análisis permitirá conocer el contexto de los estándares a nivel internacional de las características sísmicas deseadas para una estructura y por tanto identificar aspectos que no estén consideradas en ambas normativas.

Esta investigación se centrará en puntos críticos como el periodo de recurrencia sísmica, zonificaciones y valores de diseño del movimiento sísmico, espectros de respuesta, criterios de amplificación de suelos, clasificación de estructuras entre otras comparaciones producto de los análisis lineales y no lineales.

1.4.2. Importancia

La investigación proporcionara información sobre el comportamiento sísmico de un edificio de concreto armado en dos países.

A la vez, permite servir como guía en cuanto a la diferencia en la aplicación de normas a nivel internacional ya que incorpora todos los parámetros que ha proporcionado la ingeniería en cada uno de estos países para el uso de sus especialistas en diseño estructural y sismo por medio de la investigación.

Los estándares sísmicos tienen toda la información para que el diseño de proyectos sea correcto y proteja a sus ocupantes y el daño a la edificación sea el menor posible. Por lo tanto,

estas herramientas deben de contener parámetros actualizados que sirvan en la mejora continua de la investigación en el diseño sísmico resistente.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Determinar la influencia del análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma *American Society of Civil Engineers 7-16* de los Estados Unidos en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la fuerza de la cortante basal en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.
- Determinar la influencia del espectro de respuesta en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.
- Determinar la influencia de los desplazamientos laterales de la estructura en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.
- Determinar la influencia de las derivas de las estructuras en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.

1.6. Hipótesis y variables de la investigación

1.6.1. Hipótesis de investigación

1.6.1.1. Hipótesis general o principal

- El análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma *American Society of Civil Engineers 7-16* de los Estados Unidos influye en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.

1.6.1.2. Hipótesis específicas

- La fuerza de la cortante basal influye en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.
- El espectro de respuesta influye en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.
- Los desplazamientos laterales de la estructura influyen en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.
- Las derivas de las estructuras influyen en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.

1.6.2. Variables de investigación

1.6.2.1. Variable independiente

- El análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma *American Society of Civil Engineers 7-16* de los Estados Unidos

1.6.2.2. Variable dependiente

- La evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

La investigación tiene carácter de Investigación aplicada - descriptiva ya que está basada en la resolución de problemas a través de Normas legales y conocimiento teórico.

2.1.2. Nivel de investigación

La investigación tiene carácter de Nivel Correlacional, debido a que refiere el desarrollo del análisis sísmico mediante el uso de normas y conocimiento adquirido.

2.1.3. Diseño de investigación

La investigación tiene carácter de No Experimental, ya que el objetivo de la tesis es ser desarrollada de forma secuencial de acuerdo a las variables con el fin de obtener la tesis completa de forma estructurada.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población de estudio

La investigación tiene como población a las edificaciones con sistema de concreto armado de cinco niveles de la ciudad de Ica.

2.2.2. Tamaño de muestra

Como muestra se tendrá una edificación de 5 niveles Ubicada en Ica-Perú

2.2.3. Criterios de inclusión y exclusión

- **Criterio de inclusión**

- Estructura con sistema aporticado en ambas direcciones
- Estructura clasificada como Esencial
- Estructura de 5 niveles
- Estructura de concreto armado
- Estructura sin irregularidades

- **Criterios de exclusión**

- Estructura con sistema dual o muros de cargas
- Estructura clasificada como Importante, Comunes o Temporales
- Estructura menor o mayor a 5 niveles
- Estructura de madera o acero
- Perfil de suelo S0, S1, S2 y S4

2.3. Instrumentos de recolección de información

Para la recolección de datos se usará la observación para estudiar los aspectos con mayor importancia de la muestra y su desarrollo durante la aplicación de sus parámetros según la normativa de cada país.

También será usada la recopilación documental y bibliográfica que permitirá obtener materiales para su aplicación durante el desarrollo de la tesis.

2.3.1. Instrumentos de recolección de datos

- Planos arquitectónicos
- Planos estructurales
- Certificado de parámetros
- Software de modelación estructural

2.3.2. Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos

2.3.2.1. Técnicas de procesamiento

- Formulación de organizadores visuales
- Tablas
- Gráficos de barras

2.3.2.2. Técnicas de análisis e interpretación de datos

- Citas textuales
- Organizadores visuales
- Listas
- Tablas

2.4. Comparación entre norma E.030-2018 de Perú y norma ASCE 7-16 de EE.UU.

2.4.1. Parámetros para determinar el peligro sísmico

2.4.1.1. Zonificación sísmica

Para determinar la zonificación sísmica en Perú [12] y Estados Unidos [13] se han usado sus respectivas normativas vigentes. Ambas consideran un análisis e interpretación de la información sísmica, geodinámica, geológica, geomorfológica y geofísica de sus respectivos territorios.

Las normas o códigos de diseño sísmico de varios países se esfuerzan por evitar que las estructuras sean dañadas por sismos de leve o gran envergadura, los cuales deben de resistir sismos moderados y por tanto el usuario puede tener la capacidad de reparar daños de elementos no estructurales, Estas estructuras deben de resistir sismos de gran magnitud sin colapsar ya que es necesario brindar una protección integral a la estructura en caso de sismo pero no es viable en términos económicos poder construir una estructura que resista al 100% un sismo.

Es por esa razón que las normas de diseño sismorresistente se esfuerzan en brindar factores de zona los cuales son producto de los mapas de zonificación que son estudios multidisciplinarios que investigan distintos efectos de los sismos y brindan limitaciones y exigencias para el correcto diseño estructural.

El factor de zona se representa con la letra Z y es una fracción del valor de la aceleración de la gravedad, que se interpreta como la aceleración horizontal máxima sobre suelo rígido, susceptible de ser excedida en un 10% en 50 años.

2.4.1.1.1. Zonificación sísmica en Perú

Tabla 1

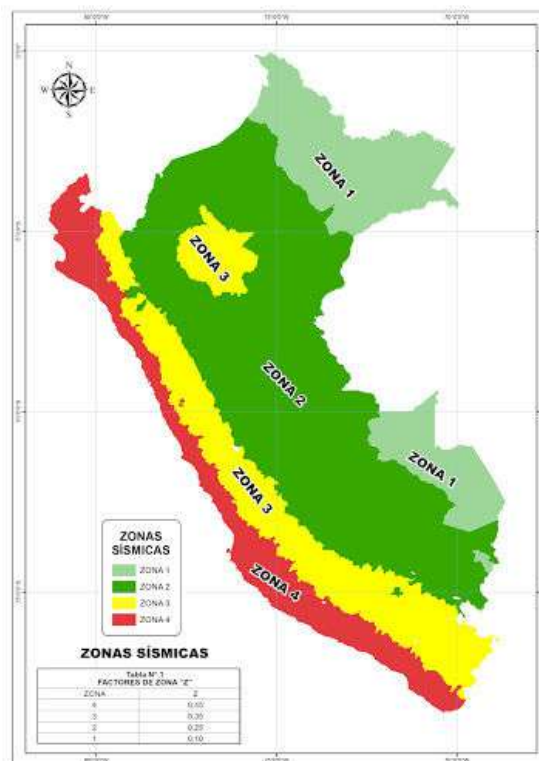
Zonificación sísmica en Perú

Nota: Fuente Norma técnica peruana E.030-2018

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Figura 1

Mapa de isoaceleraciones espectrales de Estados Unidos



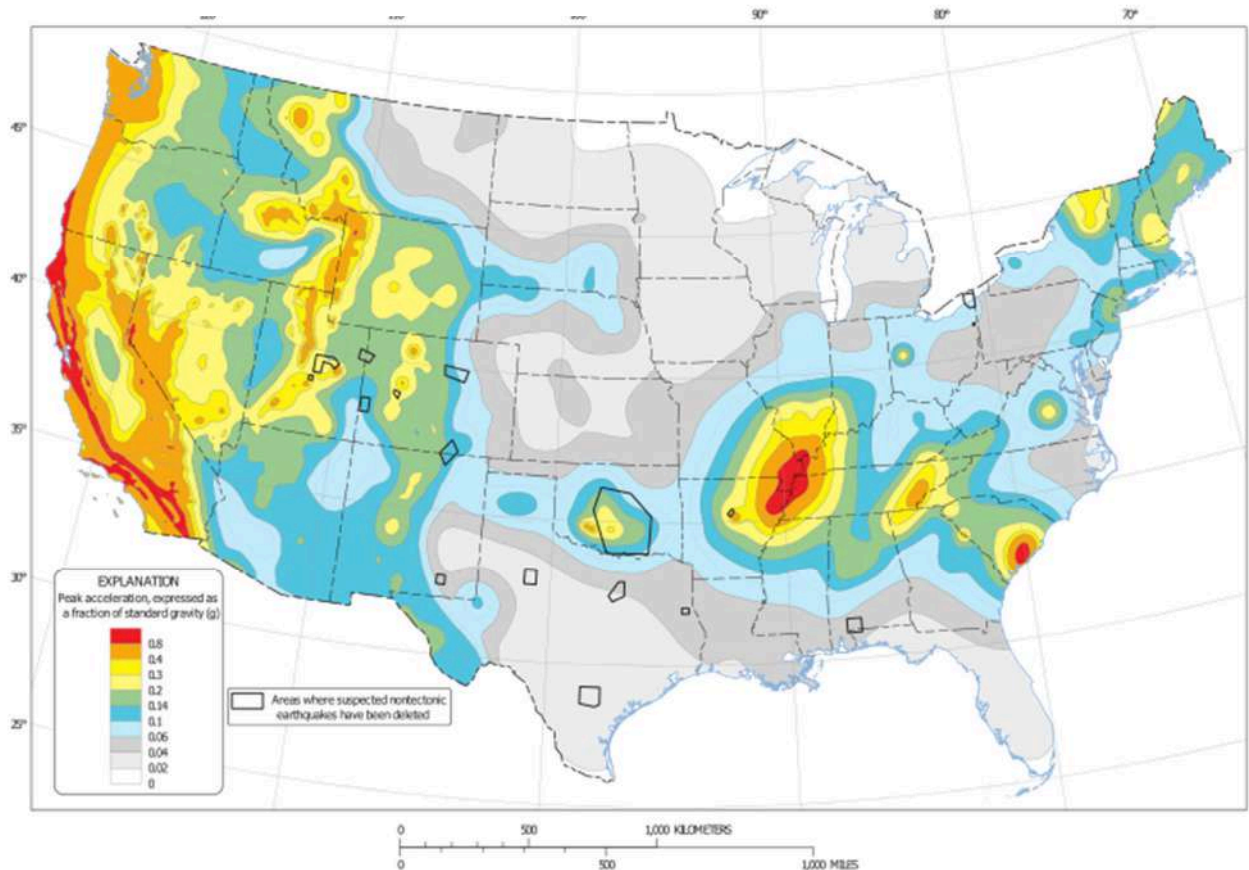
Nota: Fuente Norma técnica peruana E.030-2018

2.4.1.1.2. Zonificación sísmica en Estados Unidos

La norma ASCE 7-16 usa mapas de isoaceleraciones espectrales y no de zonificación. Los Factores de aceleración espectral oscilante ubicados sobre roca con periodo de 0.2 segundos S_5 y de 1 segundo S_1 son obtenidos de este mapa.

Figura 2

Mapa de zonificación sísmica



Nota: Fuente: U.S. Geological Survey

2.4.1.2. Perfil del suelo

El perfil del suelo es una sección transversal de forma vertical del suelo, de forma que cuando la muestra es obtenida se puede observar varias capas u horizontes. Cada horizonte de suelo suele ser distinto tanto en forma física como química. Estas diferencias se desarrollan a partir de la interacción de formadores de suelo como por ejemplo la materia, vegetación de la zona, pendiente del terreno, clima y meteorización.

El movimiento del terreno se ve influenciado por las características del suelo en combinación con la geología del lugar, es donde la aceleración se modifica al pasar por los distintos estratos del suelo hasta llegar a la subestructura o cimentación.

Las normas han asignado, luego de varios análisis, la confiabilidad de la información de los perfiles de suelo presentados en sus reglamentos.

2.4.1.2.1. Perfil del suelo en Perú

Según la norma E.030, 2018 [13]; los perfiles de suelo son clasificados teniendo en consideración la velocidad promedio considerada en las ondas de corte (\bar{V}_S), de forma alternativa para suelos con estrato granular, el cálculo del promedio ponderado de los \bar{N}_{60} , los cuales se obtienen a través de un ensayo de penetración estándar SPT o por promedio ponderado de la resistencia al corte en condición de drenada (\bar{S}_u) para suelos cohesivos. Esto se aplica para los 30m por encima o superiores del perfil de suelo. La medida se realiza desde el nivel de fondo de cimentación.

Para el cálculo del \bar{N}_{60} solo se tiene en consideración el espesor de cada estrato granular, esto solo es aplicable en suelos con predominancia granular. En suelos con predominancia cohesiva, el cálculo de la resistencia al corte en condición de drenada \bar{S}_u se realiza con el promedio ponderado de los valores que han sido hallados y corresponden a cada estrato cohesivo de forma independiente.

Tabla 2

Clasificación del perfil de suelo en Perú

CLASIFICACION DEL PERFIL DE SUELO S				
	PERFIL	\bar{V}_S	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S_0	Roca dura	>1500 m/s	-	-
S_1	Roca o suelos muy rígidos	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	Suelos intermedios	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	Suelos blandos	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Condiciones excepcionales	Según EMS	Según EMS	Según EMS

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018

Los perfiles de suelo son los siguientes:

a. Perfil Tipo S_0 : Roca dura

Para esta clasificación, las rocas sanas deben de tener una velocidad de propagación de onda de corte \bar{V}_S que sea mayor o superior a 1500 m/s. las medidas se realizan en el lugar del proyecto o se aplican a perfiles de la roca, la cual debe tener igual o mayor nivel de intemperismo. Si en caso se cuenta con información que la roca es continua, la profundidad debe ser de 30 m y los valores de las mediciones considerados para la velocidad de ondas pueden ser usadas para evaluar el valor de \bar{V}_S .

b. Perfil Tipo S_1 : Roca o suelos muy rígidos

Para esta clasificación, la roca fracturada u homogénea y las clases de suelos que tienen demasiada rigidez y cuya velocidad de propagación de onda de corte \bar{V}_S , se encuentra entre el rango de 500 m/s a 1500 m/s, lo que incluye los siguientes casos de cimentación:

b.1) Roca fracturada, que cuenta con resistencia a la compresión con no confinamiento q_u que es superior o igual a 500 kPa (5 kg/cm²)

b.2) Arena con alta densidad o grava arenosa tipo densa, con \bar{N}_{60} superior que 50.

b.3) Arcilla con alto grado de compactación (de espesor inferior que 20 m), que cuenta con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u superior a 100 kPa y con un aumento gradualmente superior de las propiedades mecánicas conforme sea mayor la profundidad.

c. Perfil Tipo S_2 : Suelos intermedios

Para esta clasificación, el suelo con mediana rigidez y una velocidad de propagación de onda de corte \bar{V}_S que se encuentra en el rango de 180 m/s y 500 m/s, lo que incluye los siguientes casos de cimentación:

c.1) Arena tipo densa, arena tipo gruesa a media, o grava arenosa que es media densa, con valores del SPT \bar{N}_{60} que varían o fluctúan entre los valores de 15 y 50.

c.2) Suelo cohesivo compacto, que cuenta con una resistencia al corte bajo condiciones no drenadas \bar{S}_u , variable 50 kPa y 100 kPa y que incrementa gradualmente las propiedades mecánicas con la profundidad.

d. Perfil Tipo S_3 : Suelos blandos

Están incluidos en esta clasificación los suelos flexibles que tienen velocidades de propagación de onda de corte \bar{V}_S , inferior o igual a 180 m/s lo que incluye los siguientes casos de cimentación:

d.1) Arena media a fina, o tipo grava arenosa con valor del SPT \bar{N}_{60} inferior a 15.

d.2) Suelo cohesivo blando, que cuenta con una resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u , fluctuante entre 25 kPa y 50 kPa y que aumenta gradualmente las propiedades mecánicas con la profundidad.

d.3) Puede incluirse aquel perfil que no pertenezca al tipo S_4 y que posea más de 3 metros de suelo con las propiedades a continuación: índice de plasticidad P_1 que supere 20, contenido de humedad que supere el 40%, además que muestre resistencia al corte en tipo no drenada \bar{S}_u que sea menor a 25 kPa.

e. Perfil Tipo S_4 : Condiciones Excepcionales

Para esta clasificación, los suelos flexibles y los lugares donde las necesidades geológicas y/o topográficas presentan circunstancias difíciles de conocimiento del suelo, será necesario realizar un estudio específico para el lugar. El especialista deberá

basarse en el estudio de mecánica de suelos para considerar el tipo S4 donde estará indicada esta condición.

2.4.1.2.2. Perfil del suelo en Estados Unidos

Tabla 3

Clasificación del perfil de suelo en Estados Unidos

Clasificación del perfil de suelo			
Perfil del suelo	\bar{v}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
A: roca dura	>5000 ft/s	NA	NA
B: roca	2500 a 5000 ft/s	NA	NA
C: suelo muy denso y roca suave	1200 a 2500 ft/s	>50 blows /ft	> 2000 lb /ft ²
D: suelo medio rígido	600 a 1200 ft/s	15 a 50 blows /ft	1000 to 2000 lb /ft ²
E: suelo de arcilla suave	<600 ft/s	<15 blows /ft	<1000 lb /ft ²
F: suelos que requieren análisis de respuesta de sitio			

Nota: Fuente Norma ASCE 7-2016

Para el uso de la tabla aplicaremos el cambio al Sistema Internacional (ft = 0.3048m; 1 ft/s = 0.3048 m/s; 1 lb/ft² = 0.0479 kN /m²).

Tabla 4

Clasificación del perfil de suelo en Estados Unidos al SI

Clasificación del perfil de suelo			
Perfil del suelo	\bar{v}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
A: roca dura	>1524 m/s	NA	NA
B: roca	762 a 1524 m/s	NA	NA
C: suelo muy denso y roca suave	366 a 762 m/s	>50	> 95 kN/m ²
D: suelo medio rígido	183 a 366 m/s	15 a 50	48 to 95 kN/m ²
E: suelo de arcilla suave	<183 m/s	<15	<48 kN/m ²
F: suelos que requieren análisis de respuesta de sitio			

Nota. Fuente: Norma ASCE 7-2016

Los tipos de perfiles son:

a. Velocidad de onda cortante para la clase de sitio A: Roca dura

La categoría de sitio Clase A debe estar respaldada por el valor de la velocidad de onda de corte, considerado en el sitio o en perfiles de la misma roca con el mismo grado o mayor de erosión y fracturamiento. Donde se sabe que las condiciones de la roca dura presentan continuidad en su

profundidad en 30 m, está permitido extrapolar los valores obtenidos de la velocidad de las ondas de corte superficiales para evaluar los \bar{v}_s .

b. Velocidad de onda cortante para la clase de sitio B: Roca dura

La velocidad de la onda cortante para la roca Clase B, será medida en el sitio o la calculará un ingeniero geotécnico, un geólogo en ingeniería o un sismólogo para rocas competentes con fracturación y meteorización moderadas. La roca más blanda y altamente fracturada y erosionada se medirá en el sitio para determinar la velocidad de la onda de corte o se clasificará como Clase de sitio C.

c. Clase de sitio C, D y E

La existencia de suelos de Clase C, D y E de sitio se clasificará mediante el uso de uno de los siguientes tres métodos con \bar{v}_s , \bar{N} y \bar{s}_u calculados en todos los casos como especificado en su reglamento:

1. \bar{v}_s para medidas mayores a los 100 pies (30 m) superiores (método \bar{v}_s).
2. \bar{N} para medidas mayores a los 100 pies (30 m) (método, \bar{N}).
3. \bar{N}_{ch} para capas de suelo sin cohesión (PI <20) en los que se supera los 100 pies (30 m) y \bar{s}_u para capas de suelo cohesivo (PI > 20) en los 100 pies superiores (30 m) (método \bar{s}_u). Cuando los criterios \bar{N}_{ch} y \bar{s}_u difieran, el sitio se asignará a la categoría con el suelo más blando.

d. Sitio de arcilla blanda Clase E

Cuando un sitio no se encuentra bajo los criterios de Sitio Clase F y hay un espesor total de arcilla blanda mayor a 10 pies (3 m) donde una capa de arcilla blanda se define por $\bar{s}_u < 500$ psf ($\bar{s}_u < 25$ kPa), $w \geq 40\%$ y $PI > 20$, se clasificará como Clase de sitio E.

e. Sitio Clase F

Para esta clasificación, se deberá cumplir alguna de las siguientes condiciones y se realizará un análisis de respuesta del sitio:

1. Suelos vulnerables a posibles fallas o colapso bajo carga sísmica, como suelos licuables, arcillas rápidas y altamente sensibles y suelos colapsables débilmente cementados.

Excepción: En estructuras con períodos fundamentales de vibración iguales o menores a 0.5 s, no será necesario solicitar un análisis de respuesta del sitio para determinar las aceleraciones espectrales para suelos licuables. Más bien, se permite determinar una clase de sitio de acuerdo con la Sección 20.3 del ASCE 7,2016 y los valores correspondientes de F_a y F_v .

2. Turbas y/o arcillas clasificadas como altamente orgánicas [$H > 10$ pies ($H > 3$ m)] de turba y / o arcilla altamente orgánica. La variable H es igual al espesor del suelo.

3. Arcillas clasificada como con muy alta plasticidad [$H > 25$ pies ($H > 7,6$ m) con $PI > 75$] en un perfil de suelo que de otro modo se clasificaría como Sitio Clase D o E.

Excepción: No es necesario solicitar un análisis de respuesta del sitio para esta categoría de arcilla cuando se cumplan los dos requisitos siguientes:

- (i) los valores de F_a y F_v son obtenidos de tablas para sitio Clase D o E multiplicado por un factor que varía linealmente de 1.0 a $PI=75$ hasta $PI=125$.
- (ii) los valores resultantes de SDS y SD1 obtenidos usando los factores escalados F_a y F_v no exceden los valores límite superior para la Categoría de Diseño Sísmico dados en las Tablas.

4. Arcillas muy espesas blandas/rígidas medias [$H > 120$ pies ($H > 37$ m)] con su $< 1,000$ psf (su < 50 kPa).

Excepción: No se requiere el análisis de respuesta del sitio para esta categoría de arcilla siempre que se cumplan los dos requisitos siguientes:

- (i) Los valores de F_a y F_v se obtienen de las Tablas para el Sitio Clase E.
- (ii) Los valores resultantes de SDS y SD1 usando los factores F_a y F_v no exceden los valores de límite superior para la Categoría de Diseño Sísmico dados en las Tablas.

2.4.1.3. Factor de amplificación sísmica

Se plantea de acuerdo a las condiciones del lugar. Se tiene definido que este coeficiente se encuentra establecido como el factor de ampliación de la aceleración de acuerdo a la estructura sobre la cual se está analizando y a su vez basado en la aceleración propia del suelo.

2.4.1.3.1. Factor de amplificación sísmica en Perú

Según la norma E.030, 2018; se establece lo siguiente:

$$\begin{aligned} T < T_P & C = 2.5 \\ T_P < T < T_L & C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right) \\ T > T_L & C = 2.5 \left(\frac{T_P * T_L}{T^2} \right) \end{aligned}$$

Donde, T representa el Periodo Fundamental de Vibración.

2.4.1.3.2. Factor de amplificación sísmica en Estados Unidos

Según el ASCE 7,2016 El coeficiente de Respuesta Sísmica será determinado de acuerdo a lo siguiente:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Donde:

S_{DS} = aceleración espectral calculada en el rango de período corto

R = Factor de modificación de la respuesta

I_e = Factor de Importancia

El valor de C no debe exceder los siguiente:

Para $T \leq T_L$:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Para $T > T_L$:

$$C_s = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

El valor de C no debe ser menor que :

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \geq 0.01$$

Adicionalmente para estructuras donde S_1 es igual o mayor que 0.6g, C_s no será menor que:

$$C_s = 0.5 S_1 / \left(\frac{R}{I_e} \right)$$

Donde I_e y R ya han sido definidos, y:

S_{D1} = Parámetro que muestra la aceleración del espectro de respuesta de diseño en un período de 1.0 s

T = Período fundamental de la estructura

T_L = Período de transición de período largo

S_1 = Parámetro de aceleración de respuesta espectral de diseño en periodos cortos

2.4.1.4. Categoría de las edificaciones y factor de uso

La clasificación de las estructuras se realiza de acuerdo a la categoría que sirven.

Logrando así la optimización del diseño e incremento de la aceleración espectral de diseño en función de las pérdidas que podría ocasionar su colapso.

2.4.1.4.1. Categoría de las edificaciones y factor de uso en Perú

Tabla 5

Categorías de las edificaciones y Factor de uso en Perú

Categoría de las edificaciones y factor U		
Categoría	Descripción	Factor U
A EDIFICACIONES ESENCIALES	A1: Establecimientos públicos y privados de salud comprendidos en el 2do y 3er nivel de acuerdo a las indicaciones de la autoridad competente- Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones con categoría de esenciales para el empleo y administración en caso de emergencias, y en caso se requiera , para el correcto funcionamiento del gobierno. Además de todas aquellas edificaciones que puedan ser usadas como refugio después de un siniestro. Las siguientes edificaciones están incluidas: <ul style="list-style-type: none"> – Establecimientos de salud no estipulados en la categoría A1 – Puertos, locales para municipalidades, estaciones ferroviarias, aeropuertos, sistemas masivos de transporte, centrales de comunicaciones. – Estaciones de bomberos, edificaciones para la fuerza armada y policía. – Instalaciones de para la generación y transformación de energía eléctrica, además de reservorios y plantas para el adecuado tratamiento de agua. – Edificaciones para Instituciones educativas, instituciones superiores tecnológicas y universidades. – Edificaciones que puede representar un riesgo en caso de colapso, tales como hornos de gran tamaño, industrias y almacenes de materiales que puedan ser inflamables. – Edificios que acumulen archivos e información del Estado. 	1.5
B EDIFICACIONES IMPORTANTES	Edificios cuyo uso permita reuniones de varias personas, como estaciones de autobuses, cines, cárceles, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, o donde se almacenen bienes de valor, como museos o bibliotecas. Son considerados depósitos para granos y otros almacenes que sean importantes para el abastecimiento.	1.3
C EDIFICACIONES COMUNES	Edificaciones comunes como, por ejemplo: almacenes, residencias, oficinas, hoteles, restaurantes e instalaciones industriales, cuyo derrumbe no crea ni significa peligros adicionales como incendios o escape de contaminantes.	1.0
D EDIFICACIONES TEMPORALES	Construcciones con denominación de provisionales para almacenes, casetas u otras que sean similares.	Ver nota 2

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

Cuando se diseñen nuevas edificaciones categoría A1, estas deberán poseer aislamiento sísmico diseñado específicamente en la base cuando se encuentren proyectadas en las zonas sísmicas 4 y 3. Cuando el proyecto se encuentre en zonas sísmicas 1 y 2, la decisión depende de la entidad, esta define si se usa o no aislamiento sísmico. En caso no se use aislamiento sísmico en las zonas 1 y 2, el valor de U como mínimo será 1.5.

Para estas edificaciones se provee y garantiza resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.

2.4.1.4.2. Categoría de las edificaciones y factor de uso en Estados Unidos

Las edificaciones se clasificarán, en base al riesgo que representan para la vida, la salud y el bienestar humano asociado con su daño o falla por la tipología de su ocupación o uso, teniendo en cuenta la siguiente tabla según el tipo de riesgo como inundaciones, viento, nieve, terremotos y hielo.

Cada edificio o estructura se asignará a la Categoría o Categorías de Riesgo más altas aplicables. Las cargas de diseño que se aplican a las edificaciones deben incorporar los factores de importancia que se muestran en la Tabla.

Un edificio u otra estructura a múltiples podrá ser clasificado con diferentes categorías de Riesgo según el tipo de condición de carga que se está evaluando (por ejemplo, nieve o sísmica).

Cuando la norma de diseño estructural u otra similar especifique una Categoría de ocupación, la Categoría de riesgo no se tomará como más baja que la Categoría de ocupación especificada en el mismo.

Tabla 6

Categorías de las edificaciones y Factor de uso en Estados Unidos

CATEGORIA DE EDIFICACIONES Y FACTOR DE IMPORTANCIA		
Uso u ocupación de la edificación o estructura	Categoría de riesgo	Factor de Importancia sísmica I_e
Edificios y otras estructuras de bajo nivel de riesgo considerado para la vida humana en caso de falla.	I	1.00
Edificios y estructuras excepto las enumeradas en las Categorías I, III y IV	II	1.00
Edificios y otras estructuras, cuyo fallo representaría un riesgo sustancial para la vida humana.	III	1.25
Edificios y estructuras que no pertenecen a la Categoría IV, con capacidad para causar un gran impacto económico y/o una interrupción masiva de los ciudadanos en caso de falla. Edificios y estructuras que no pertenecen a la Categoría IV (lo que incluye, entre otras, instalaciones para fabricar, usar procesar, almacenar, manipular, o eliminar sustancias peligrosas) que contienen sustancias tóxicas. o explosivas que excedan lo permitido por la Autoridad de su competencia y signifique ser una amenaza para el público si se libera. Edificios y otras estructuras como instalaciones esenciales Edificios y otras estructuras, que podría representar un peligro sustancial en la comunidad en caso de falla. Edificios y otras estructuras (instalaciones para fabricar, procesar, manipular, almacenar, usar o eliminar sustancias peligrosas) que contienen cantidades altas de sustancias muy tóxicas que excede lo establecido por la autoridad competente y sea suficiente para ser considerado una amenaza para el público si se libera. Edificios y otras estructuras que son necesarias para el funcionamiento de otras estructuras de Categoría IV.	IV	1.50

Nota. Fuente: Norma ASCE 7-2016

2.4.1.5. Factor de reducción de fuerzas sísmicas

Este factor es usado para reducir el nivel de intensidad de las fuerzas sísmicas que son aplicadas a la estructura ante un sismo

2.4.1.5.1. Factor de reducción de fuerzas sísmicas en Perú

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas R se halla usando la siguiente fórmula:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Donde:

R_0 : Coeficiente básico de reducción

I_a : Factor de irregularidad en altura

I_p : Factor de irregularidad en planta

Para determinar el R_0 usaremos la siguiente tabla:

Tabla 7

Sistemas estructurales en Perú

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
SISTEMA ESTRUCTURAL	COEFICIENTE BASICO DE REDUCCION R_0 (*)
ACERO:	
Pórticos especiales con resistencia a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios con resistencia a momentos (IMF)	5
Pórticos ordinarios con resistencia a momentos (OMF)	4
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	7
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	4
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
CONCRETO ARMADO:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de Ductibilidad limitada	4
ALBAÑILERIA ARMADA O CONFINADA	3
MADERA	7(**)

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

(*) Los elementos estructurales verticales y horizontales puedan permitir la disipación de la energía a través de los valores de los coeficientes prevaleciendo la estabilidad de la estructura. No puede aplicarse a estructuras tipos péndulo invertido.

(**) Aplicable para diseño por esfuerzos admisibles.

Para determinar el factor I_a se elige el menor de los valores que se brindan en la siguiente tabla las cuales corresponden a las irregularidades estructurales que existen en altura en ambas direcciones de análisis.

Tabla 8

Irregularidades estructurales en altura en Perú

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	FACTOR DE IRREGULARIDAD I_a
<p>Irregularidad de rigidez –Piso blando La irregularidad de rigidez existirá cuando la evaluación en alguna de las direcciones de análisis que se realice en un entrepiso, el valor hallado de la rigidez lateral será menor o inferior que el 70% de la rigidez del entrepiso superior inmediato, o el valor que es obtenido sea menor al 80% de la rigidez lateral que resulte del promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Se puede hallar el valor de la rigidez lateral como el valor de la fuerza cortante del entrepiso entre el desplazamiento relativo evaluado en el centro de masas, donde ambos hayan sido evaluados para la misma carga.</p> <p>Irregularidades de resistencia - Piso débil La irregularidad de resistencia existirá cuando en alguna de las direcciones del respectivo análisis, la resistencia hallada de un entrepiso respecto a fuerzas cortantes es inferior o menor al valor de 80% de la resistencia del entrepiso superior inmediato.</p>	0.75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla 10) La irregularidad extrema de rigidez se dará cuando la evaluación en alguna de las direcciones del respectivo análisis que se realice en algún entrepiso, la rigidez lateral es inferior o menor al valor del 60% respecto a la rigidez lateral del entrepiso superior, o en su defecto es inferior o menor al 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores que sea adyacentes. Es posible hallar el valor de las rigideces laterales como la relación entre la fuerza cortante hallada en el entrepiso y el desplazamiento relativo que ha sido evaluado en el centro de masas, ambos valorados para la misma carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla 10) La irregularidad extrema de resistencia existirá cuando la evaluación en alguna de las direcciones del respectivo análisis, la resistencia hallada de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior</p>	0.50
<p>Irregularidad de Masa o Peso La irregularidad de masa se da cuando en relación al peso que tiene un piso, este resulta ser mayor que 1,5 veces el peso de un piso que es adyacente. Lo mencionado no es aplicable para azoteas o en sótanos.</p>	0.90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La estructura es considerada irregular cuando la evaluación en alguna de las direcciones de análisis o también en cuanto a la dimensión en planta de la estructura con resistencia a cargas laterales es superior a 1,3 veces el valor de la dimensión en un piso adyacente. Lo mencionado no es aplicable para azoteas o en sótanos.</p>	0.90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes La estructura es considerada irregular cuando la evaluación de algún elemento que tenga una resistencia superior o por encima del 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, ya sea por un cambio de orientación, o por un desplazamiento del eje de magnitud superior al 25% de la dimensión del elemento que le corresponde.</p>	0.80
<p>Discontinuidad extrema - Sistemas Resistentes (Ver Tabla 10) La discontinuidad extrema será considerada cuando el valor de la fuerza cortante presenta una resistencia a los elementos que presentes discontinuidad según se indica en el párrafo anterior, y además supere el 25% del valor de la fuerza cortante total.</p>	0.60

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

El factor I_p se define como el menor de los valores de la siguiente tabla, que corresponde a la presencia de irregularidades estructurales en el plano en ambas direcciones de análisis.

Tabla 9

Irregularidades estructurales en planta en Perú

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	FACTOR DE IRREGULARIDAD I_p
<p>Irregularidad Torsional La irregularidad clasificada como torsional se da cuando la evaluación en alguna dirección de análisis brinda un valor más alto considerado para el desplazamiento relativo de entrepiso el cual es calculado en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, además es calculado incluyendo excentricidad accidental, debiendo ser superior o mayor a 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio evaluados en los extremos del entrepiso considerado en la misma condición de carga (Δ_{prom}). Lo mencionado en el párrafo anterior sólo será aplicable en infraestructuras con diafragmas que sean rígidos y solamente si el valor máximo obtenido del desplazamiento relativo de entrepiso es superior al 50% del valor del desplazamiento permitido considerado en la Tabla 11.</p>	0.75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla 10) La irregularidad clasificada como torsional se da cuando la evaluación en alguna dirección de análisis, brinda un valor más alto para el desplazamiento relativo de entrepiso el cual es calculado en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, además es calculado incluyendo excentricidad accidental, debiendo ser superior o mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Lo mencionado en el párrafo anterior sólo será aplicable en infraestructuras con diafragmas que sean rígidos y solamente si el valor máximo obtenido del desplazamiento relativo de entrepiso es superior a 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla 12</p>	0.60
<p>Esquinas Entrantes Una estructura es clasificada como estructura irregular si alguna de sus esquinas entrantes con dimensiones en cualquiera de las dos direcciones tienen un valor mayor o superior al 20% de la dimensión total en medida en planta.</p>	0.90
<p>Discontinuidad del Diafragma Una estructura es clasificada como estructura irregular si alguno de los diafragmas presentan algún tipo de discontinuidades que sea muy abruptas o con variaciones en condición de importantes en cuanto a la rigidez, esto incluye toda aquella abertura mayor o superior al 50% del área bruta del todo el diafragma. Otra condición para la existencia de irregularidad se da cuando en algún piso y en alguna dirección de análisis, alguna sección transversal del diafragma de la estructura que tiene un área neta resistente inferior al valor de 25% del valor tomado del área total de la sección transversal considerado para la dirección inicial y considerando las dimensiones totales de la planta.</p>	0.85
<p>Sistemas no Paralelos Habrá irregularidad en la estructura cuando en alguna dirección de análisis los elementos con resistencia a fuerzas laterales no son paralelos. Lo mencionado no cuenta si algunos de los ejes de los pórticos o muros conforman ángulos con menor media a los 30°. Tampoco serán considerados si los elementos no paralelos son resistentes a menos del 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	0.90

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

Categoría de la Edificación e Irregularidad

Según la categoría y la zona donde está ubicada la edificación se proyecta teniendo en consideración las restricciones a la irregularidad de la siguiente tabla:

Tabla 10

Categoría y regularidad de las edificaciones en Peru

CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN	ZONA	RESTRICCIONES
A1 y A2	4, 3 y 2	Las irregularidades no son permitidas
	1	Las irregularidades extremas no son permitidas
B	4, 3 y 2	Las irregularidades extremas no son permitidas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	Las irregularidades extremas no son permitidas
	2	Las irregularidades extremas no son permitidas con excepción de edificios de hasta dos pisos u ocho metros de altura total.
	1	Sin restricciones

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

2.4.1.5.2. Factor de reducción de fuerzas sísmicas en Estados Unidos

Tabla 11

Factor de Modificación de Respuesta en Estados Unidos

Sistema de resistencia a la fuerza sísmica	Coefficiente de modificación de respuesta, R	Factor de sobre fuerza
SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES		
1.Muros de corte de hormigón armado especiales	5	2.5
2.Muros de corte de hormigón armado ordinarios	4	2.5
3.Muros de corte de hormigón liso detallado	2	2.5
4.Muros de corte de hormigón liso ordinario	1.5	2.5
5.Muros de corte prefabricados intermedios	4	2.5
6.Muros de corte prefabricados ordinarios	3	2.5
7.Muros de corte de mampostería reforzada especial	5	2.5
8.Muros de corte de mampostería reforzada intermedia	3.5	2.5
9.Muros de corte de mampostería reforzada ordinaria	2	2.5
10.Muros de corte de mampostería lisos detallados	2	2.5
11.Muros de corte de mampostería lisa ordinaria	1.5	2.5
12.Muros de corte de mampostería prensado	1.5	2.5
13.Muros de corte de mampostería AAC reforzados ordinarios	2	2.5
14. Muros de corte de mampostería de AAC lisos ordinarios	1.5	2.5
15.Paredes de estructura liviana (madera)	6.5	3
16.Paredes de estructura liviana (acero conformado en frío)	6.5	3
17 Paredes de marco ligero con paneles de corte de todos los demás materiales	2	2.5
18.Sistemas de pared de marco ligero (acero conformado en frío)	4	2

Nota. Fuente: Norma ASCE 7-2016

2.4.1.6. Estimación del peso

La suma de los elementos estructurales diseñados para la edificación es considerada como el peso propio o carga muerta. Además, un porcentaje según el tipo de estructura para la carga viva. Según lo que se indique en el reglamento, se puede adicionar carga por viento o nieve.

2.4.1.6.1. Estimación del peso en Perú

Para calcular el peso (P) se tiene que tener en consideración la carga permanente y total de la edificación diseñada. Esta carga es multiplicada por un porcentaje según las características de la edificación, el cual se determina según lo siguiente:

- a) Para edificaciones tipo A y B: 50% de la carga viva.
- b) Para edificaciones tipo C: 25% de la carga viva.
- c) Para depósitos: 80% del peso total que se puede almacenar.
- d) Para azoteas y techos: 25% de la carga viva.
- e) Para estructuras de distintos tipos de tanques, silos y estructuras con similitud se toma el valor del 100% de la carga que la estructura va a contener.

2.4.1.6.2. Estimación del peso en Estados Unidos

Para calcular o hallar el valor del peso sísmico efectivo de una estructura se debe incluir el valor de la carga muerta tomado por encima de la base y adicionalmente otras cargas como se indica:

1. Para áreas que sean usadas con fines de almacenamiento, se debe incluir un valor mínimo del 25% de la carga viva de todo el piso.

Excepciones:

A.- Cuando la adición de cargas de almacenamiento no agregue un valor superior del 5% al peso sísmico efectivo en el nivel al que sirve, no será necesario incluir este en el peso sísmico efectivo.

B.- Carga viva del piso en estacionamientos públicos y estacionamientos abiertos no es necesario incluir estructuras.

2.- Cuando se necesite provisión para particiones en el diseño de carga del piso, se elegirá entre el peso real de la partición o el peso mínimo de 0.48 kN/m^2 o 10 psf del área del piso, se elige el que sea mayor.

3. Peso operativo total del equipo que se va a colocar en el ambiente.

4. En el caso de carga de nieve del techo plano, cuando sea superior a los 30 psf ($1,44 \text{ kN/m}^2$), se usará el 20% de la carga de nieve de diseño de forma uniforme, indistintamente de la pendiente real del techo.

5. Peso considerado para jardinería y otros materiales de techo y áreas similares.

2.4.1.7. Periodo fundamental de vibración

Es el mayor tiempo en que una estructura repite su modo de vibración. Es el más crítico y con mayor masa trasnacional.

2.4.1.7.1. Periodo fundamental de vibración en Perú

Para hallar o calcular el período fundamental de vibración se considera la siguiente formula en cada dirección:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T=35$; se debe considerar este valor para edificios que posean elementos resistentes considerados en cada dirección y que sean:

- a) Pórticos de concreto armado que no tengan en su diseño estructural muros de corte.
- b) Pórticos que sean dúctiles de material acero que tengan uniones con resistencia a momentos pero que no tengan arriostramiento.

$C_T=45$; se debe considerar este valor para edificios que posean elementos resistentes en la dirección y que estos sean:

- a) Pórticos de concreto armado que tengan muros considerados en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos que sean de acero arriostrados.

$C_T=60$; se debe considerar este valor para edificios de albañilería y para todo aquel edificio diseñado de concreto armado con sistema dual, de muros estructurales, y sistema de muros de ductilidad limitada.

2.4.1.7.2. Periodo fundamental de vibración en Estados Unidos

El periodo fundamental aproximado T_a se calcula con la siguiente expresión:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Donde:

h_n : altura estructural

Los coeficientes C_t y x son determinados de la siguiente tabla:

Tabla 12

Valores del periodo de aproximación de los parámetros C_t y x

TIPO DE ESTRUCTURA	C_t	x
Los sistemas de estructuras resistentes a momentos en los cuales las estructuras tienen una resistencia de 100% de la fuerza sísmica solicitada y no están enmarcadas o unidas por elementos con mayor grado de rigidez y de esta forma evitar que los marcos se desvíen cuando se encuentren vinculados a fuerzas sísmicas:		
Estructuras de acero resistentes a momentos	0.0724	0.8
Pórticos de hormigón resistentes a momentos	0.0466	0.9
Estructuras de acero con arriostamiento excéntrico	0.0731	0.75
Estructuras de acero reforzados con pandeo	0.0731	0.75
Todos los demás sistemas estructurales	0.0488	0.75

Nota. Fuente: Norma ASCE 7-2016

2.4.2. Parámetros para determinar el análisis sísmico

El análisis estático lineal es un enfoque de diseño en el que se aplican a la estructura fuerzas de piso estáticas equivalentes, debido al viento o los terremotos. El cálculo de las fuerzas del piso es prescriptivo, y las fórmulas para calcular estas fuerzas se proporcionan dentro de cada código o normativa de construcción aplicable en cada país.

El análisis estático lineal está típicamente restringido para su uso en estructuras regulares, donde el comportamiento dinámico está dominado por el modo fundamental de vibración, sin modos más altos y efectos de torsión significativos y en regiones de baja sismicidad.

Dado que los edificios altos a menudo exhiben efectos de modo superior significativos y los efectos de la torsión son importantes, el análisis dinámico lineal, en lugar del análisis estático lineal, se realiza típicamente para el diseño sísmico de edificios altos, incluso en regiones de baja sismicidad.

2.4.2.1. Fuerza cortante basal en Perú

Se calcula por la siguiente fórmula:

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

Donde:

V= fuerza cortante basal

Z= Factor de zona

U= Factor de uso

C= Factor de amplificación sísmica

S= Factor de amplificación del suelo

R= Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

P= peso del edificio

El valor de C/R no se considerará menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

2.4.2.2. Fuerza cortante basal en Estados Unidos

Para hallar en una dirección el cortante sísmico de la base, se determinará con la siguiente ecuación:

$$V = C_s W$$

Donde:

C_s : Coeficiente de respuesta sísmica

W: Peso sísmico efectivo

2.4.3. Análisis sísmico dinámico

Los métodos de análisis dinámico lineal se basan en procedimientos que emplean el concepto de superposición modal y, con frecuencia es asociado con el diseño sísmico. Muchos códigos de construcción emplean disposiciones donde los espectros de respuesta de aceleración de diseño se utilizan para calcular la respuesta lineal máxima para cada modo de vibración. Luego, las respuestas modales máximas se combinan estáticamente para generar la respuesta general de la estructura.

El análisis lineal dinámico depende del tiempo ya que la estructura se comportará dinámicamente cuando se someta a fuerza que varían de acuerdo al tiempo. Esto permite formular ecuaciones diferenciales para describir cómo se comportará el sistema y como se realiza el análisis.

2.4.3.1. Aceleración espectral en Perú

Para hallar este valor, usaremos la siguiente fórmula:

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

Donde:

S_a = aceleración espectral

Z= Factor de zona

U= Factor de uso

C= Factor de amplificación sísmica

S= Factor de amplificación del suelo

R= Coeficiente para reducción de fuerzas sísmicas

g= aceleración de la gravedad

Para el análisis en la dirección vertical se tendrá en cuenta un espectro cuyo valor sea los 2/3 del espectro utilizado para la dirección horizontal, tomando en cuenta los valores de C, con excepción para la zona que tengan períodos muy cortos ($T < 0,2 T_p$) teniendo en cuenta:

$$T < 0.2T_p$$

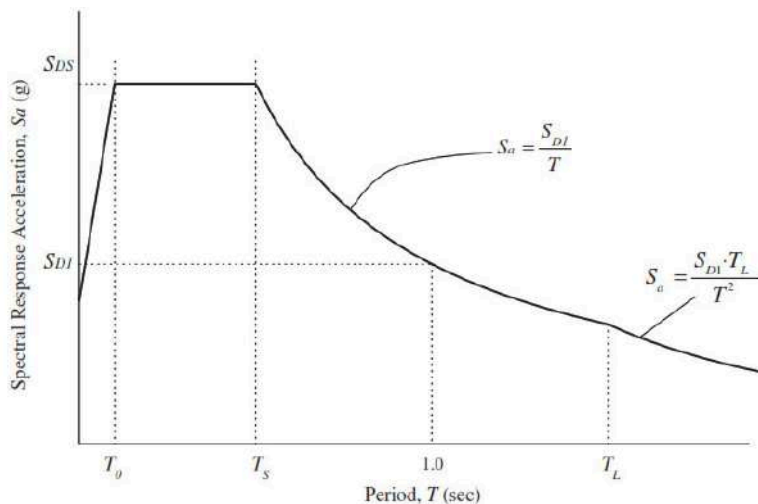
$$C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

2.4.3.2. Aceleración espectral en Estados Unidos

La norma y reglamentación vigente establecerá un espectro de respuesta de diseño y de esta forma no se utilicen procedimientos de movimiento del suelo específicos del sitio. En la siguiente grafica podemos observar la curvatura planteada para el espectro de respuesta de diseño:

Figura 3

Curva de aceleración espectral de norma ASCE7-2016



Nota. Fuente: Norma ASCE 7-2016

- Para períodos inferiores a T_0 , la aceleración de la respuesta espectral de diseño S_a , se evaluará con la ecuación:

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Para períodos superiores o iguales a T_0 e inferiores o iguales a T_S , la aceleración de la respuesta espectral de diseño, S_a , se considerará igual a S_{DS} .
- Para períodos mayores que T_S y menores o iguales que T_L , la aceleración de la respuesta espectral de diseño, S_a , se tomará como se indica en la ecuación:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

d. Para periodos superiores a T_L , S_a se tomará como se indica en la ecuación:

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T^2}$$

Donde:

S_{DS} : parámetro de aceleración de respuesta espectral de diseño en periodos cortos

S_{D1} : parámetro de aceleración de respuesta espectral de diseño en un periodo de 1 segundo

T : periodo fundamental de la estructura

T_0 : $0.2 \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right)$

T_s : S_{D1}/S_{DS}

T_L : periodo de transición de periodo largo

2.4.4. Determinación de desplazamientos laterales relativos

Hace referencia a la diferencia de los valores de desplazamientos laterales en dos pisos consecutivos, el cual está determinado por:

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$

Donde:

Δ_i : desplazamiento lateral relativo

δ_i : nivel superior

δ_{i-1} : nivel inferior

2.4.4.1. Desplazamientos laterales relativos en Perú

En estructuras regulares, el cálculo de los desplazamientos laterales se realiza multiplicando por el valor de 0.75R los valores obtenidos de la evaluación del análisis lineal y elástico con las características sísmicas con el factor de reducción. En caso las estructuras sean irregulares, los valores de los desplazamientos laterales se calculan con la multiplicación de valor de 0.85R respecto a los valores que se obtienen del correspondiente análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales, no deberán tenerse en cuenta los valores mínimos hallados de C/R indicados en el artículo 28.2 de la NTP E.030. Tampoco se tendrá en consideración el cortante mínimo en el base previsto en el apartado 29.4 de la citada norma.

Tabla 13*Límites para la distorsión entre piso*

LIMITES PARA LA DISTORSION ENTRE PISO	
MATERIAL PREDOMINANTE	Δ_i/h_{ei}
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de Ductibilidad limitada	0.005

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

En caso de estructuras de uso industrial, los límites de la distorsión (deriva) son establecidos por el proyectista. Esta consideración no excederá el doble de los valores que indica esta Tabla.

2.4.4.2. Desplazamientos laterales relativos en Estados Unidos

La estructura deben estar diseñadas y posteriormente construidas para actuar como un componente integral para resistir fuerzas sísmicas. Si las edificaciones se encuentran separadas estructuralmente y esta distancia es suficiente para evitar el contacto, no es necesario una separación adicional.

Las separaciones deben permitir el máximo desplazamiento de respuesta inelástica (δ_M). δ_M se determinará en ubicaciones críticas teniendo en cuenta los Desplazamientos de traslación y torsión de la estructura, lo que incluye las amplificaciones torsionales, cuando corresponda, utilizando la siguiente ecuación:

$$\delta_M = \frac{C_d \delta_{max}}{I_e}$$

Donde:

δ_M : máximo desplazamiento elástico en zonas críticas

Tabla 14*Limites para la distorsión entre piso*

ESTRUCTURA	CATEGORIA DE RIESGO		
	I o II	III	IV
Estructuras, que no sean estructuras de muros de corte de mampostería, menor o igual a 4 pisos por encima de la base, con muros interiores, tabiques, techos y sistemas de muros exteriores.	$0.025 h_{sx}^c$	$0.020 h_{sx}$	$0.015 h_{sx}$
Estructuras de muro de corte en voladizo de mampostería	$0.010 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$
Otras estructuras de muro de corte de mampostería	$0.007 h_{sx}$	$0.007 h_{sx}$	$0.007 h_{sx}$
Todas las demás estructuras	$0.020 h_{sx}$	$0.015 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

III. RESULTADOS

3.1. Generalidades

3.1.1. Ubicación del estudio

El análisis comparativo se realizó para una edificación de 5 niveles de uso de oficinas de concreto armado ubicado en Ica.

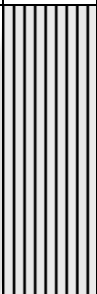
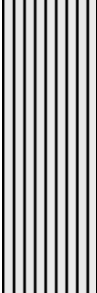
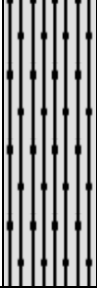
El proyecto se encuentra ubicado en la Calle Salaverry s/n a unos metros de la intersección con la Calle Lambayeque del distrito, provincia y departamento de Ica.

3.1.2. Perfiles de suelo

Según estudio de suelos realizado para el área de estudio, este corresponde a un suelo blando S3, en zona 4 y categoría de estructura tipo A (subcategoría A2).

Tabla 15

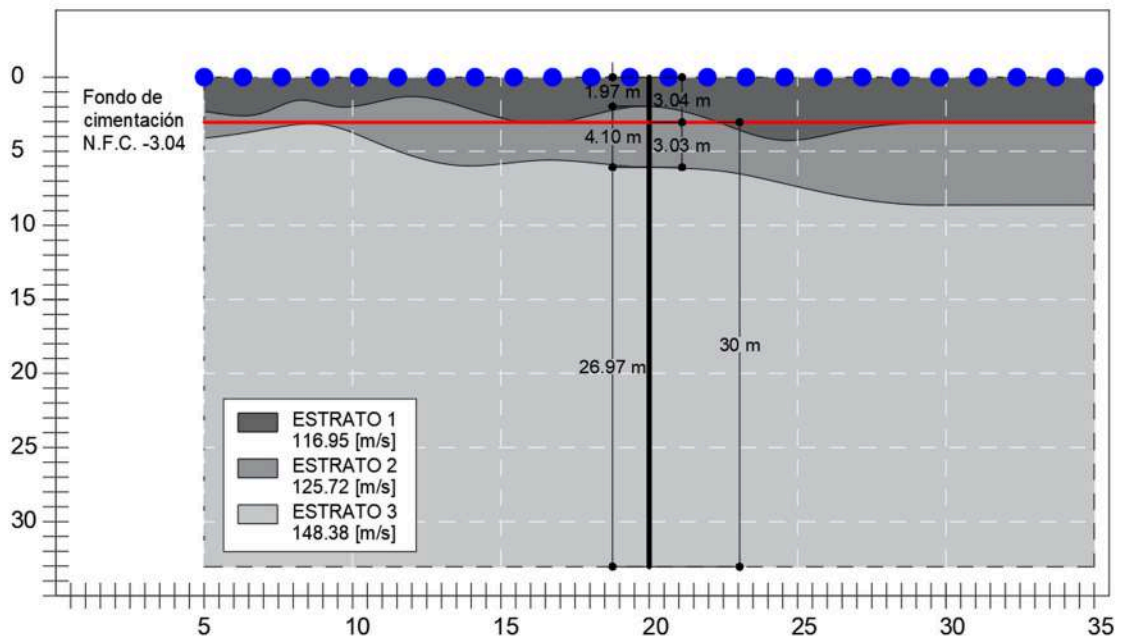
Perfil estratigráfico predominante en la zona investigada

PERFIL ESTATIGRAFICO											
SPT-02											
Estrato	Profundidad	Simbolo Grafico	Golpes SPT	N (SPT)	Nivel freático	% humedad	Limite liquido	Limite plástico	Clasificación SUCS	Clasificación ASSHTO	Descripción
1	1.55		3	9	No se encontró N.F.	23.08	22.67	20.79	ML	A-4(8)	Limo arenoso con presencia de gravas (3.21%), arenas (15.38%) y finos (81.41%) color beige claro.
	4										
	5										
2	2.55		7	22	No se encontró N.F.	11.38	11.16	10.32	ML	A-4(8)	Limo arenoso con presencia de gravas (0.90%), arenas (17.37%) y finos (81.74%) beige oscuro.
	11										
	11										
3	3.55		11	26	No se encontró N.F.	6.67	6.75	5.77	SM	A-4(0)	Arena limosa con presencia de arenas (62.71%) y finos (37.29%) color marrón claro
	11										
	15										

Para la determinación del tipo de suelo, según el artículo 12.1.1 de la Norma E.030, se hallaron las ondas de corte V_s . Para ello se usó el ensayo MASW.

El Ensayo de MASW se encarga de determinar el tipo de estratigrafía que se encuentra en el subsuelo hasta los 30m. medidos desde el fondo de cimentación (N.F.C.). Se realizó por medio de un registro multicanal colocando 24 puntos localizados o geófonos a una misma distancia a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno. Este ensayo brindó la siguiente gráfica y valores:

Figura 4
Comportamiento morfológico del subsuelo en la zona de estudio



Fuente: Estudio de suelos del área de estudio

Tabla 16
Valores de las ondas de corte V_s según estrato de suelo

PARAMETRO	ESTRATO		
	1	2	3
Onda de corte V_s (m/s)	116.95	125.72	148.38
Espesor del estrato (m)	1.97	4.10	26.97
Espesor del estrato hasta/desde N.F.C. (m)	1.97	1.07	30.03
Sumatoria de estratos hasta/desde N.F.C. (m)	3.04		30.00

Fuente: Estudio de suelos del área de estudio

De acuerdo al inciso a) del artículo 12.2 de la norma E.030, calculamos el promedio ponderado de las Ondas de corte V_s , teniendo en cuenta los 30m medidos desde el fondo de cimentación (N.F.C):

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m d}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{d}{V_s}\right)}$$

Donde:

d = espesor de cada m estratos

V_s = velocidad de ondas de corte (m/s)

Reemplazando:

$$\bar{V}_s = \frac{3.03 + 26.97}{\frac{3.03}{125.72} + \frac{26.97}{148.38}}$$
$$\bar{V}_s = 145.73 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, al ser $\bar{V}_s = 145.73 < 180 \text{ m/s}$ se confirma que el suelo en el área de estudio es tipo S3.

3.1.3. Arquitectura

El proyecto consta de 5 niveles: un primer nivel en semi enterrado (semisótano) y 4 niveles en altura; asimismo, cuenta con una caja de ascensor que conecta todos los niveles, integrada a la caja de escaleras. La altura considerada de piso a techo es de 3.20m. El uso de la edificación es de oficinas para Entidades del Estado.

La forma del terreno forma una poligonal irregular. Su topografía no presenta fuertes desniveles, sino más bien plana con pendientes que no superan el 1% en promedio.

La infraestructura tiene un área de 610.70 m².

A continuación, se presentan cada uno de los niveles del proyecto a nivel arquitectónico:

Figura 5
Planta arquitectónica 1er nivel - Semisótano

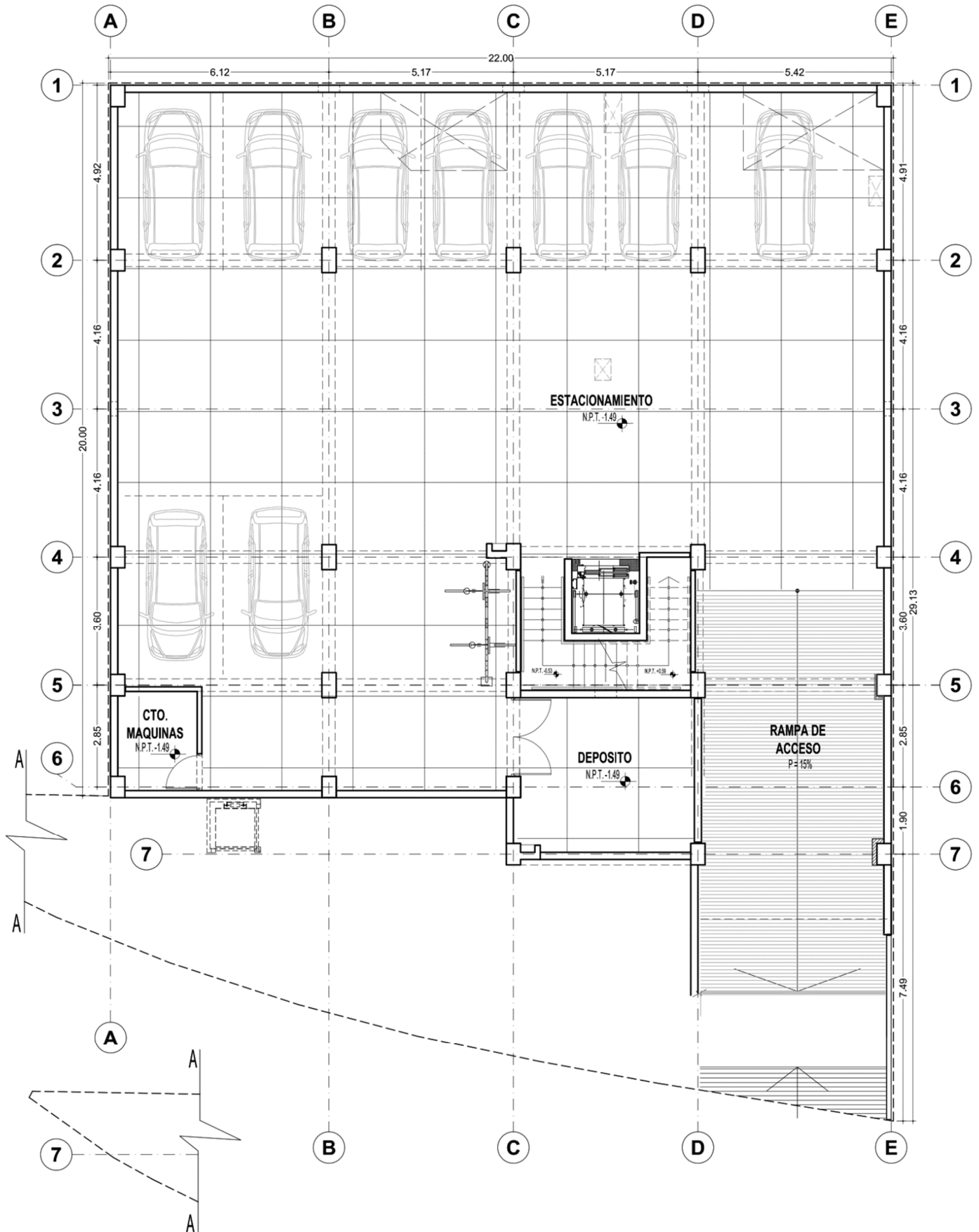


Figura 6
Planta arquitectónica 2do nivel

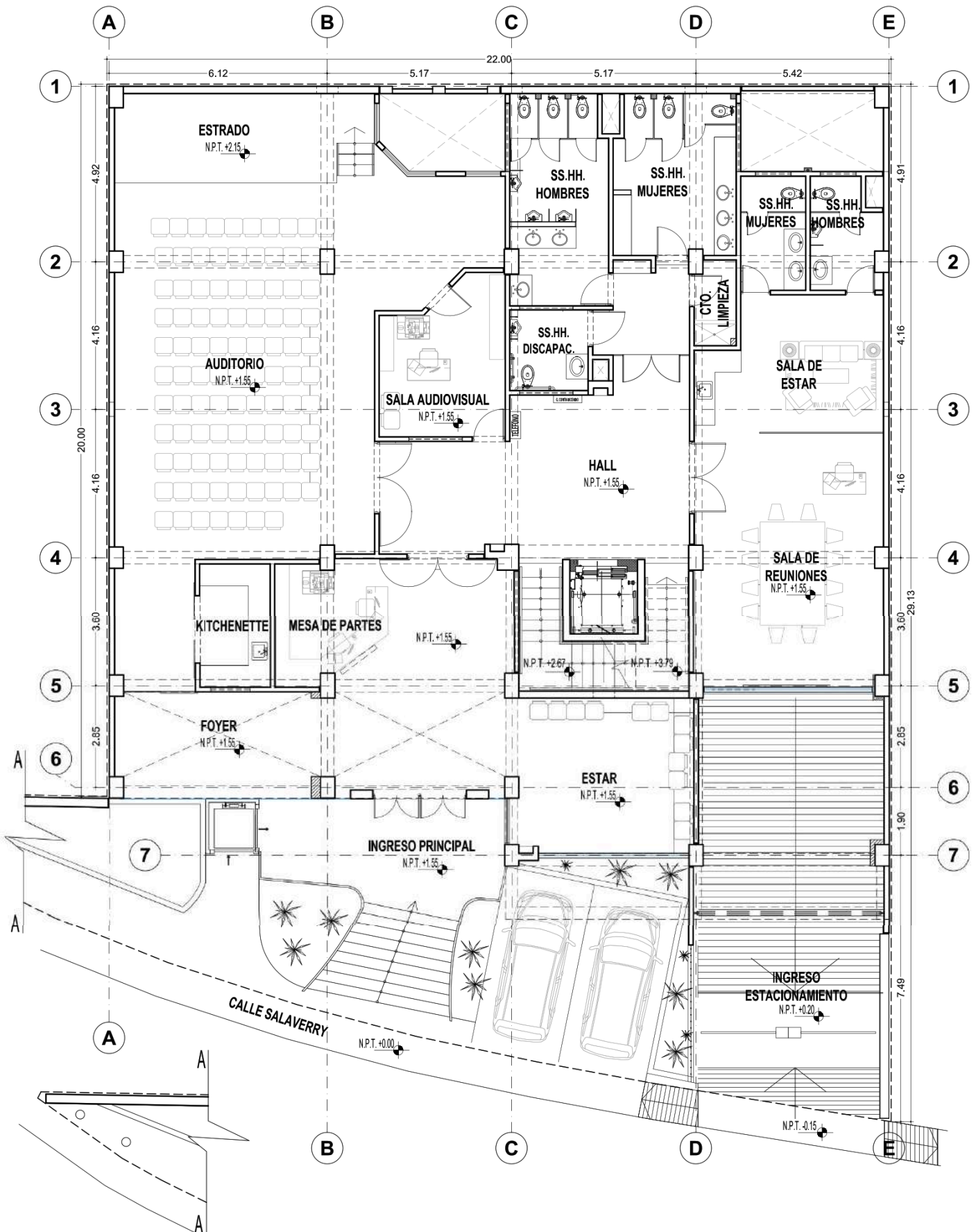


Figura 7
Planta arquitectónica 3er nivel

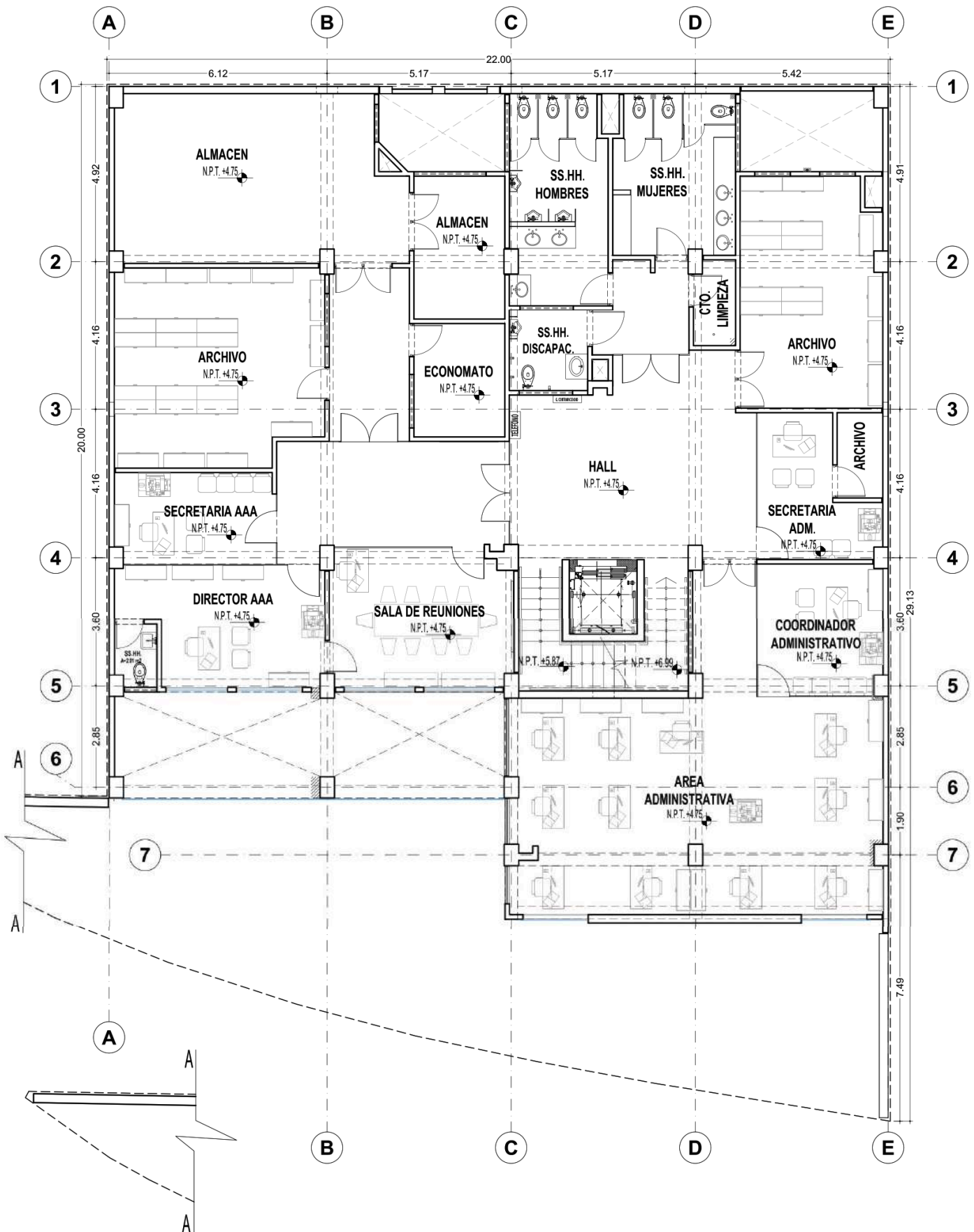


Figura 8
Planta arquitectónica 4to nivel

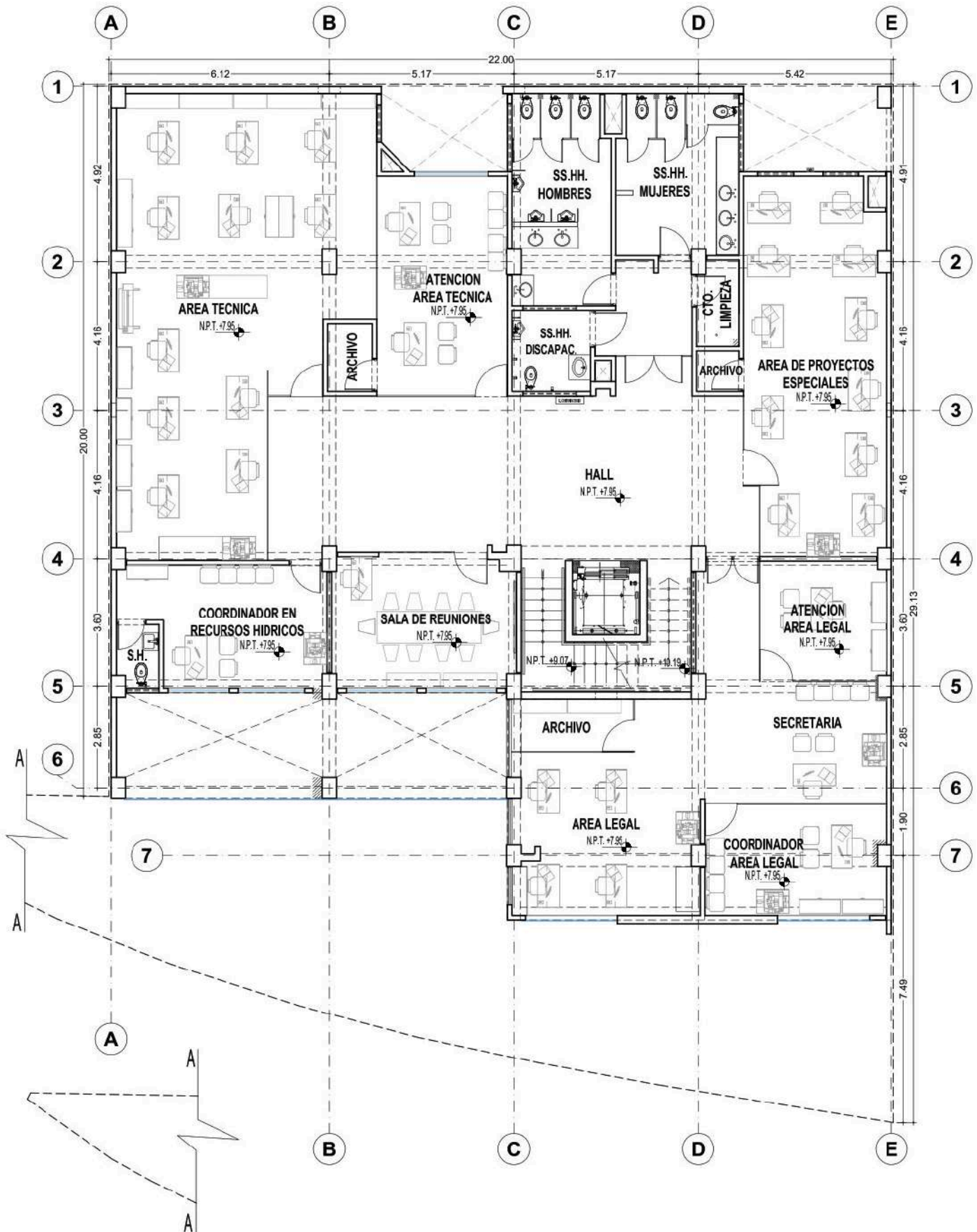


Figura 9
Planta arquitectónica 5to nivel

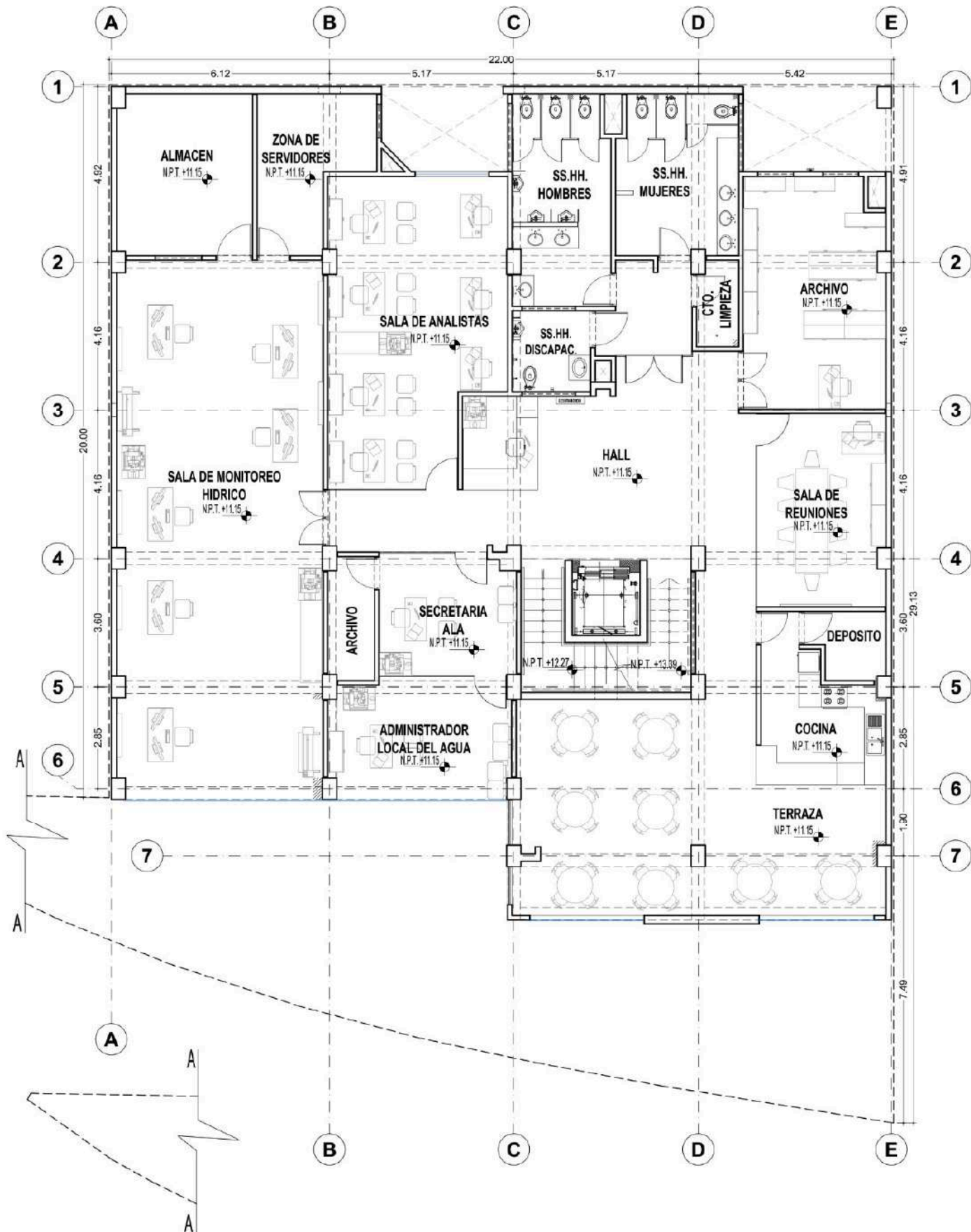
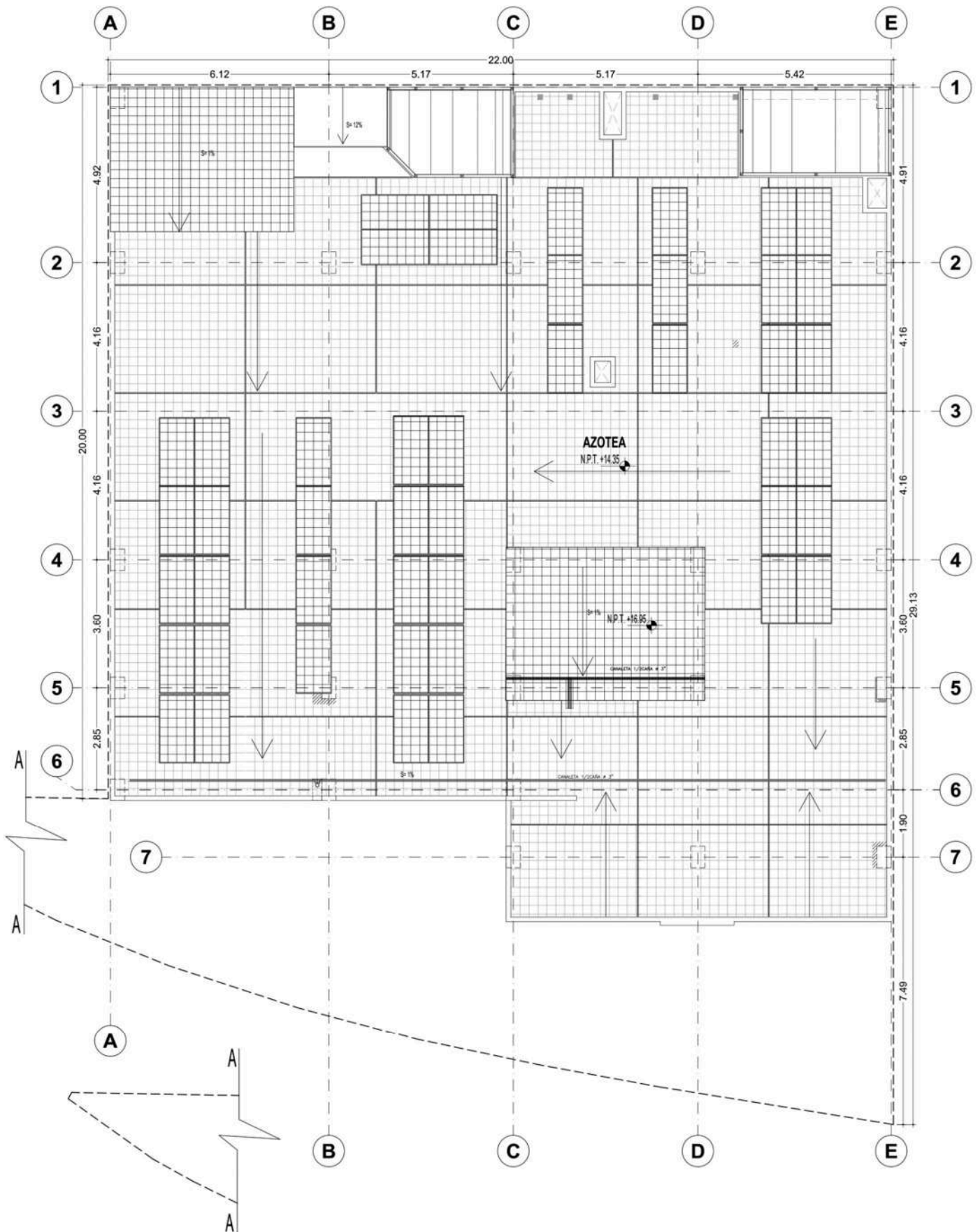


Figura 10
Planta arquitectónica de Azotea y techos



3.2. Parámetros sísmicos en las normativas

3.2.1. Perfil del suelo

3.2.1.1. Perfil del suelo en Perú

Tabla 17

Clasificación del perfil de suelo en Perú

CLASIFICACION DEL PERFIL DE SUELO S				
	PERFIL	\bar{v}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S_0	Roca dura	>1500 m/s	-	-
S_1	Roca o suelos muy rígidos	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S_2	Suelos intermedios	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	Suelos blandos	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Condiciones excepcionales	Según EMS	Según EMS	Según EMS

Nota. Fuente: Norma técnica peruana E.030-2018.

3.2.1.2. Perfil del suelo en Estados Unidos

Tabla 18

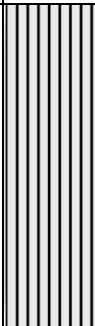
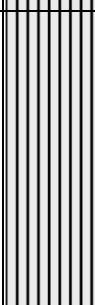
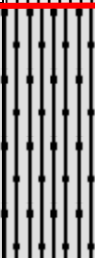
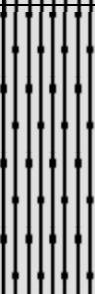
Clasificación del perfil de suelo en Estados Unidos al SI

CLASIFICACION DEL PERFIL DE SUELO			
PERFIL DEL SUELO	\bar{v}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
A: roca dura	>1524 m/s	NA	NA
B: roca	762 a 1524 m/s	NA	NA
C: suelo muy denso y roca suave	366 a 762 m/s	> 50	> 95 kN/m ²
D: suelo medio rígido	183 a 366 m/s	15 a 50	48 a 95 kN/m ²
E: suelo de arcilla suave	<183 m/s	< 15	<48 kN/m ²
F: suelos que requieren análisis de respuesta de sitio			

Nota. Fuente: Norma ASCE 7-2016

Tabla 19

Cuadro comparativo entre el perfil de suelo S3 de la zona del proyecto evaluado con la Norma E.030 y ASCE 7-2016

PERFIL ESTATIGRAFICO										Onda de corte Vs (m/s)**	
REFERENCIADO AL PUNTO CENTRAL DEL ENSAYO DE MASW										Norma E.030 - 2018	Norma ASCE 7-2016
Estrato	Profundidad (m)	Símbolo Grafico	Espesor de estrato (m)	Nivel freático	% humedad	Limite liquido	Limite plástico	Clasificación SUCS	Descripción		
1	1.97		1.97	No se encontró N.F.	23.08	22.67	20.79	ML	Limo arenoso con presencia de gravas (3.21%), arenas (15.38%) y finos (81.41%) color beige claro.	116.95 m/s	116.95 m/s
2	3.04 (NFC)*		1.07	No se encontró N.F.	11.38	11.16	10.32	ML	Limo arenoso con presencia de gravas (0.90%), arenas (17.37%) y finos (81.74%) beige oscuro.	125.72 m/s	125.72 m/s
	4.10		3.03	No se encontró N.F.	6.67	6.75	5.77	SM	Arena limosa con presencia de arenas (62.71%) y finos (37.29%) color marrón claro	125.72 m/s	125.72 m/s
3	26.97		26.97	No se encontró N.F.	6.67	6.75	5.77	SM	Arena limosa con presencia de arenas (62.71%) y finos (37.29%) color marrón claro	148.38 m/s	148.38 m/s

*NFC – Nivel de Fondo de Cimentación

** El valor de las ondas de corte es igual en ambas normas debido a que el Ensayo de MASW es estandarizado en su aplicación con la norma ASTM D7400 en ambos países.

Nota. Fuente: Perfil estratigráfico del área del proyecto

3.2.2. Sistema estructural

El sistema estructural de la edificación es de “muros estructurales”. Siendo estos muros los que absorben más del 70% de la cortante en la base.

3.2.3. Periodo fundamental de vibración

Se evaluará el periodo fundamental de vibración para ambas normativas. Se considerará el periodo real en ambas direcciones.

- **Normativa peruana E.030,2016**

$$T = \frac{h_a}{C_T}$$

Donde:

$C_T=35$; se debe considerar este valor para edificios que posean elementos resistentes considerados en cada dirección y que sean:

- a) Pórticos de concreto armado que no tengan en su diseño estructural muros de corte.
- b) Pórticos que sean dúctiles de material acero

$C_T=45$; se debe considerar este valor para edificios que posean elementos resistentes en la dirección y que estos sean:

- a) Pórticos de concreto armado que tengan muros considerados en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos que sean de acero arriostrados.

$C_T=60$; se debe considerar este valor para edificios de albañilería y para todo aquel edificio diseñado de concreto armado con sistema dual, de muros estructurales, y sistema de muros de ductilidad limitada.

$$T = \frac{15.84}{60}$$

$$T = 0.264$$

- **Normativa estadounidense ASCE7;2016**

Tabla 20

Periodo fundamental de vibración según tipo de estructura de la norma ASCE 7-16

TIPO DE ESTRUCTURA	C_t	x
Pórticos de concreto	0.0466	0.9
Pórticos de acero	0.0724	0.8
Otros sistemas estructurales	0.0488	0.75

Nota. Fuente: Norma ASCE 7-2016

$$T_a = C_t h_n^x = 0.0488 \times 15.84^{0.75}$$

$$T_a = 0.387$$

- Modelación en ETABS

Tabla 21

Periodos del modelado ETABS

Caso	Modo	Periodo (s)	UX	UY	UZ
Modal	1	0.231	0.753	0.002	0
Modal	2	0.103	0.002	0.810	0
Modal	3	0.078	0.007	0.011	0
Modal	4	0.056	0.159	0.000	0
Modal	5	0.041	0.010	0.000	0
Modal	6	0.037	0.000	0.053	0
Modal	7	0.029	0.000	0.069	0
Modal	8	0.028	0.027	0.000	0
Modal	9	0.025	0.001	0.000	0
Modal	10	0.025	0.000	0.001	0
Modal	11	0.024	0.004	0.000	0
Modal	12	0.024	0.000	0.000	0

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

Se elige el periodo fundamental de vibración en cada dirección.

$$T_x = 0.231 \text{ s}$$

$$T_y = 0.103 \text{ s}$$

3.2.4. Peso de la edificación

Carga muerta:

Tabla 22

Carga muerta

Story	Output Case	Peso acumulado -ton	Peso por piso -ton
Azotea	Dead	39.5571	39.5571
Piso 5	Dead	438.7021	399.14499
Piso 4	Dead	837.7876	399.08554
Piso 3	Dead	1230.3470	392.5594
Piso 2	Dead	1622.9064	392.55939
Piso 1	Dead	2085.0388	462.13237
		TOTAL	2085.0388

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

Carga viva:

Tabla 23

Carga viva

Story	Output Case	Peso acumulado -ton	Peso por piso -ton
Azotea	Live	0.3885	0.3885
Piso 5	Live	162.5470	162.1585
Piso 4	Live	324.6732	162.1262
Piso 3	Live	483.2127	158.5395
Piso 2	Live	641.7523	158.5395
Piso 1	Live	806.7296	164.9774
		TOTAL	806.7296

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

3.2.5. Participación de las masas

Los periodos y la masa que participa, la cual se ha calculado mediante un análisis dinámico realizado en 12 modos de vibración (3 modos por cada nivel, no incluye el sótano):

Tabla 24

Participación de masas

Case	Mode	Period	SumUX	SumUY	SumRZ
		sec			
Modal	1	0.231	0.7534	0.0022	0.0106
Modal	2	0.103	0.7551	0.8124	0.0204
Modal	3	0.078	0.7624	0.8234	0.8237
Modal	4	0.056	0.9216	0.8236	0.8237
Modal	5	0.041	0.9319	0.8236	0.8238
Modal	6	0.037	0.9319	0.8766	0.8259
Modal	7	0.029	0.932	0.9456	0.826
Modal	8	0.028	0.9594	0.9457	0.8273
Modal	9	0.025	0.9602	0.9457	0.8276
Modal	10	0.025	0.9602	0.9464	0.8276
Modal	11	0.024	0.9646	0.9464	0.9372
Modal	12	0.024	0.9646	0.9465	0.9373

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

3.2.6. Sistema estructural resistente

Comprobamos los sistemas resistentes a las fuerzas cortantes por sismo en cada dirección.

Tabla 25

Fuerza Cortante Resistente - SX

Fuerza Cortante Resistente - SX				
Muros	31.96	ton	94.55%	>70%
Pórticos	1.84	ton	5.45%	
Sistema	Muros estructurales			

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

Tabla 26*Fuerza Cortante Resistente - SY*

Fuerza Cortante Resistente - SY				
Muros	25.75	ton	85.61%	>70%
Pórticos	4.33	ton	14,39%	
Sistema	Muros Estructurales			

*Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019***3.2.7. Fuerza cortante en la base de las normas sísmicas****3.2.7.1. Fuerza cortante basal de la norma E.030-2018**

Según la norma E.030, 2018, tenemos la siguiente ecuación:

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

Se definen los siguientes parámetros:

- Se determina el factor de suelo:

Tabla 27*Factor de suelo "S"; E.030, 2018*

FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

- Se determinan los periodos:

Tabla 28*Periodos TP y TL; E.030, 2018*

PERIODOS T _P Y T _L				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

- Se determina la categoría de la edificación:

Tabla 29*Categoría de las edificaciones y factor "U"; E.030, 2018*

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A	Edificaciones esenciales	1.5
B	Edificaciones importantes	1.3
C	Edificaciones comunes	1.0
D	Edificaciones temporales	A criterio del proyectista

- Se determina el sistema estructural:

Tabla 30

Sistemas estructurales; E.030, 2018

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
SISTEMA ESTRUCTURAL	COEFICIENTE BASICO DE REDUCCION R_o(*)
ACERO:	
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
CONCRETO ARMADO:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de Ductibilidad limitada	4
ALBAÑILERIA ARMADA O CONFINADA	3
MADERA	7(**)

- Se verifica si existe o no irregularidad, para la Categoría A en edificación, no se permiten irregularidades.:

Tabla 31

Categoría y regularidad de las edificaciones; E.030, 2018

CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	Las irregularidades no son permitidas
	1	Las irregularidades extremas no son permitidas
B	4,3 y 2	Las irregularidades extremas no son permitidas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	Las irregularidades extremas no son permitidas
	2	Las irregularidades extremas no son permitidas con excepción de edificios de hasta 2 pisos u 8m de altura total.
	1	Sin restricciones

- **Irregularidad de rigidez-Piso blando:** No es irregular

Tabla 32

Irregularidad de rigidez-Piso blando; E.030, 2018

Story	Stiff X	Verificación 1	Verificación 2	Stiff X	Verificación 1	Verificación 2
	kgf/cm	%	%	kgf/cm	%	%
Piso 5	1324330.7			8035425.4		
Piso 4	2127239.02	160.63%		11696899.1	145.57%	
Piso 3	2884566.83	135.60%		13529817.8	115.67%	
Piso 2	5648149.68	195.81%	267.43%	24303362.7	179.63%	219.20%
Piso 1	0	0.00%		0	0.00%	
Irregularidad						
Verificación 1:	Existe irregularidad si la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior					
Verificación 2:	La rigidez lateral es inferior al 80% del valor de la rigidez lateral promedio de los tres niveles					
Irregularidad extrema						
Verificación 1:	Existe irregularidad si la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior					
Verificación 2:	La rigidez lateral es inferior al 70% de la rigidez lateral media de los tres niveles.					

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

- **Irregularidad de resistencia-Piso débil:** No es irregular

Tabla 33

Irregularidad de resistencia-Piso débil; E.030, 2018

Story	Output Case	VX	V_i/V_{i+1}	Output Case	VY	V_i/V_{i+1}
		kgf			kgf	
Piso 5	SeismicDX	249673.09		SeismicDY	221890.53	
Piso 4	SeismicDX	421398.22	1.6878	SeismicDY	401350.84	1.8088
Piso 3	SeismicDX	531535.93	1.2614	SeismicDY	522340.32	1.3015
Piso 2	SeismicDX	588726.86	1.1076	SeismicDY	585319.19	1.1206
Piso 1	SeismicDX	155805.55		SeismicDY	44344.9	
Irregularidad						
Existe si la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del piso inmediato superior.						
Irregularidad extrema						
Existe si la resistencia del entrepiso a las fuerzas de corte es inferior al 65% de la resistencia del piso directamente sobre él.						

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

- **Irregularidad de peso:** No es irregular

Tabla 34

Irregularidad de peso; E.030, 2018

Story	Load case	P. acumulado	Pi	P(i+1)/Pi	P(i-1)/Pi
		kgf	kgf		
Piso 5	Ps 1.00D+0.50L+0.25Lr	519975.57	480224.25		0.9998
Piso 4	Ps 1.00D+0.50L+0.25Lr	1000124.22	480148.65	1.0002	0.9827
Piso 3	Ps 1.00D+0.50L+0.25Lr	1471953.37	471829.15	1.0176	1.0000
Piso 2	Ps 1.00D+0.50L+0.25Lr	1943782.52	471829.15	1.0000	1.1543
Piso 1	Ps 1.00D+0.50L+0.25Lr	2488403.58	544621.06	0.8663	
Irregularidad					
Existe cuando el peso de un piso determinado según artículo 26 (E.030), es mayor que 1.5 veces el peso de un piso adyacente.					
No aplicable en azoteas y sótanos.					

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

- **Irregularidad Geométrica Vertical:** la edificación no tiene pisos sobresalientes mayor a 1.3 veces la dimensión de la estructura resistente de un piso adyacente.
- **Discontinuidad en los Sistemas Resistente:** la edificación no tiene elementos resistentes discontinuos.
- **Irregularidad Torsional:** No tiene irregularidad.

Tabla 35

Irregularidad Torsional; E.030, 2018

Story	Max Drift X	Avg Drift X	Ratio	Max Drift Y	Avg Drift Y	Ratio
	cm			cm		
Piso 5	0.9492	0.8484	1.119	0.1532	0.1288	1.19
Piso 4	1.0118	0.8914	1.135	0.1731	0.1557	1.112
Piso 3	0.9535	0.8292	1.15	0.1923	0.1752	1.097
Piso 2	0.7251	0.6157	1.178	0.1765	0.1627	1.085
Irregularidad						
Existe irregularidad, si el máximo valor de desplazamiento relativo de entrepiso considerado en uno de los extremos del edificio, incluyendo la excentricidad accidental, es superior que el valor de 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso en la misma dirección.						
Irregularidad extrema						
Existe irregularidad, si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio en una dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es superior que 1.5 veces a la media del desplazamiento relativo de los extremos del mismo entrepiso en la misma dirección.						

Nota. Fuente: Modelamiento estructural ETABS, 2019

- **Esquinas entrantes:** la edificación no tiene esquinas con dimensiones que superen el 20% de la dimensión total en planta.
- **Discontinuidad de diafragma:** la edificación no tiene variaciones abruptas con aberturas que superen el 50% del area bruta del diafragma.
- **Sistemas no paralelos:** los porticos no tienen sistemas con elementos resistente no paralelos.

Por lo tanto, al haber evaluado todas las irregularidades, se concluye que no existe irregularidad en la estructura.

- **Coefficiente de reducción sísmica**

Determinada por la fórmula:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

$$R = 6 \times 1 \times 1$$

$$R = 6$$

FUERZA CORTANTE PARA SUELO BLANDO S3 EN PERU

Tabla 36

Fuerza cortante estática en suelo S3, E.030 Perú

PARAMETROS	Zonificación 4		Unidad
	Dirección X-X	Dirección Y-Y	
Carga muerta : CM	2085038.80		kg
Carga viva: CV	806341.14		kg
Carga viva en techo: CVT	388.50		kg
Peso :P	2380203.55		kg
Z	0.45		
U	1.5		
S3	1.1		
Tp	1		
Tl	1.6		
T	0.231	0.103	
C	2.500	2.500	
C/R>0.11	✓	✓	
Ro	6	6	
Ia	1	1	
Ip	1	1	
R	6	6	
V	736375.47	736375.47	kgf

FUERZA CORTANTE DINAMICA EN PERU

Tabla 37

Fuerza cortante dinámica en suelo S3; E.030 Perú

ZONA	SUELO BLANDO S3		UNIDAD
	X-X	Y-Y	
4	684.39	684.39	tnf

Verificación:

El cortante dinámico evaluado debe ser por lo menos el valor del 80% del cortante estático del primer entrepiso.

El caso de no cumplir se amplificará el cortante dinámico hasta llegar al 80%.

Tabla 38

Verificación de Fuerza de cortante estática y dinámica según E.030-2018

Carga	V estática	80% V estática		V dinámica	Verificación
SismoX	736.37	589.10	<	684.39	✓
SismoY	736.37	589.10	<	684.39	✓

3.2.7.2. Fuerza cortante basal en la norma ASCE 7-16

Según la norma ASCE 7, 2016 tenemos la siguiente ecuación:

$$V = C_s W$$

Se definen los siguientes parámetros:

- Coeficiente para periodo corto:

Tabla 39

Coficiente para periodo corto; ASCE 7-16

Tipo de suelo	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
C	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	2.4	1.7	1.3	1.0	*	*
F	*	*	*	*	*	*

(*) Según lo determine el especialista.

- Coeficiente para periodo largos:

Tabla 40

Coficiente para periodo largos; ASCE 7-16

Tipo de suelo	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.5$	$S_1 \geq 0.6$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
D	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
E	4.2	4.2	4.2	4.2	*	*
F	*	*	*	*	*	*

(*) Según lo determine el especialista.

Se selecciona el valor del periodo fundamental de vibración en cada dirección.

$$T_x = 0.231 \text{ s}$$

$$T_y = 0.103 \text{ s}$$

- Se establece la categoría de la edificación:

Tabla 41

Categoría de las edificaciones; ASCE 7-16

CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES		
CATEGORIA	DESCRIPCION	I_e
I	Edificaciones de bajo riesgo	1.00
II	Edificaciones residenciales, comerciales e industriales que no tienen materiales peligrosos.	1.00
III	Edificaciones como oficinas comunes, teatros, bibliotecas, escuelas, prisiones, instalaciones eléctricas, de tratamiento de agua	1.25
IV	Edificaciones de hospitales, estaciones policiales, de bomberos, instituciones del estado, centros de emergencia y similares.	1.50

- Coeficiente de modificación de respuesta R

Tabla 42

Coeficiente de modificación de respuesta R; ASCE 7-16

Sistema de resistencia a la fuerza sísmica	Coeficiente de modificación de respuesta, R	Factor de sobre fuerza
SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES		
1.Muros de corte de hormigón armado especiales	5	2.5
2.Muros de corte de hormigón armado ordinarios	4	2.5
3.Muros de corte de hormigón liso detallado	2	2.5

FUERZA CORTANTE ESTÁTICA PARA SUELO E - ESTADOS UNIDOS

Tabla 43

Fuerza cortante para suelo E - Estados Unidos

PARAMETROS	Zonificación 4		Unidad
	Dirección X-X	Dirección Y-Y	
Carga muerta : CM	2085038.80		kg
Carga viva: CV	806341.14		kg
Carga viva en techo: CVT	388.50		kg
Peso :P	2380203.55		kg
Ss	1		
S1	0.4		
Fa	1		
Fv	4.2		
SMS	1		
SM1	1.68		
SDS	0.667		
SD1	1.120		
T0	0.3360		
TS	1.6800		
TL	8.0000		
I	1.50		
R	4.00	4.00	
Cs	0.250	0.250	
$0.01 \leq 0.044 SDS.I_e \leq C_s$	✓	✓	
Ω	2.5	2.5	
T	0.231	0.103	
Ta	0.387	0.387	
Tmax	0.542	0.542	
Tdiseño	0.387	0.387	
Cs max	1.084	1.084	
Cs min	0.044	0.044	
Cs diseño	0.250	0.250	
V	595050.89	595050.89	kgf

FUERZA CORTANTE DINAMICA EN ESTADOS UNIDOS

Tabla 44

Fuerza cortante dinámica en Estados Unidos

ZONA	SUELO E		UNIDAD
	X-X	Y-Y	
4	553.00	553.00	tnf

Verificación:

El cortante dinámico debe ser por lo menos el 80% del cortante estático del primer entresolio.

El caso de no cumplir se amplificará el cortante dinámico hasta llegar al 80%.

Tabla 45

Verificación de Fuerza de cortante estática y dinámica según ASCE7-2016

Carga	V estática	80% V estática		V dinámica	Verificación
SismoX	595.05	476.04	<	553.00	✓
SismoY	595.05	476.04	<	553.00	✓

3.3. Espectros de diseño de las normas sísmicas

3.3.1. Espectro inelástico de pseudo aceleración de la norma E.030, 2018 Perú

El análisis en cada dirección horizontal usa un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

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

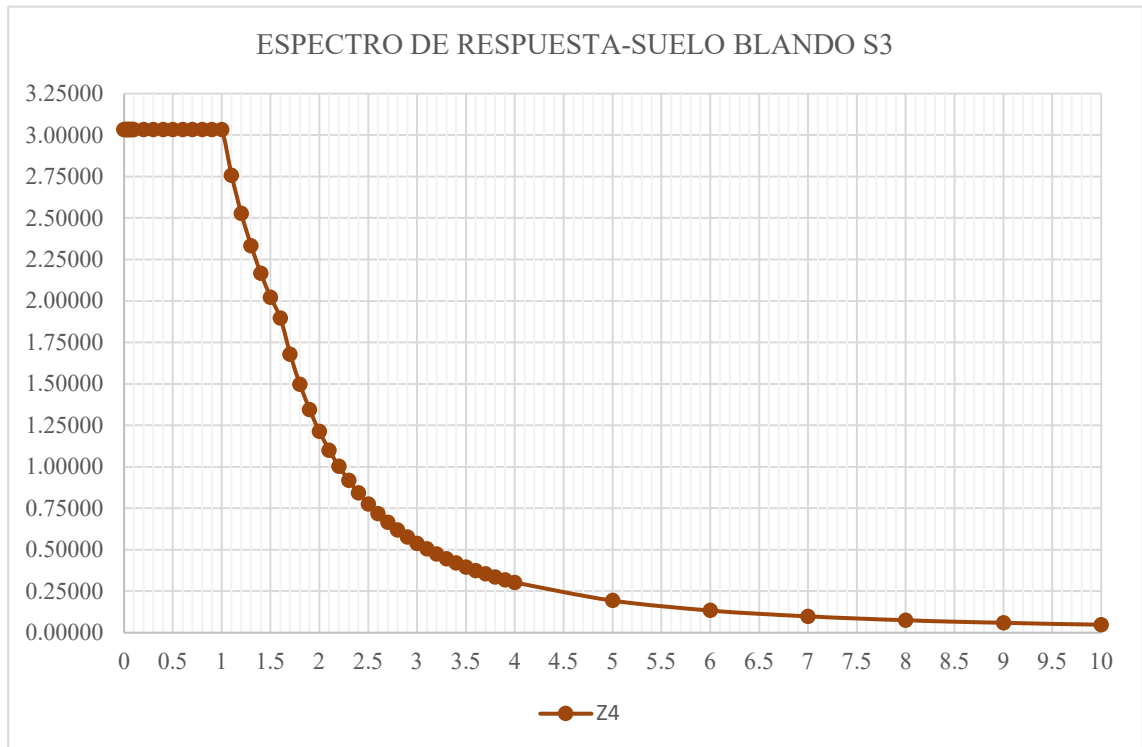
Tabla 46

Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección X-X, E.030 Perú

SUELO BLANDO S3 - DIRECCION X-X		
PARAMETROS SISMICOS		
Z	0.45	
U	1.5	
S	1.1	
Tp	1	
Tl	1.6	
R	6	
T	C	Sa
0	2.500	3.03373
0.01	2.500	3.03373
0.02	2.500	3.03373
0.03	2.500	3.03373
0.04	2.500	3.03373
0.05	2.500	3.03373
0.06	2.500	3.03373
0.07	2.500	3.03373
0.08	2.500	3.03373
0.09	2.500	3.03373
0.1	2.500	3.03373
0.2	2.500	3.03373
0.3	2.500	3.03373
0.4	2.500	3.03373
0.5	2.500	3.03373
0.6	2.500	3.03373
0.7	2.500	3.03373
0.8	2.500	3.03373
0.9	2.500	3.03373

1	2.500	3.03373
1.1	2.273	2.75794
1.2	2.083	2.52811
1.3	1.923	2.33364
1.4	1.786	2.16695
1.5	1.667	2.02249
1.6	1.563	1.89608
1.7	1.384	1.67957
1.8	1.235	1.49814
1.9	1.108	1.34459
2	1.000	1.21349
2.1	0.907	1.10067
2.2	0.826	1.00289
2.3	0.756	0.91757
2.4	0.694	0.84270
2.5	0.640	0.77664
2.6	0.592	0.71804
2.7	0.549	0.66584
2.8	0.510	0.61913
2.9	0.476	0.57717
3	0.444	0.53933
3.1	0.416	0.50510
3.2	0.391	0.47402
3.3	0.367	0.44573
3.4	0.346	0.41989
3.5	0.327	0.39624
3.6	0.309	0.37453
3.7	0.292	0.35456
3.8	0.277	0.33615
3.9	0.263	0.31913
4	0.250	0.30337
5	0.160	0.19416
6	0.111	0.13483
7	0.082	0.09906
8	0.063	0.07584
9	0.049	0.05993
10	0.040	0.04854

Figura 11



Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección X-X; E.030 Perú

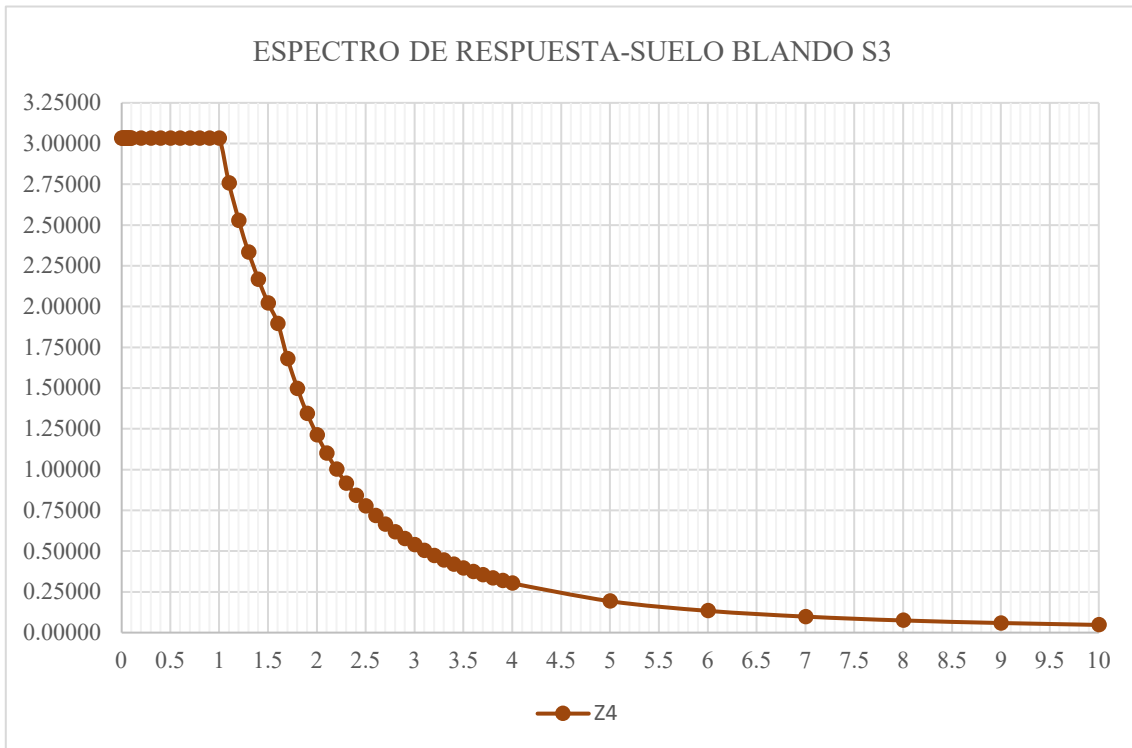
Tabla 47

Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección Y-Y, E.030 Perú

SUELO BLANDO S3 - DIRECCION Y-Y		
PARAMETROS SISMICOS		
Z	0.45	
U	1.5	
S	1.1	
Tp	1	
Tl	1.6	
R	6	
T	C	Sa
0	2.500	3.03373
0.01	2.500	3.03373
0.02	2.500	3.03373
0.03	2.500	3.03373
0.04	2.500	3.03373
0.05	2.500	3.03373
0.06	2.500	3.03373
0.07	2.500	3.03373
0.08	2.500	3.03373
0.09	2.500	3.03373
0.1	2.500	3.03373
0.2	2.500	3.03373
0.3	2.500	3.03373
0.4	2.500	3.03373
0.5	2.500	3.03373
0.6	2.500	3.03373
0.7	2.500	3.03373
0.8	2.500	3.03373
0.9	2.500	3.03373
1	2.500	3.03373
1.1	2.273	2.75794
1.2	2.083	2.52811
1.3	1.923	2.33364
1.4	1.786	2.16695
1.5	1.667	2.02249
1.6	1.563	1.89608
1.7	1.384	1.67957
1.8	1.235	1.49814
1.9	1.108	1.34459
2	1.000	1.21349
2.1	0.907	1.10067
2.2	0.826	1.00289
2.3	0.756	0.91757
2.4	0.694	0.84270
2.5	0.640	0.77664
2.6	0.592	0.71804
2.7	0.549	0.66584
2.8	0.510	0.61913
2.9	0.476	0.57717
3	0.444	0.53933
3.1	0.416	0.50510
3.2	0.391	0.47402
3.3	0.367	0.44573
3.4	0.346	0.41989
3.5	0.327	0.39624
3.6	0.309	0.37453
3.7	0.292	0.35456
3.8	0.277	0.33615
3.9	0.263	0.31913
4	0.250	0.30337
5	0.160	0.19416
6	0.111	0.13483
7	0.082	0.09906
8	0.063	0.07584
9	0.049	0.05993
10	0.040	0.04854

Figura 12

Espectro de respuesta sísmica en suelo S3, dirección Y-Y; E.030 Perú



3.3.2. Espectro inelástico de pseudo aceleración de la norma ASCE 7,2016 de Estados Unidos

Se tiene en cuenta el espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \rightarrow T < T_0$$

$$S_a = S_{DS} \rightarrow T_0 \leq T < T_S$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \rightarrow T_S < T \leq T_L$$

$$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} \rightarrow T_L < T$$

Tabla 48

Espectro de respuesta sísmica en suelo E, dirección X-X, ASCE 7-16 Estados Unidos

SUELO E-DIRECCION X-X	
PARAMETROS SISMICOS	
Ss	1
S1	0.4
Fa	1
Fv	4.2
SMS	1
SM1	1.68

SDS	0.667
SD1	1.120
T0	0.3360
TS	1.6800
TL	8.0000
T	Sa-ZONA 4
0	0.7111
0.01	0.7429
0.02	0.7746
0.03	0.8063
0.04	0.8381
0.05	0.8698
0.06	0.9016
0.07	0.9333
0.08	0.9651
0.09	0.9968
0.1	1.0286
0.2	1.3460
0.3	1.6635
0.4	1.7778
0.5	1.7778
0.6	1.7778
0.7	1.7778
0.8	1.7778
0.9	1.7778
1	1.7778
1.1	1.7778
1.2	1.7778
1.3	1.7778
1.4	1.7778
1.5	1.7778
1.6	1.7778
1.7	1.7569
1.8	1.6593
1.9	1.5719
2	1.4933
2.1	1.4222
2.2	1.3576
2.3	1.2986
2.4	1.2444
2.5	1.1947
2.6	1.1487
2.7	1.1062
2.8	1.0667
2.9	1.0299
3	0.9956
3.1	0.9634
3.2	0.9333
3.3	0.9051
3.4	0.8784
3.5	0.8533
3.6	0.8296
3.7	0.8072
3.8	0.7860
3.9	0.7658
4	0.7467
5	0.5973
6	0.4978
7	0.4267
8	0.3733
9	0.2950
10	0.2389

Figura 13

Espectro de respuesta sísmica en suelo E, dirección X-X, ASCE 7-16 EEUU

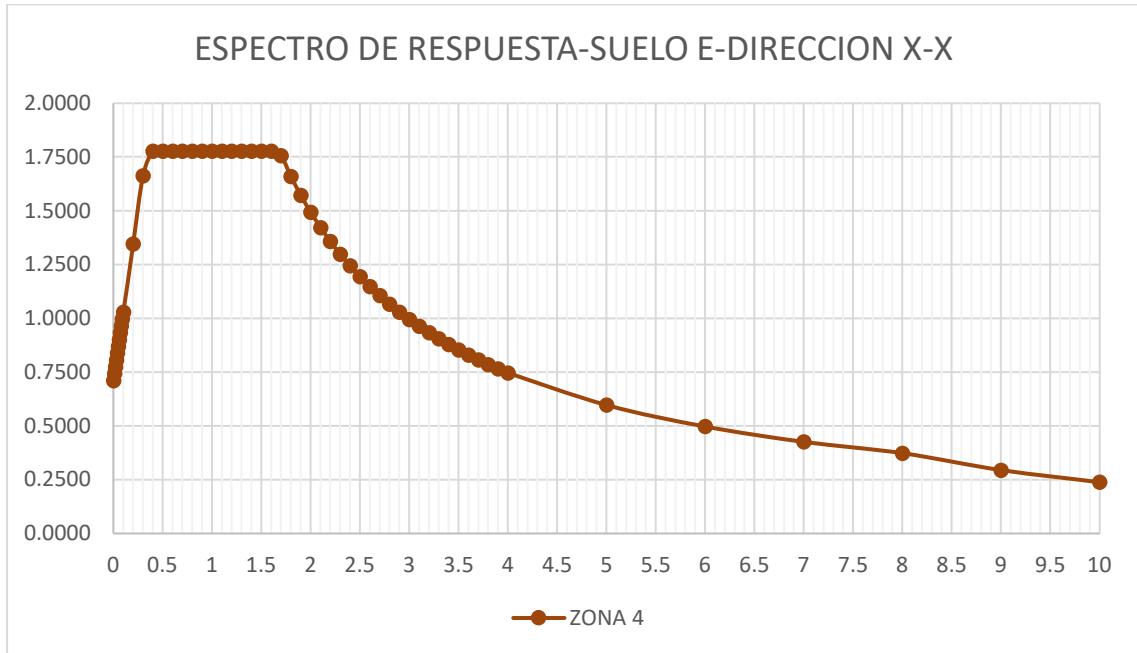


Tabla 49

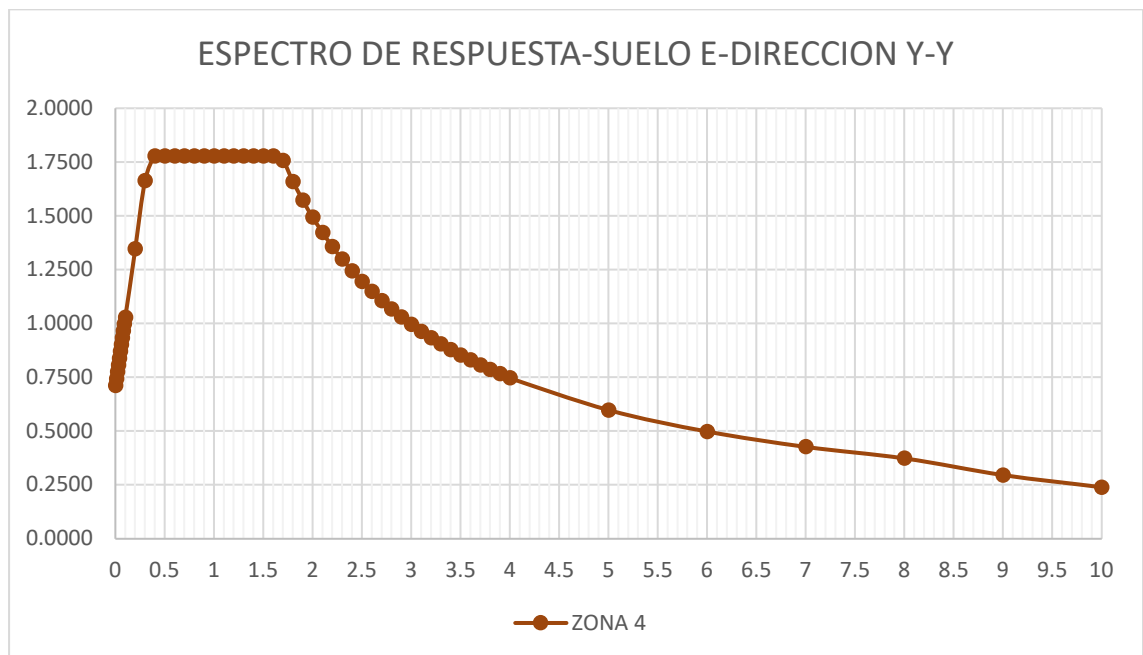
Espectro de respuesta sísmica en suelo E, dirección Y-Y, ASCE 7-16 EEUU

SUELO E-DIRECCION Y-Y	
PARAMETROS SISMICOS	
Ss	1
S1	0.4
Fa	1
Fv	4.2
SMS	1
SM1	1.68
SDS	0.667
SD1	1.120
T0	0.3360
TS	1.6800
TL	8.0000
T	Sa-ZONA 4
0	0.7111
0.01	0.7429
0.02	0.7746
0.03	0.8063
0.04	0.8381
0.05	0.8698
0.06	0.9016
0.07	0.9333
0.08	0.9651
0.09	0.9968
0.1	1.0286
0.2	1.3460
0.3	1.6635
0.4	1.7778
0.5	1.7778
0.6	1.7778
0.7	1.7778
0.8	1.7778
0.9	1.7778

1	1.7778
1.1	1.7778
1.2	1.7778
1.3	1.7778
1.4	1.7778
1.5	1.7778
1.6	1.7778
1.7	1.7569
1.8	1.6593
1.9	1.5719
2	1.4933
2.1	1.4222
2.2	1.3576
2.3	1.2986
2.4	1.2444
2.5	1.1947
2.6	1.1487
2.7	1.1062
2.8	1.0667
2.9	1.0299
3	0.9956
3.1	0.9634
3.2	0.9333
3.3	0.9051
3.4	0.8784
3.5	0.8533
3.6	0.8296
3.7	0.8072
3.8	0.7860
3.9	0.7658
4	0.7467
5	0.5973
6	0.4978
7	0.4267
8	0.3733
9	0.2950
10	0.2389

Figura 14

Espectro de Respuesta en Suelo E, Dirección Y-Y; ASCE 7 EEUU



3.4. Derivas y desplazamientos laterales de las normas sísmicas

3.4.1. Desplazamiento lateral y derivas en Perú

Se determina la distorsión admisible mediante una combinación de cargas que multiplique por 0.75R los valores de los resultados del respectivo análisis lineal y elástico de sollicitaciones reducidas.

Se verifica que las distorsiones no superen el 0.007 establecido para edificaciones de concreto armado.

Tabla 50

Desplazamiento lateral en suelo rígido S3 y Zona 4, en dirección X-X, E.030 Perú

DESPLAZAMIENTO LATERAL SUELO S3-ZONIFICACION Z4-DIRECCION X-X									
PISO	h: ALTURA DE PISO (mm)	Δ ELASTICO RELATIVO (mm)	Δ ELASTICO (mm)	R	0.75 R	Δ INELASTICO RELATIVO (mm)	Δ IR/h	Δ IR/h MAXIMO	VERIFICACION
1	3050	0.000	0.000	6	4.5	0	0	0.007	✓
2	3200	1.761	1.761	6	4.5	7.9245	0.00247641	0.007	✓
3	3200	2.316	4.077	6	4.5	10.422	0.00325688	0.007	✓
4	3200	2.458	6.535	6	4.5	11.061	0.00345656	0.007	✓
5	3200	2.306	8.841	6	4.5	10.377	0.00324281	0.007	✓

Tabla 51

Desplazamiento lateral en suelo rígido S3 y Zona 4, en dirección Y-Y, E.030 Perú

DESPLAZAMIENTO LATERAL SUELO S3-ZONIFICACION Z4-DIRECCION Y-Y									
PISO	h: ALTURA DE PISO (mm)	Δ ELASTICO RELATIVO (mm)	Δ ELASTICO (mm)	R	0.75 R	Δ INELASTICO RELATIVO (mm)	Δ IR/h	Δ IR/h MAXIMO	VERIFICACION
1	3050	0.000	0.000	6	4.5	0	0	0.007	✓
2	3200	0.457	0.457	6	4.5	2.0565	0.00064266	0.007	✓
3	3200	0.498	0.955	6	4.5	2.241	0.00070031	0.007	✓
4	3200	0.444	1.399	6	4.5	1.998	0.00062438	0.007	✓
5	3200	0.372	1.771	6	4.5	1.674	0.00052313	0.007	✓

Figura 15

Desplazamiento lateral en ambas direcciones en suelo blando y Zona 4

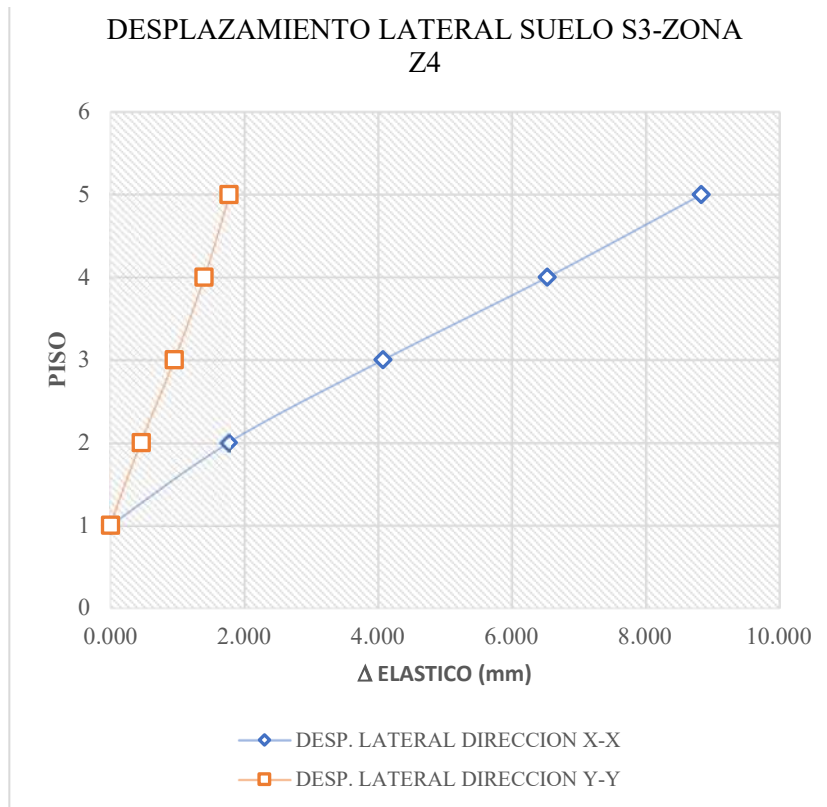
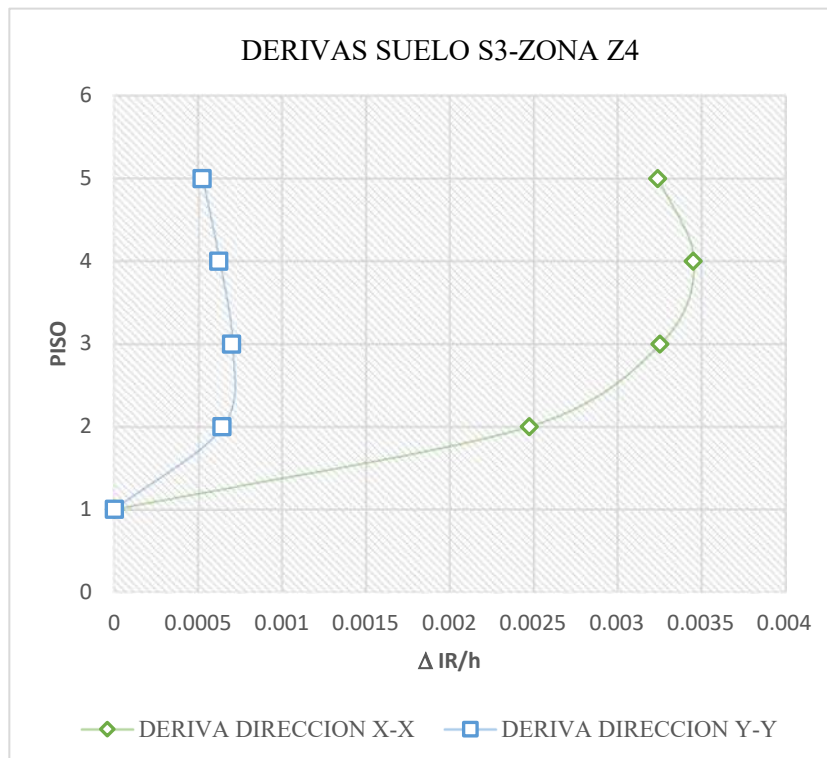


Figura 16

Deriva en ambas direcciones en suelo blando y Zona 4



3.4.2. Desplazamiento lateral y derivas en Estados Unidos

Se verifica que las distorsiones no superen el 0.01 establecido para edificaciones de concreto armado.

Tabla 52

Desplazamiento lateral en suelo E y Zona 4, en dirección X-X, ASCE 7 EE. UU.

DESPLAZAMIENTO LATERAL SUELO E-ZONIFICACION Z4-DIRECCION X-X										
PISO	h:ALTURA DE PISO (mm)	Δ ELASTICO RELATIVO (mm)	Δ ELASTICO (mm)	Cd	Ie	Cd/Ie	Cd/Ie* Δ	Cd/Ie* Δ /h	0.010*h MAXIMO	VERIFICACION
1	3050	0.000	0.000	4	1.5	2.67	0.00	0.00000	0.01	✓
2	3200	1.335	1.335	4	1.5	2.67	3.56	0.00111	0.01	✓
3	3200	1.730	3.065	4	1.5	2.67	4.61	0.00144	0.01	✓
4	3200	1.814	4.879	4	1.5	2.67	4.84	0.00151	0.01	✓
5	3200	1.701	6.580	4	1.5	2.67	4.54	0.00142	0.01	✓

Tabla 53

Desplazamiento lateral en suelo E y Zona 4, en dirección Y-Y, ASCE 7 EEUU

DESPLAZAMIENTO LATERAL SUELO E-ZONIFICACION Z4-DIRECCION Y-Y										
PISO	h:ALTURA DE PISO (mm)	Δ ELASTICO RELATIVO (mm)	Δ ELASTICO (mm)	Cd	Ie	Cd/Ie	Cd/Ie* Δ	Cd/Ie* Δ /h	0.010*h MAXIMO	VERIFICACION
1	3050	0.000	0.000	4	1.5	2.67	0.00	0.00000	0.01	✓
2	3200	0.342	0.342	4	1.5	2.67	0.91	0.00029	0.01	✓
3	3200	0.361	0.703	4	1.5	2.67	0.96	0.00030	0.01	✓
4	3200	0.317	1.020	4	1.5	2.67	0.85	0.00026	0.01	✓
5	3200	0.247	1.267	4	1.5	2.67	0.66	0.00021	0.01	✓

Figura 17

Desplazamiento lateral en ambas direcciones en suelo E y Zona 4

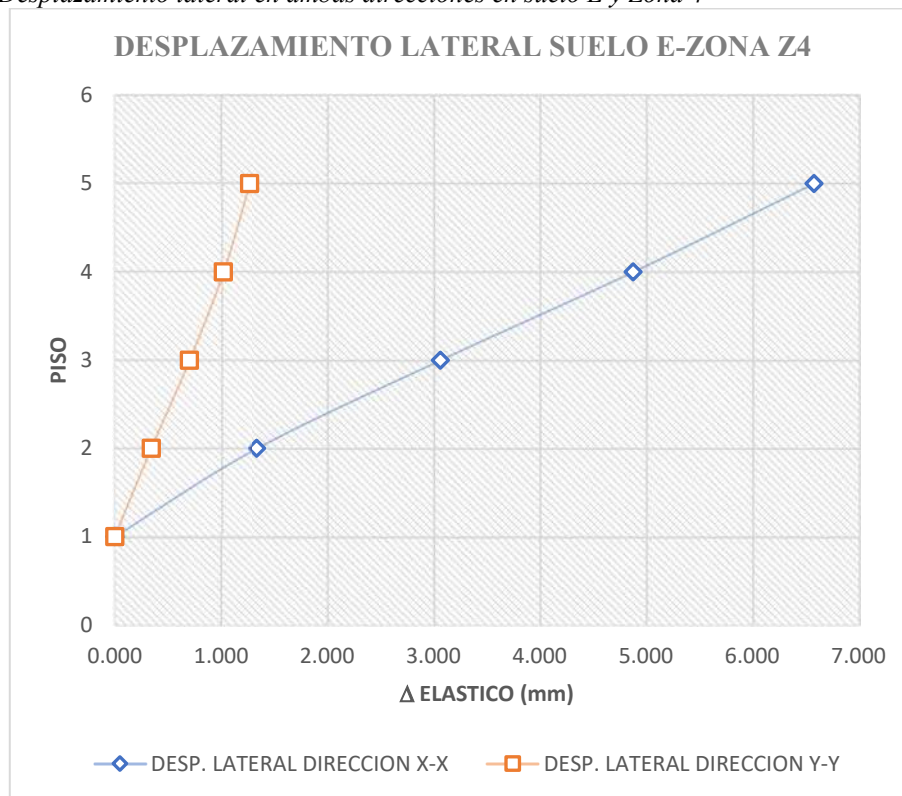
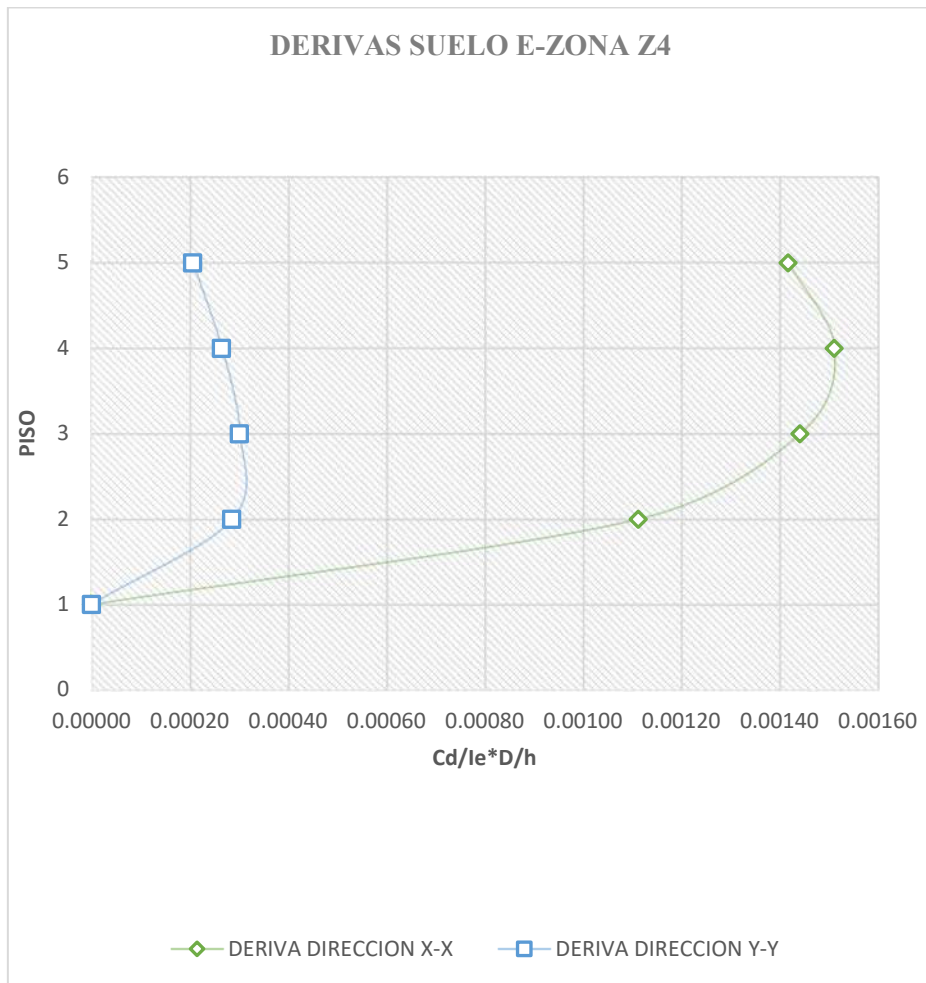


Figura 18

Deriva en ambas direcciones en suelo E y zona 4



IV. DISCUSION

Se verifico que hay variación en los parámetros sísmicos de la norma E.030, 2018 [13] de Perú y la norma ASCE7, 2016 [12] de Estados Unidos, de acuerdo a lo que se puede observar en el cuadro comparativo adjunto:

Tabla 54

Comparación de parámetros sísmicos de la noma E.030 y ASCE 7.16

FACTOR	NOMENCLATURA	E.030-2018 PERU		ASCE 7-2016 EE. UU.	
		Tipo, categoría, clasificación	Valor	Tipo, categoría, clasificación	Valor
Zona	Z	4	0.45	Mapa de isoaceleraciones espectrales	
Uso	U	A	1.5	IV	1.5
Suelo	S	S3: suelo blando		E: suelo de arcilla suave	
Periodo fundamental de vibración	T (teórico)		0.264s		0.387s
	T _x (ETABS)		0.231s		0.231s
	T _y (ETABS)		0.103s		0.103s
Peso de la edificación	CM		2085.04 tn		2085.04 tn
	CV		806.73 tn		806.73 tn
Sistema estructural	X	Muros estructurales		Muros estructurales	
	Y	Muros estructurales		Muros estructurales	
Coefficiente de reducción	R		6		4
Fuerza cortante estática	X-X	736375.47 kgf		595050.89 kgf	
	Y-Y	736375.47 kgf		595050.89 kgf	
Fuerza cortante dinámica	X-X	684.39 tnf		553.00 tnf	
	Y-Y	684.39 tnf		553.00 tnf	

Respecto a la zonificación, la norma E.030 [13] establece parámetros exactos para el uso de la clasificaron correspondiente del lugar en donde se encuentra la edificación, situación distinta a la norma ASCE 7-16 [12], la cual usa mapas de isoaceleraciones espectrales, para el cual se tuvo que buscar una zona que tenga características similares a la zona 4 de Perú. Como la ubicación del proyecto es en Ica, los lugar más desfavorables y similares en Estado Unidos son California y Nevada. El criterio para usar estas ubicaciones fue ser consideradas como zonas con mayor riesgo sísmico de este país.

Ambas normativas contemplan parámetros similares respecto al uso de las edificaciones. Para el caso de la categoría A en Perú prevista en la E.030 [13] y categoría IV en Estados Unidos, ambos tienen el mismo valor de 1.50 para edificaciones que son del estado o pertenecen al gobierno.

La homologación de las características del suelo S3 y E se logró observando el promedio de ondas de corte, el promedio del ensayo estandarizado de penetración y el valor promedio ponderado de resistencia al corte en condición no drenada. Los cuales son muy similares en los valores que brinda cada normativa.

Para la estimación del peso sísmico, la norma E.030-2018 [13] es clara en brindar factores de reducción para la carga viva de acuerdo a la categorización de la edificación, en cambio, la norma ASCE 7-16 [12] no establece factores amplificadores ni reductores a excepción de zonas utilizadas para almacenamiento, que no es el caso, lo cual deja al especialista la libertad de usar factores que maximicen o minimicen la carga de acuerdo a las necesidades de la edificación. Para este caso, el tesista optó por tomar los factores de reducción de la norma peruana y aplicarlos a la norma americana con el fin de tener mayor grado de similitud con la obtención de datos finales.

Se puede observar que los periodos fundamentales de vibración teóricos difieren en casi un 50% de diferencia. Ambas normas usan la altura de la edificación como una de las variables, pero en el caso de la norma ASCE7-2016 [12], la altura es elevada a un exponente que va de acuerdo al tipo de estructura planteado que reduce el valor y aun así, resulta ser mayor al planteado por la norma E.030 [13]. Para el caso del proyecto planteado y al modelarlo en ETABS v19, resultó que los periodos de vibración en cada dirección eran más críticos que los valores teóricos, por lo cual se optó por usar estos periodos al ser más exactos.

El coeficiente de reducción, para el caso de la norma E.030-2018 [13], consta de tres variables, una de ellas colocada directamente según el sistema estructural de la edificación y las otras dos que varían de acuerdo a las irregularidades de altura o planta. En el caso de la ASCE7-2016 [12], enumera una lista de sistemas estructurales, los cuales se encuentran subdivididos de forma más específica, donde el evaluador solo elige el coeficiente y lo coloca en su ecuación, es decir, es más directo.

El modelamiento estructural se realizó en el programa ETABS v.2019, teniendo en cuenta los planos del proyecto. El modelo incluye todas las variables estructurales y sísmicas de ambas normativas.

4.1. Fuerza cortante basal

4.1.1. Fuerza cortante estática

En suelo blando S3 y suelo tipo E en dirección X e Y, el mayor porcentaje de variación se presenta en la cortante estática de Perú, con una variación del 23.75% en ambas direcciones.

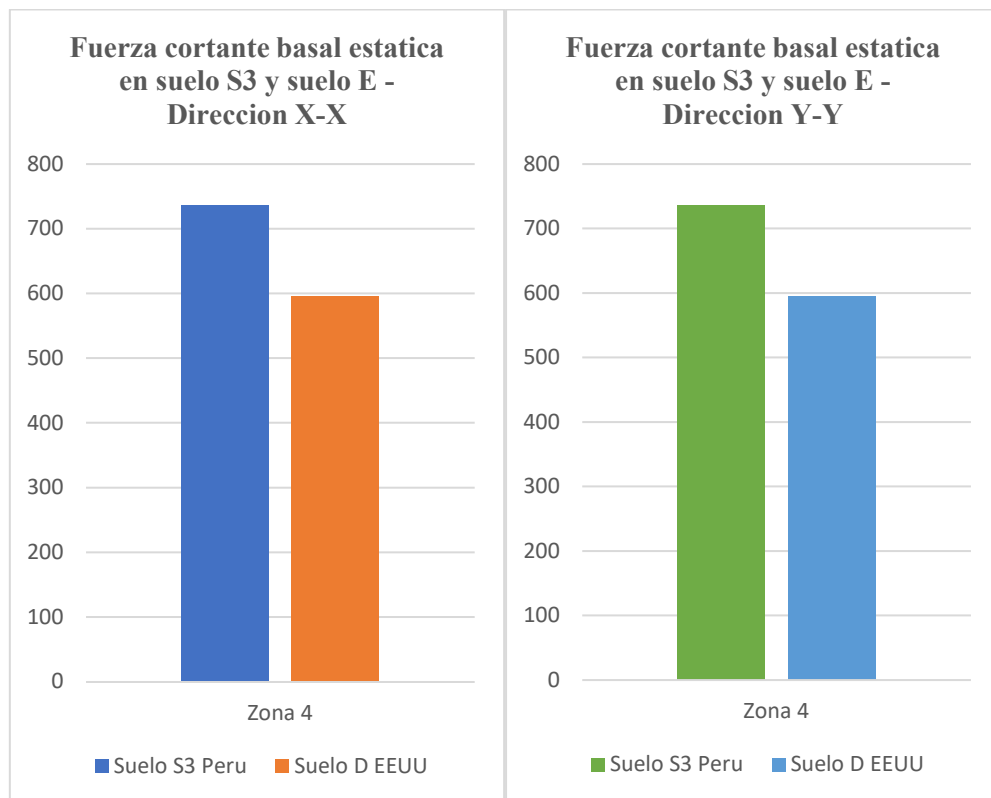
Tabla 55

Variación porcentual de la fuerza cortante estática en Suelo S3 y suelo E

ZONA	SUELO BLANDO-PERU		SUELO E-EE. UU.		VARIACION		PORCENTAJE	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
4	736.38	736.38	595.05	595.05	141.33	141.33	23.75%	23.75%

Figura 19

Fuerza cortante basal estática en suelo S3 y suelo E - Dirección X-X e Y-Y



4.1.2. Fuerza cortante dinámica

En suelo tipo E, se puede observar un valor menor de la fuerza cortante dinámica, superando una diferencia del 19.19% en ambas direcciones respecto a la normativa de Perú E.030-2018 [13].

Esto se debe a que la norma E.030 [13] usa 6 parámetros, a comparación de la ASCE 7 [12] con solo 2, de los cuales el Peso sísmico de la edificación es empleado en ambas normas.

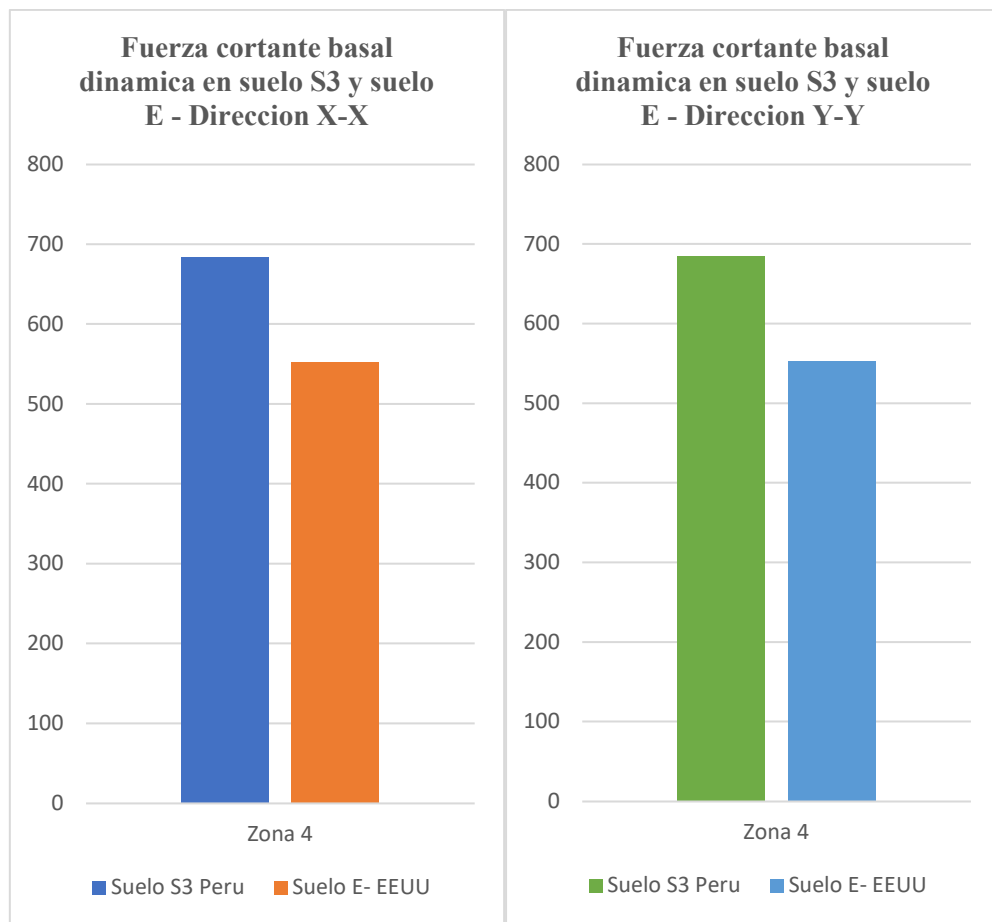
Tabla 56

Variación porcentual de la fuerza cortante dinámica en Suelo S3 y suelo E

ZONA	SUELO BLANDO-PERU		SUELO E-EEUU		VARIACION		PORCENTAJE	
	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y	X-X	Y-Y
4	684.39	684.39	553.00	553.00	131.39	131.39	19.19%	19.19%

Figura 20

Fuerza cortante basal dinámica en suelo S3 y suelo E - Dirección X-X e Y-Y



4.2. Espectro de respuesta

Se observa que el espectro de pseudo aceleración espectral de la norma ASCE 7-16 [12] de Estados Unidos, presenta una región lineal elástica de 0s a 0.4s, para luego llegar a su etapa plástica hasta el 1.7s y pasar a su etapa inelástica. Mientras que la E.030 [13] de Perú, no contempla la etapa elástica, pero si aumenta su etapa plástica desde los 0s hasta 1s, para luego pasar a su etapa inelástica. Ambos espectros se interceptan a los 1.7s, que es donde la etapa inelástica de la norma ASCE7, 2016 [12] comienza a ser mayor respecto a la curvatura de la norma E.030, 2018 [13].

Figura 21

Comparación de Espectro de respuesta Perú- Estados Unidos en dirección X-X

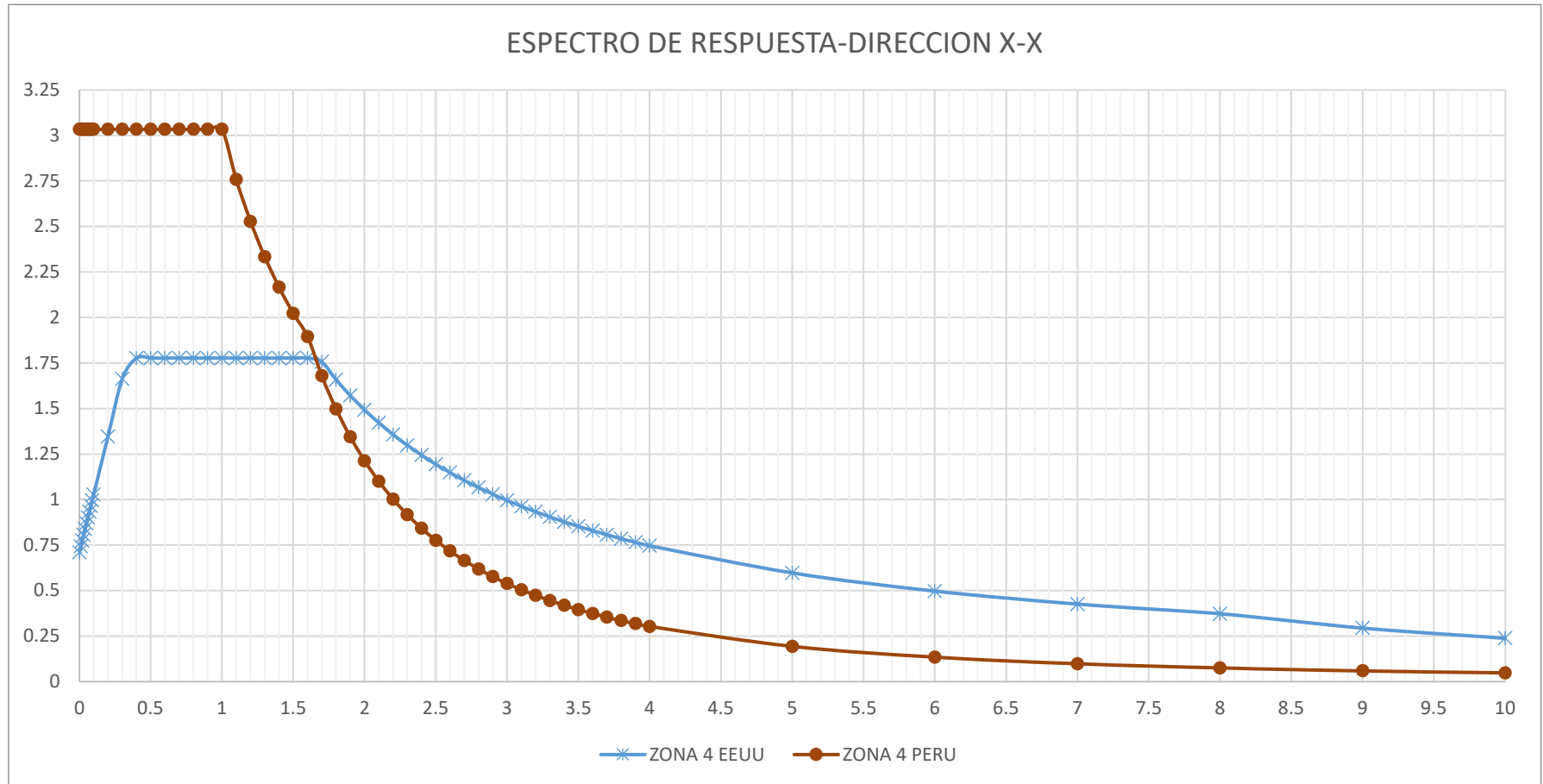
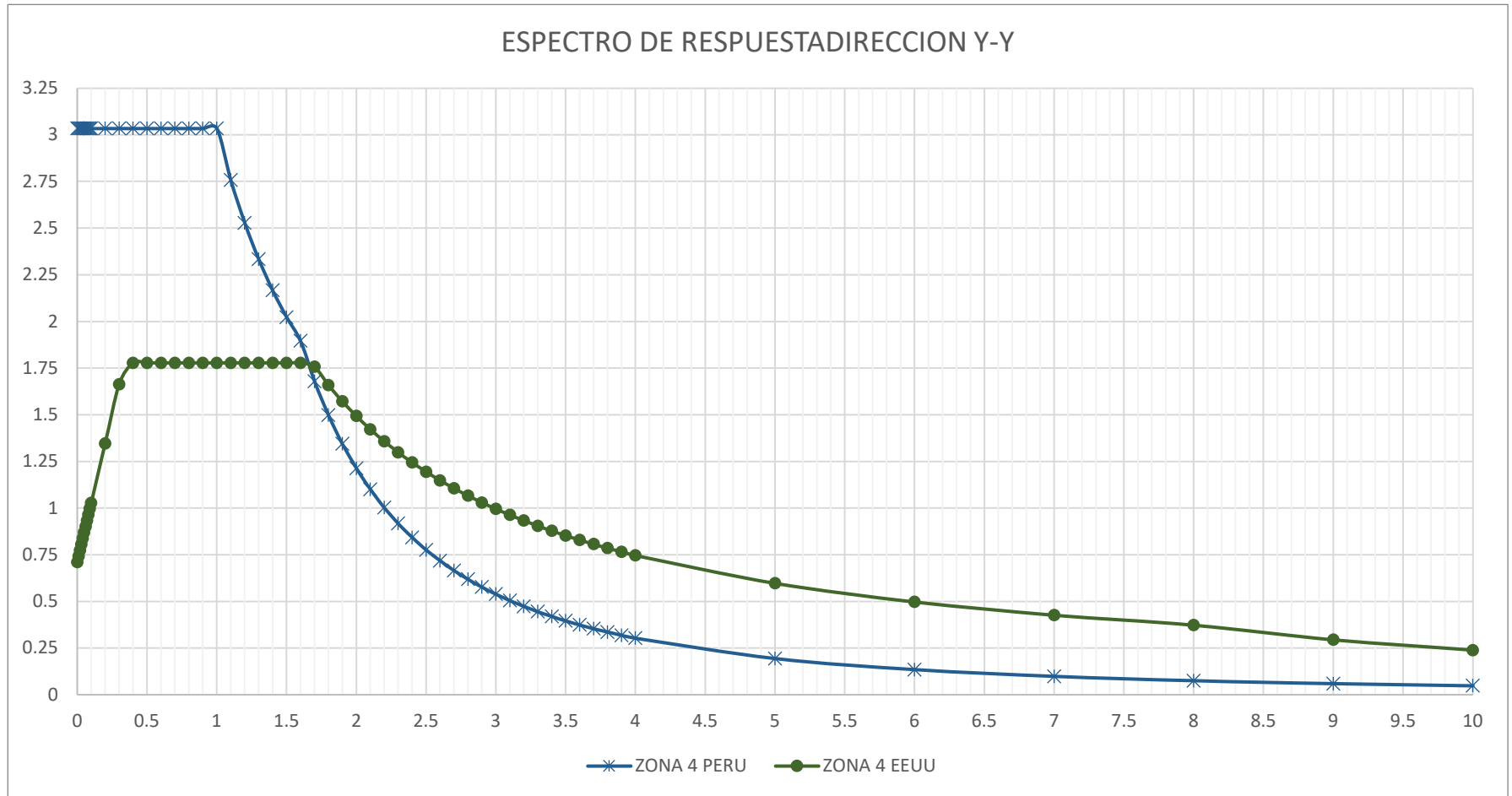


Figura 22

Comparación de Espectro de respuesta Perú- Estados Unidos en dirección Y-Y



4.3. Desplazamiento lateral

Se observa que la mayor variación porcentual de desplazamiento lateral se da en la dirección Y-Y con un 28.46%. Sin embargo, la mayor variación en mm se da en la dirección X-X con 2.26mm. No existe desplazamiento en el primer nivel, debido a que este piso se encuentra enterrado.

Tabla 57

Comparación entre desplazamientos laterales de Perú y EE. UU., en dirección X-X

PISO	h: ALTURA DE PISO (mm)	D ELASTICO (mm) PERU	D ELASTICO (mm) EEUU	VARIACION	PORCENTAJE
1	3050	0	0	0	0.00%
2	3200	1.761	1.335	0.426	24.19%
3	3200	4.077	3.065	1.012	24.82%
4	3200	6.535	4.879	1.656	25.34%
5	3200	8.841	6.58	2.261	25.57%

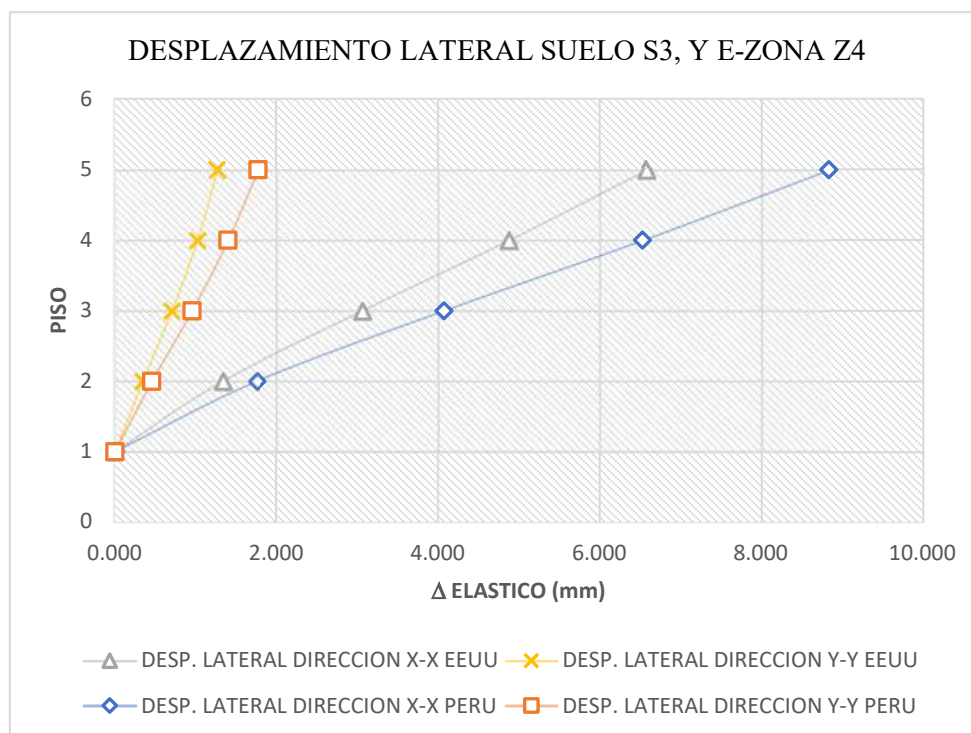
Tabla 58

Comparación entre desplazamientos laterales de Perú y EE. UU., en dirección Y-Y

PISO	h: ALTURA DE PISO (mm)	D ELASTICO (mm) PERU	D ELASTICO (mm) EE. UU.	VARIACION	PORCENTAJE
1	3050	0	0	0	0.00%
2	3200	0.457	0.342	0.115	25.16%
3	3200	0.955	0.703	0.252	26.39%
4	3200	1.399	1.02	0.379	27.09%
5	3200	1.771	1.267	0.504	28.46%

Figura 23

Comparación de desplazamientos laterales Perú- Estados Unidos



4.4. Derivas

El cálculo ha determinado que la deriva según la norma ASCE7, 2016 [12] es menor a la norma E.030,2018 [13] siendo reducida aproximadamente en un 56.29% en la dirección X-X y 60.65% en la dirección Y-Y.

Ambos resultados no llegan a ser superiores a lo máximo exigido en sus respectivas normas, no obstante, se puede observar que la norma E.030-2018 [13], es más exigente respecto al máximo permitido reduciendo en un 30% el valor de la deriva máxima de la normativa ASCE7-2016 [12].

Tabla 59

Comparación entre derivas de Perú y EE. UU., en dirección Y-Y

PISO	H: ALTURA DE PISO (MM)	DERIVA PERÚ	DERIVA EE. UU.	VARIACION	PORCENTAJE
1	3050	0	0	0	0.00%
2	3200	0.002476406	0.0011125	0.001363906	55.08%
3	3200	0.003256875	0.001441667	0.001815208	55.73%
4	3200	0.003456563	0.001511667	0.001944896	56.27%
5	3200	0.003242813	0.0014175	0.001825313	56.29%

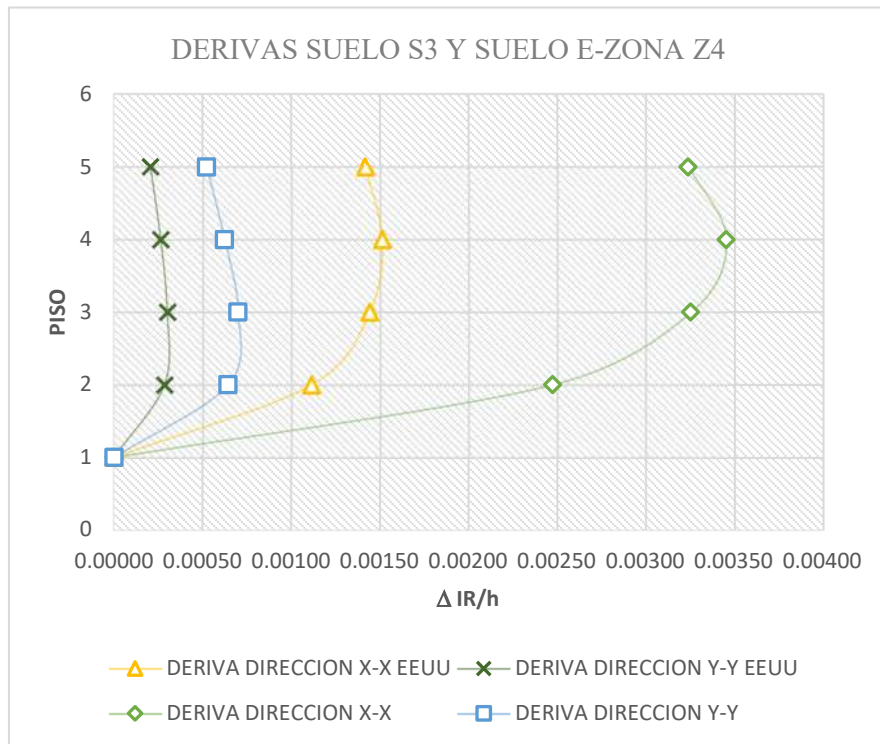
Tabla 60

Comparación entre derivas de Perú y EE. UU., en dirección Y-Y

PISO	H: ALTURA DE PISO (MM)	DERIVA PERÚ	DERIVA EE. UU.	VARIACION	PORCENTAJE
1	3050	0	0	0	0.00%
2	3200	0.000642656	0.000285	0.000357656	55.65%
3	3200	0.000700313	0.000300833	0.000399479	57.04%
4	3200	0.000624375	0.000264167	0.000360208	57.69%
5	3200	0.000523125	0.000205833	0.000317292	60.65%

Figura 24

Comparación de derivas Perú- Estados Unidos



V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que el valor de la fuerza cortante estática en la dirección X-X e Y-Y de la norma E.030-2018 con un sistema estructural de muros estructurales es mayor en un 23.75% respecto a la norma ASCE 7-2016. Lo que nos indica que existe mayor acumulación progresiva de estas fuerzas que se verá plasmado en la base de la edificación. La fuerza cortante dinámica con un sistema estructural de muros estructurales en dirección X-X e Y-Y de la norma E.030-2018 es mayor en un 19.19% respecto a la norma ASCE 7-2016. El cortante dinámico aplicado en ambas normas cumplen con el requerimiento de ser mayor al 80% del cortante estático. Por lo que no fue necesaria amplificar las cargas. Por lo tanto, las fuerzas de cortante basal estáticas y dinámicas aplicadas en Perú son mayores a las aplicadas en Estados Unidos según cada normativa y parámetros sísmicos.
2. Se concluye que el espectro de respuesta de la norma E.030-2018 en la dirección X-X e Y-Y, para periodos cortos en la zona 4 es en mayor al considerado en la norma ASCE 7-2016. Esto debido a que la norma ASCE 7-2016, plantea diversos valores de aceleración de respuesta espectral de diseño S_a de acuerdo a todos los periodos fundamentales de la estructura que incluye periodos mínimos y máximos de acuerdo a la condición del suelo. En cambio, la norma E.030-2018 usa dos factores de amplificación, sísmica y de suelo, que, junto al factor de zona, uso y coeficiente de reducción sísmica, es mayor al planteado en el ASCE7-2016. Por lo tanto, el espectro de respuesta aplicado en Perú es mayor al aplicado en Estados Unidos según cada normativa y parámetros sísmicos.
3. Se concluye que el desplazamiento lateral en la dirección X-X de la norma E:030 es mayor en un 25.57% a la norma ASCE 7-2016 y en la dirección Y-Y la norma E:030 es mayor en un 28.46% respecto a la norma ASCE 7-2016. De modo que, la norma peruana establece mayores desplazamientos de la estructura frente a la norma americana.
4. Se concluye que las derivas en la dirección X-X de la norma E:030 es mayor en un 56.29% respecto a la norma ASCE 7-2016 y en la dirección Y-Y la norma E:030 es mayor en un 60.65% respecto a la norma ASCE 7-2016. De modo que, la norma peruana establece mayores derivas frente a la norma americana.
5. Se concluye que los periodos obtenidos tanto en la norma E.030-2018 y la norma ASCE 7-2016, son mayores a los obtenidos en el modelamiento estructural. Esto significa, que se usaran los periodos más críticos en ambas direcciones ($T_x=0.264s$, $T_y=0.103s$) del modelamiento estructural.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda determinar las fuerzas cortantes estáticas y dinámica en las direcciones X-X e Y-Y por las normas E.030-2018 y ASCE 7-16, usando parámetros distintos a los presentados en la investigación, pero que sean homólogos entre ambas normas de tal forma de realizar un análisis con mayor ámbito de aplicación.
2. Se recomienda determinar el espectro de respuestas en otras zonificaciones de la norma E.030-2018 que sean semejantes con los mapas de isoaceleraciones espectrales de la norma ASCE7-16.
3. Se recomienda determinar los desplazamientos laterales y derivas en la dirección X-X e Y-Y para edificaciones con mayores y menores niveles y en distintos tipos de suelo. Es indispensable que el investigador conozca y pueda determinar el tipo de estructura y la función que tendrá la infraestructura.
4. Se recomienda realizar análisis comparativos con otras normas internacionales como el Eurocode 8, aplicado en países europeos en lugar de su norma nacional; la Ley estándar de construcción de Japón (BSLJ 2000 por sus siglas en inglés) o la norma sísmica de Chile NCh433, entre otros. La finalidad es comparar los valores respecto a la norma E.030-2018 y determinar que norma es más estricta y establece mayores valores en sus parámetros frente a un sismo.
5. Se recomienda evaluar la norma E.030-2018 usando materiales diferentes al planteado en esta investigación. En el caso del ASCE7-16, la norma establece el uso de acero o madera que al igual que la norma E.030 pueden usarse como material de construcción. En el caso de estructuras construidas con material diferente al concreto armado, se debe tener en cuenta la zonificación y el tipo de suelo.
6. Se recomienda tener en cuenta el sistema de unidades con el que las normas han evaluado sus parámetros, de no ser iguales usar los factores de conversión con la mayor cantidad de decimales posible.
7. Se recomienda verificar el sistema estructural planteado. La verificación se debe realizar tanto en la dirección X-X como en la dirección Y-Y.
8. Se recomienda comparar los periodos obtenidos en el modelamiento estructural con lo que establece cada norma de forma teórica. La comparación debe realizarse en ambas direcciones tanto X-X como Y-Y. Se debe usar el periodo más crítico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] S. Hampshire, “*Comparison study of Codes for Seismic Design of Structures*”, *IABSE Symposium*, Inglaterra, 2016.
- [2] D. Zhiquan, W. Zhizhao y L. Bo, “*General Comparison os Seismic Design between the Chinese Code and the European Code*”, *FHDI Engineering Co*, China, 2016.
- [3] I. Yuji, “*Introduction to Earthquake Engineering and Seismic Code in the World 2nd Version*”, *NewsT Research Lab. Co.Ltd*, Japón, 2017.
- [4] M. Tinman, D. Quiun, A. Muñoz y L. Speicher, “*Seismic protection of buidings in Peru using energy dissipation and base isolation*”, *Prismaing*, Chile; 2017.
- [5] C. M. Piscal y F. López, “*Comparación de dos metodologías de análisis y diseño del ASCE 7, para el correcto análisis en edificaciones que presenten aislamiento en caso de sismo en la base en Colombia*”, *Universidad Politécnica de Cataluña*, España, 2018.
- [6] J. García y A. Choez, “*Estudio de comparación de diseño sísmico de estructura de pórticos tipo dúctil resistentes a flexión de concreto armado teniendo en cuenta las normas NEC–2015, ASCE 7-16; ACI 318-14 del Instituto Estadounidense del concreto armado*”, *Universidad Estatal Península de Santa Elena*, 2019.
- [7] N. Reyes, “*Análisis de comparación de la Respuesta Sísmica de Acero Diseñado con ASCE7-AISC341 y NCh433-AISC341*”, *XII Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica*, Chile, 2019).
- [8] S. Hampshire, C. Giarlelis y J. Jara, “*Comparative study of international major codes for the seismic design of buildings*”, *IABSE Symposium*, Polonia, 2020.
- [9] A. Blasco, *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado*. Lima: Princeliness, 2009.
- [10] R. Huapaya, “*Evaluación de indicadores de comportamiento sísmico de edificios con sistema aporticado a través del método estático no lineal*”, *Universidad Ricardo Palma*, Perú, 2017.
- [11] C. Pozo, “*Diseño Sismorresistente de un edificio de departamentos con 6 niveles en Santiago de Surco*”, *Pontificia Universidad Católica del Perú*, Perú, 2019.
- [12] Norma ASCE7-16; American Society of Civil Engineers; Estados Unidos, 2016
- [13] Norma E.030; Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; Perú, 2018

VIII. ANEXOS

ANEXO N°1
NORMA E.030-2018 DE PERÚ

El Peruano

Firmado Digitalmente por:
EDITORIA PERU
Fecha: 07/12/2018 07:01:34

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO


El Peruano

FUNDADO EL 22 DE OCTUBRE DE 1825 POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL

Viernes 7 de diciembre de 2018

**MINISTERIO DE VIVIENDA,
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO**

ANEXO

**RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N°355-2018-VIVIENDA**

**MODIFICAN LA NORMA
TÉCNICA E.030 DISEÑO
SISMORRESISTENTE DEL
REGLAMENTO NACIONAL DE
EDIFICACIONES**

(La Resolución de la referencia fue publicada
el día 23 de octubre 2018)

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

ANEXO N°2

NORMA ASCE7-2016 DE ESTADOS UNIDOS

ASCE STANDARD

ASCE/SEI

7-16

**Minimum Design Loads and
Associated Criteria for Buildings
and Other Structures**

ASCE
AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS



STRUCTURAL
ENGINEERING
INSTITUTE

ANEXO N°3

CUADRO RESUMEN DE PARAMETROS GEOTECNICOS DEL LUGAR

CUADRO RESUMEN DE LOS PARAMETROS GEOTECNICOS ENCONTRADOS IN SITU			
CARACTERISTICAS	DESCRIPCION		
AREA DE TERRENO	El área planteada hasta el momento es de 610.70m ²		
N° DE ENSAYOS Y PROFUNDIDAD DE C/U	Se realizaron 03 ensayos SPT alcanzando una profundidad de hasta 4.00 metros aproximadamente y 01 Ensayo de MASW hasta la profundidad de -30.00m medido desde el fondo de cimentación.		
CONTENIDO DE HUMEDAD	La humedad obtenida de acuerdo a las muestras ensayadas es: SPT-01 Estrato 1 = 19.89% Estrato 2 = 7.24% Estrato 3 = 8.91%	La humedad obtenida de acuerdo a las muestras ensayadas es: SPT-02 Estrato 1 = 23.06% Estrato 2 = 11.38% Estrato 3 = 6.67%	La humedad obtenida de acuerdo a las muestras ensayadas es: SPT-03 Estrato 1 = 14.35% Estrato 2 = 12.74% Estrato 3 = 4.20%
PERFIL ESTATIGRAFICO DEL SUELO	SPT-01: En la primera muestra realizada se halló material de tipo ML.A-4(7) LIMO ARENOSO. En la segunda muestra realizada se halló material de tipo ML.A-4(8) LIMO ARENOSO. En la tercera muestra realizada se halló material de tipo ML.A-4(5) LIMO ARENOSO.	SPT-02: En la primera muestra realizada se halló material de tipo ML.A-4(8) LIMO ARENOSO. En la segunda muestra realizada se halló material de tipo ML.A-4(8) LIMO ARENOSO. En la tercera muestra realizada se halló material de tipo SM.A-4(0) LIMO ARENOSO.	SPT-03: En la primera muestra realizada se halló material de tipo ML.A-4(8) LIMO ARENOSO. En la segunda muestra realizada se halló material de tipo ML.A-4(8) LIMO ARENOSO. En la tercera muestra realizada se halló material de tipo SM.A-4(0) LIMO ARENOSO.
ANGULO DE FRICCION INTERNA	Angulo de fricción del suelo de $\Phi=24^\circ$ para un N=9 a una profundidad de -1.50m; $\Phi=28^\circ$ para un N=22 a una profundidad de -2.50m; $\Phi=29^\circ$ para un N=26 a una profundidad de -3.50m		
COHESION (C)	presentando una cohesión aparente en estado natural proveniente de la humedad a la que están estos suelos		
COEFICIENTE DE EMPUJE ACTIVO (K _A)	0.368		
COEFICIENTE DE EMPUJE ACTIVO HORIZONTAL (K _{ah})	0.336		
COEFICIENTE DE EMPUJE ACTIVO VERTICAL (K _{av})	0.15		
COMPONENTE HORIZONTAL EMPUJE ACTIVO (E _{ah})	21.644 KN/m		
COMPONENTE VERTICAL EMPUJE ACTIVO (E _{av})	9.636 KN/m		
EMPUJE ACTIVO (E _a)	23.692 KN/m		
ALTURA DESDE CIMENTACION (Z)	1.000 m		
PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREATICA	No se halló nivel de napa freática en la zona de estudio, hasta la profundidad estudiada D _f =4.00m		

TIPO DE CIMENTACION	La que elija el ingeniero estructural, teniendo en consideraciones las capacidades admisibles para diferentes profundidades planteadas en el presente informe técnico.
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION	La profundidad de colocación de la cimentación que según el R.N.E. exige no debe ser menor de 0.5m. Consideramos $D_f > 1.50m$
ESTRATOS DE APOYO DE CIMENTACION	Según el esquema mostrado del perfil estratigráfico se puede ver que las cimentaciones proyectadas irán sobre un suelo del tipo SM con poca o nada de cohesión, presentando una cohesión aparente en estado natural proveniente de la humedad a la que están estos suelos, pero una vez realizada la excavación esa humedad se evapora, por lo que se recomendara al contratista colocar entibados de madera para cimentaciones que borde de la profundidad de -1.50m.
PRESION ADMISIBLRE DE DISEÑO (VALOS EN KG/CM2 CARGA APLICADA Y CRITERIO DE FALLA)	De acuerdo al tipo de cimentación.
FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE	Los factores de seguridad mínimos que deberán tener las cimentaciones son los siguientes: a) Para cargas estáticas: 3,0 b) Para sollicitación máxima de sismo o viento (la que sea más desfavorable) : 2,5
ASENTAMIENTO MAXIMO ADMISIBLE	El asentamiento máximo permisible de acuerdo a la normativa E.050 se está considerado Asentamiento máximo= 2.50 cm
TIPO DE CEMENTO PARA CONCRETO EN CONTACTO CON EL SUELO	Al realizar las excavaciones NO se han registrado sustancias agresivas al concreto, por lo que se recomienda el uso del Cemento Portland I, para las obras de concreto que este en contacto con el suelo.
TIPO DE SUELO	De acuerdo a los ensayos realizados en la zona de estudio, los materiales que se presenten son ARENA LIMOSA Y LIMO ARENOSA por lo que el comportamiento es similar para cada caso.

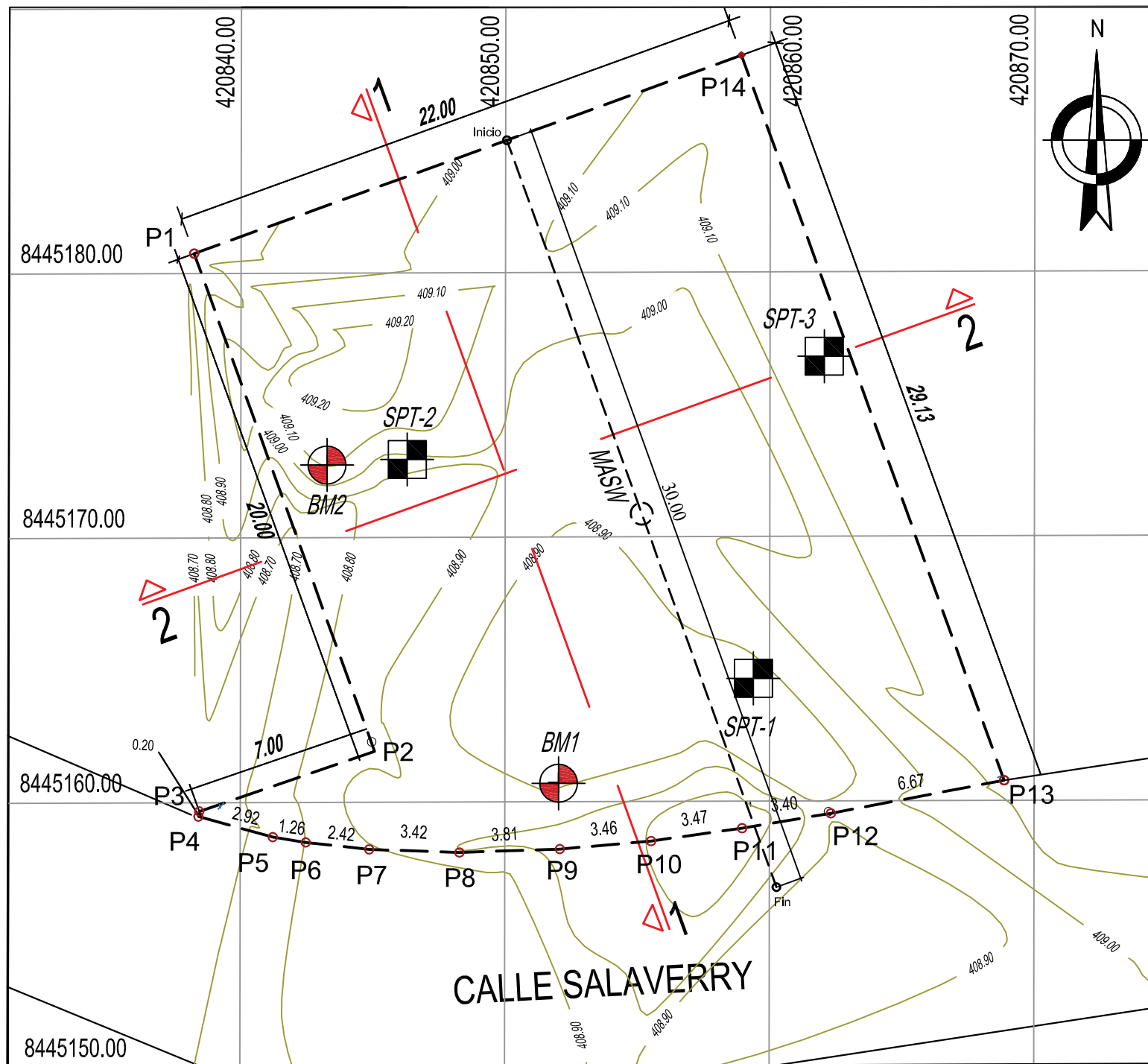
ANEXO N°4
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>Problemas</u>	<u>Objetivos</u>	<u>Marco Teórico Conceptual.</u>	<u>Hipótesis.</u>	<u>Variables</u>	<u>Metodología</u>
<p>Problema General</p> <p>¿En qué medida influye el análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de los Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?</p> <p>Problemas Secundarios</p> <p>a. ¿En qué medida influye la fuerza de la cortante basal para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?</p> <p>b. ¿En qué medida influyen los desplazamientos laterales de la estructura para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?</p> <p>c. ¿En qué medida influye el espectro de respuesta para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la influencia del análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de los Estados Unidos en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>a. Determinar la influencia de la fuerza de la cortante basal en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p> <p>b. Determinar la influencia de los desplazamientos laterales de la estructura en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p> <p>c. Determinar la influencia del espectro de respuesta en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p>	<p>Marco Teórico Conceptual.</p> <p>Los sismos son movimientos de la corteza terrestre, originados por diferentes fenómenos, incluyendo la actividad volcánica, la caída de techos de cavernas subterráneas e incluso explosiones. Sin embargo, los sismos más severos y lo más importantes desde el punto de vista de la ingeniería son los de origen tectónico, que se deben a desplazamientos bruscos de las grandes placas que esta subdividida dicha corteza</p> <p>Marco Conceptual</p> <p>INGENIERÍA SÍSMICA: La ingeniería sísmica es una rama de la ingeniería que establece parámetros para que las estructuras resistan al daño provocado por los sismos. Es una rama interdisciplinaria de muchas áreas científicas pues combina las mejores herramientas y conocimientos para obtener los mejores resultados.</p> <p>ANÁLISIS LINEAL: El análisis lineal cubre una amplia gama de métodos, que utilizan el comportamiento del material elástico lineal para determinar las propiedades y respuestas dinámicas estructurales. El análisis lineal se puede realizar utilizando enfoques basados en fuerzas, como el análisis estático lineal y</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de los Estados Unidos influye en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>a. La fuerza de la cortante basal influye en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p> <p>b. Los desplazamientos laterales de la estructura influyen en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>El análisis comparativo de la norma sismorresistente de E.030 y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de los Estados Unidos.</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>La evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021</p>	<p>Tipo de Investigación</p> <p>La investigación tiene carácter de Investigación aplicada - descriptiva.</p> <p>Nivel de la Investigación</p> <p>La investigación tiene carácter de Nivel Correlacional.</p> <p>Diseño de Investigación</p> <p>La investigación tiene carácter de No Experimental.</p> <p>Población</p> <p>La investigación tiene como población a las edificaciones con sistema de concreto armado de cinco niveles de la ciudad de Ica.</p> <p>Muestra</p> <p>Una edificación de 5 niveles Ubicada en Ica-Perú</p> <p>Técnicas. -</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación. • Recopilación documental y bibliográfica.

<p>d. ¿En qué medida influyen las derivas de la estructura para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021?</p>	<p>d. Determinar la influencia de las derivas de la estructura en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p>	<p>el análisis dinámico lineal; o puede llevarse a cabo utilizando un enfoque de historia temporal lineal. El análisis lineal es apropiado para la evaluación de terremotos a nivel de servicio y de diseño cuando lo requiera la normativa.</p> <p>ANÁLISIS NO LINEAL: Un análisis no lineal es un análisis en el que se mantiene una relación no lineal entre las fuerzas aplicadas y los desplazamientos. Los efectos no lineales pueden originarse a partir de la no linealidad geométrica, es decir, grandes deformaciones, la no linealidad del material, es decir, material elasto plástico y el contacto. Estos efectos dan como resultado una matriz de rigidez que no es constante durante la aplicación de la carga. Esto se opone al análisis estático lineal, donde la matriz de rigidez se mantiene constante. Como resultado, se requiere una estrategia de resolución diferente para el análisis no lineal y, por lo tanto, un solucionador diferente.</p>	<p>c. El espectro de respuesta influye en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p> <p>d. Las derivas de las estructuras influyen en la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles de concreto armado en la ciudad de Ica-2021.</p>		<p>Instrumentos. -</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planos arquitectónicos • Planos estructurales • Certificado de parámetros • Software de modelación estructural <p>Herramientas. -</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulación de organizadores visuales • Tablas • Gráficos de barras
--	--	---	--	--	---

ANEXO N°5

PLANOS



PLANO TOPOGRAFICO

Escala: 1/100

CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	20.00	90°00'00"	420838.2786	8445166.2547
P2	P2 - P3	7.09	268°43'26"	420844.9942	8445162.3600
P3	P3 - P4	0.20	120°24'58"	420838.4157	8445159.7280
P4	P4 - P5	2.93	95°34'40"	420838.3861	8445159.5321
P5	P5 - P6	1.26	173°5'45"	420841.2266	8445158.8140
P6	P6 - P7	2.38	179°23'29"	420842.4760	8445158.6543
P7	P7 - P8	3.41	176°35'39"	420844.8375	8445158.3780
P8	P8 - P9	3.79	173°53'53"	420848.2396	8445158.1837
P9	P9 - P10	3.44	174°15'45"	420852.0275	8445158.3711
P10	P10 - P11	3.44	181°3'36"	420855.4253	8445158.8832
P11	P11 - P12	3.45	181°21'3"	420858.8310	8445159.3322
P12	P12 - P13	6.49	178°35'50"	420862.2633	8445159.7026
P13	P13 - P14	29.13	78°0'17"	420868.6978	8445160.5569
P14	P14 - P1	22.00	90°00'00"	420858.8631	8445188.2405

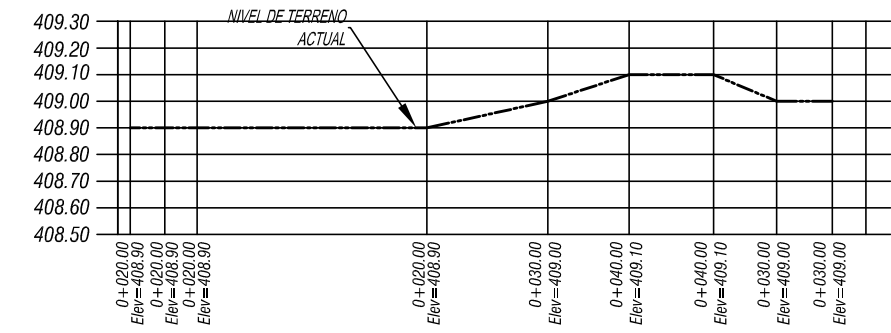
Area: 610.70 m²
 Area: 0.06107 ha
 Perimetro: 109.16 ml

LEYENDA

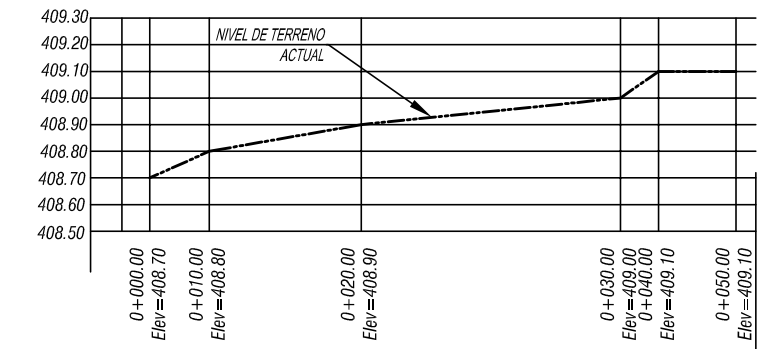
	B.M. ABSOLUTO
	ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR SPT
	ENSAYO DE MASW

COORDENADAS DEL BM-ABSOLUTO

BM	E	N	COTA
1	420,852.03	8'445,160.56	408.90
2	420,843.26	8'445,172.74	409.10



PERFIL LONGITUDINAL DE EJE DE CORTE N°01



PERFIL LONGITUDINAL DE EJE DE CORTE N°02

CUADRO DE PUNTOS DE EXPLORACION DEL SUBSUELO

CALICATAS/ENSAYOS DE PENETRACION ESTANDAR

ENSAYO SPT	ESTRATO	X	Y	Z (m)	RESULTADO
SPT-01	E-1	420859.05	8445154.34	409.00	ML A-4.71
	E-2				ML A-4.01
	F-3				ML A-4.21
SPT-02	E-1	420846.27	8445172.95	409.00	ML A-4.81
	E-3				SM A-4.01
	L-1				ML A-4.21
SPT-03	F-1	420862.05	8445176.60	409.10	ML A-4.21
	F-3				SM A-4.01
	F-5				SM A-4.01

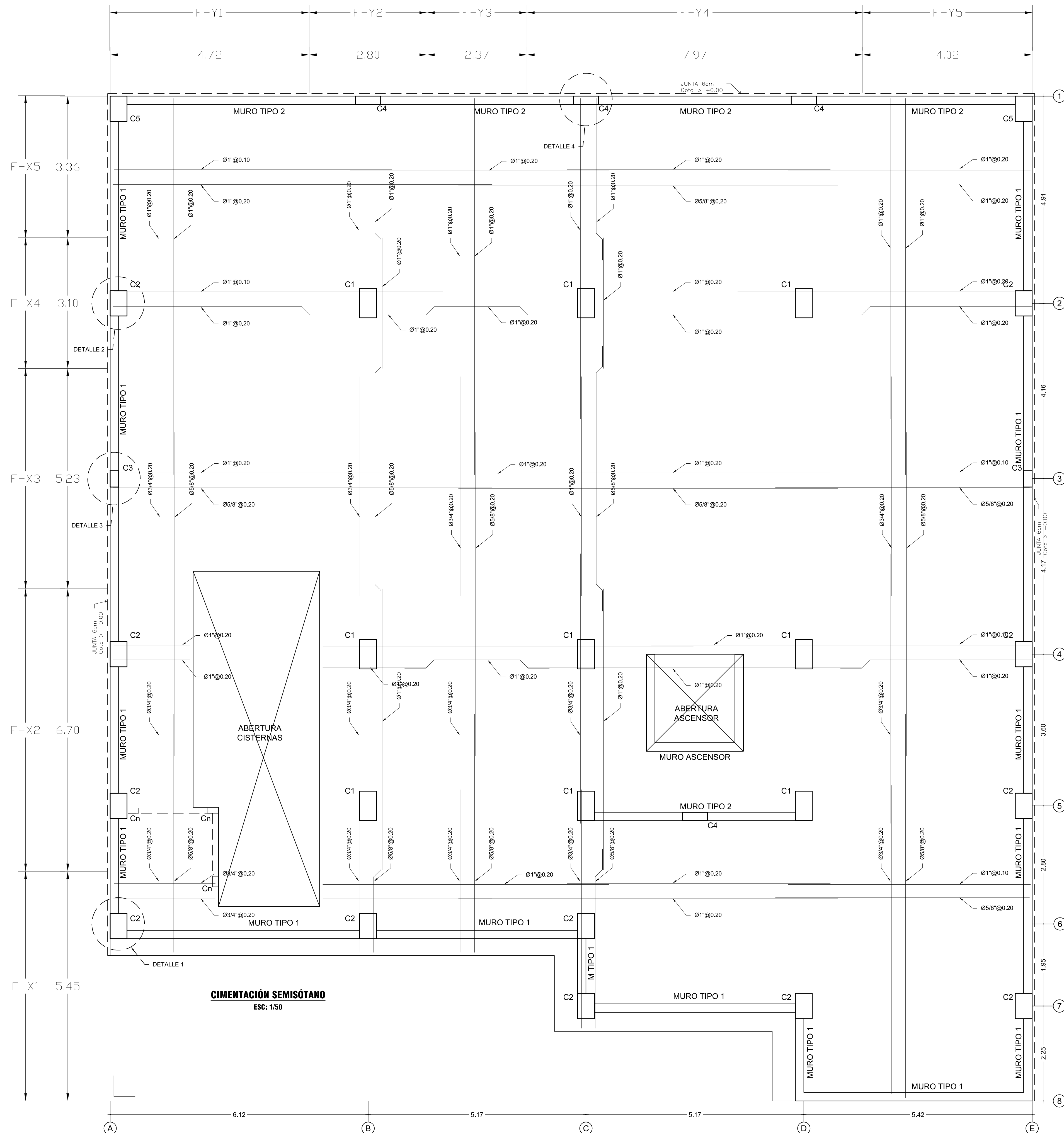
ENSAYO DE MASW

MASW	X	Y	Z (m)
INICIO	420850.04	8445184.99	409.25
FIN	420860.77	8445156.75	408.90

"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

PLANO TOPOGRAFICO

UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA PROVINCIA: ICA DISTRITO: ICA	TESISTA: DIAZ SUMEN JOEL RODRIGO	LAMINA T-01
ESPECIALIDAD: TOPOGRAFIA	ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO - 2022



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

UTILIZAR PARA LA CIMENTACION CEMENTO TIPO 1

CONCRETO SIMPLE:
 FALSO PISO (E+4''): Fc = 140 kg/cm² (C: H)
 SOLADO (E+ 4''): Fc = 100 kg/cm² (C: H)

CONCRETO ARMADO:
 COLUMNAS, MUROS Fc = 240 kg/cm²
 LOSAS ALIGERADAS Y VIGAS Fc = 240 kg/cm²
 LOSA DE CIMENTACION Fc = 280 kg/cm²
 TANQUE CISTERNA Fc = 280 kg/cm²
 MURO CASACA - JARDIN VERT. Fc = 280 kg/cm²
 RAMPA Fc = 240 kg/cm²
 COLUMNETAS (TABIQUES) Fc = 175 kg/cm²

ACERO DE REFUERZO:
 ESFUERZO DE FLUENCIA: fy = 4200 kg/cm²

RECURRIMIENTOS:
 LOSA DE CIMENTACION: 7.5 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS: 4.0 cm.
 VIGAS CHATAS, LOSAS: 2.0 cm.
 MUROS: 2.5 cm.

ALBAÑILERIA:
 Fm (mínimo): 55 kg/cm²

NORMAS:
 E.020, E.030, E.050, E.060 y E.070

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

1. Tipo de Cimentación
 El tipo de sección de cimentación usará ir de acuerdo a lo calculado por el ingeniero estructural, de tal manera que la presión admisible por m², es la que se muestra a continuación, de tal manera que la cimentación proyectada sea zapata conectada, placa de cimentación, la carga transmitida al terreno deberá ser menor a las cargas mostradas de acuerdo a la profundidad analizada.
 Para una sección de suelo de 1.00 m²

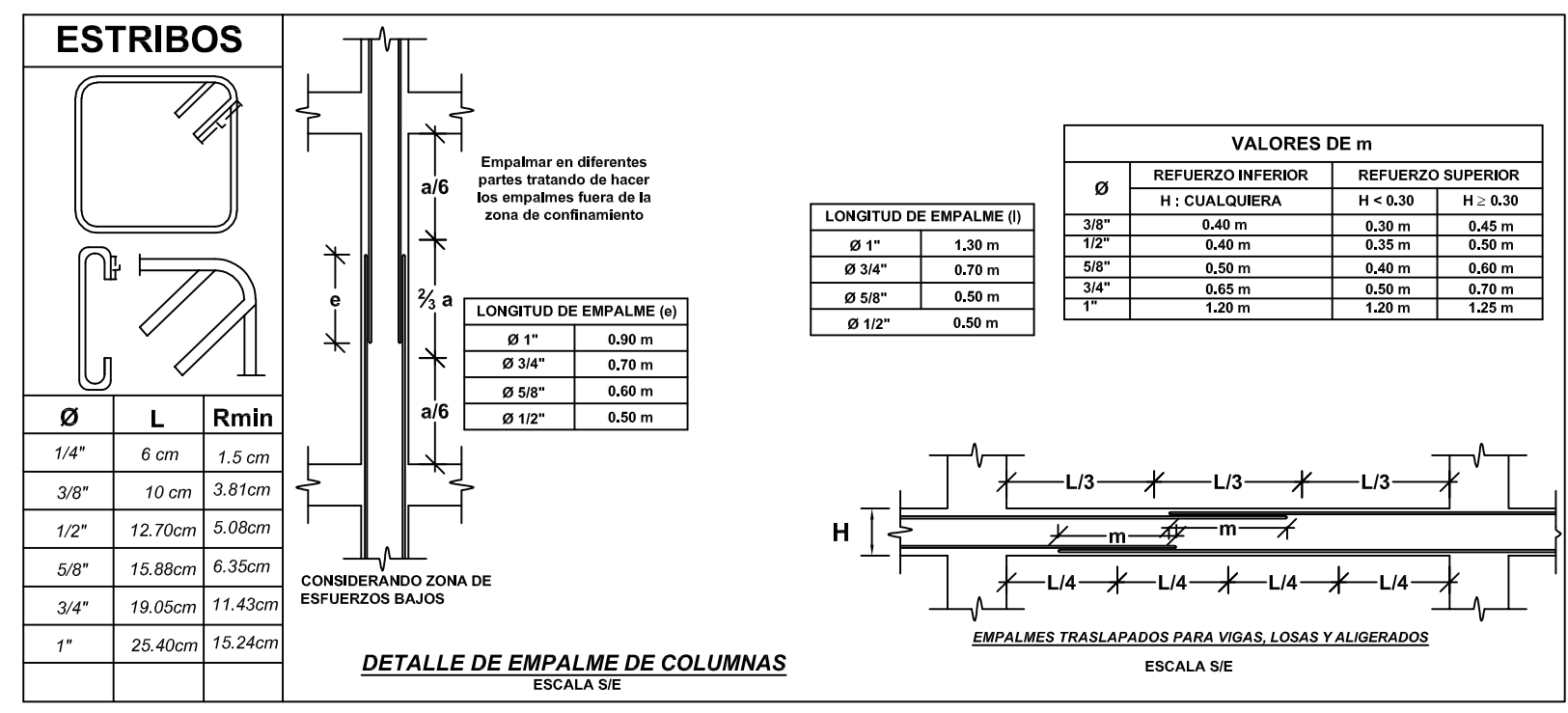
PROF. (m)	N	B (m)	CM (kg/cm ²)
1.00 - 2.00	24.00	5.00	1.00
2.00 - 3.00	26.00	8.00	1.00
3.00 - 4.00	29.00	13.00	1.00
			2.39

2. Estrato de Apoyo de la Cimentación

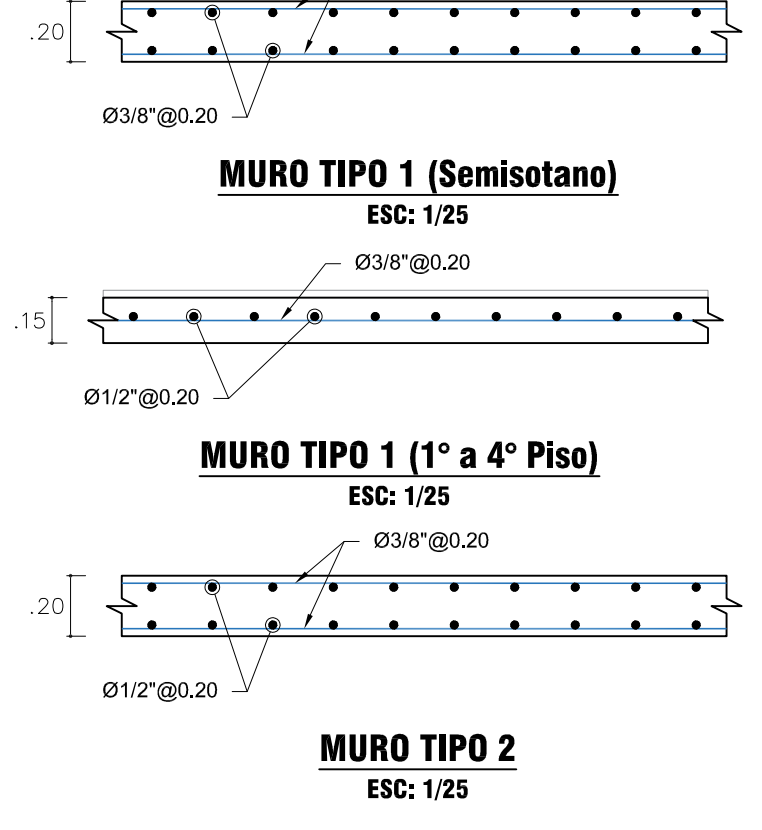
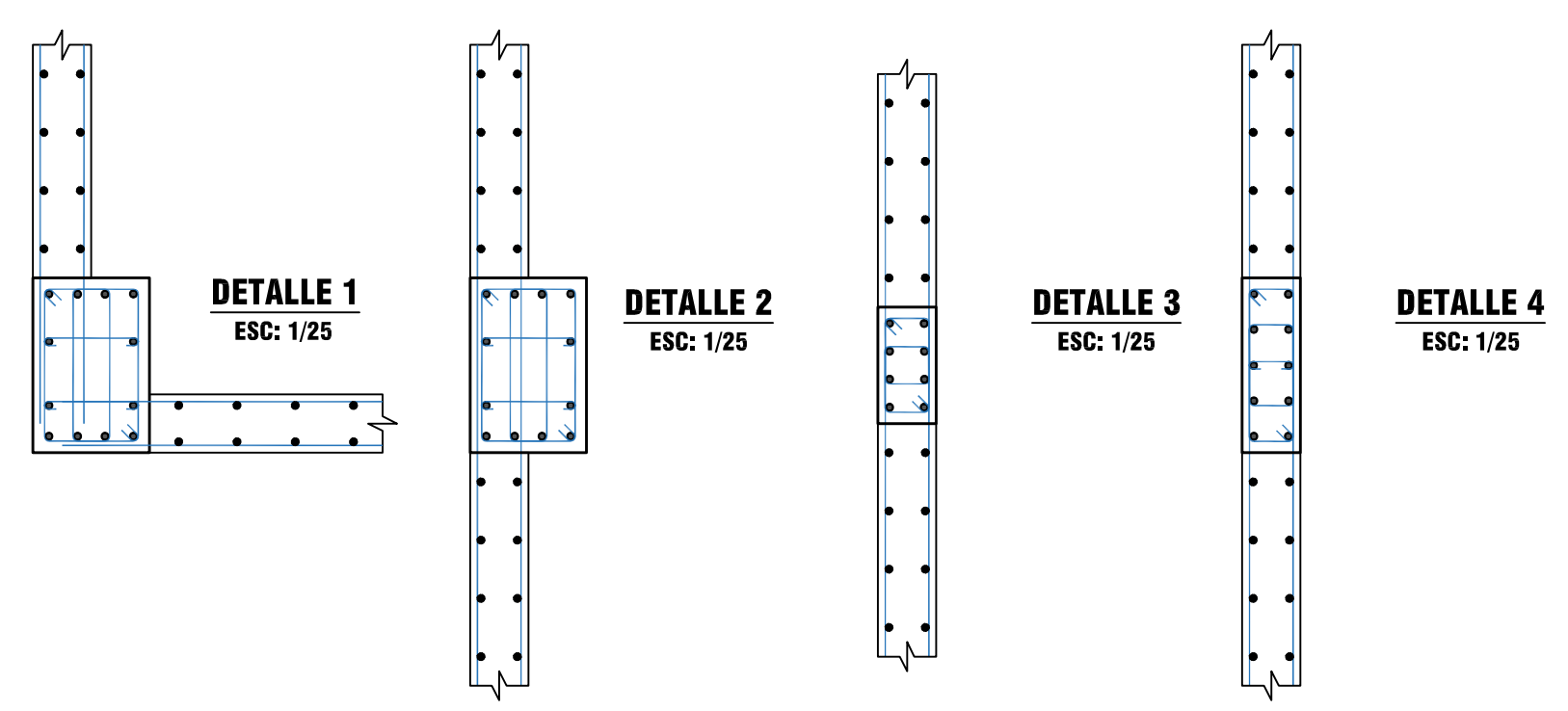
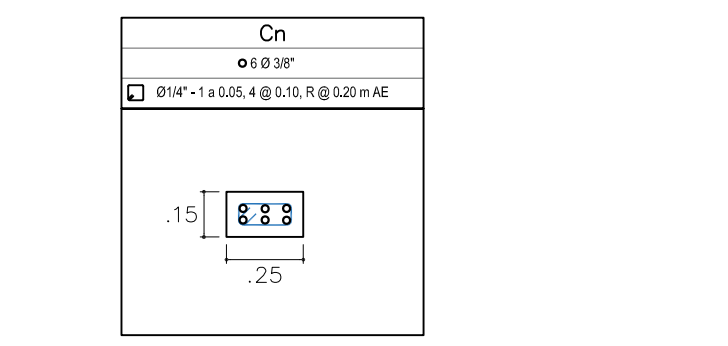
3. Parámetros de Diseño de la Cimentación
 Los parámetros geotécnicos utilizados para el cálculo de la capacidad portante son los que se mencionan en la fórmula de TERZAGHI de los cuales podemos mencionar los siguientes:
 • Profundidad de cimentación: se realiza un análisis para diferente tipo de profundidades, ya que los cercos perimétricos y sótanos tienen diferentes profundidades de desplante.
 • Presión admisible: la carga admisible es variable de acuerdo a la profundidad en el que se colocará la cimentación.
 • Factor de seguridad de corte: el factor de seguridad es 3.00 de acuerdo a las normas vigentes.
 • Asentamiento diferencial o total: el asentamiento máximo permisible es de 2.50 cm, según la norma E.050 para mecánica de suelos y cimentaciones.

4. Agresividad del Suelo a la Cimentación
 De los análisis realizados se ha podido verificar que el suelo no es agresivo al concreto por lo que se recomienda el uso del cemento portland tipo 1, para las construcciones que se tenga que realizar en el futuro.

5. Recomendaciones Adicionales
 De acuerdo a las excavaciones realizadas en el ensayo SPT2, presenta el valor más bajo del valor N, siendo este lugar el más sensible del proyecto.



NOTA:
 *PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.



C1	C2	C3	C4	C5	C6
Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20	Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20	Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20	Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20	Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20	Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20, Ø 11" @ 0.20

"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

PLANO DE CIMENTACIONES

UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA
 PROVINCIA: ICA
 DISTRITO: ICA

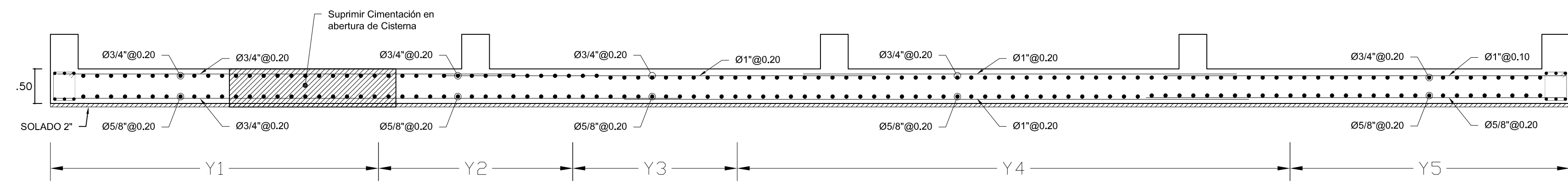
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS

TESTISTA: **DIAZ SUMEN JOEL RODRIGO**

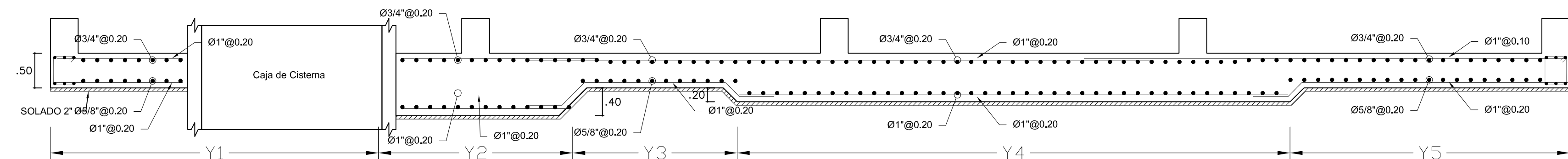
ESCALA: 1:50

FECHA: MARZO - 2022

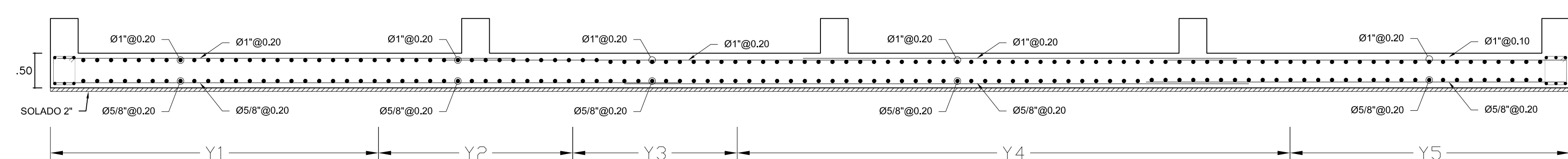
LAMINA: **E-01**



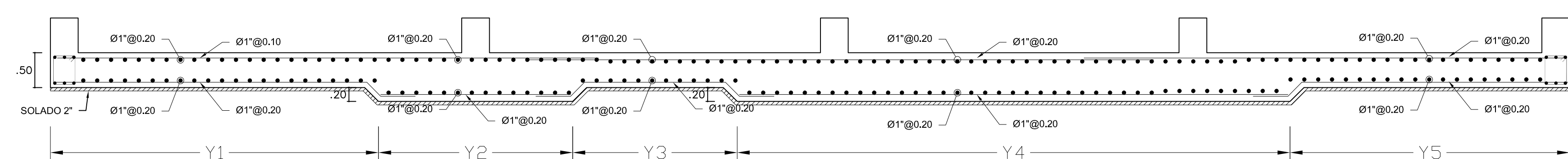
FRANJA DE CIMENTACIÓN - X1



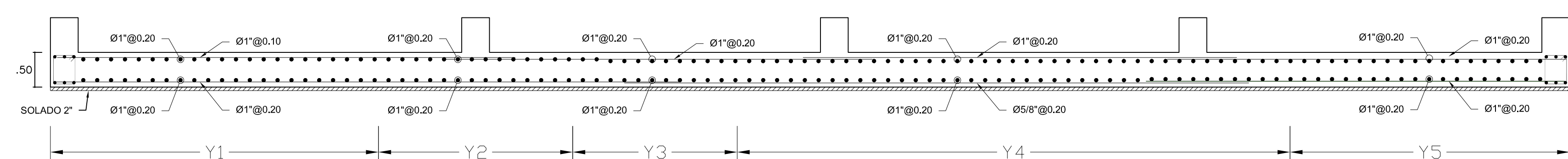
FRANJA DE CIMENTACIÓN - X2



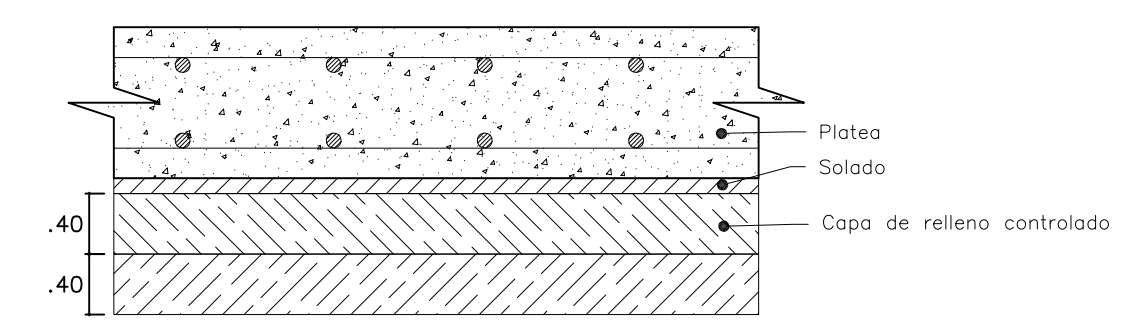
FRANJA DE CIMENTACIÓN - X3



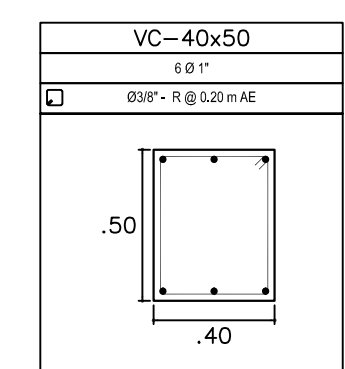
FRANJA DE CIMENTACIÓN - X4



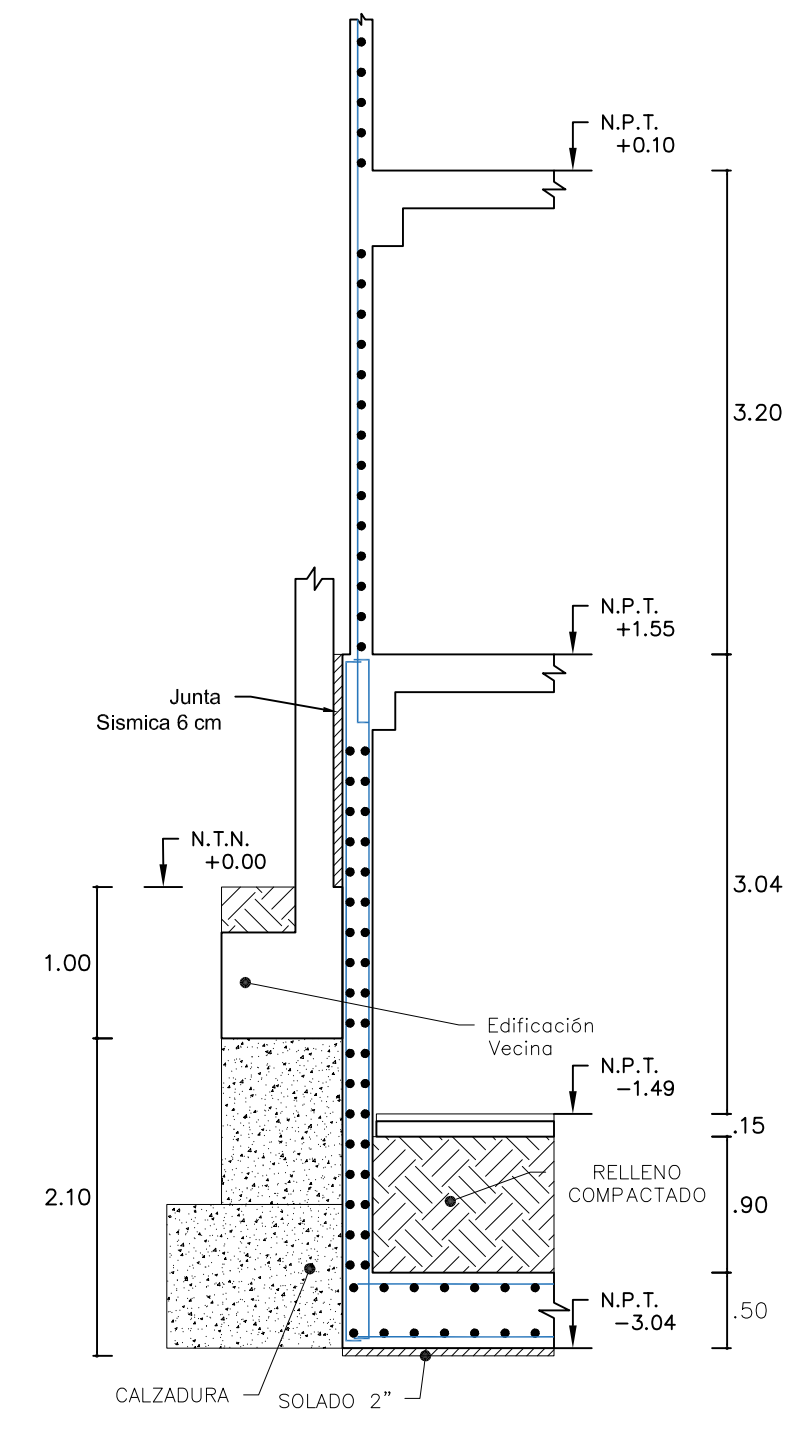
FRANJA DE CIMENTACIÓN - X5



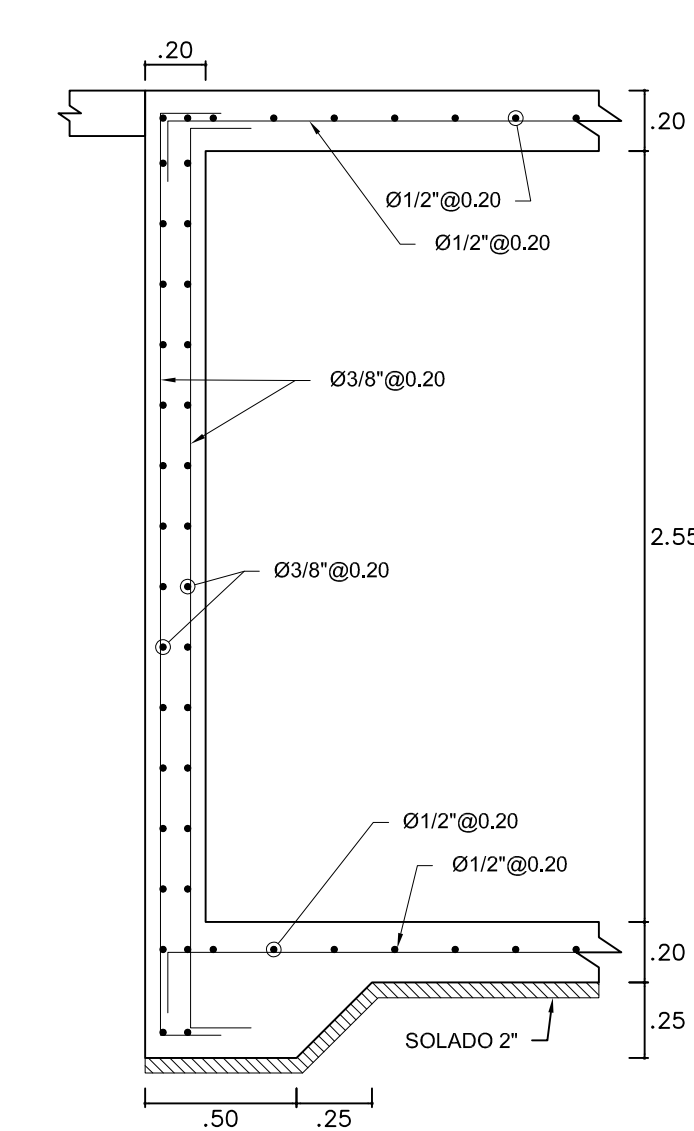
DETALLE DE RELLENO BAJO PLATEA DE CIMENTACIÓN
ESC: 1/25



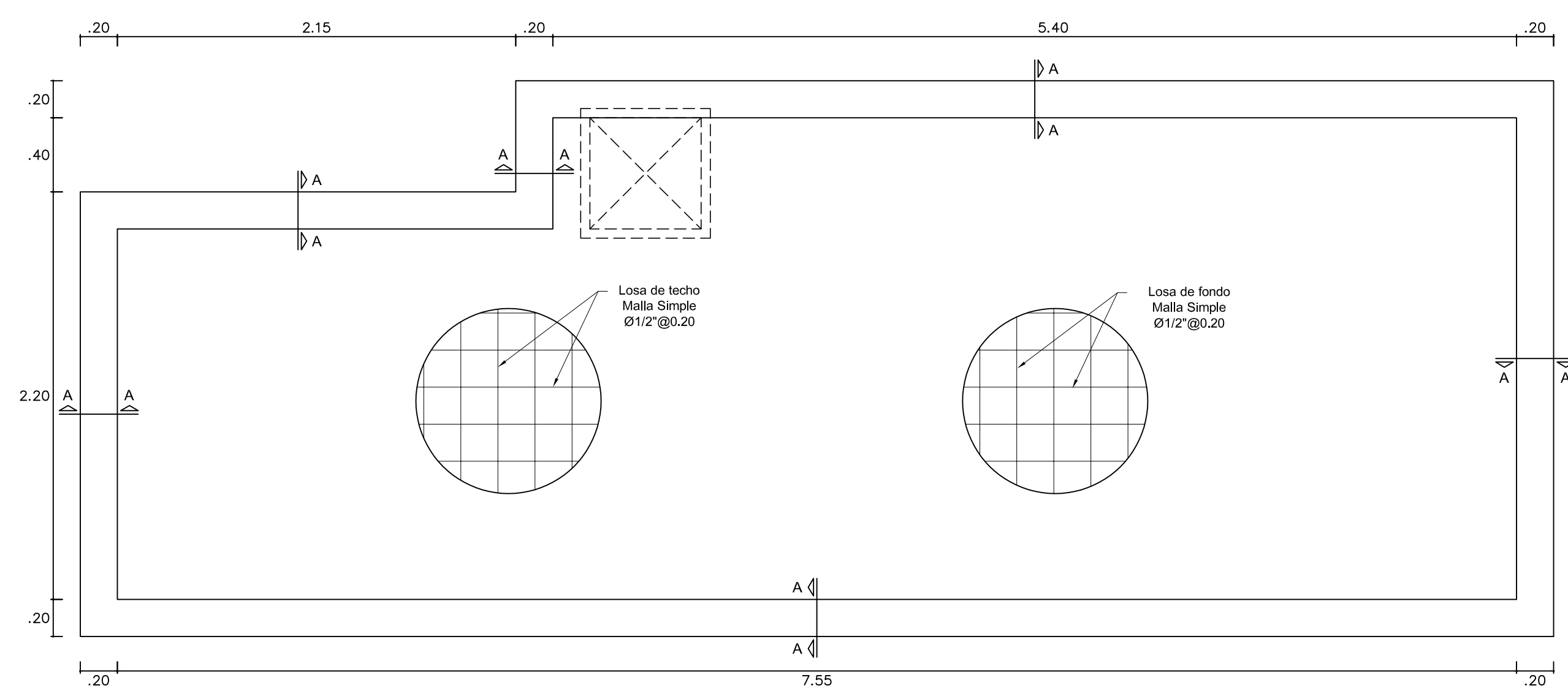
NOTA:
*PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.




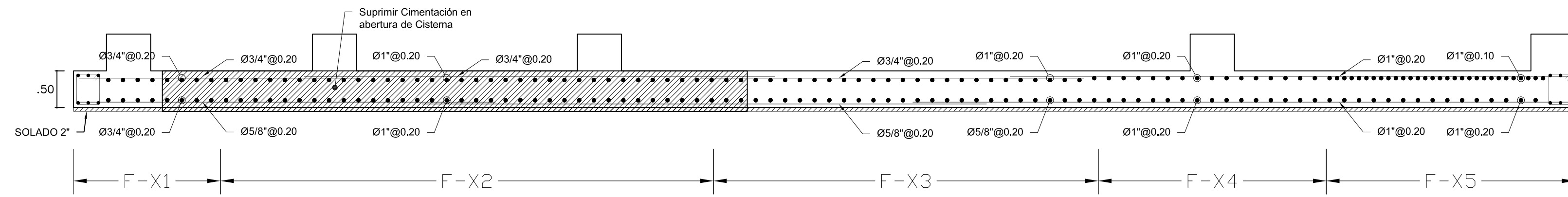
DETALLE DE MUROS ESTRUCTURALES
ESC: 1/25



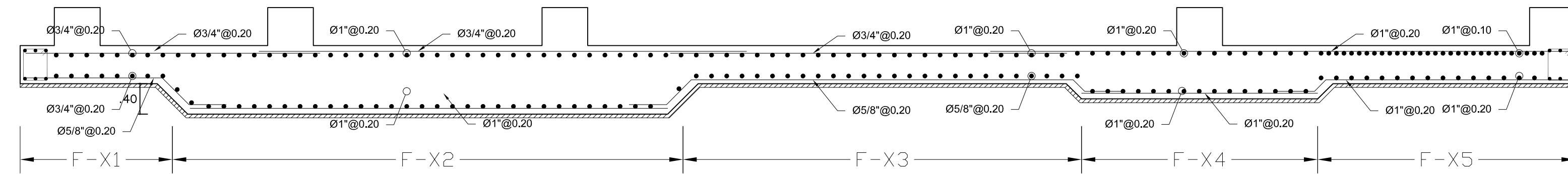
DETALLE DE CISTERNA
ESC: 1/25



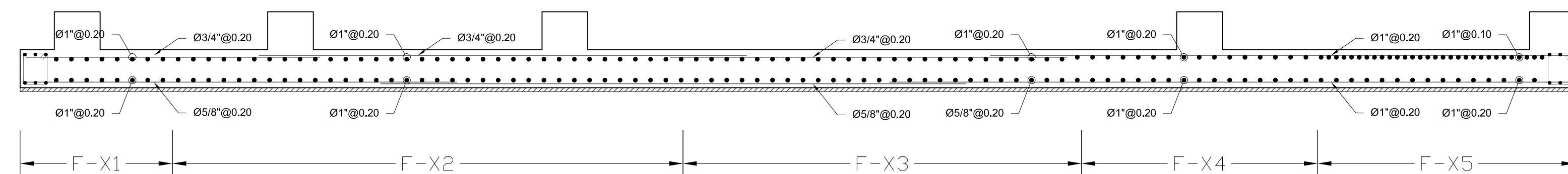
 <p>"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"</p>		
<p>PLANO DE DETALLES DE CIMENTACIONES</p>		
UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA PROVINCIA: ICA DISTRITO: ICA	TESISTA: DIAZ SUMEN JOEL RODRIGO	LAMINA E-02
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	ESCALA: 1:50	FECHA: MARZO - 2022



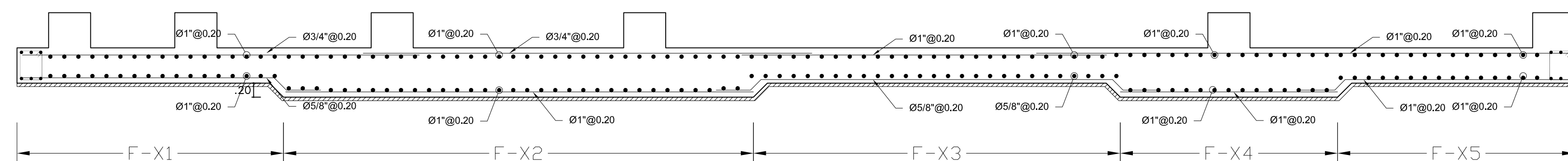
FRANJA DE CIMENTACIÓN - Y1



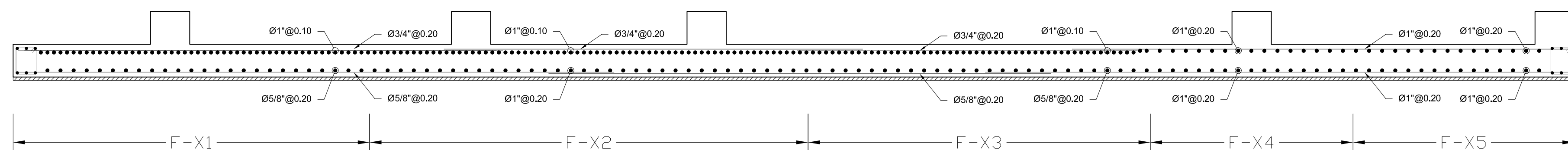
FRANJA DE CIMENTACIÓN - Y2



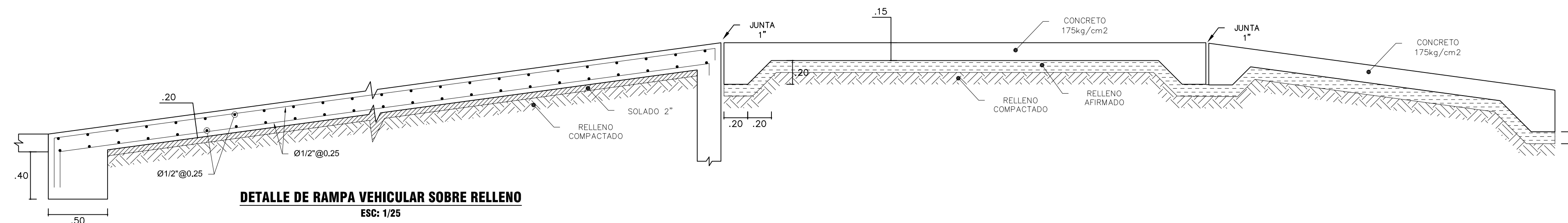
FRANJA DE CIMENTACIÓN - Y3



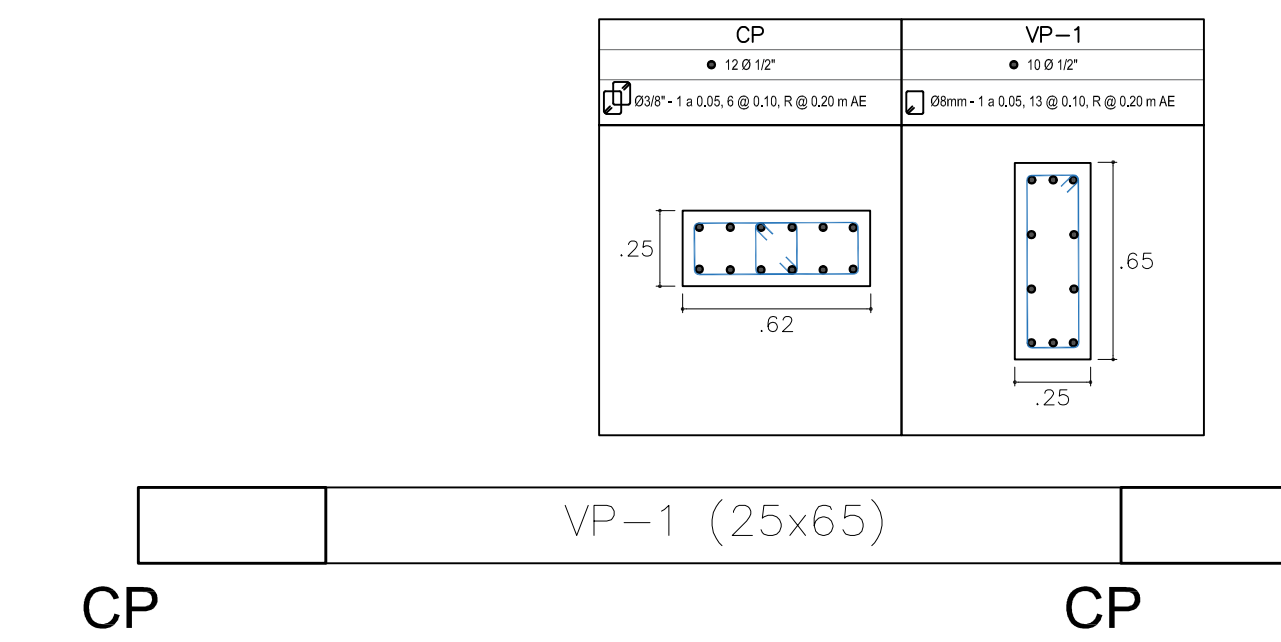
FRANJA DE CIMENTACIÓN - Y4



FRANJA DE CIMENTACIÓN - Y1

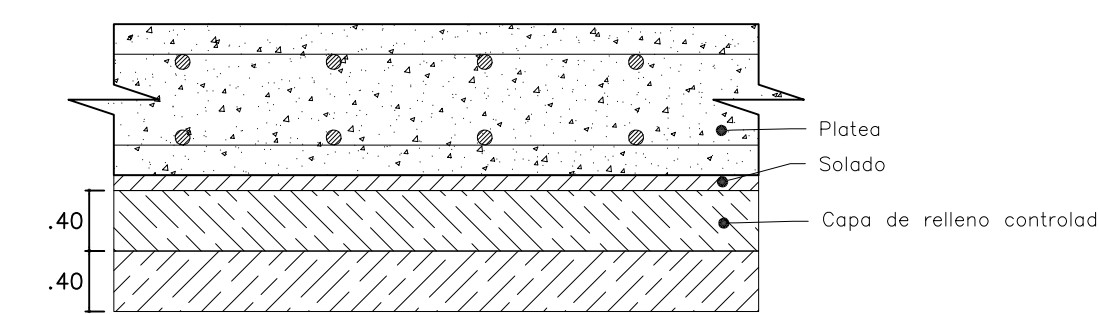
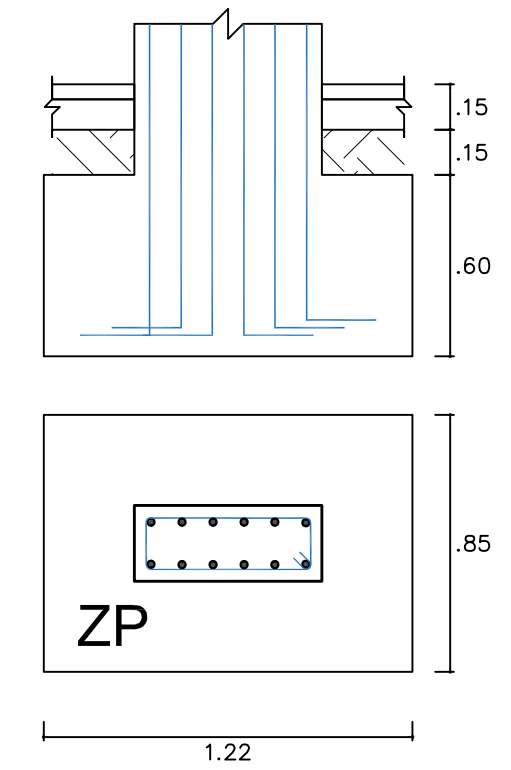


DETALLE DE RAMPA VEHICULAR SOBRE RELLENO
ESC: 1/25

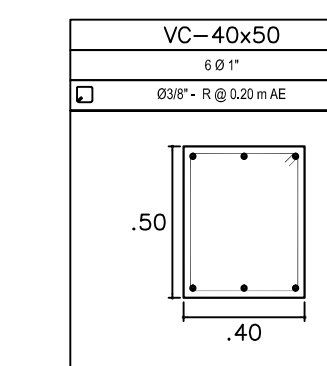



NOTA:
*PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.

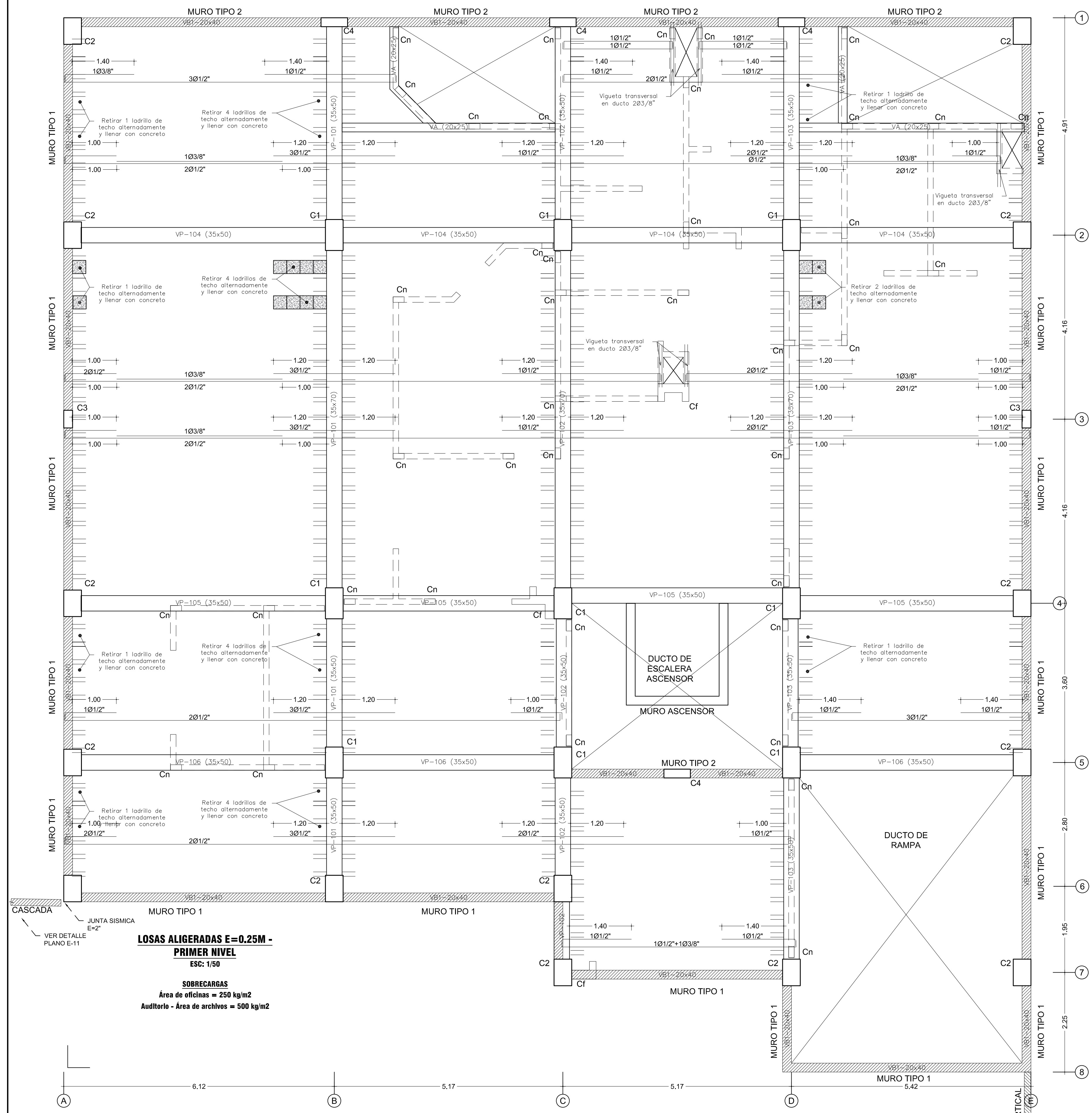
DETALLE DE PORTICO (INGRESO)
ESC: 1/25



DETALLE DE RELLENO BAJO PLATEA DE CIMENTACIÓN
ESC: 1/25



 <p>"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"</p>		
<p>PLANO DE DETALLES DE CIMENTACIONES</p>		
UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA PROVINCIA: ICA DISTRITO: ICA	TESISTA: DIAZ SUMEN JOEL RODRIGO	LAMINA E-03
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	ESCALA: 1:50	FECHA: MARZO - 2022



ESPECIFICACIONES TECNICAS

UTILIZAR PARA LA CIMENTACION CEMENTO TIPO 1

CONCRETO SIMPLE:
 FALSO PISO (e=4"): Fc = 140 kg/cm² (C: H)
 SOLADO (e=4"): Fc = 100 kg/cm² (C: H)

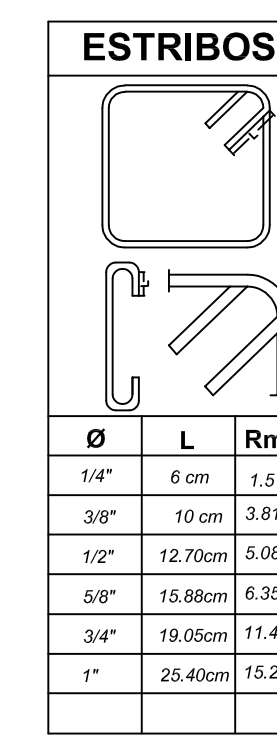
CONCRETO ARMADO:
 COLUMNAS, MUROS Fc = 240 kg/cm²
 LOSAS ALIGERADAS Y VIGAS Fc = 240 kg/cm²
 LOSA DE CIMENTACION Fc = 280 kg/cm²
 TANQUE CISTERNA Fc = 280 kg/cm²
 MURO CASCADA - JARDIN VERT. Fc = 280 kg/cm²
 RAMPA Fc = 240 kg/cm²
 COLUMNETAS (TABIQUES) Fc = 175 kg/cm²

ACERO DE REFUERZO:
 ESFUERZO DE FLUENCIA: fy = 4200 kg/cm²

RECUBRIMIENTOS:
 LOSA DE CIMENTACION: 7.5 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS: 4.0 cm.
 VIGAS CHATAS, LOSAS: 2.0 cm.
 MUROS: 2.5 cm.

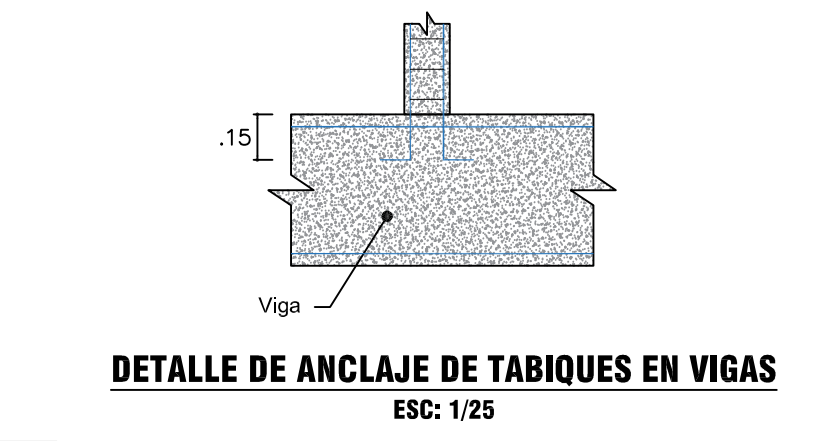
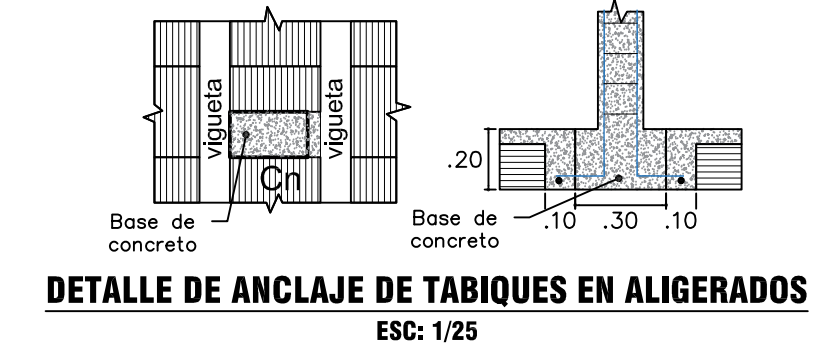
ALBAÑILERIA:
 Fin (mínimo): 55 kg/cm²

NORMAS:
 E.020, E.030, E.050, E.060 y E.070



VALORES DE m

Ø	REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR	
	H: CUALQUIERA	H < 0.30	H < 0.30	H > 0.30
3/8"	0.40 m	0.30 m	0.40 m	0.45 m
1/2"	0.40 m	0.35 m	0.50 m	0.50 m
5/8"	0.50 m	0.40 m	0.60 m	0.60 m
3/4"	0.50 m	0.50 m	0.70 m	0.70 m
1"	0.60 m	0.60 m	0.80 m	0.80 m

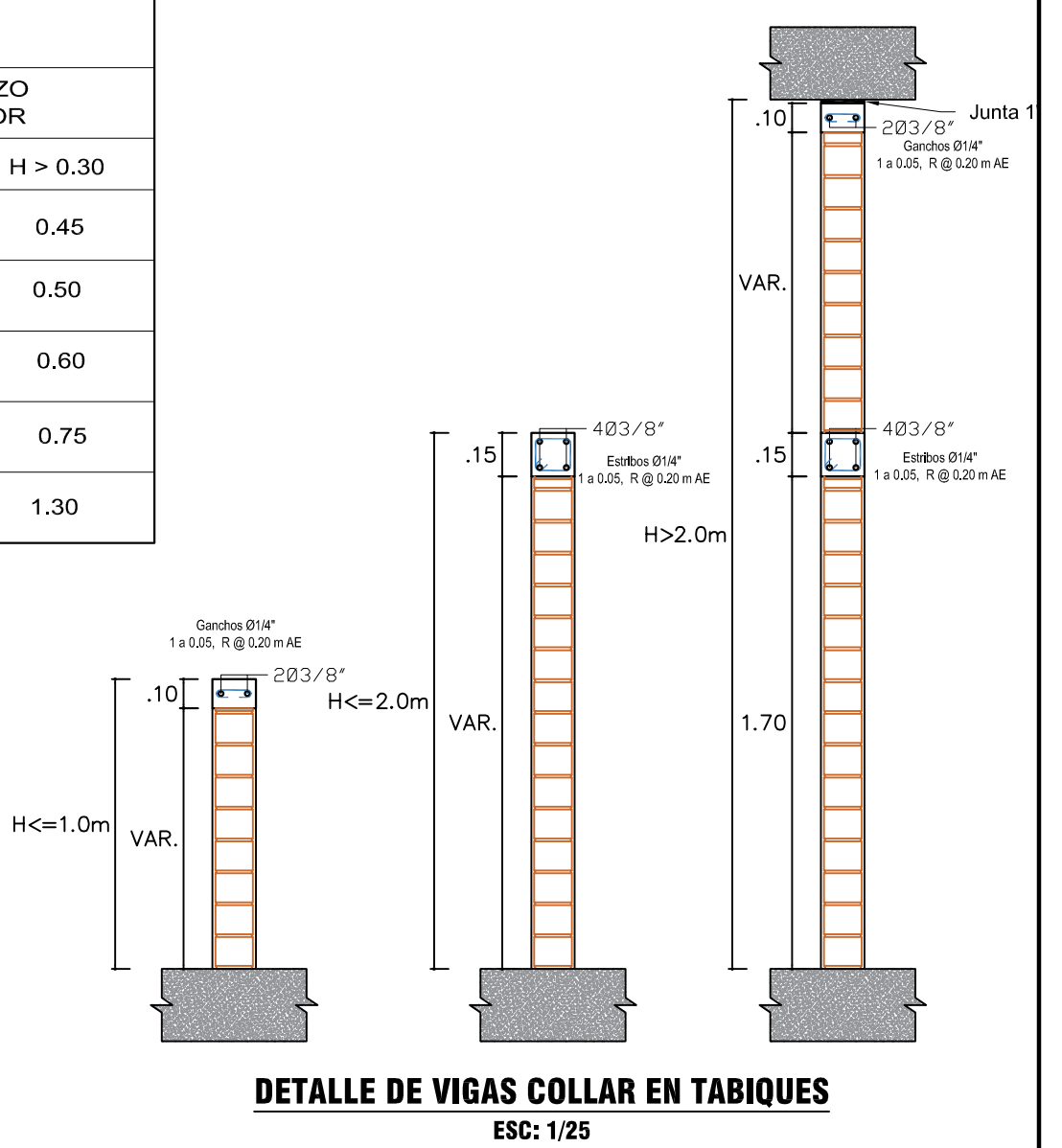
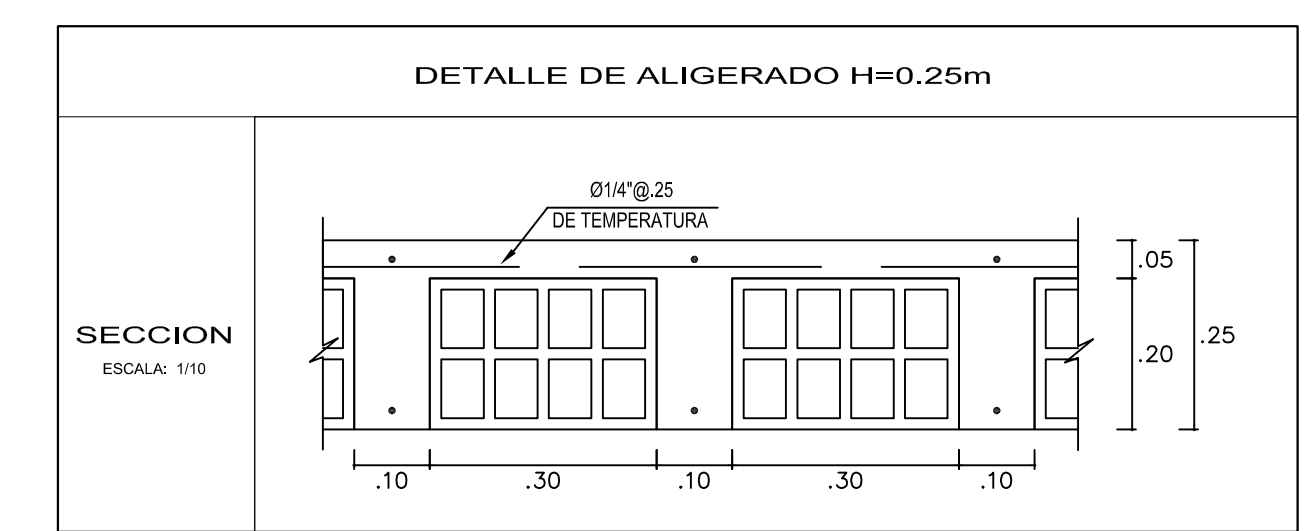


DETALLE DE EMPALME

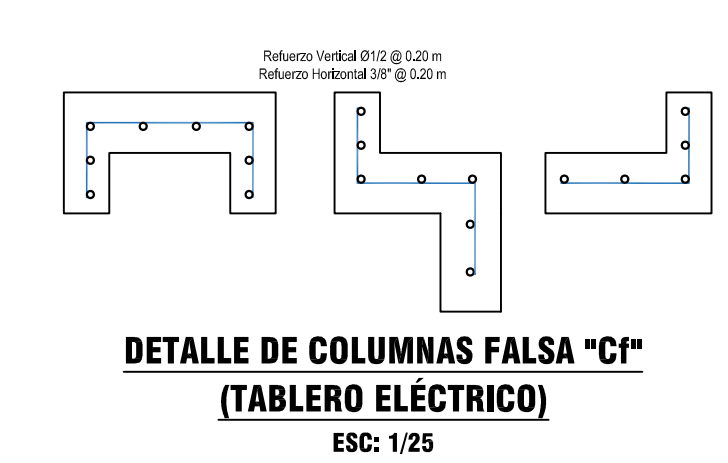
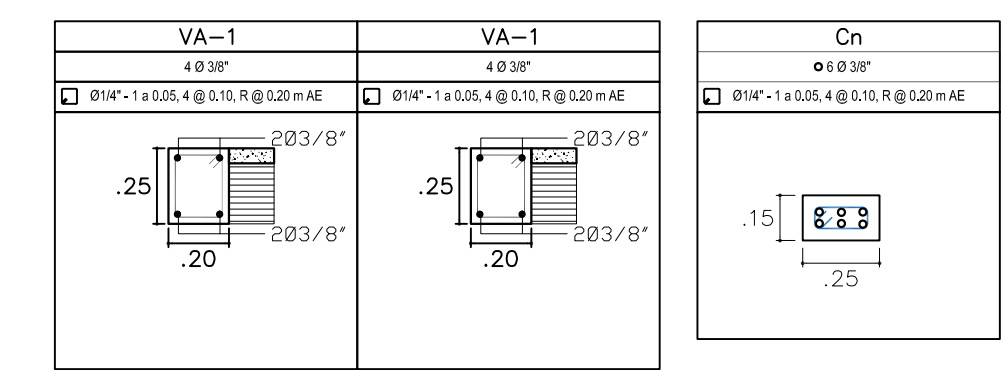
SECCION ESCALA: 1/10

VALORES DE "m"

Ø	REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR	
	H CUALQUIERA	H < 0.30	H < 0.30	H > 0.30
3/8"	0.40	0.40	0.45	0.45
1/2"	0.40	0.40	0.50	0.50
5/8"	0.50	0.45	0.60	0.60
3/4"	0.60	0.55	0.75	0.75
1"	1.15	1.00	1.30	1.30



NOTA:
 *PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.



LOSAS ALIGERADAS E=0.25M - PRIMER NIVEL
ESC: 1/50

SDBRECARGAS
 Área de oficinas = 250 kg/m²
 Auditorio - Área de archivos = 500 kg/m²

"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

PLANO DE ALIGERADO 1ER NIVEL

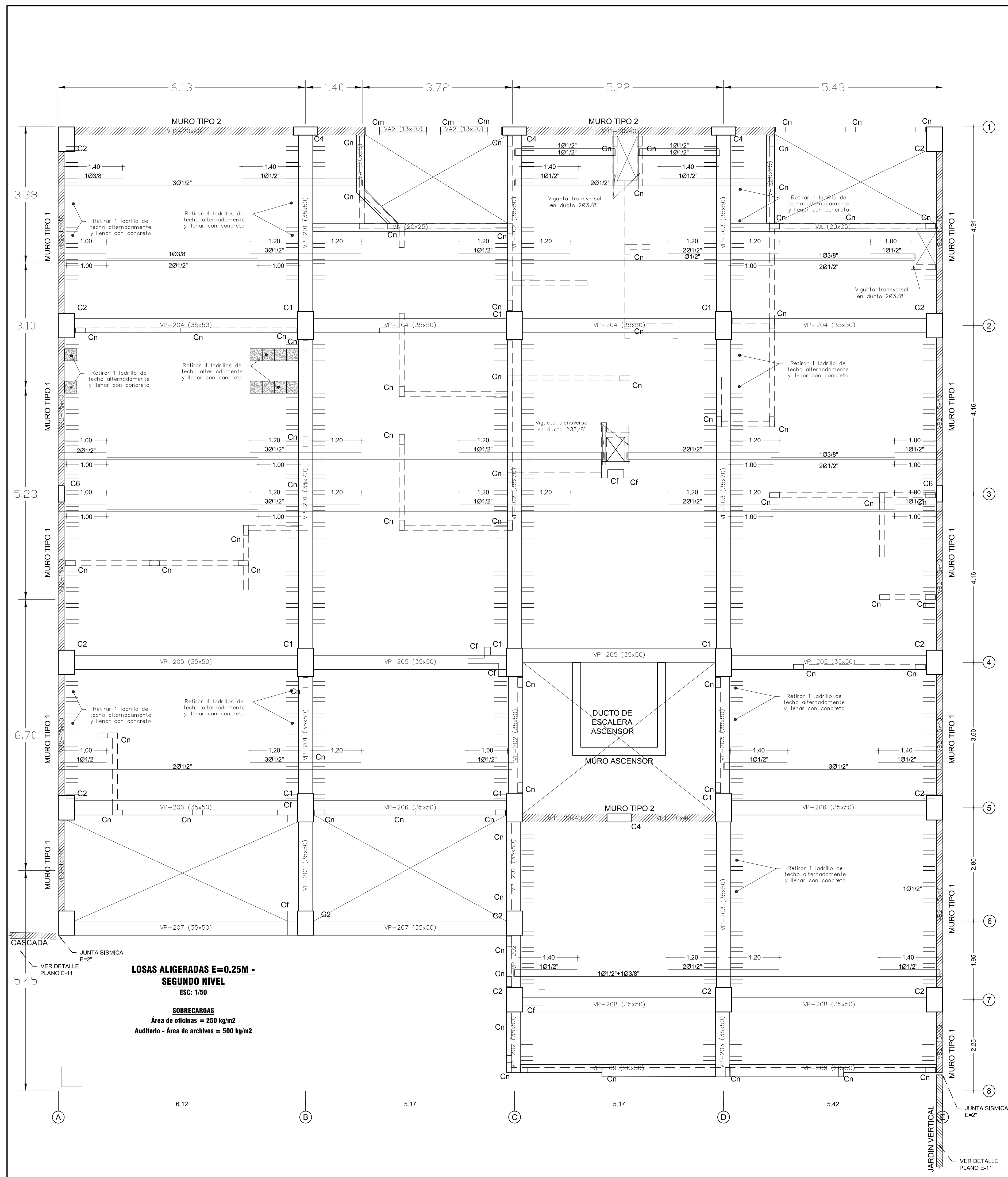
UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA, PROVINCIA: ICA, DISTRITO: ICA

TESISTA: **DIÁZ SUMEN JOEL RODRIGO**

ESCALA: 1:50

FECHA: MARZO - 2022

LAMINA **E-04**



ESPECIFICACIONES TECNICAS

UTILIZAR PARA LA CIMENTACION CEMENTO TIPO 1

CONCRETO SIMPLE:
 FALSO PISO (E=4"): Fc = 140 kg/cm² (C: H)
 SOLADO (E=4"): Fc = 100 kg/cm² (C: H)

CONCRETO ARMADO:
 COLUMNAS, MUROS Fc = 240 kg/cm²
 LOSAS ALIGERADAS Y VIGAS Fc = 240 kg/cm²
 LOSA DE CIMENTACION Fc = 280 kg/cm²
 TANQUE CISTERNA Fc = 280 kg/cm²
 MURO CASCADA - JARDIN VERT. Fc = 280 kg/cm²
 RANPA Fc = 240 kg/cm²
 COLUMNETAS (TABIQUES) Fc = 175 kg/cm²

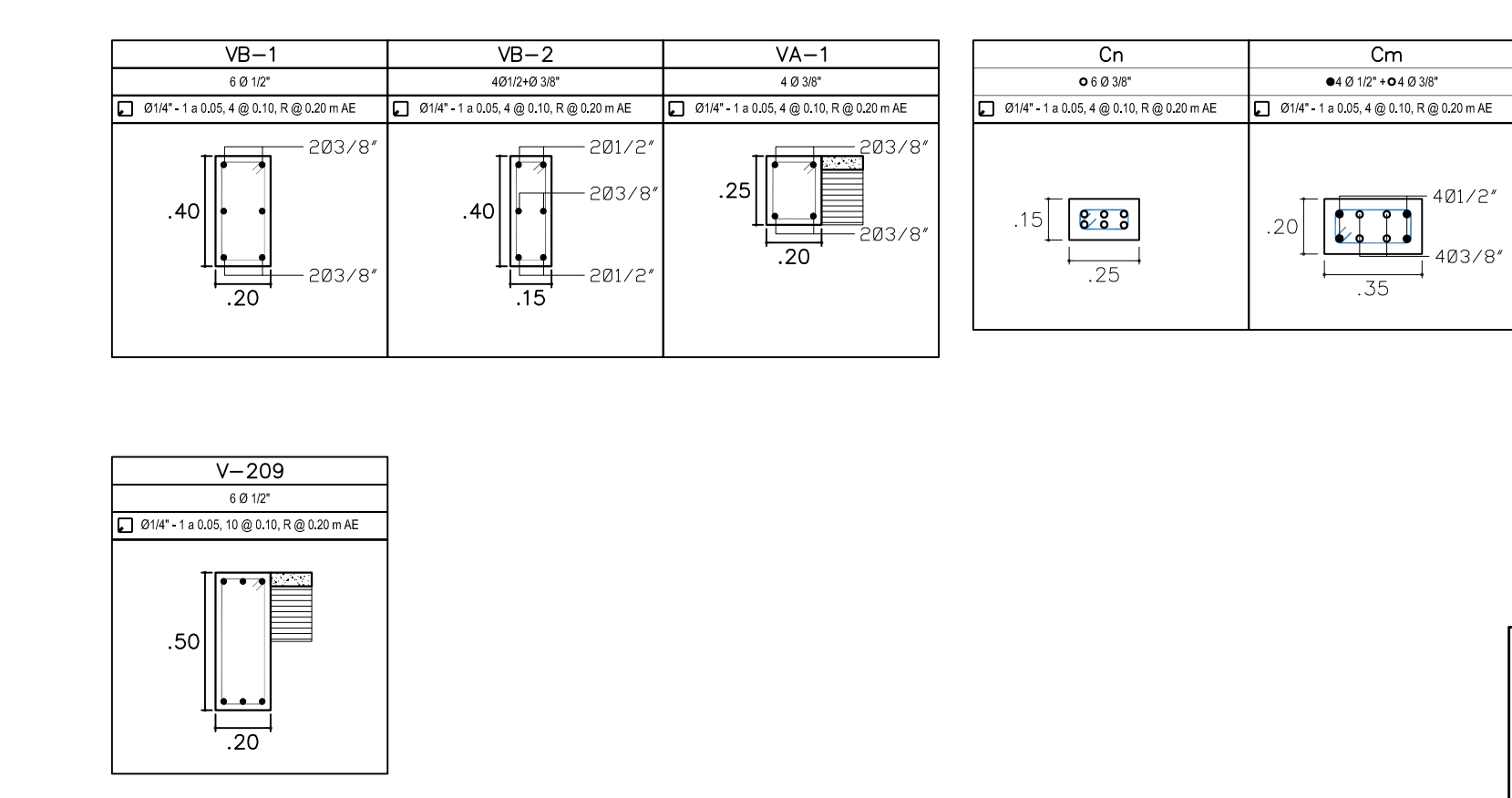
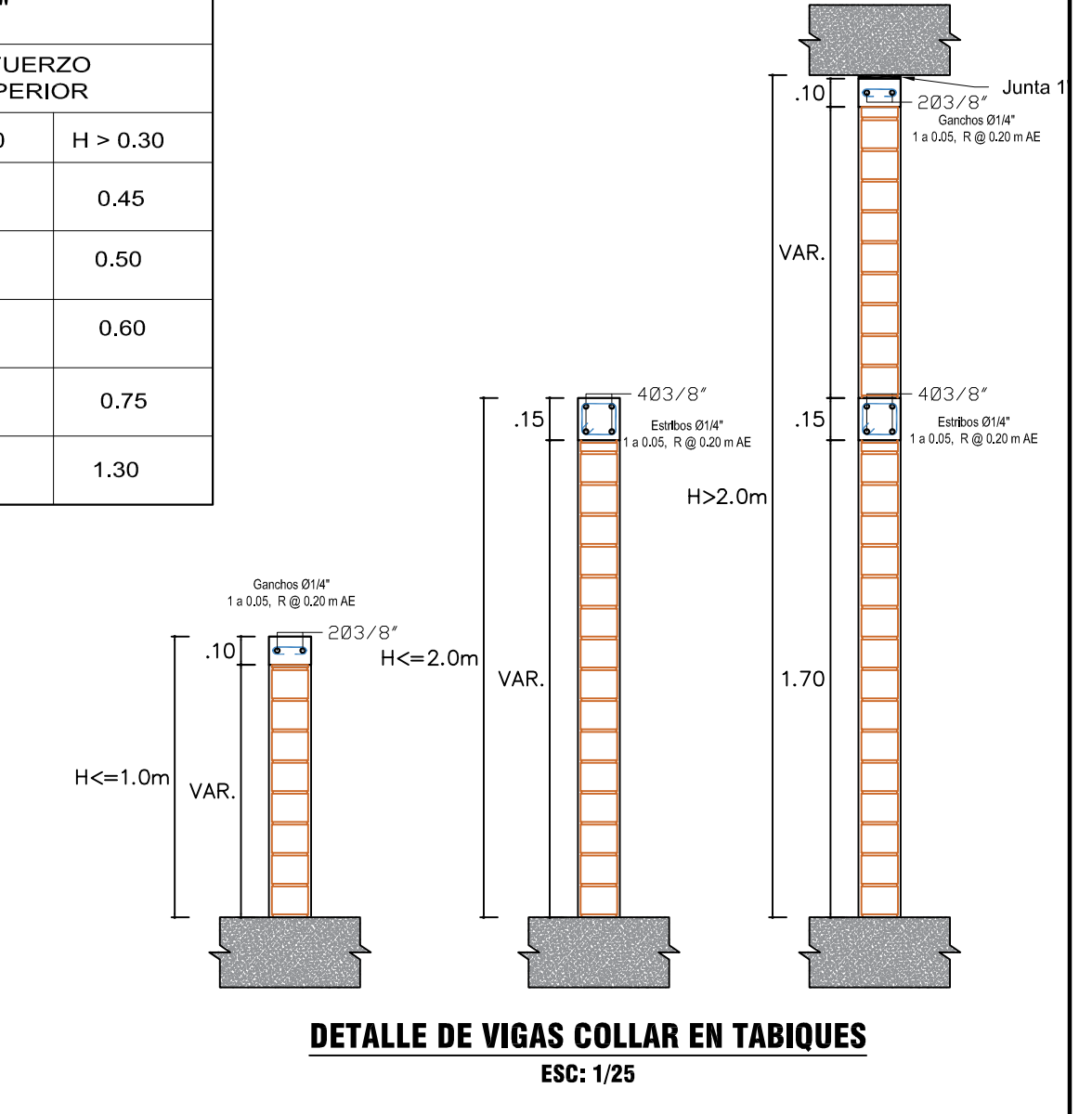
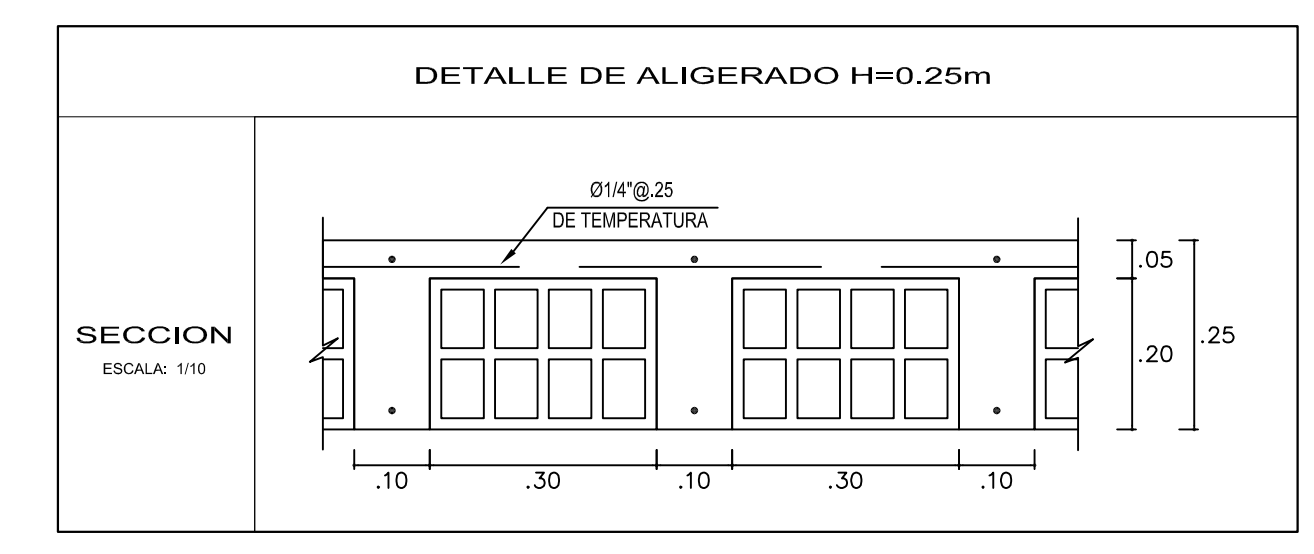
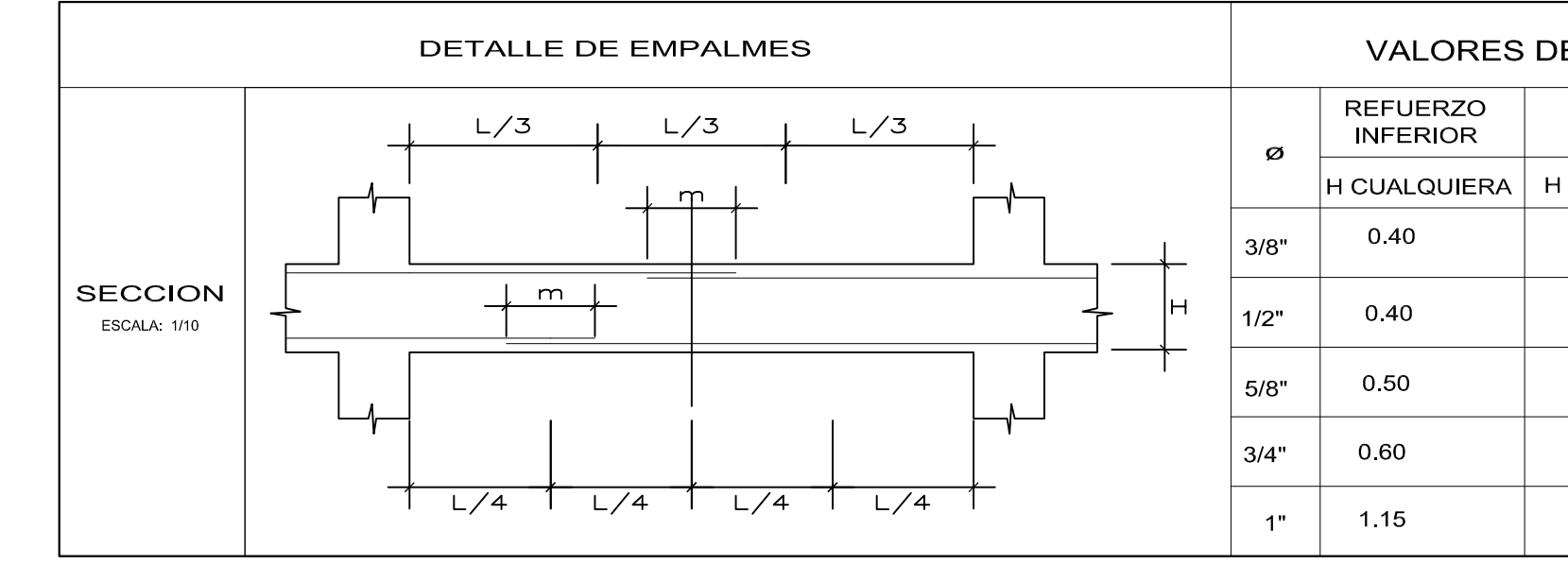
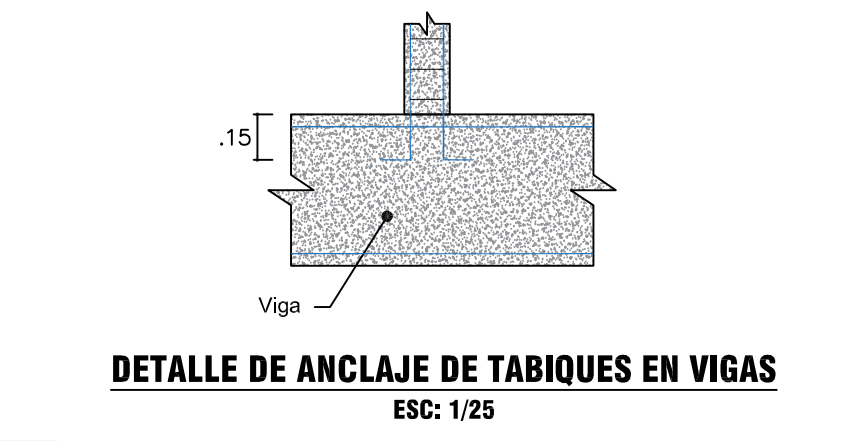
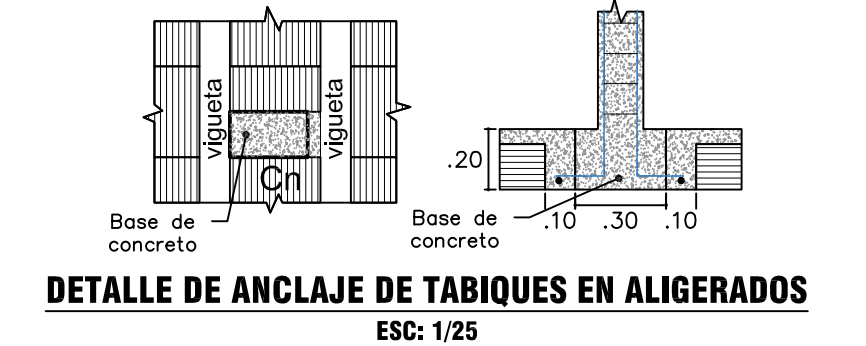
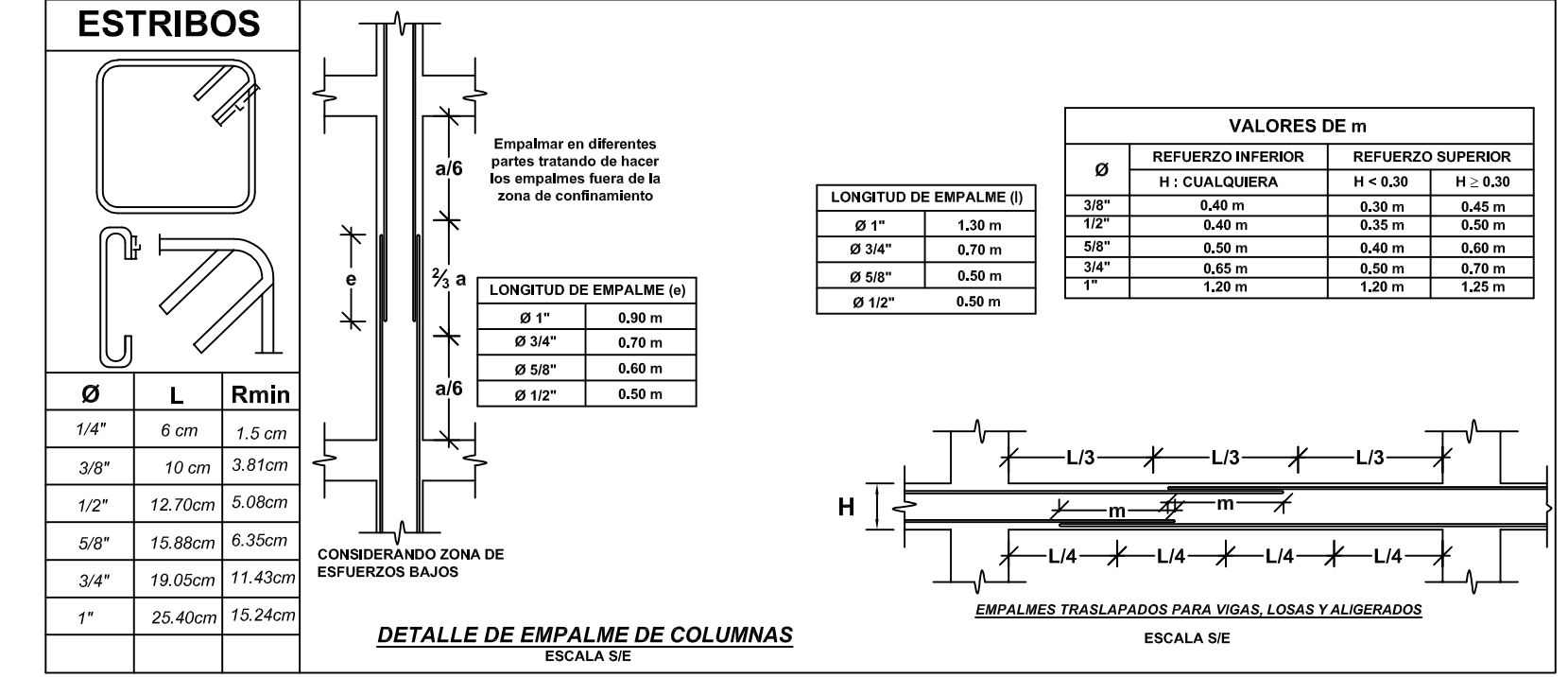
ACERO DE REFUERZO:
 ESFUERZO DE FLUENCIA: fy = 4200 kg/cm²

RECUBRIMIENTOS:
 LOSA DE CIMENTACION: 7.5 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS: 4.0 cm.
 COLUMNAS CHATAS, LOSAS: 2.0 cm.
 MUROS: 2.5 cm.

ALBAÑILERIA:
 Fin (mínimo): 55 kg/cm²

NORMAS:
 E.020, E.030, E.050, E.060 y E.070

NOTA:
 *PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.



LOSAS ALIGERADAS E=0.25M - SEGUNDO NIVEL
ESC: 1/50

SOBRECARGAS
 Área de oficinas = 250 kg/m²
 Auditorio - Área de archivos = 500 kg/m²

"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

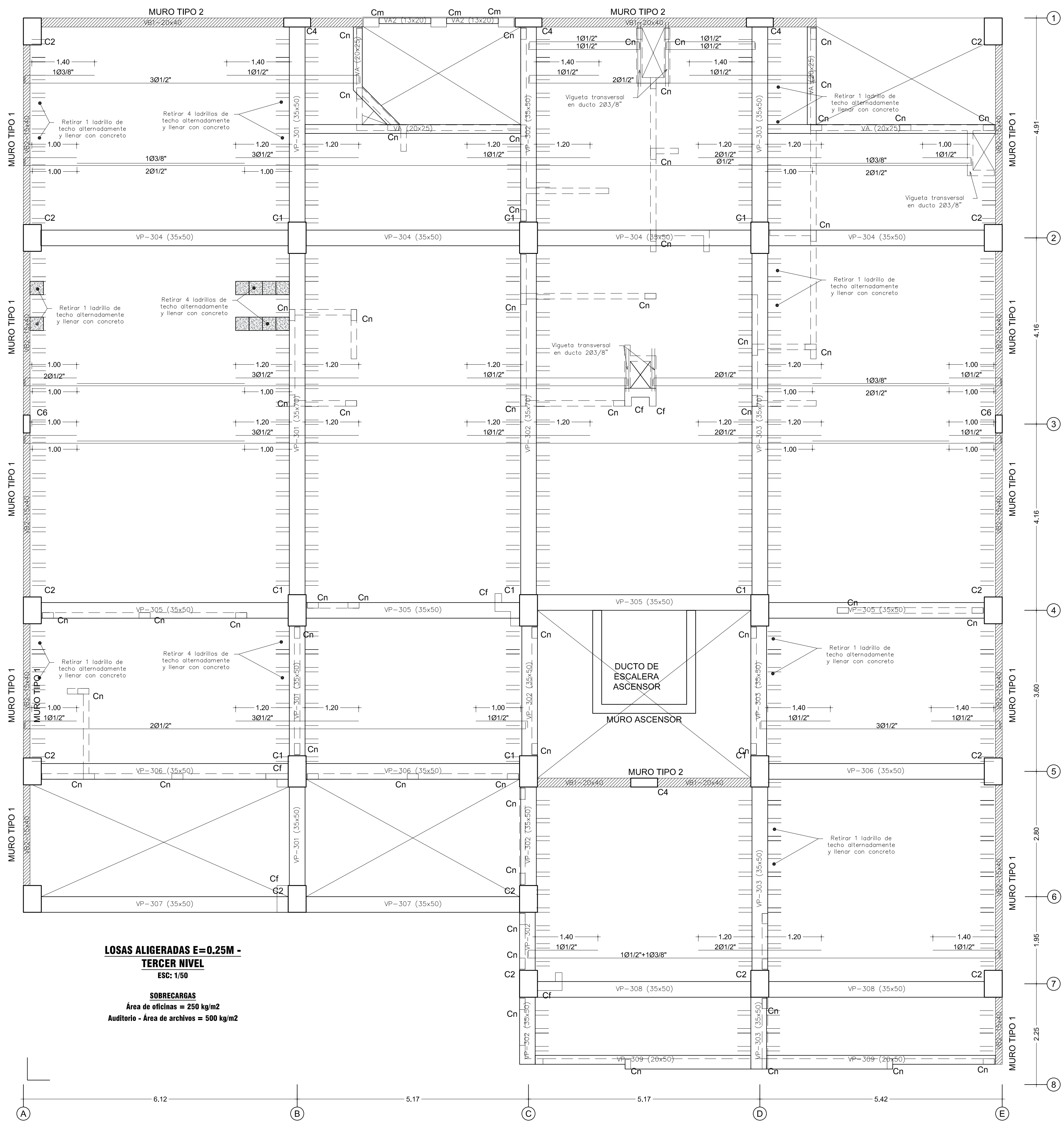
PLANO DE ALIGERADOS 2DO NIVEL

UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA, PROVINCIA: ICA, DISTRITO: ICA

TESISTA: **DIAZ SUMEN JOEL RODRIGO**

LAMINA: **E-05**

ESCALA: 1:50, FECHA: MARZO - 2022



LOSAS ALIGERADAS E=0.25M - TERCER NIVEL
 ESC: 1/50

SOBRECARGAS
 Área de oficinas = 250 kg/m²
 Auditorio - Área de archivos = 500 kg/m²

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

UTILIZAR PARA LA CIMENTACION CEMENTO TIPO 1

CONCRETO SIMPLE:
 FALSO PISO (e=4''): Fc = 140 kg/cm² (C: H)
 SOLADO (e= 4''): Fc = 100 kg/cm² (C: H)

CONCRETO ARMADO:
 COLUMNAS, MUROS Fc = 240 kg/cm²
 LOSAS ALIGERADAS Y VIGAS Fc = 240 kg/cm²
 LOSAS DE CIMENTACIÓN Fc = 280 kg/cm²
 MURO CASCADA - JARDIN VERT. Fc = 280 kg/cm²
 TANQUE CISTERNA Fc = 280 kg/cm²
 RAMPA Fc = 240 kg/cm²
 COLUMNETAS (TABIQUES) Fc = 175 kg/cm²

ACERO DE REFUERZO:
 ESFUERZO DE FLUENCIA: fy = 4200 kg/cm²

RECUBRIMIENTOS:
 LOSA DE CIMENTACIÓN: 7.5 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS: 4.0 cm.
 VIGAS CHATAS, LOSAS: 2.0 cm.
 MUROS: 2.5 cm.

ALBAÑILERIA:
 Fm (mínimo): 55 kg/cm²

NORMAS:
 E.020, E.030, E.050, E.060 y E.070

NOTA:
 *PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.

ESTRIBOS

Emplear en diferentes partes tratado de hacer los empalmes fuera de la zona de confinamiento

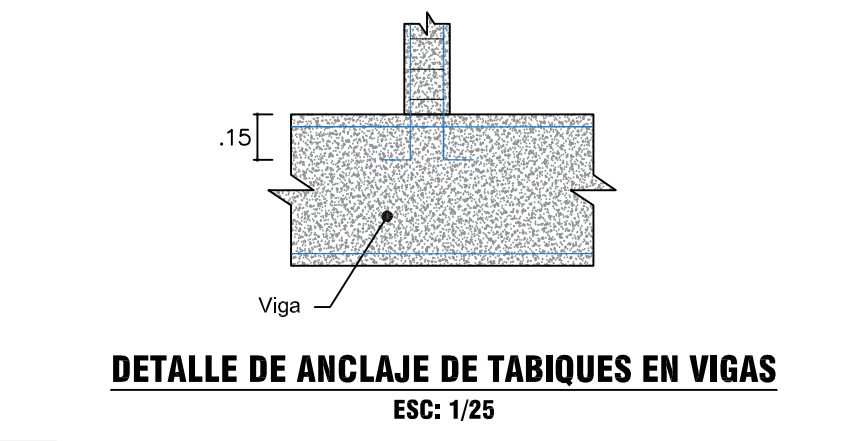
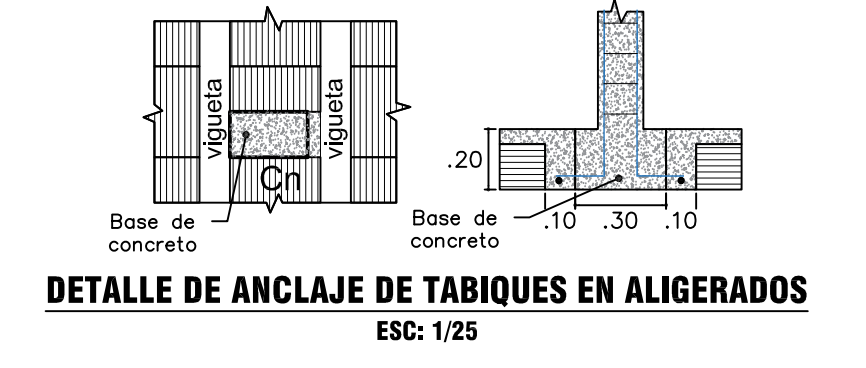
VALORES DE "m"			
Ø	REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR
	H: CUALQUIERA	H < 0.30	H > 0.30
3/8"	0.40 m	0.30 m	0.45 m
1/2"	0.40 m	0.35 m	0.50 m
5/8"	0.50 m	0.40 m	0.60 m
3/4"	0.50 m	0.50 m	0.70 m
1"	1.20 m	1.20 m	1.30 m

LONGITUD DE EMPALME (m)

Ø	L	Rmin
1/4"	6 cm	1.5 cm
3/8"	10 cm	3.81 cm
1/2"	12.70 cm	5.08 cm
5/8"	15.88 cm	6.35 cm
3/4"	19.05 cm	11.43 cm
1"	25.40 cm	15.24 cm

DETALLE DE EMPALME DE COLUMNAS
 ESCALA: 5/8

EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS, LOSAS Y ALIGERADOS
 ESCALA: 5/8

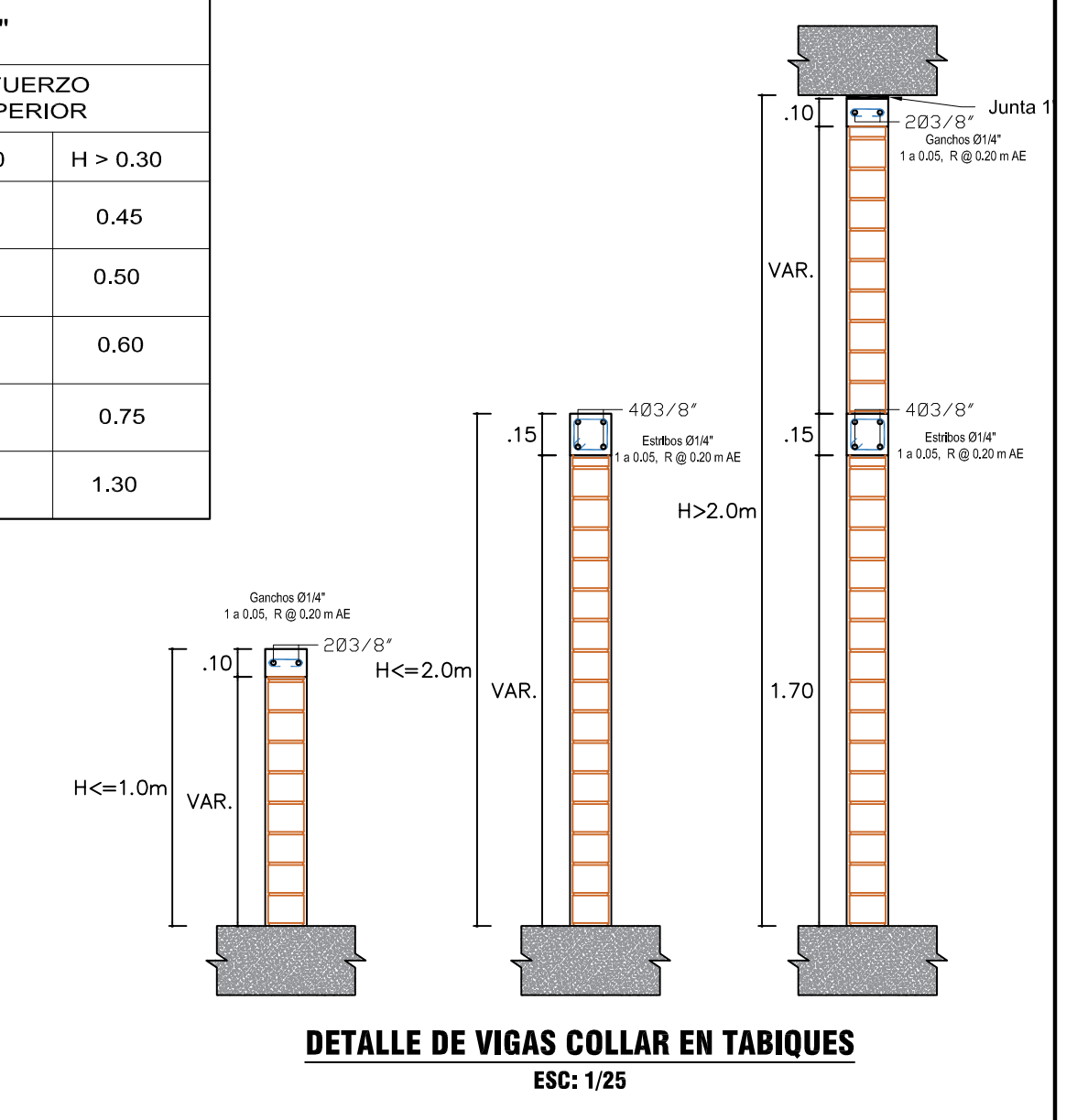
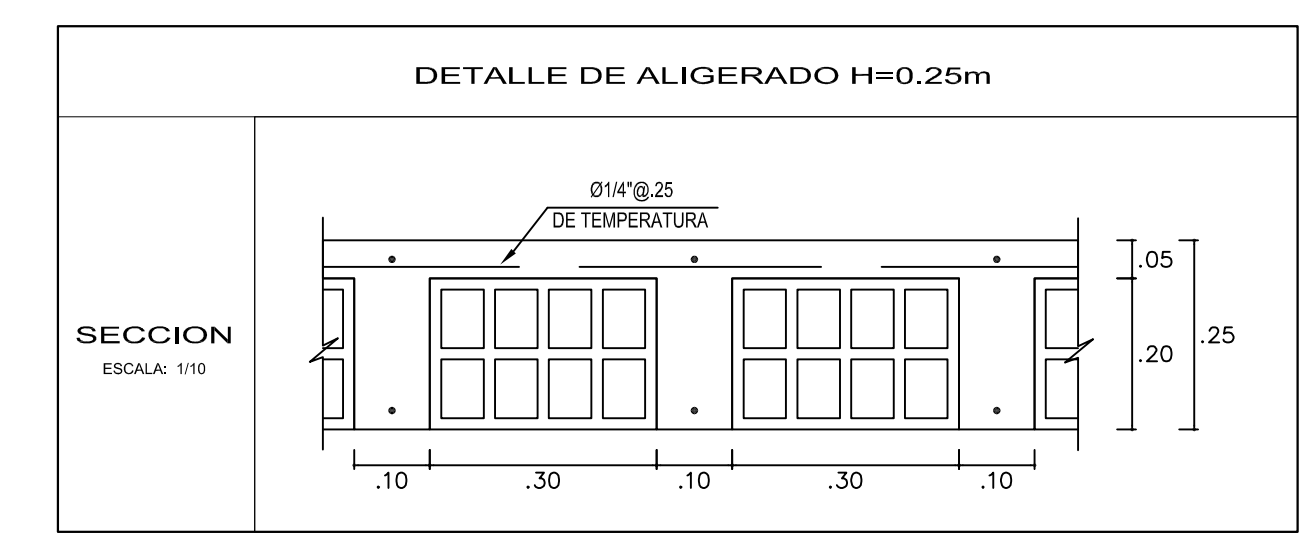


DETALLE DE EMPALMES

VALORES DE "m"

Ø	REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR
	H CUALQUIERA	H < 0.30	H > 0.30
3/8"	0.40	0.40	0.45
1/2"	0.40	0.40	0.50
5/8"	0.50	0.45	0.60
3/4"	0.60	0.55	0.75
1"	1.15	1.00	1.30

SECCION
 ESCALA: 1/10



VB-1	VB-2	VA-1	Cn	Cm
Ø 14" @ 0.25, 4 Ø 10" R @ 0.20 m AE	Ø 14" @ 0.25, 4 Ø 10" R @ 0.20 m AE	Ø 14" @ 0.25, 4 Ø 10" R @ 0.20 m AE	Ø 14" @ 0.25, 4 Ø 10" R @ 0.20 m AE	Ø 14" @ 0.25, 4 Ø 10" R @ 0.20 m AE
0.40	0.40	0.25	0.15	0.20
2Ø3/8"	2Ø1/2"	2Ø3/8"	2Ø3/8"	4Ø1/2"
0.20	0.15	0.20	0.25	0.35

"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

PLANO DE ALIGERADOS 3ER NIVEL

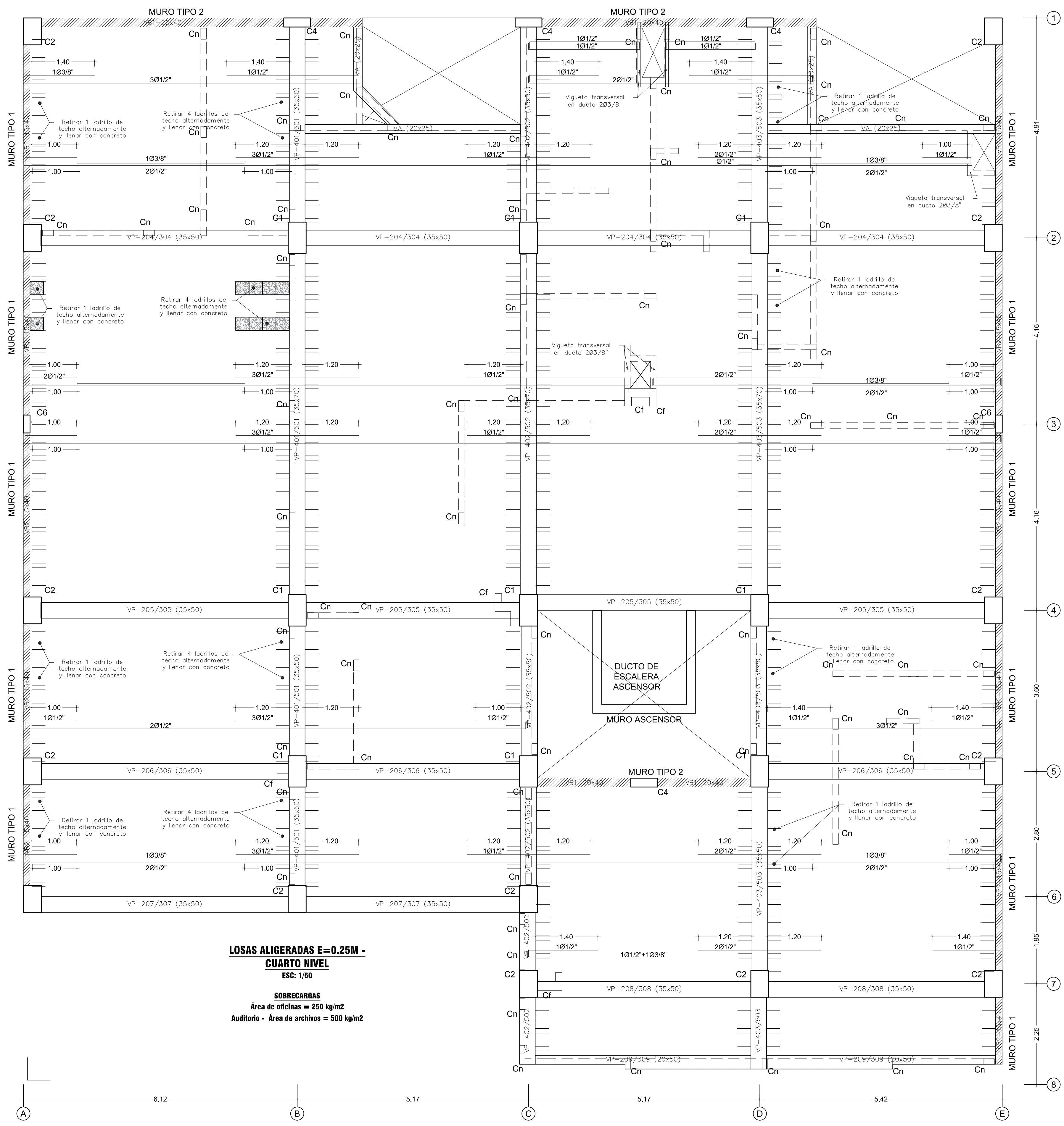
UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA, PROVINCIA: ICA, DISTRITO: ICA

TESISTA: **DIÁZ SUMEN JOEL RODRIGO**

ESCALA: 1:50

FECHA: MARZO - 2022

LAMINA: **E-06**



LOSAS ALIGERADAS E=0.25M - CUARTO NIVEL
 ESC: 1/50

SOBRECARGAS
 Área de oficinas = 250 kg/m²
 Auditorio - Área de archivos = 500 kg/m²

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

UTILIZAR PARA LA CIMENTACION CEMENTO TIPO 1

CONCRETO SIMPLE:
 FALSO PISO (e=4"): Fc = 140 kg/cm² (C: H)
 SOLADO (e= 4"): Fc = 100 kg/cm² (C: H)

CONCRETO ARMADO:
 COLUMNAS, MUROS Fc = 240 kg/cm²
 LOSAS ALIGERADAS Y VIGAS Fc = 240 kg/cm²
 LOSA DE CIMENTACIÓN Fc = 280 kg/cm²
 TANQUE CISTERNA Fc = 280 kg/cm²
 MURO CASACA - JARDIN VERT. Fc = 280 kg/cm²
 RAMPA Fc = 240 kg/cm²
 COLUMNETAS (TABIQUES) Fc = 175 kg/cm²

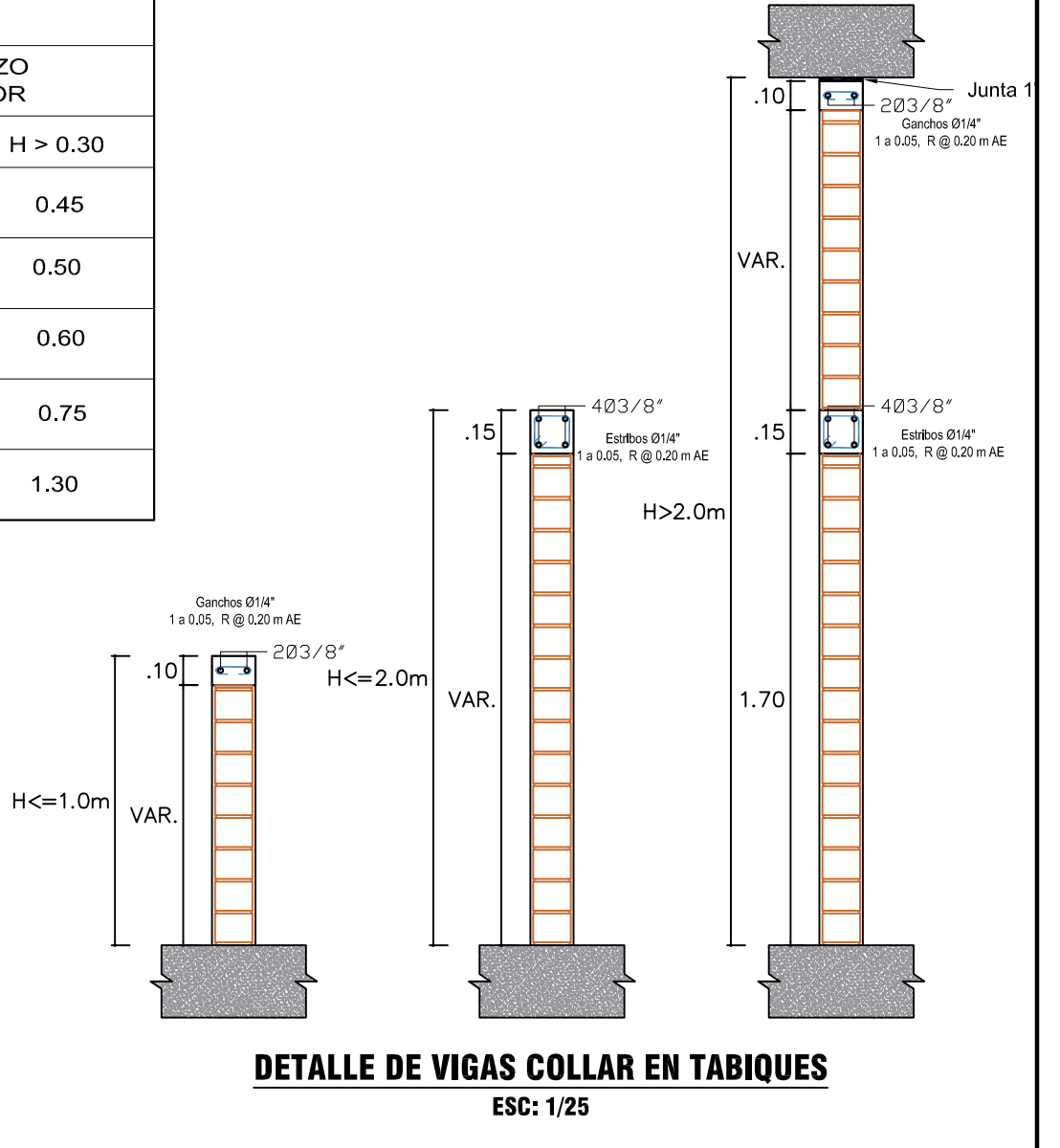
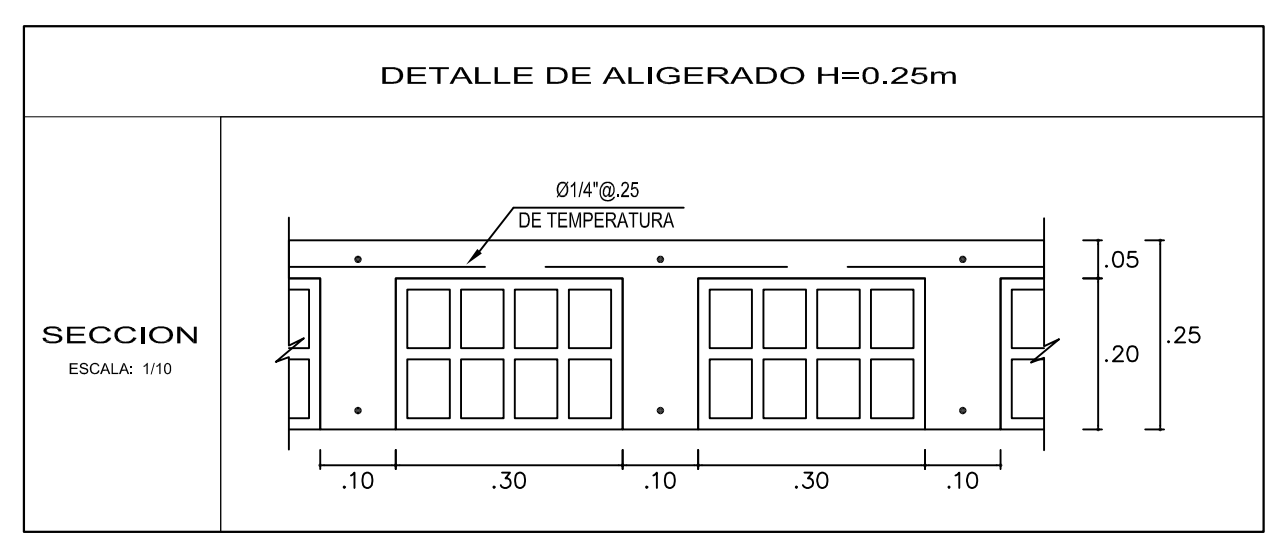
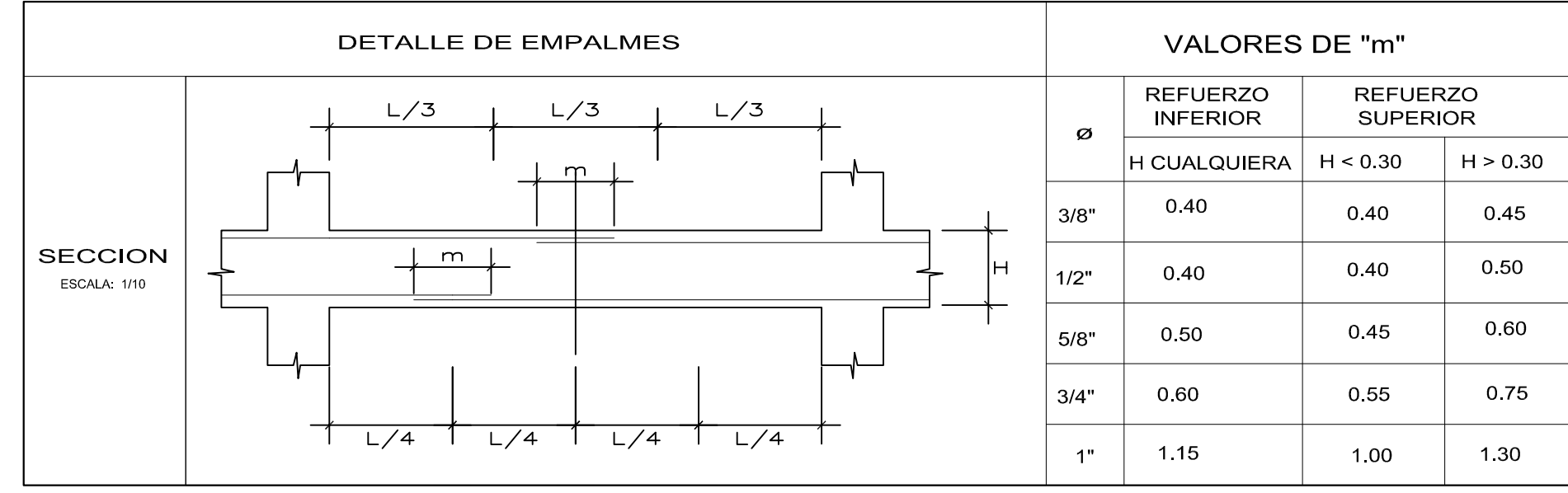
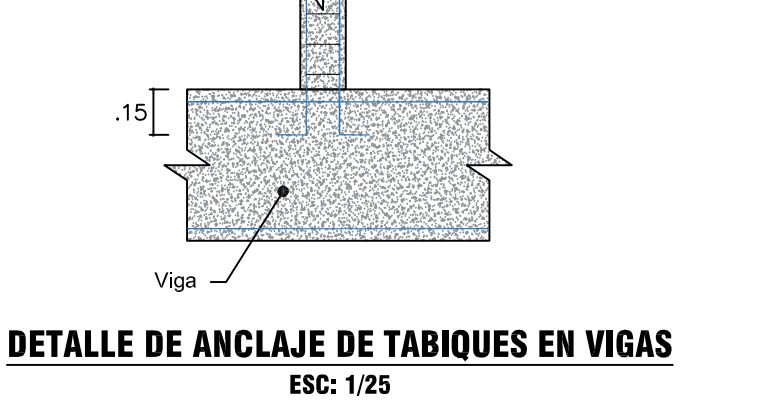
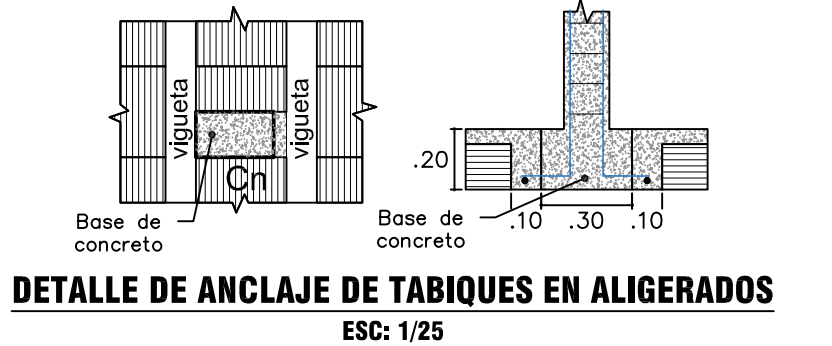
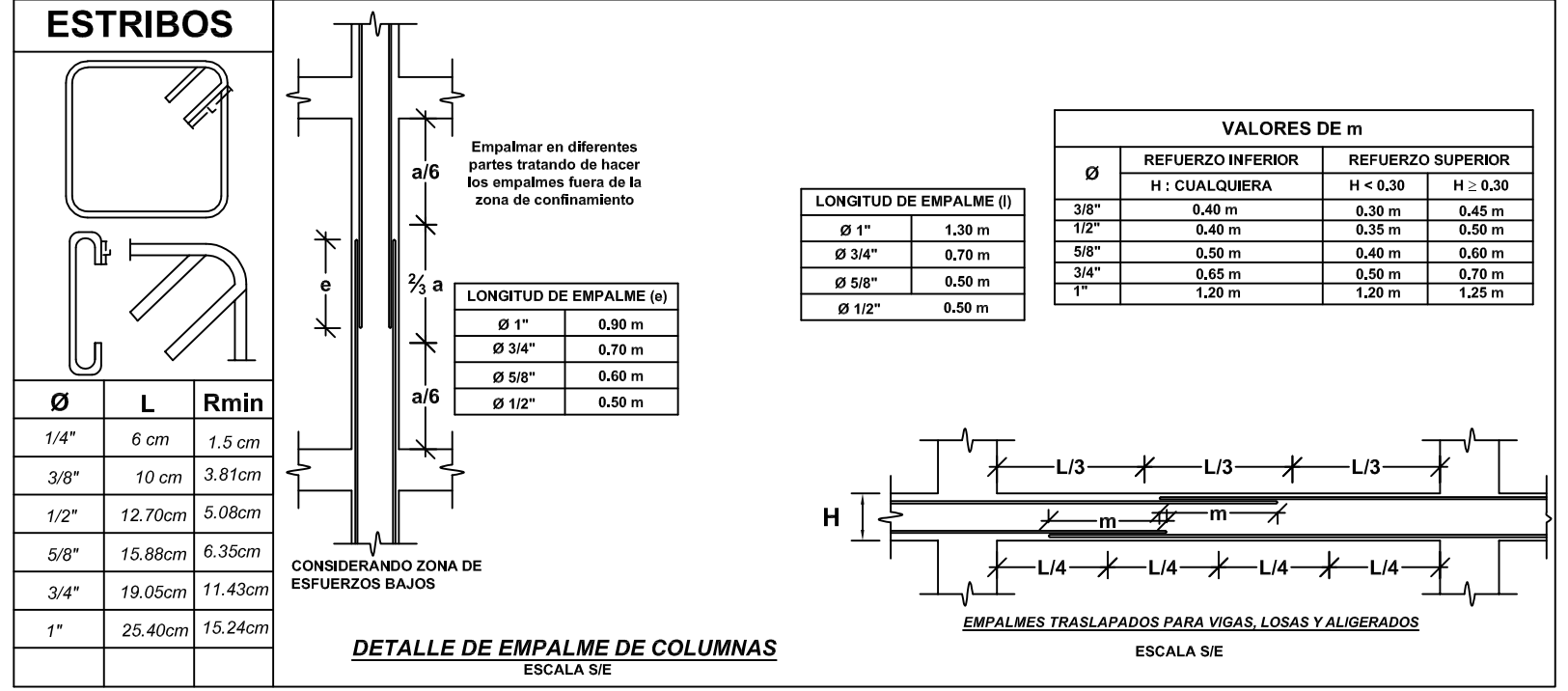
ACERO DE REFUERZO:
 ESFUERZO DE FLUENCIA: fy = 4200 kg/cm²

RECUBRIMIENTOS:
 LOSA DE CIMENTACIÓN: 7.5 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS: 4.0 cm.
 VIGAS CHATAS, LOSAS: 2.0 cm.
 MUROS: 2.5 cm.

ALBAÑILERIA:
 Fin (mínimo): 55 kg/cm²

NORMAS:
 E.020, E.030, E.050, E.060 y E.070

NOTA:
 *PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.



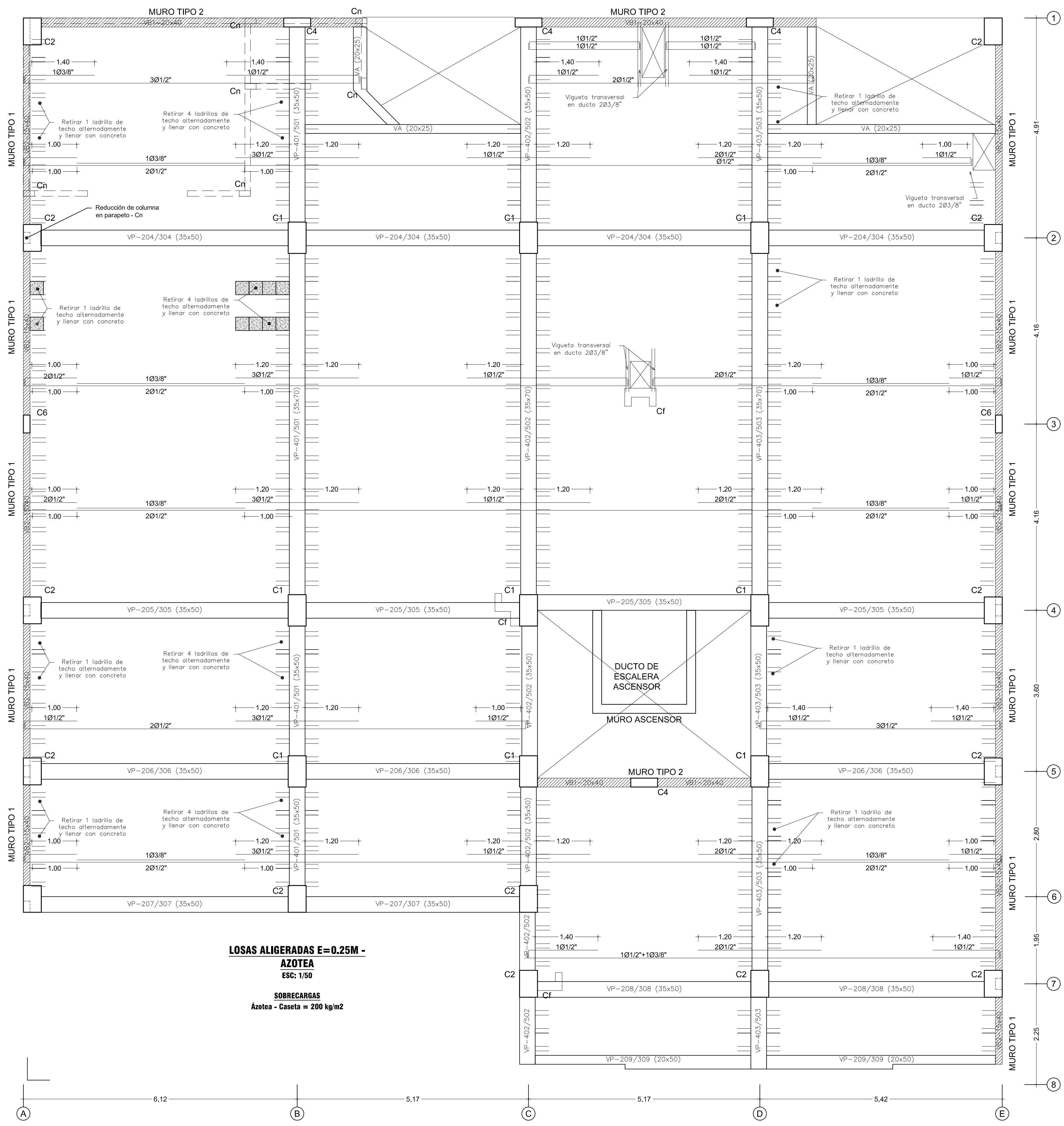
VB-1	VB-2	VA-1	Cn	Cm
Ø 14" @ 0.25m, 4 Ø 10" @ 0.25m	Ø 14" @ 0.25m, 4 Ø 10" @ 0.25m	Ø 14" @ 0.25m, 4 Ø 10" @ 0.25m	Ø 14" @ 0.25m, 4 Ø 10" @ 0.25m	Ø 14" @ 0.25m, 4 Ø 10" @ 0.25m
0.40	0.40	0.25	0.15	0.20
203/8"	201/2"	203/8"	203/8"	401/2"
0.20	0.15	0.20	0.25	0.35

"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

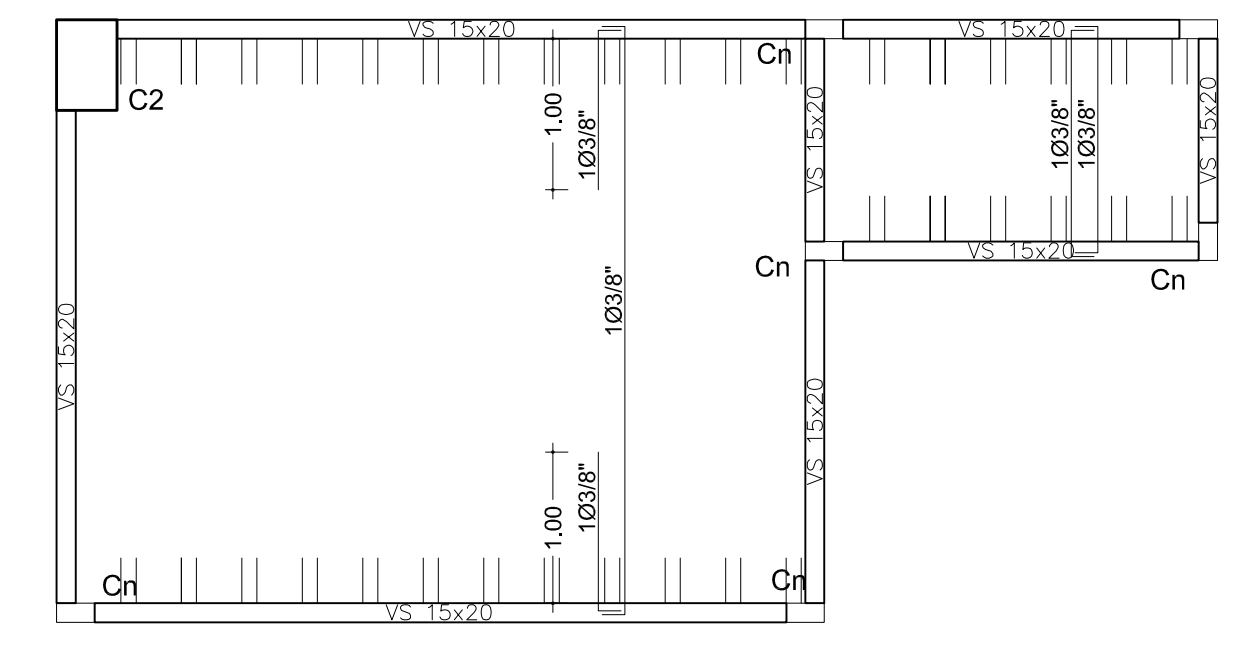
PLANO DE ALIGERADOS 4TO NIVEL

UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA, PROVINCIA: ICA, DISTRITO: ICA
 TESISISTA: DIAZ SUMEN JOEL RODRIGO
 ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS
 ESCALA: 1:50
 FECHA: MARZO - 2022

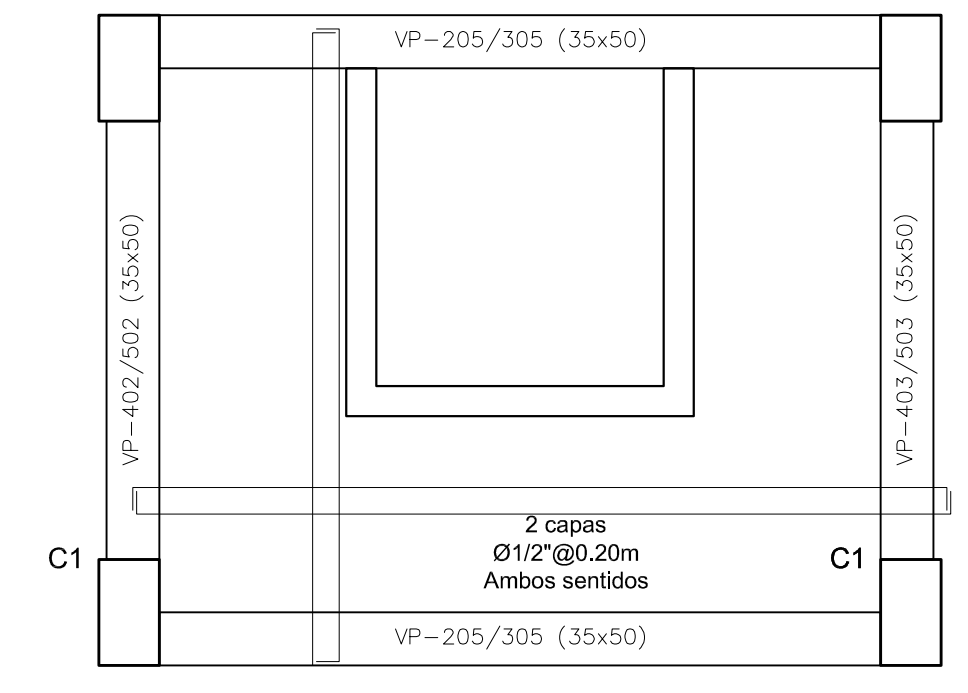
LAMINA: **E-07**



LOSAS ALIGERADAS E=0.25M - AZOTEA
 ESC: 1/50
SOBRECARGAS
 Azotea - Caseta = 200 kg/m²



LOSAS ALIGERADAS E=0.20M - SEXTO NIVEL (SUBESTACION)
 ESC: 1/50



LOSA MACIZA E=0.20M SEXTO NIVEL (ESCALERA)
 ESC: 1/50

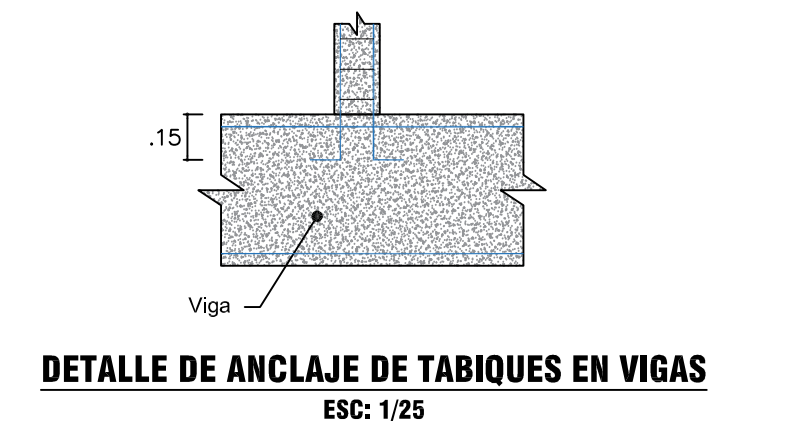
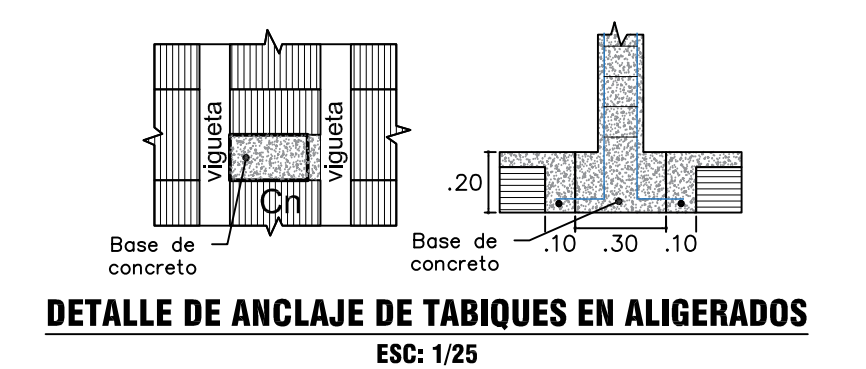
NOTA:
 *PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.

ESTRIBOS

VALORES DE m			
Ø	REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR
	H: CUALQUIERA	H < 0.30	H > 0.30
3/8"	5.40 m	6.30 m	6.45 m
1/2"	6.40 m	6.35 m	6.50 m
5/8"	6.90 m	6.40 m	6.60 m
3/4"	6.90 m	6.50 m	6.70 m
1"	6.90 m	6.50 m	6.75 m

DETALLE DE EMPALME DE COLUMNAS
 ESCALA: 1/25

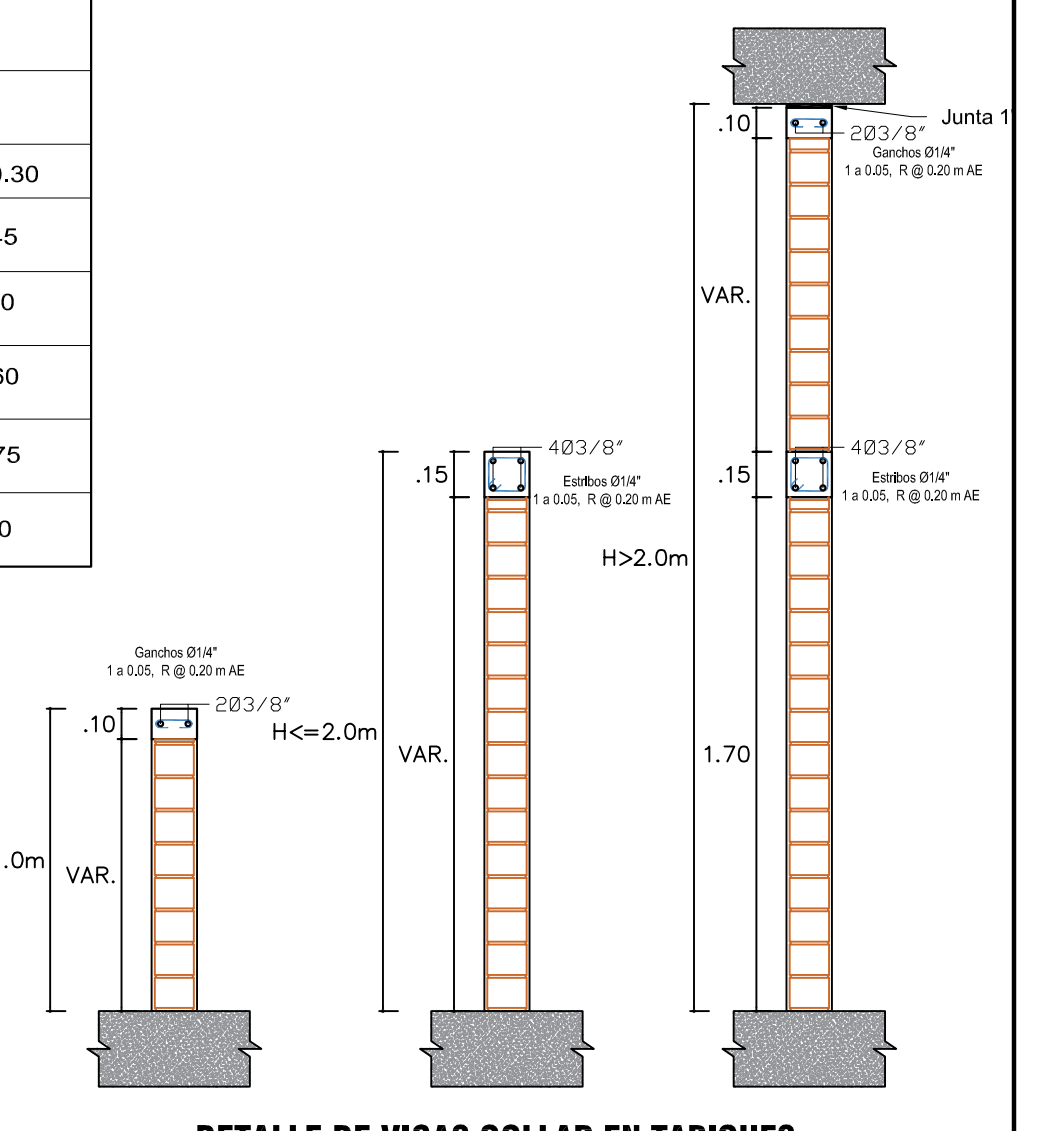
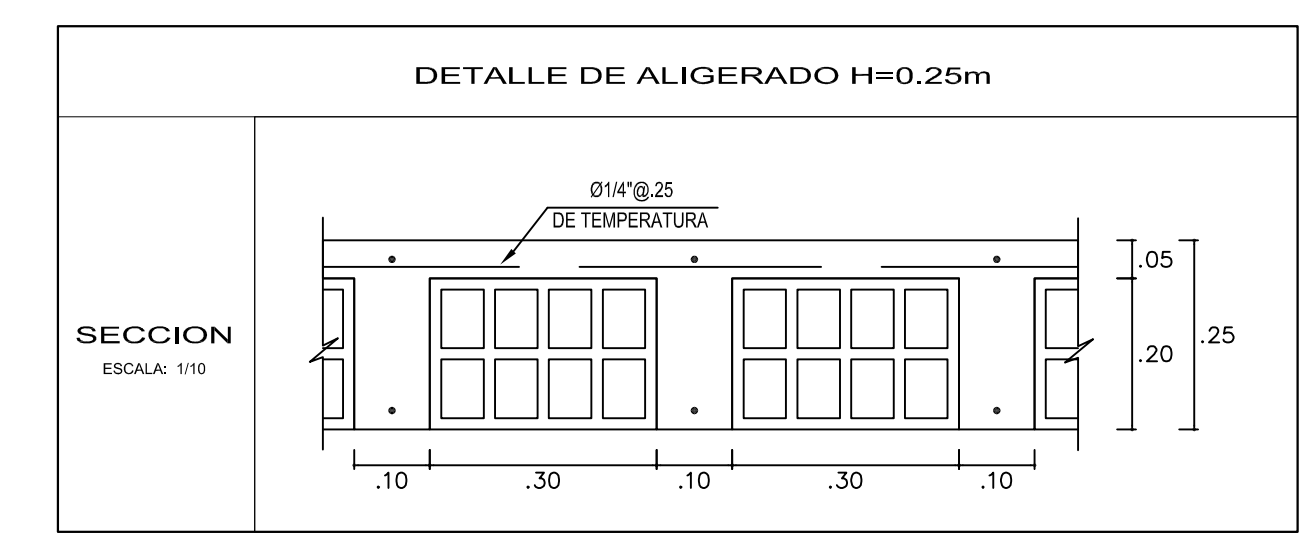
EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS, LOSAS Y ALIGERADOS
 ESCALA: 1/25



DETALLE DE EMPALMES

Ø	VALORES DE "m"		
	REFUERZO INFERIOR	REFUERZO SUPERIOR	
	H: CUALQUIERA	H < 0.30	H > 0.30
3/8"	0.40	0.40	0.45
1/2"	0.40	0.40	0.50
5/8"	0.50	0.45	0.60
3/4"	0.60	0.55	0.75
1"	1.15	1.00	1.30

SECCION
 ESCALA: 1/10



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

UTILIZAR PARA LA CIMENTACION CEMENTO TIPO I

CONCRETO SIMPLE:
 FALSO PISO (e=4"): f_c = 140 kg/cm² (C-14)
 SOLADO (e=4"): f_c = 100 kg/cm² (C-14)

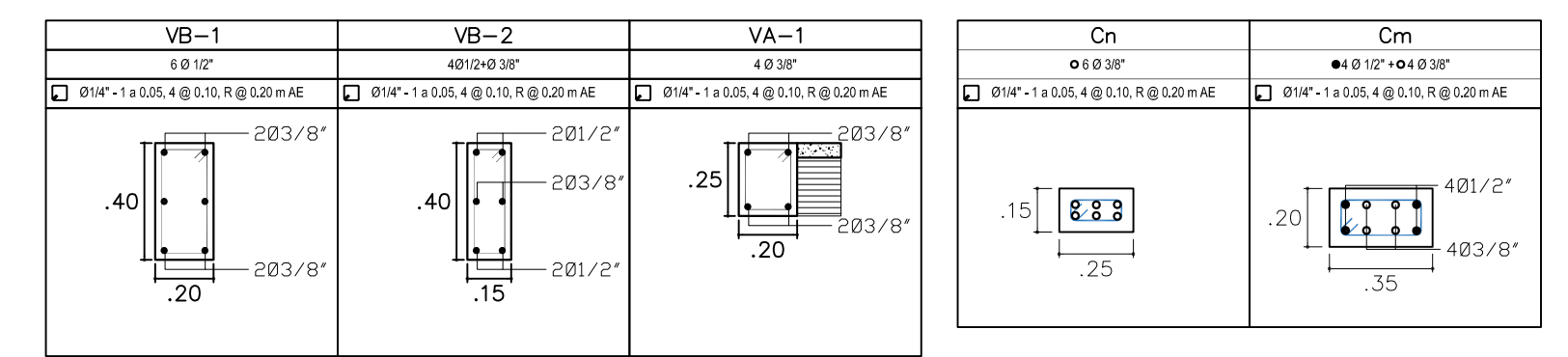
CONCRETO ARMADO:
 COLUMNAS, MUROS: f_c = 240 kg/cm²
 LOSAS ALIGERADAS Y VIGAS: f_c = 240 kg/cm²
 LOSA DE CIMENTACION: f_c = 280 kg/cm²
 TANQUE CISTERNA: f_c = 280 kg/cm²
 MURO CASCADA - JARDIN VERT.: f_c = 280 kg/cm²
 RAMPA: f_c = 240 kg/cm²
 COLUMNETAS (TABIQUES): f_c = 175 kg/cm²

ACERO DE REFUERZO:
 ESFUERZO DE FLUENCIA: f_y = 4200 kg/cm²

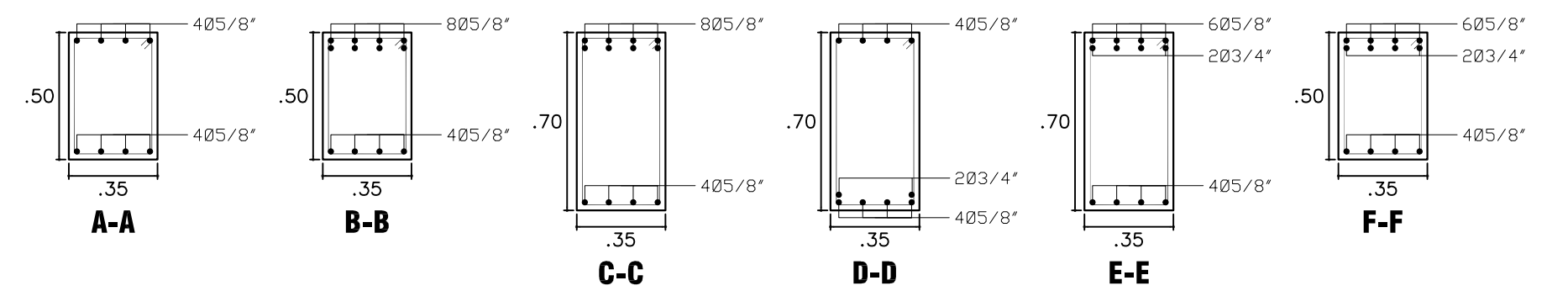
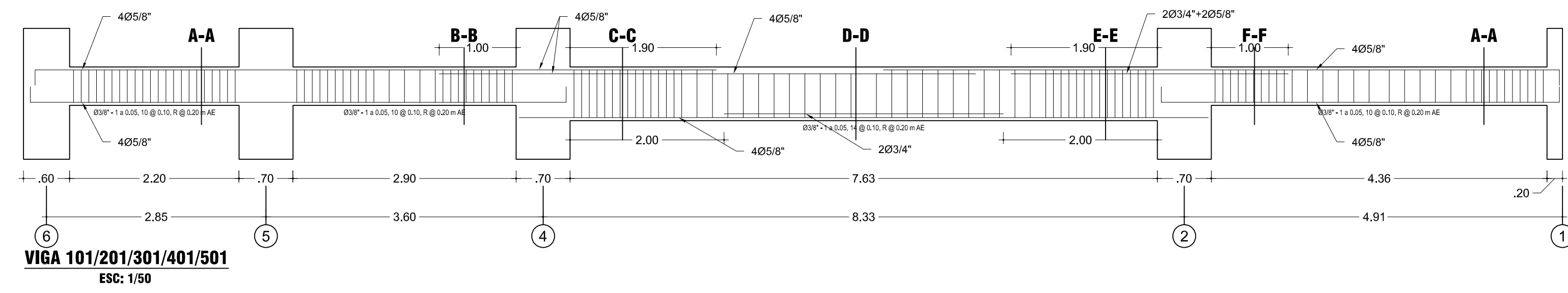
RECURRIMIENTOS:
 LOSA DE CIMENTACION: 7.5 cm.
 COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS: 4.0 cm.
 VIGAS CHATAS, LOSAS: 2.0 cm.
 MUROS: 2.5 cm.

ALBANILERIA:
 Tm (mínimo): 55 kg/cm²

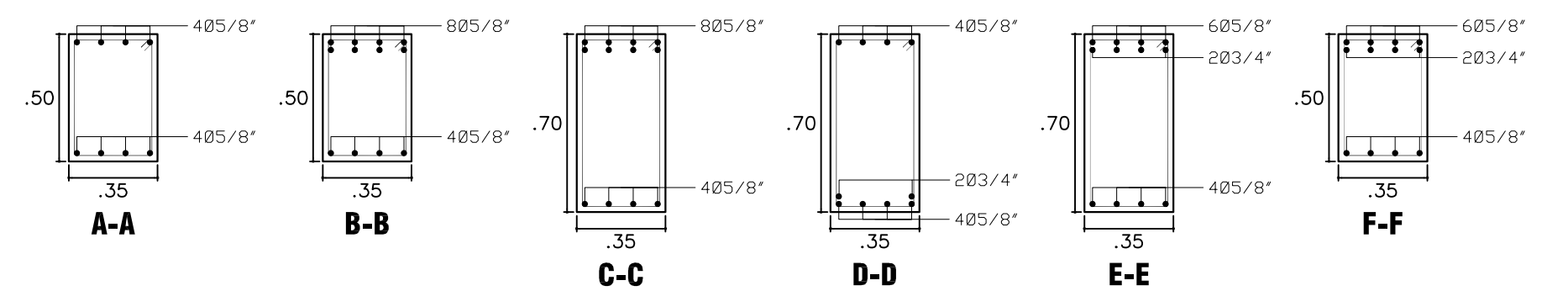
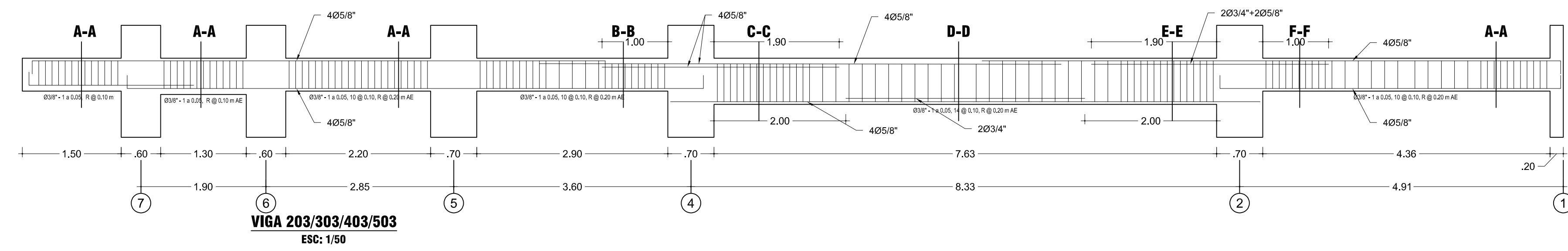
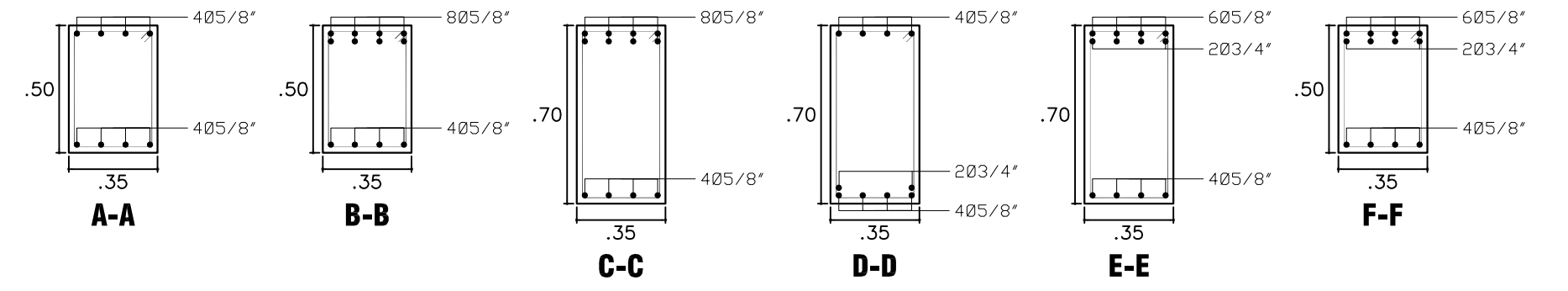
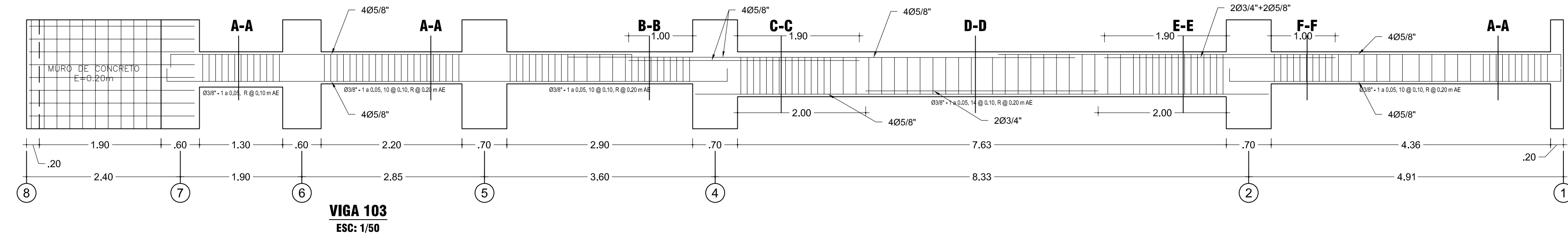
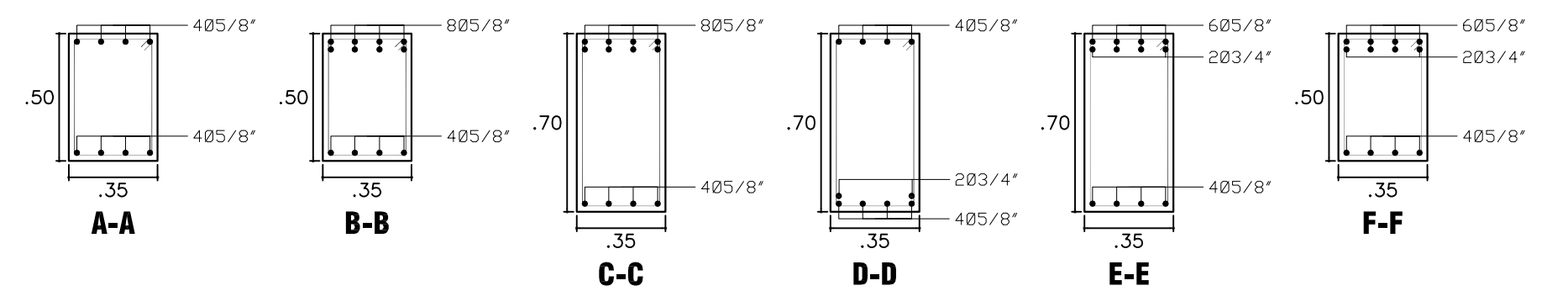
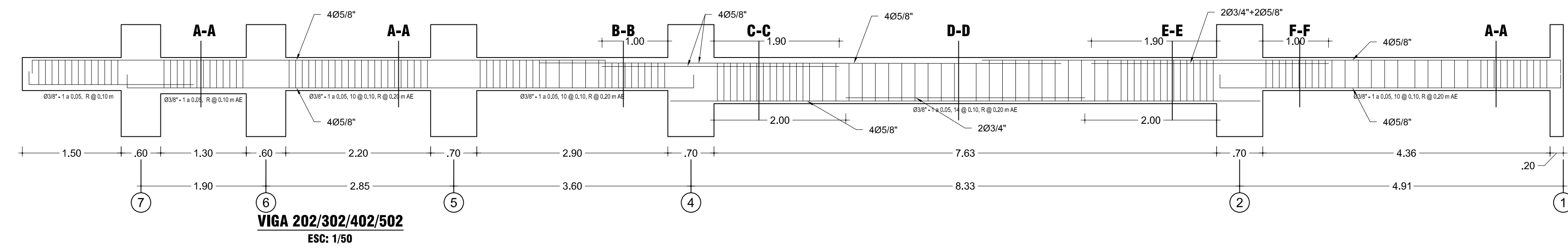
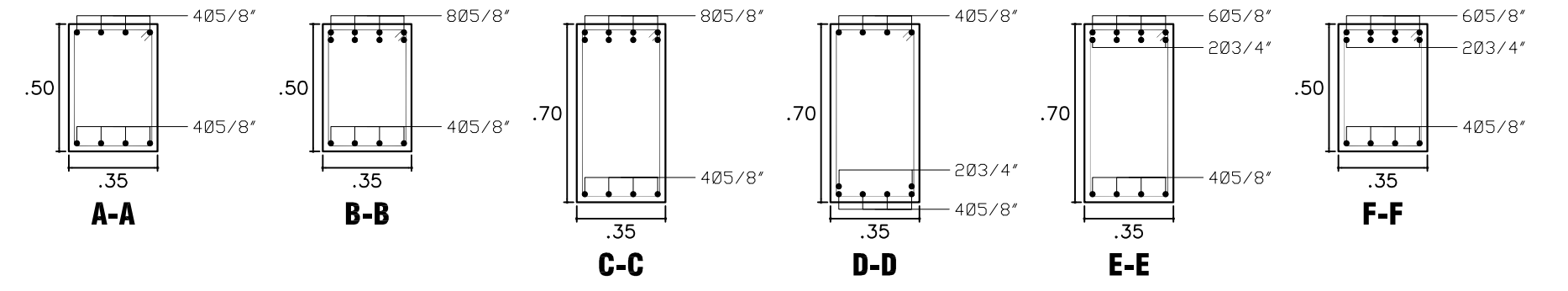
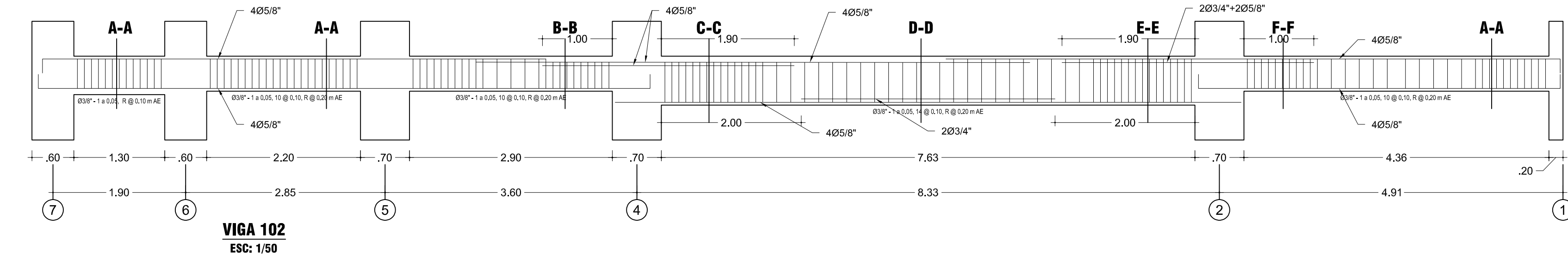
NORMAS:
 E.020, E.030, E.050, E.060 y E.070



"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"



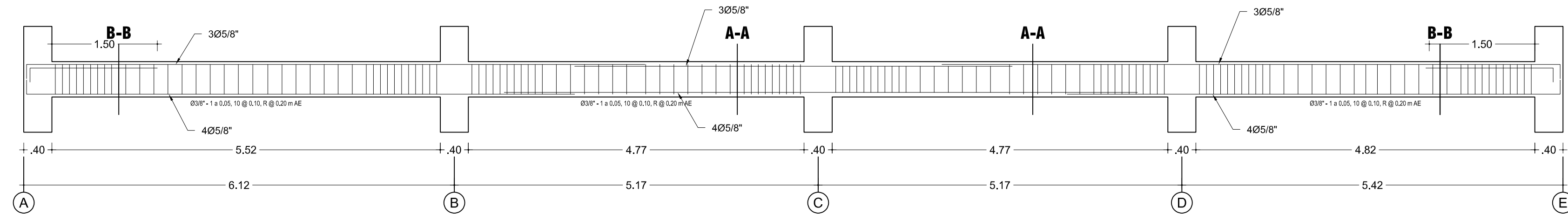
NOTA:
*PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.



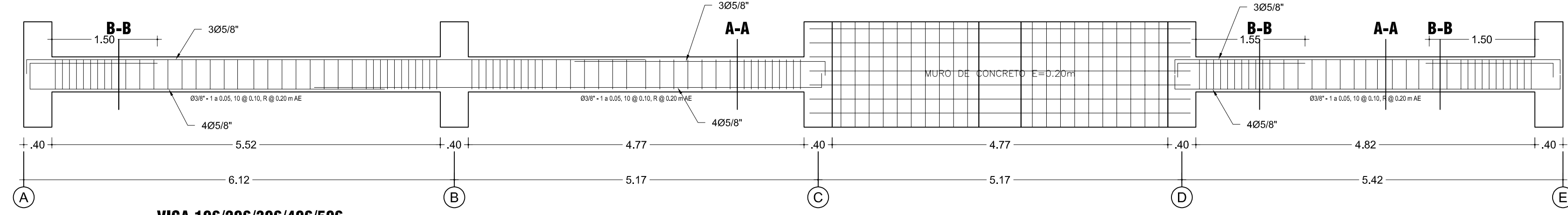
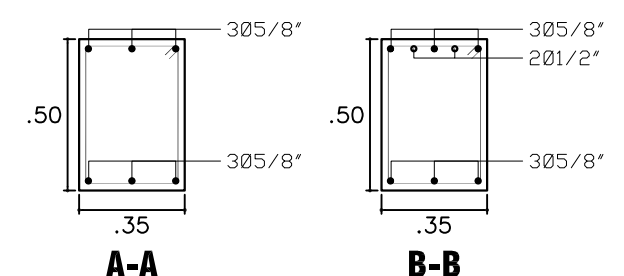
"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

PLANO DE DETALLES DE ALIGERADOS

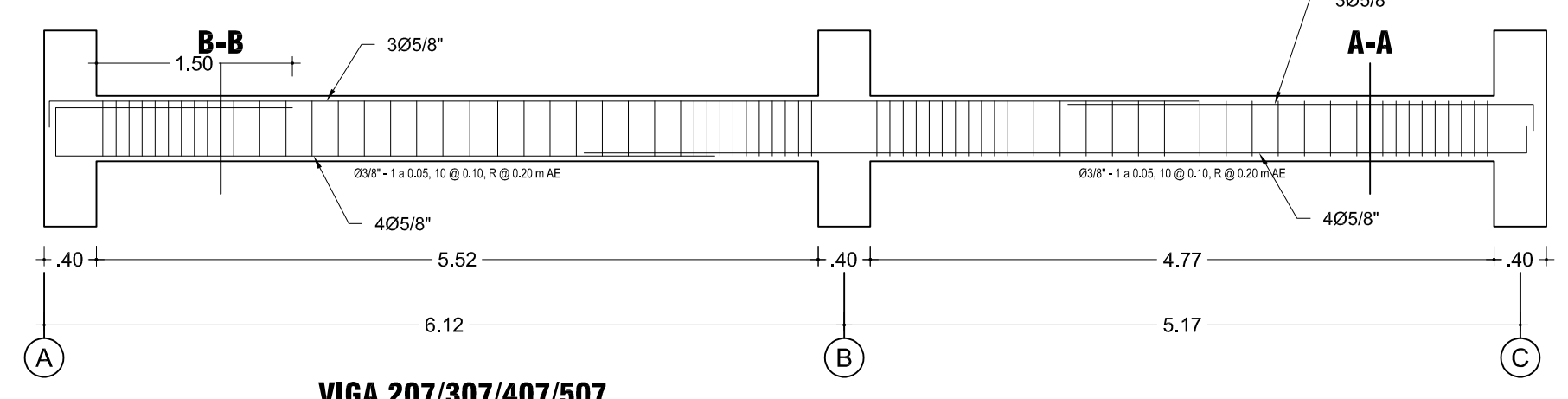
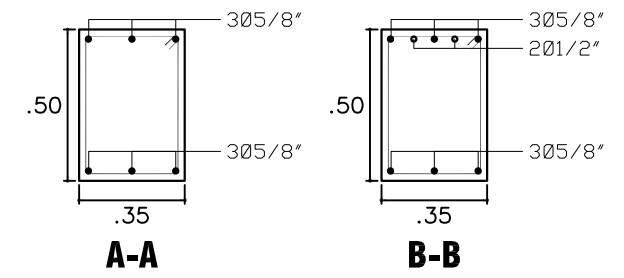
UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA PROVINCIA: ICA DISTRITO: ICA	TESISTA: DAZ SUMEN JOEL RODRIGO	LAMINA E-09
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	ESCALA: 1:50	FECHA: MARZO - 2022



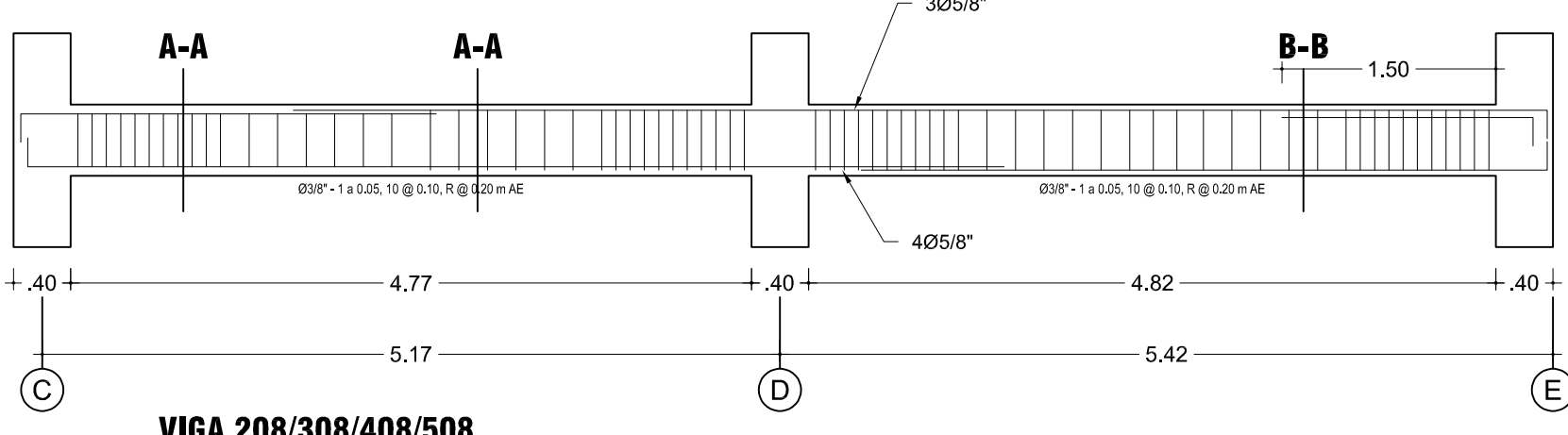
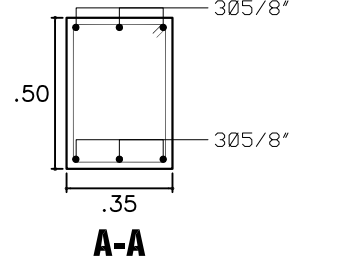
VIGA 104/204/304/404/504 y 105/205/305/405/505
ESC: 1/50



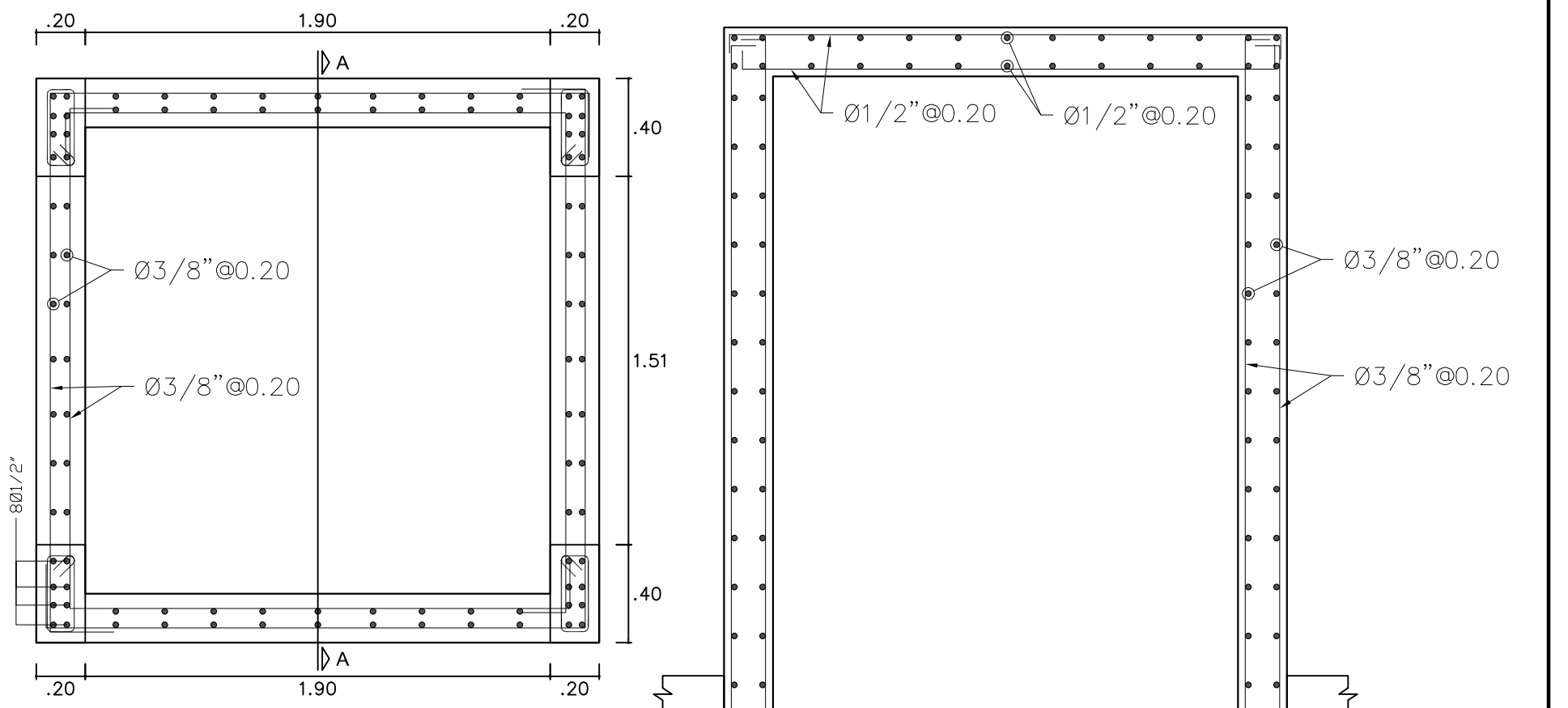
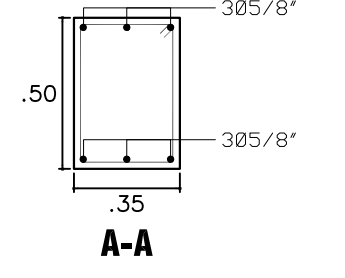
VIGA 106/206/306/406/506
ESC: 1/50



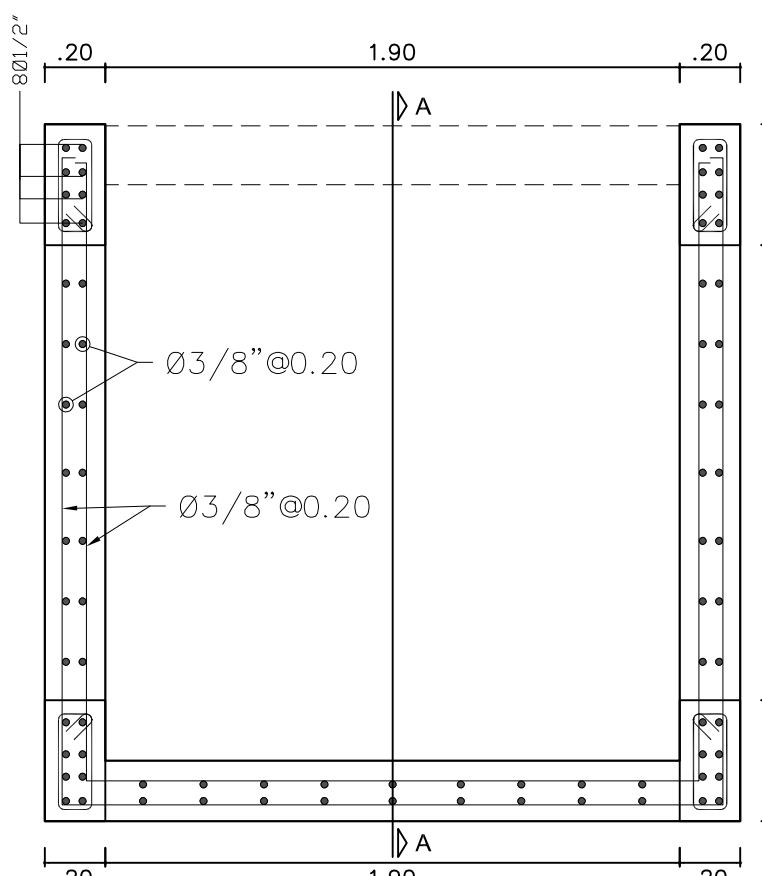
VIGA 207/307/407/507
ESC: 1/50



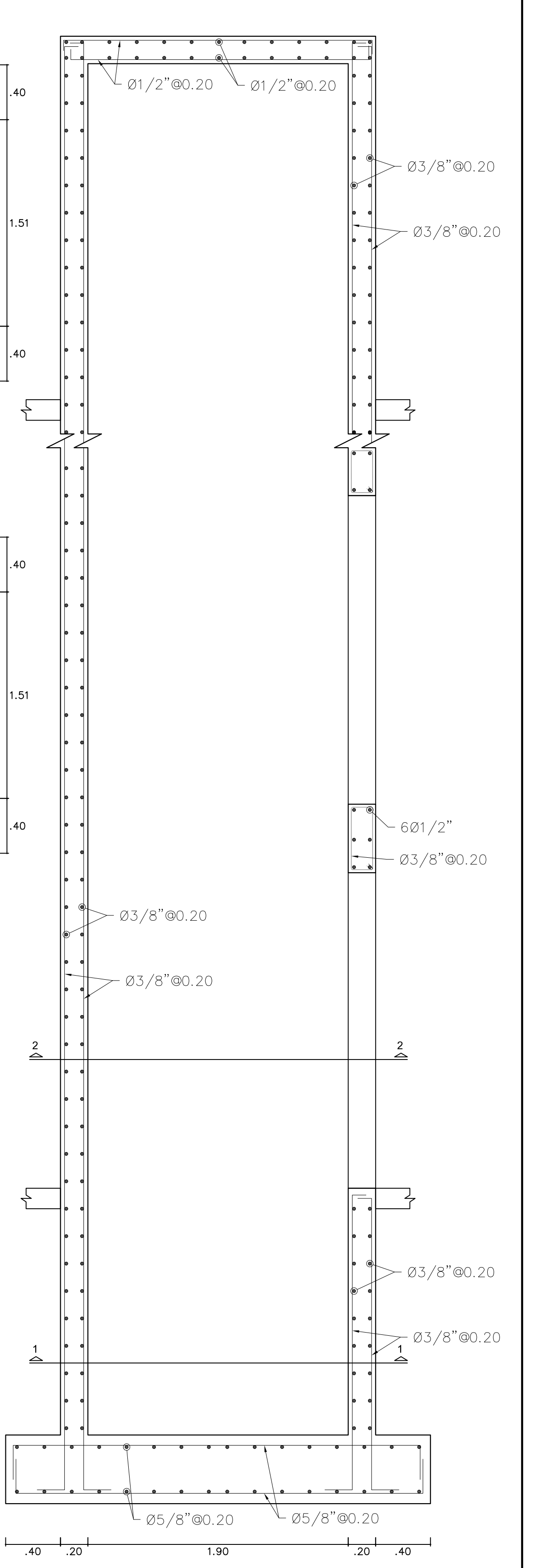
VIGA 208/308/408/508
ESC: 1/50



DETALLE DE ASCENSOR - CORTE TRASVERSAL 1-1
ESC: 1/25

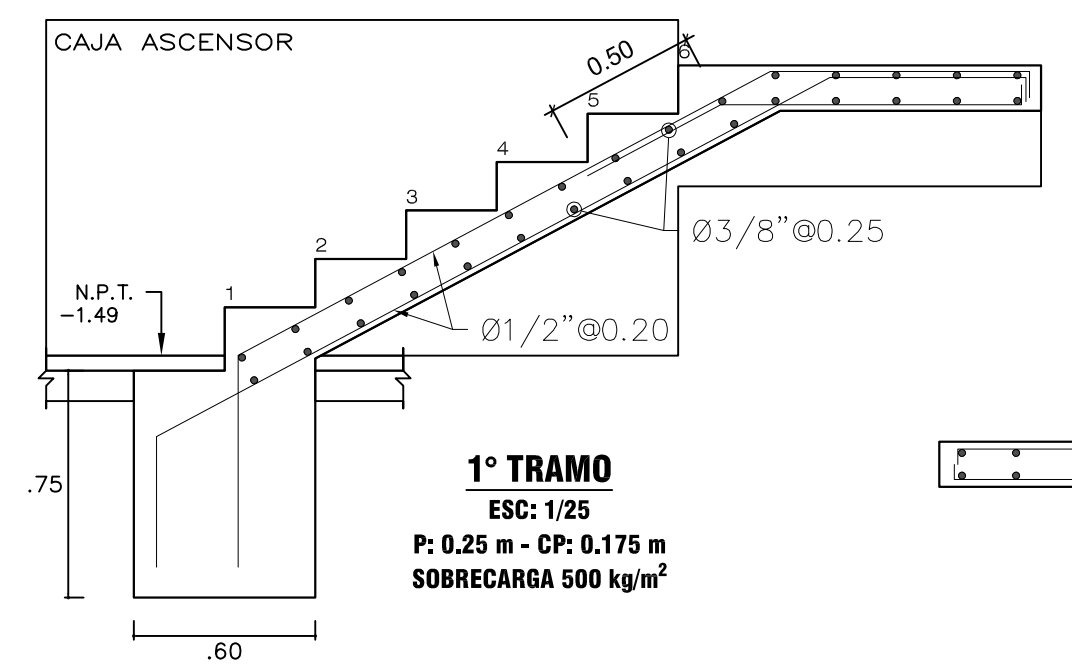


DETALLE DE ASCENSOR - CORTE TRASVERSAL 2-2
ESC: 1/25

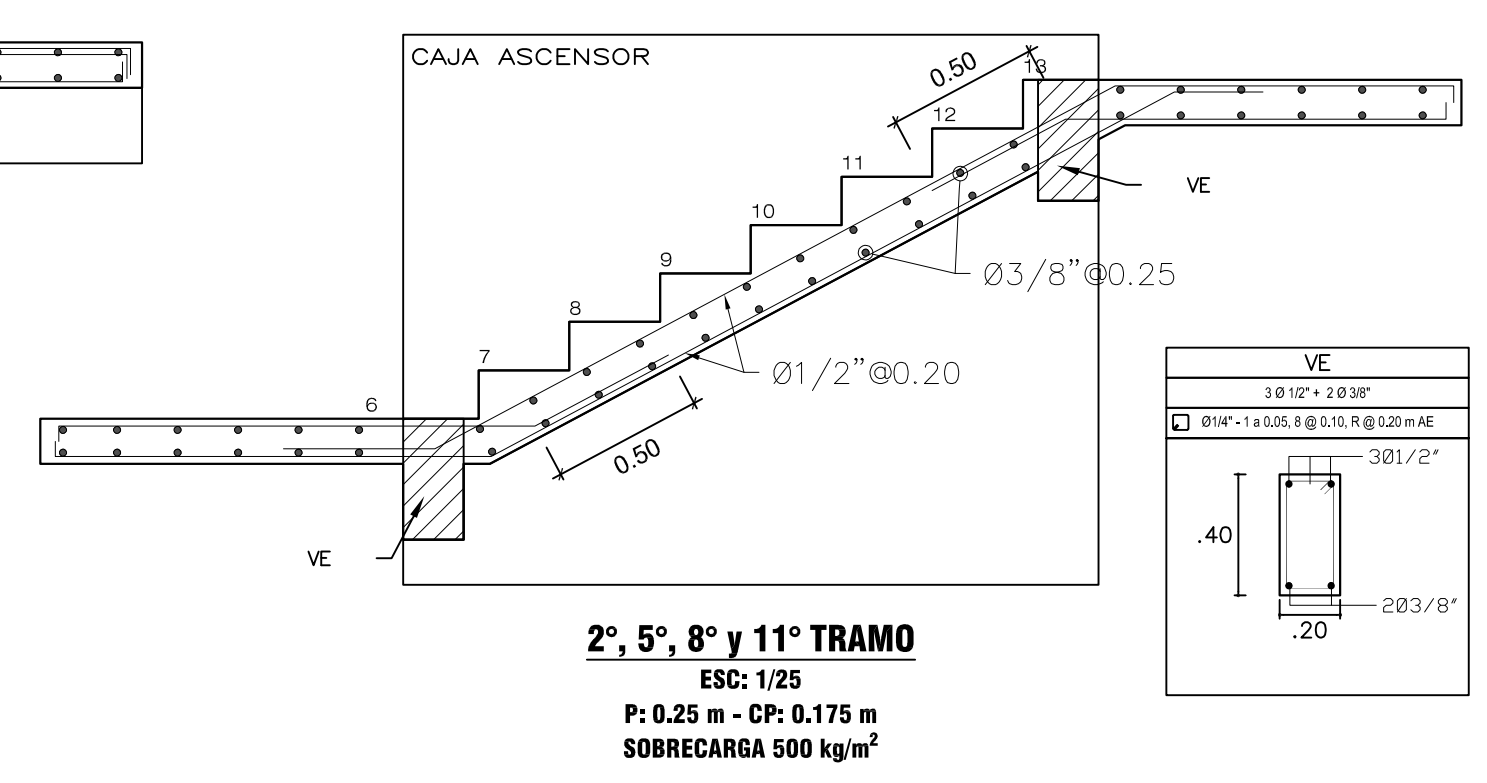


DETALLE DE ASCENSOR - CORTE LONGITUDINAL A-A
ESC: 1/25

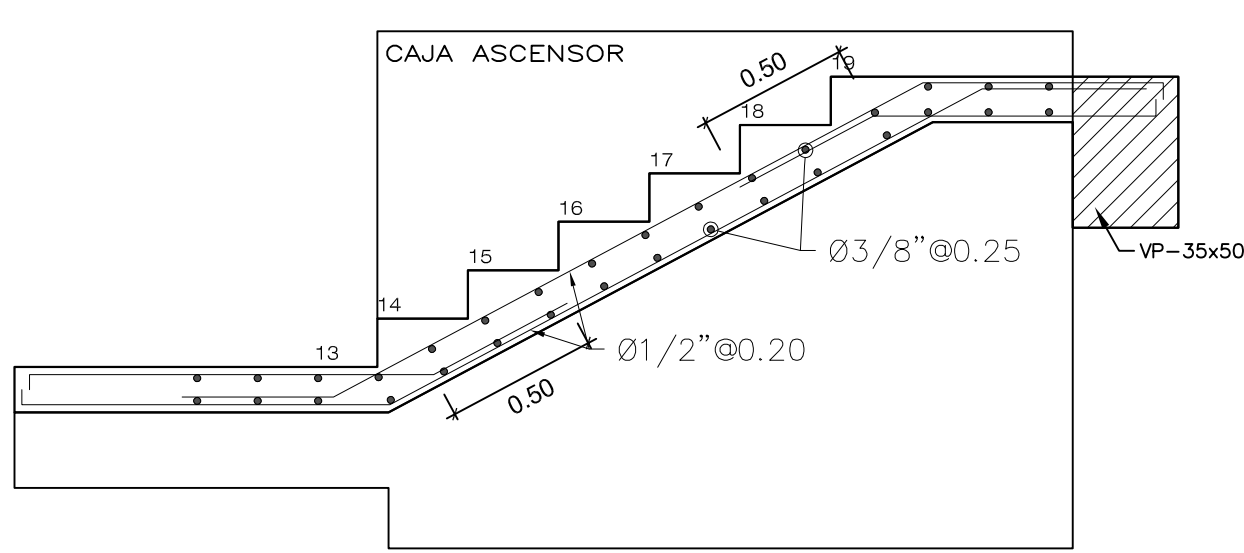
NOTA:
*PLANOS DE ACUERDO AL EXPEDIENTE TÉCNICO APROBADO DE LA ENTIDAD. USO EXCLUSIVO DE INVESTIGACIÓN.



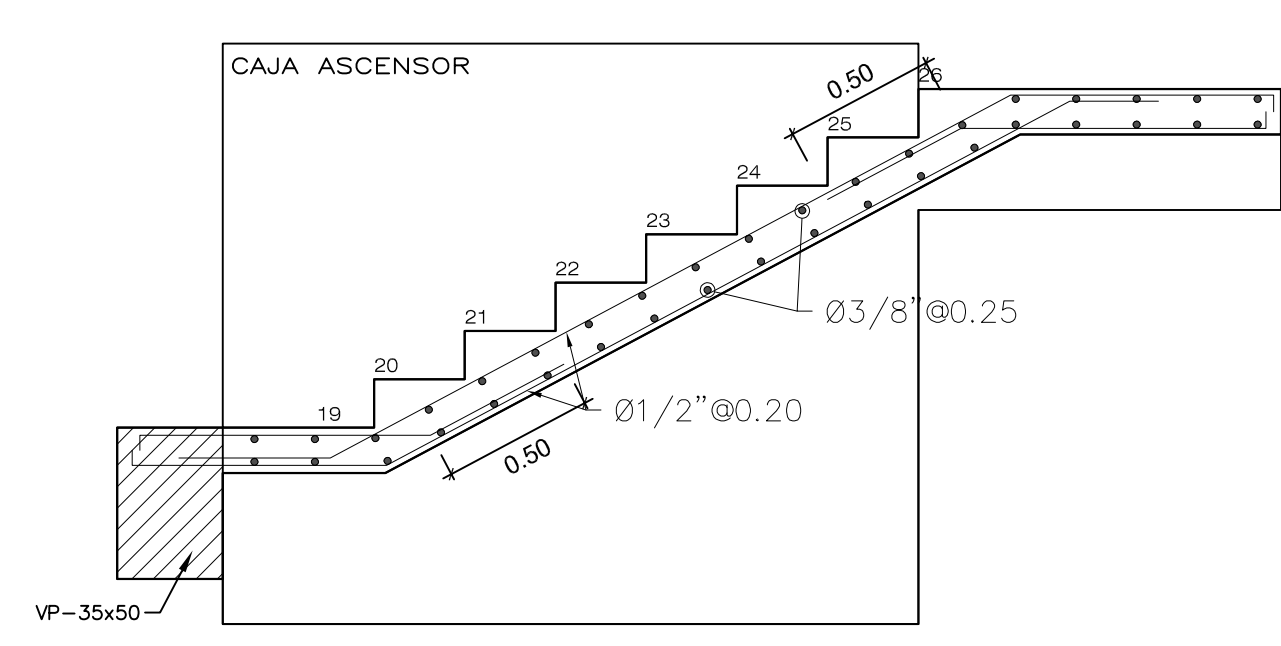
1° TRAMO
ESC: 1/25
P: 0.25 m - CP: 0.175 m
SOBRECARGA 500 kg/m²



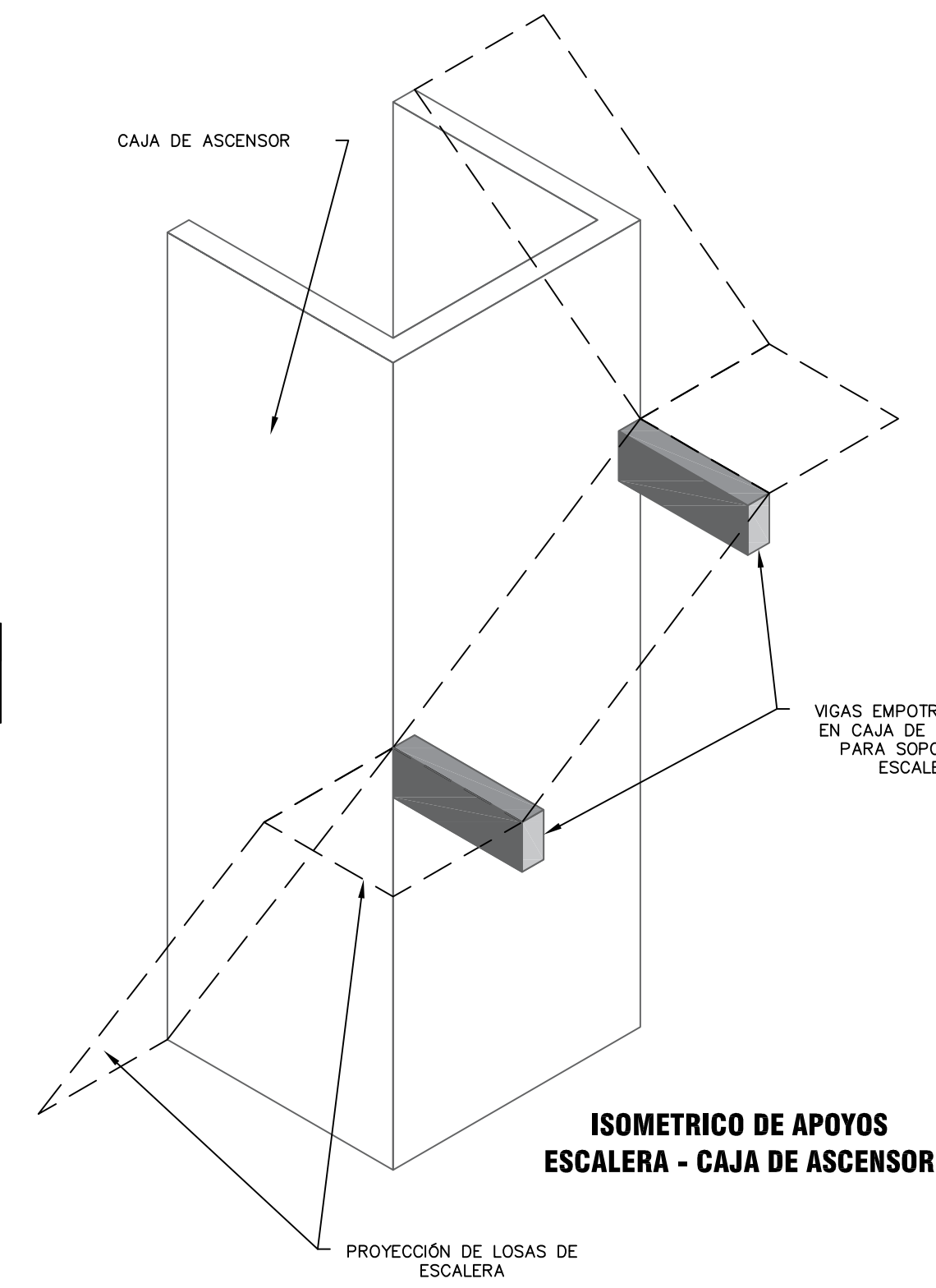
2°, 5°, 8° y 11° TRAMO
ESC: 1/25
P: 0.25 m - CP: 0.175 m
SOBRECARGA 500 kg/m²



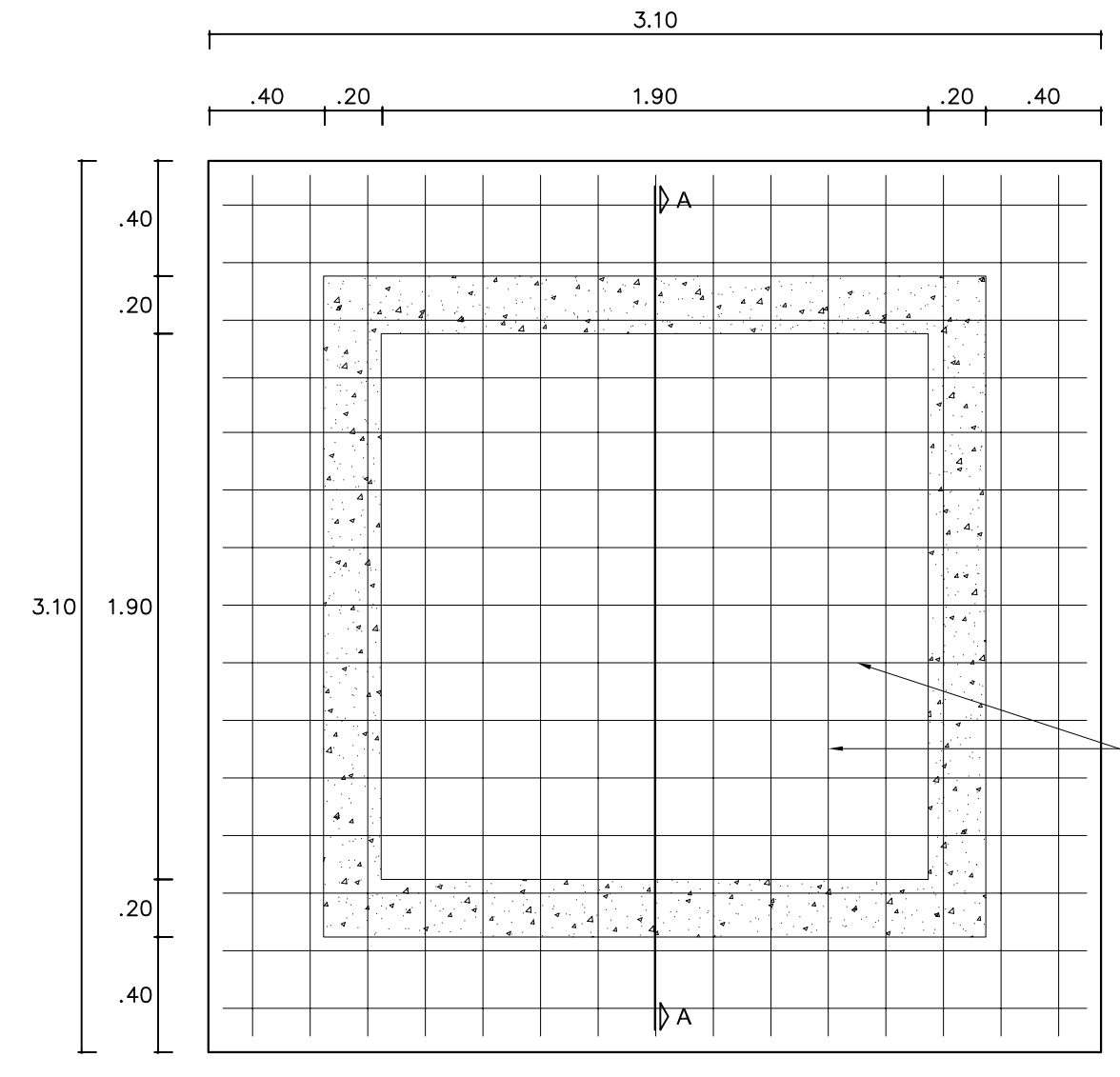
3°, 6°, 9° y 12° TRAMO
ESC: 1/25
P: 0.25 m - CP: 0.175 m
SOBRECARGA 500 kg/m²



4°, 7° y 10° TRAMO
ESC: 1/25
P: 0.25 m - CP: 0.175 m
SOBRECARGA 500 kg/m²



ISOMETRICO DE APOYOS ESCALERA - CAJA DE ASCENSOR



DETALLE DE ASCENSOR - PLANTA (E=0.50M)
ESC: 1/25

"Análisis comparativo de la norma sismo resistente E.030 de Perú y la norma American Society of Civil Engineers 7-16 de Estados Unidos para la evaluación sísmica de una edificación de cinco niveles en la ciudad de Ica-2021"

PLANO DE DETALLES DE ALIGERADOS		
UBICACION: DEPARTAMENTO: ICA PROVINCIA: ICA DISTRITO: ICA	TESISTA: DAZ SUMEN JOEL RODRIGO	LAMINA E-10
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS	ESCALA: 1:50	FECHA: MARZO - 2022