

Figura 12. Comparativa de espectros de respuesta de desplazamiento para T₁ = 2475 años.

SERVICIO DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE LOS BLOQUES CON SISTEMA DE AISLACIÓN SÍSMICA DE LA OBRA: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE SALUD DEL HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE DE TACNA, DISTRIO DE TACNA, PROVINCIA DE TACNA – REGIÓN TACNA"

Ing. Marcos Tinman Behar
Gerente general de PRISMA INGENIERIA

Tacna - 2024

Presentación

Generalidades / Memoria descriptiva

Visita de inspección técnica

Evaluación estructural

Análisis de resultados obtenidos

Esquema de reforzamiento estructural



Responsables del servicio



Ing. Marcos Tinman Behar
Gerente General de Prisma Ingenieros SAC
Más de 30 años de experiencia en Ingeniería Estructural.
Ing. Civil PUCP – CIP 34696
Magíster en Ingeniería de la UC Berkeley
Profesor asociado PUCP
Miembro de los Comités Peruanos de las normas E.030 "Diseño Sísmorresistente" y E.031 "Aislamiento Sísmico"



HOSPITAL DE LA POLICIA NACIONAL LUIS N. SAENZ



NUOVA SEDE DE LA CLINICA INTERNACIONAL



Ing. Alejandro Muñoz
Gerente Técnico de Prisma Ingenieros SAC
Más de 30 años de experiencia en Ingeniería Estructural, Docencia e Investigación universitaria.
Profesor principal PUCP. Enseña en el postgrado el curso de "Sistemas Modernos de Protección Sísmica"
Presidente del Comité Peruano para la Norma de Diseño Sísmorresistente, E.030.
Miembro de los Comités Peruanos de las Normas de "Diseño en Concreto Armado", E.060 y de "Aislamiento Sísmico" E.031



HOSPITAL DE CASMA



HOSPITAL DE RECUAY

Objetivos

El objetivo principal del servicio consiste en determinar el cumplimiento técnico-normativo de la especialidad de estructuras de los bloques con sistema de aislación sísmica del proyecto ejecutado.

La evaluación se realiza solo para el marco legal vigente, no se considerarán las evaluaciones con marcos legales antiguos.

- Para la revisión del diseño del sistema de aislamiento y análisis estructural se emplearán los siguientes códigos:
- Norma Técnica de Edificaciones E.020 Cargas, vigente.
 - Norma peruana de diseño sísmorresistente "E.030" vigente.
 - Norma E.031 "Aislamiento Sísmico" vigente.
 - Código americano "Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures" (ASCE/SEI 7-16)
- Asimismo, algunas de las recomendaciones de los siguientes estándares serán consideradas para evaluar la clasificación de los dispositivos de aislación:
- Norma Europea de Dispositivos Antisísmicos "EN 15129" vigente.
 - Standard americano "Guide Specifications for Seismic Isolation Design", 4th Ed. De la AASHTO.
- Para la revisión del diseño de los elementos estructurales de la edificación se emplearán los siguientes códigos:
- Norma Técnica de Edificaciones E.060 Concreto Armado, SENCICO.
 - Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería, SENCICO.
 - Norma Técnica de Edificaciones E.080 Diseño estructural en Acero, SENCICO.
 - Demás normas técnicas del RNE según material
- Además del cumplimiento de los códigos requeridos por el reglamento nacional de edificaciones vigente, algunas recomendaciones de los siguientes estándares podrán ser empleadas:
- ACI 318.18 Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute.
 - ACI 209R-02 Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in Concrete Structures.

Metodología



Metodología:

- Revisión de Estudios de Suelos y Geofísico
- Revisión de información de los dispositivos de aislamiento
- Elaboración del plan de trabajo y exposición
- Desarrollo del Modelo Matemático de la Edificación
- Análisis Estructural y determinación de la demanda sísmica
- Revisión de los dispositivos de aislamiento sísmico
- Revisión del Diseño Estructural
- Elaboración de Informe y Recomendaciones
- Visita para Inspección y para exposición técnica final
- Reuniones de coordinación



Presentación

Generalidades / Memoria descriptiva

Visita de inspección técnica

Evaluación estructural

Análisis de resultados obtenidos

Esquema de reforzamiento estructural



GENERALIDADES



El objetivo principal del servicio consiste en determinar el cumplimiento técnico-normativo de la especialidad de estructuras de los bloques con sistema de aislamiento sísmica del proyecto ejecutado. El edificio principal BLOQUE I de 7 pisos, BLOQUE II de 3 pisos, con un área en planta aproximada de 7400 m² con sistema de aislamiento sísmico, en este edificio se encontrarán los servicios hospitalarios básicos, como emergencias, farmacia UCI, consulta externa entre otros.



DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO



La cimentación corresponde a zapatas aisladas, combinadas y conectadas. El techo del nivel de aislamiento tiene vigas de 40x 90 cm con losas macizas de 15 a 25 cm de espesor. Los capiteles son típicamente de ancho 1.30 m.



Planta de cimentación



Techo del nivel de aislamiento



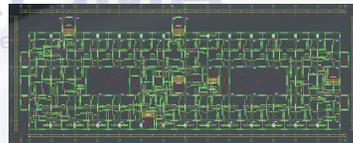
DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO



En los niveles superiores, las vigas tienen peralte de 90 cm con losas macizas de 20 cm de espesor. Las columnas cuadradas son de 60 cm de ancho y además se tienen columnas de 40x100 cm, 40x90 cm y otras de sección irregular.



Techo del 2do. nivel



Techo del 6to nivel



DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO



Cargas sobre el edificio según peso de materiales y normativas correspondientes:

Tipo de elemento	Unidad	Peso Unitario considerado
Elementos estructurales de concreto armado	(Kg/m ³)	2400
Tabiquería de ladrillo King Kong 18 huecos	(Kg/m ³)	1800
Elementos estructurales de acero	(Kg/m ³)	7850
Piso terminado	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	100
Tabiquería de drywall RF 50mm	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	30
Tabiquería de drywall RF 120mm	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	90
Falsos cielos, ducterías y equipos pequeños colgados de techos	(Kg/m ²) ⁽²⁾	50
Coberturas livianas en techos metálicos de azotea ⁽³⁾	(Kg/m ²) ⁽³⁾	30

Tipo de elemento	Unidad	Peso Unitario considerado
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	300
Cuartos	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	200
Corredores, escaleras y zonas de asambleas con asientos móviles	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	400
Almacenes	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	500
Carga viva sobre coberturas	(Kg/m ²) ⁽¹⁾	30

Edificio	ENMIENDACIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	PREP. PRE	UBICACION	EST.	PLANTA EQUIP.
0-040	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	1. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-041	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	2. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-042	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	3. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-043	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	4. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-044	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	5. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-045	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	6. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-046	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	7. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-047	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	8. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-048	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	9. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-049	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	10. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-050	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	11. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-051	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	12. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-052	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	13. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-053	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	14. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-054	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	15. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-055	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	16. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-056	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	17. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-057	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	18. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-058	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	19. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-059	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	20. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-060	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	21. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-061	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	22. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-062	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	23. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-063	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	24. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-064	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	25. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-065	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	26. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-066	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	27. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-067	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	28. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-068	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	29. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-069	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	30. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-070	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	31. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-071	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	32. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-072	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	33. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-073	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	34. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-074	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	35. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-075	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	36. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-076	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	37. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-077	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	38. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-078	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	39. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-079	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	40. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-080	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	41. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-081	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	42. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-082	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	43. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-083	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	44. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-084	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	45. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-085	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	46. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-086	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	47. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-087	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	48. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-088	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	49. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-089	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	50. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-090	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	51. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-091	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	52. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-092	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	53. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-093	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	54. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-094	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	55. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-095	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	56. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-096	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	57. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-097	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	58. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-098	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	59. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-099	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	60. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-100	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	61. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-101	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	62. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-102	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	63. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-103	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	64. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-104	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	65. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-105	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	66. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-106	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	67. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-107	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	68. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-108	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	69. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-109	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	70. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-110	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	71. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-111	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	72. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-112	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	73. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-113	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	74. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-114	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	75. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-115	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	76. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-116	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	77. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-117	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	78. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-118	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	79. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-119	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	80. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-120	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	81. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-121	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	82. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-122	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	83. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-123	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	84. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-124	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	85. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-125	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	86. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-126	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	87. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-127	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	88. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-128	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	89. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-129	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	90. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-130	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	91. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-131	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	92. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-132	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	93. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-133	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	94. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-134	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	95. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-135	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	96. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-136	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	97. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-137	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	98. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-138	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	99. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03
0-139	RESERVA PARA EMERGENCIAS	01	00000	100. FLOOR, EMERGENCY EQUIPMENT	001	00-03



- Presentación
- Generalidades / Memoria descriptiva
- Visita de inspección técnica
- Evaluación estructural
- Análisis de resultados obtenidos
- Esquema de reforzamiento estructural



INSPECCIÓN TÉCNICA



En la inspección se midieron las juntas horizontales y verticales. Según el diseñador debería tener una junta mínima de 40 cm entre los capiteles y los muros de contención.



INSPECCIÓN TÉCNICA



Estas juntas horizontales y verticales son necesarias para el buen funcionamiento del sistema de aislamiento sísmico.



INSPECCIÓN TÉCNICA



Se compartió plano de juntas horizontales y verticales, donde se indica las zonas que deben ser limpiadas y liberadas.



INSPECCIÓN TÉCNICA



Se encontraron patologías de concreto en los capiteles de los dispositivos de aislamiento sísmico.



INSPECCIÓN TÉCNICA



Se observaron también las inclinaciones de los dispositivos, lo cual es originado por la propia retracción de la losa.



INSPECCIÓN TÉCNICA

Se encontraron fisuras típicas en losas y vigas incluso de paños cortos, lo cual evidencia un mal proceso constructivo. En zonas de tuberías se encontraron aceros cortados, lo cual no corresponde a un detalle indicado en plano y es un error constructivo.

INSPECCIÓN TÉCNICA

En elementos no terminados de construir se encontraron juntas típicas verticales de 1", lo cual es adecuado. La junta horizontal de 1/2" entre tabique y piso superior se muestra adecuadamente construida también.

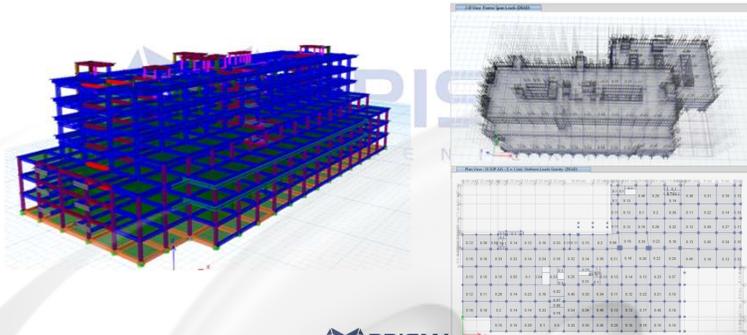
INSPECCIÓN TÉCNICA

- Presentación
- Generalidades / Memoria descriptiva
- Visita de inspección técnica
- Evaluación estructural
- Análisis de resultados obtenidos
- Esquema de reforzamiento estructural

MODELO ESTRUCTURAL



El análisis estructural se realiza sobre un modelo estructural tridimensional en el programa ETABS considerando las cargas de gravedad y sismo.



NORMATIVIDAD PARA HOSPITAL HIPOLITO UNANUE



La norma peruana E.031 "Aislamiento sísmico" publicada en noviembre del 2019 y el estándar americano ASCE7-16 utilizan una **demanda sísmica correspondiente a un sismo de 2475 años de periodo de retorno** para el diseño de la estructura, así como para la verificación de estabilidad de los aisladores y el dimensionamiento de la junta del sistema. A este sismo se le denomina "Sismo Máximo Considerado", sismo "MCE" o "SMC" por sus siglas en inglés y español, respectivamente. **Desde el 2018 la actualización de la norma E.030 ya indicaba que se empleó la versión del estándar americano ASCE 7 vigente.**

No obstante, la actualización de la norma peruana E.030 "Diseño sismorresistente" del 2016 aún indicaba que para el diseño de edificios con aislamiento sísmico se emplee el estándar americano "ASCE 7-10" del 2010, motivo por el cual el edificio principal en estudio fue diseñado bajo este estándar. El estándar ASCE7-10, hoy superado por el ASCE7-22, requería que el diseño de los elementos estructurales se realice con un sismo de diseño que aparece en promedio cada 475 años y que la estabilidad de los aisladores y capacidad de la junta estén preparados para el sismo máximo considerado de 2475 años de periodo de retorno.



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



En noviembre del 2023, el Dr. Zenón Aguilar Bardales realiza el trabajo de GENERACIÓN DEL ESPECTRO DE DISEÑO ESPECÍFICO PARA EL HOSPITAL HIPÓLITO UNANUE DE TACNA. Para la evaluación de los edificios, dicho estudio presenta una comparativa con el espectro elástico 1.5ZSC del artículo 14 de indicado en la actual norma E.031.

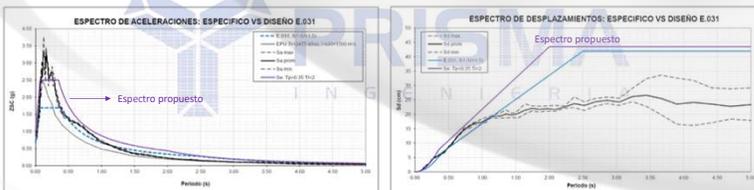


Figura 10. Comparativa de espectros de respuesta de aceleración para $T_r = 2475$ años.

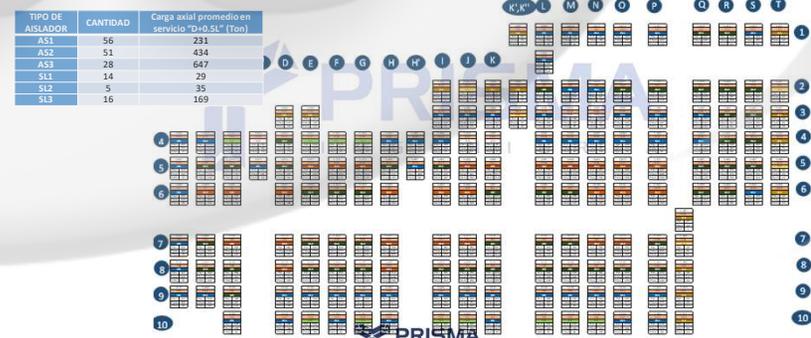
Figura 12. Comparativa de espectros de respuesta de desplazamientos para $T_r = 2475$ años.



DISPOSITIVOS DE AISLAMIENTO



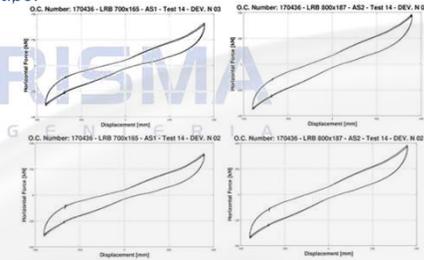
El esquema presenta la distribución en planta de los tipos de dispositivos empleados y las cargas de servicio, máximas y mínimas obtenidas por sismo



CALIDAD DE LOS DISPOSITIVOS



El protocolo de ensayo seguido por la empresa Frayssenet Tierra Armada Perú en su informe con referencia: "9241-IL1-281" del 12 de junio del 2018 no cumple ninguna de las dos opciones de ensayo señaladas en el Artículo 31 de la norma E.031 para Secuencia y ciclo de los ensayos de los aisladores prototipo.



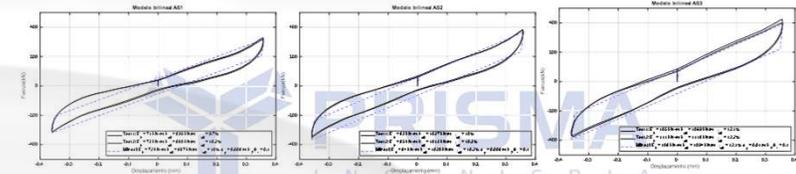
Al no contarse con información que permita cualificar al proveedor, se aplican los factores de variación para proveedores desconocidos Clase II, según norma E.031.



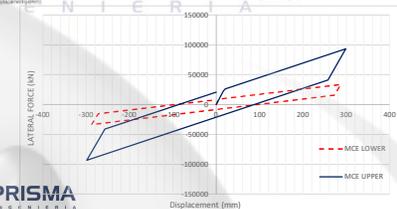
CALIDAD DE LOS DISPOSITIVOS



Se obtuvieron las curvas idealizadas de los dispositivos...



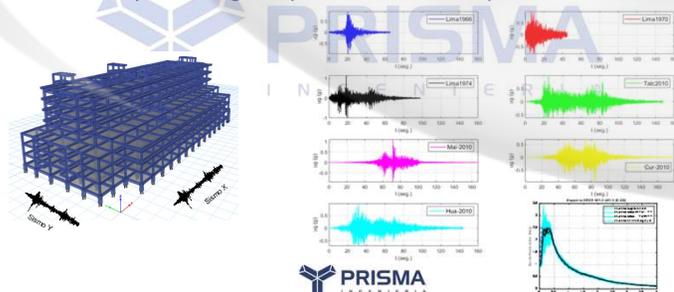
Y del sistema de aislamiento sísmico, considerando las propiedades superior e inferior para dispositivos CLASE II.



ANÁLISIS ESTRUCTURAL



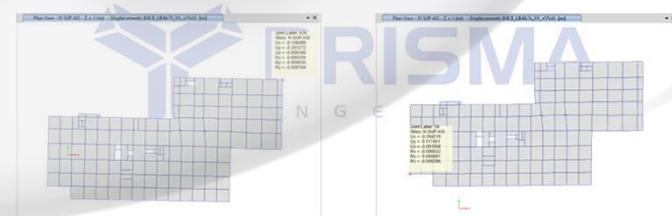
La revisión del sistema de aislamiento se realiza mediante un análisis tiempo-historia, que las propiedades efectivas y correspondientes leyes constitutivas de los dispositivos mantienen las respuestas sísmicas de interés dentro de los límites fijados como objetivos de desempeño. Para el análisis tiempo-historia, se usó un factor de reducción "R=1" y se empleó un set de 7 pares de registros para determinar las respuestas dinámicas.



ANÁLISIS ESTRUCTURAL



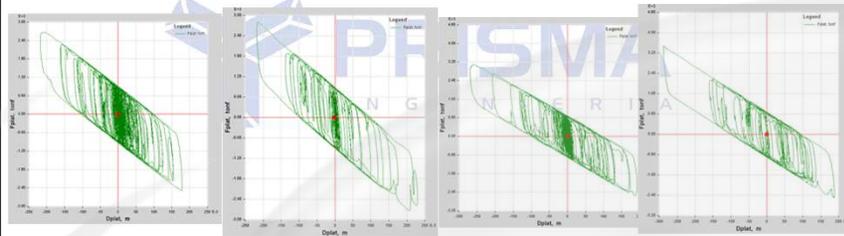
Se obtiene un desplazamiento total máximo "DTM" de 302 mm considerando el promedio de las siete señales en cada dirección tal como lo establece la norma E.031 y las propiedades inferiores de los dispositivos.



ANÁLISIS ESTRUCTURAL



Para la señal más desfavorable se obtiene un desplazamiento total máximo "DTM" de 392 mm. Sin embargo, de manera conservadora y para considerar la deformación por cambios volumétricos del concreto los dispositivos deberían estar preparados para soportar un desplazamiento de 400 mm.

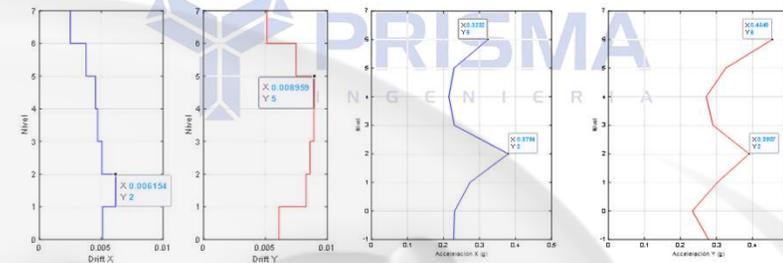


ANÁLISIS ESTRUCTURAL



Se obtiene una deriva máxima de 6.15 % para la dirección "X" y de 8.96% para la dirección "Y". Los dos valores de deriva son mayores a la deriva máxima permitida de 5 %.

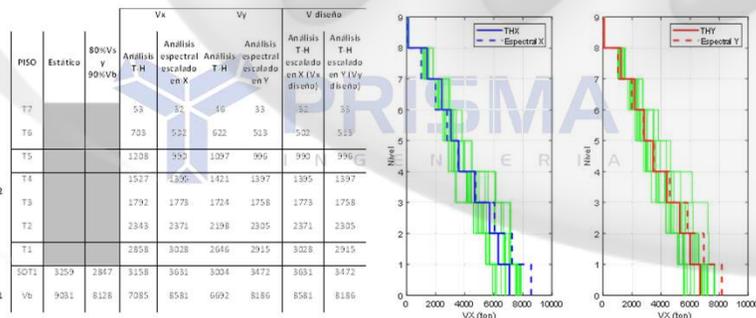
Se tiene una aceleración máxima de piso menor a 0.4g y las aceleraciones desde el nivel aislado al techo 11 no superan los 0.3 g.



ANÁLISIS ESTRUCTURAL



Siguiendo la metodología de la norma E.031, se obtienen las fuerzas cortantes de diseño.



ANÁLISIS DE LOS DISPOSITIVOS



La figura siguiente muestra que la deformación total a cortante tiene un ratio Capacidad/Demanda (C/D) de 0.34, 0.49, 0.66, 0.89 y 0.42 para los dispositivos AS1, AS2, AS3, SL1 y SL3 dada la combinación crítica de carga axial y desplazamiento lateral.

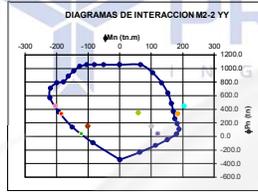
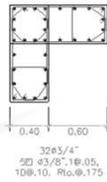
Dispositivo	Capacidad (C)	Demanda (D)	Ratio C/D
AS1	1000	2941	0.34
AS2	1000	2040	0.49
AS3	1000	1515	0.66
SL1	1000	1118	0.89
SL3	1000	2381	0.42



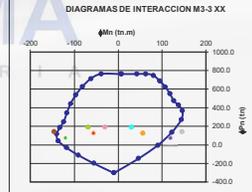
ANÁLISIS DE RESULTADOS: COLUMNAS



La capacidad a flexión (curvas o diagramas de interacción) en varias columnas es menor a la demanda.



Columna C-11 en sótano 1



Columna C-14j en sótano 1



ANÁLISIS DE RESULTADOS: COLUMNAS



Resumen:

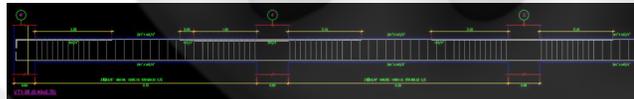
Columna	Eje	Piso	DET AXIAL DE GRAVEDAD	Verificación por carga gravitacional	DET MOMENTOS DE SISMO	Verificación por Momentos de Sismo
C-01	M-D	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-02	D-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-03	E-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-04	F-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-05	G-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-06	H-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-07	I-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-08	J-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-09	K-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-10	L-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-11	M-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-12	N-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-13	O-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-14	P-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-15	Q-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-16	R-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-17	S-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-18	T-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-19	U-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-20	V-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-21	W-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-22	X-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-23	Y-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%
C-24	Z-10	2da. Piso	BCV-1	CUMPLE	1.43	DEFICIT DE 4%



ANÁLISIS DE RESULTADOS: VIGAS



La demanda por flexión y cortante en varias vigas sobrepasa la capacidad instalada.



	VT1-35 (0.40x0.70)				
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Mu (ton.m)	61.00	32.80	22.70	61.00	32.80
DMin (ton.m)	46.10	26.90	28.70	46.10	26.90
Mu/DMin	1.32	1.13	0.79	1.32	1.13
Estado	32% DEFICIT	13% DEFICIT	CUMPLE	32% DEFICIT	13% DEFICIT

	VT1-35 (0.40x0.70)		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Vu (ton)	33.80	26.10	34.70
DVu (ton)	58.10	41.40	58.10
Vu/DVu	0.58	0.63	0.60
Estado	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE



ANÁLISIS DE RESULTADOS: VIGAS



Otros casos:

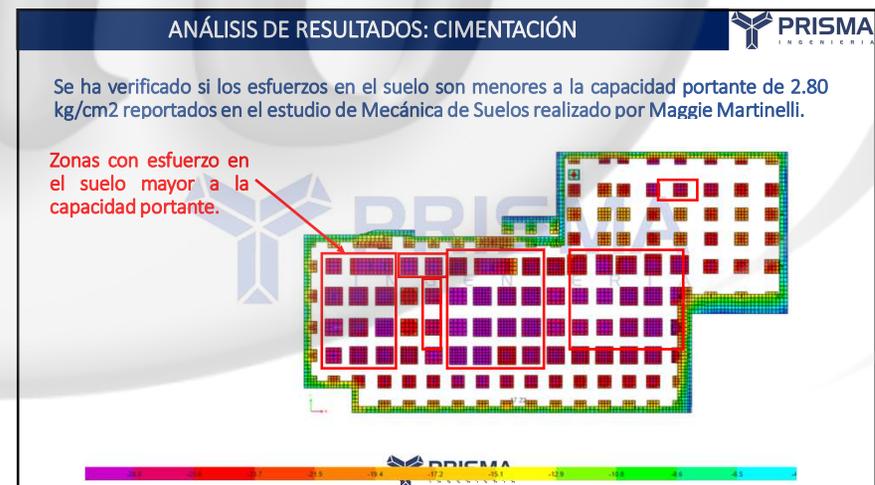
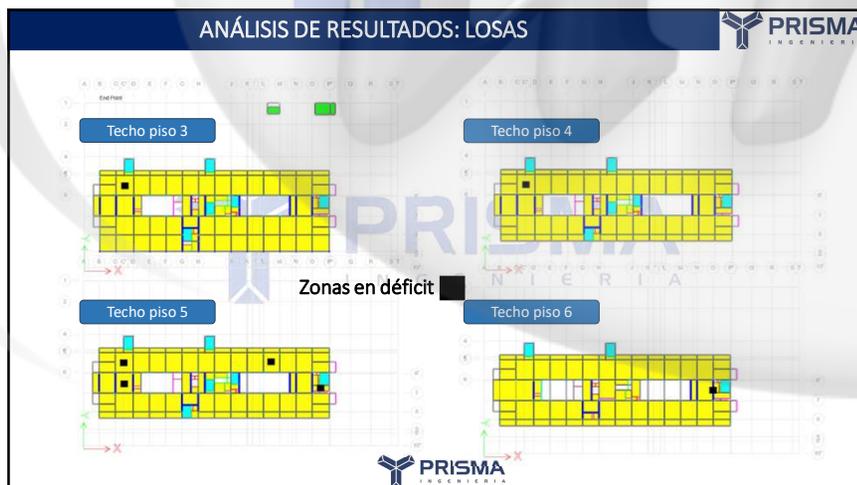
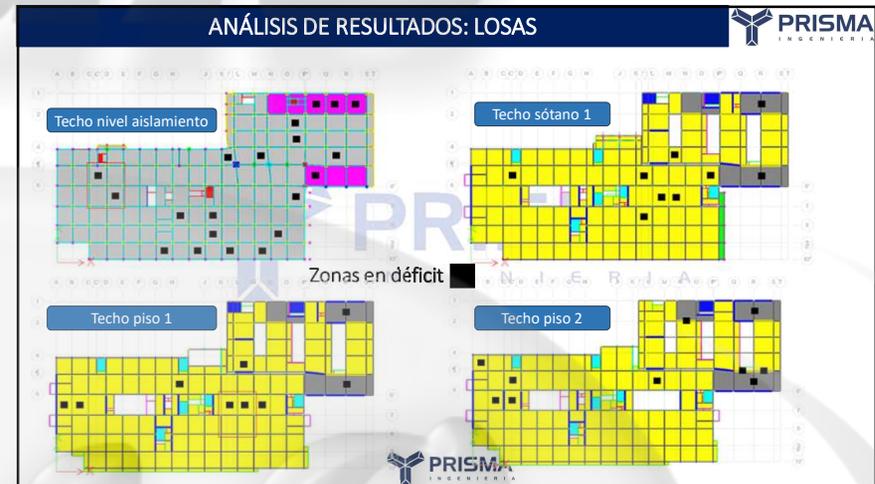
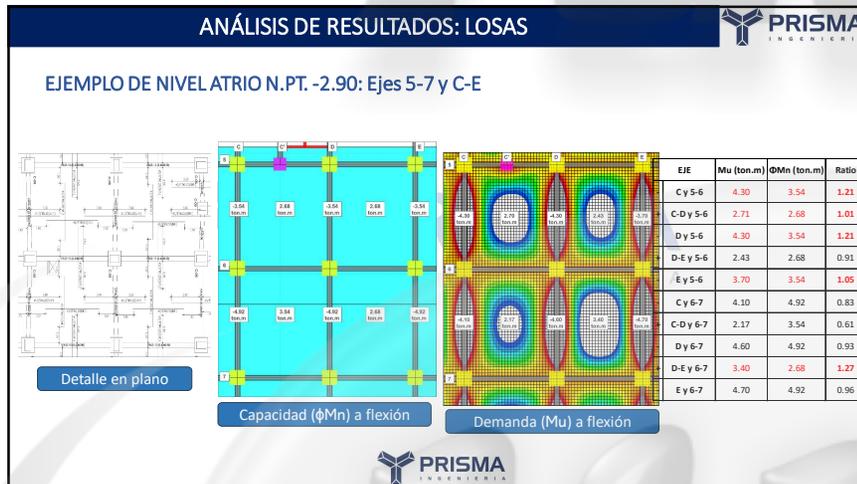
VIG-02 (0.40x0.70)										
Tramo 3					Tramo 4					
	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)
Mu (ton.m)	130.10	108.10	6.90	130.10	108.10	75.50	21.90	107.30	75.50	75.50
DMin (ton.m)	61.50	45.50	45.50	45.50	45.50	45.50	45.50	130.30	77.50	77.50
Mu/DMin	1.95	2.38	0.15	1.95	2.38	1.67	0.48	0.82	0.95	0.95
Estado	60% DEFICIT	73% DEFICIT	CUMPLE	60% DEFICIT	73% DEFICIT	35% DEFICIT	12% DEFICIT	62% DEFICIT	62% DEFICIT	62% DEFICIT
Vu (ton)	50.50	50.50	50.50	50.50	50.50	41.90	34.80	44.00	50.50	50.50
DVu (ton)	80.20	80.20	80.20	80.20	80.20	58.00	80.30	80.30	80.20	80.20
Vu/DVu	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.71	0.43	0.55	0.63	0.63
Estado	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

VIG-02 (0.40x0.70)										
Tramo 5					Tramo 6					
	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)
Mu (ton.m)	118.80	90.00	14.40	118.80	90.00	119.00	91.30	30.30	119.00	91.30
DMin (ton.m)	130.30	77.50	77.40	130.30	77.50	119.00	102.20	119.00	130.20	119.00
Mu/DMin	0.91	1.16	0.18	0.91	1.16	1.17	0.90	1.17	0.90	1.17
Estado	CUMPLE	30% DEFICIT	CUMPLE	30% DEFICIT	30% DEFICIT	32% DEFICIT	12% DEFICIT	32% DEFICIT	32% DEFICIT	32% DEFICIT
Vu (ton)	62.30	33.30	40.00	62.30	33.30	55.70	45.30	58.80	62.30	45.30
DVu (ton)	125.50	85.30	125.50	125.50	85.30	80.20	80.20	80.20	125.50	80.20
Vu/DVu	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.69	0.66	0.66	0.50	0.73
Estado	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

VIG-02 (0.40x0.70)										
Tramo 7					Tramo 8					
	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)
Mu (ton.m)	145.10	98.00	10.20	145.10	98.00	130.30	84.20	27.80	130.30	84.20
DMin (ton.m)	102.20	53.50	53.50	102.20	53.50	53.50	53.50	53.50	102.20	53.50
Mu/DMin	1.42	1.85	0.19	1.42	1.85	1.27	1.61	0.52	1.33	1.61
Estado	40% DEFICIT	50% DEFICIT	CUMPLE	40% DEFICIT	50% DEFICIT	37% DEFICIT	40% DEFICIT	10% DEFICIT	37% DEFICIT	40% DEFICIT
Vu (ton)	57.70	48.80	60.00	57.70	48.80	55.00	42.20	51.30	57.70	42.20
DVu (ton)	80.20	80.20	80.20	80.20	80.20	80.20	80.20	80.20	80.20	80.20
Vu/DVu	0.72	0.71	0.75	0.72	0.71	0.69	0.53	0.64	0.72	0.53
Estado	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

VIG-02 (0.40x0.70)										
Tramo 9					Tramo 10					
	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)	IZQ (SUP)	IZQ (INF)	CEN	DER (SUP)	DER (INF)
Mu (ton.m)	141.70	128.30	11.30	141.70	128.30	113.30	110.20	15.40	113.30	110.20
DMin (ton.m)	82.00	65.50	65.50	82.00	65.50	77.40	65.50	77.40	82.00	65.50
Mu/DMin	1.73	2.02	0.21	1.73	2.02	1.72	2.42	0.34	1.72	2.42
Estado	70% DEFICIT	80% DEFICIT	CUMPLE	70% DEFICIT	80% DEFICIT	32% DEFICIT	100% DEFICIT	100% DEFICIT	70% DEFICIT	80% DEFICIT
Vu (ton)	58.10	50.80	50.50	58.10	50.80	50.50	54.30	54.30	58.10	54.30
DVu (ton)	125.50	80.20	80.20	125.50	80.20	125.50	80.20	80.20	125.50	80.20
Vu/DVu	0.46	0.63	0.63	0.46	0.63	0.40	0.68	0.68	0.46	0.63
Estado	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE







ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

El protocolo de ensayo de los aisladores prototipos AS1, AS2 y AS3 no cumple con la actual norma peruana E.031. Además, **se califica como CLASE II** ya que no se cuenta con información de cualificación tal como lo establece la norma E.031 y tampoco se cuenta con ensayos de producción.

El modelo matemático representa las características de rigidez y masa de la estructura. Los aisladores son modelados con las características obtenidas de los ensayos. La revisión del sistema de aislamiento se realizó mediante un análisis tiempo-historia y espectral. Los dispositivos se modelaron con sus propiedades superior e inferior siguiendo la norma E.031. **Los valores máximos de derivas obtenidos para la dirección X-X y Y-Y de 5.3-6.1% y 8.9% respectivamente, exceden el valor máximo de 5% indicado en la Norma E031.** De este modo, la estructura no cumple con los requerimientos mínimos de rigidez.

Los aisladores sísmicos no cumplen las demandas de desplazamiento y carga vertical de la norma E.031, y se han obtenido ratios Capacidad/Demanda (C/D) de 0.34, 0.49, 0.66, 0.89 y 0.42 para los dispositivos más desfavorables AS1, AS2, AS3, SL1 y SL3.



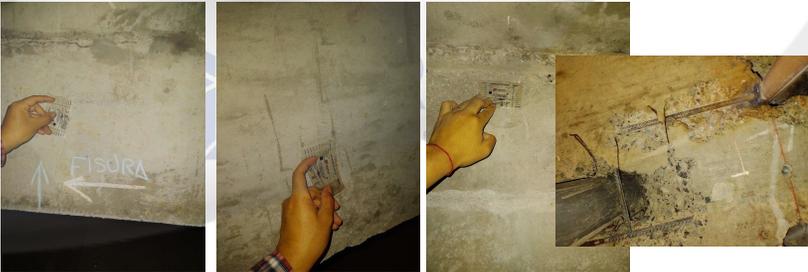
ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

La visita de inspección se realizó el 02 y 03 de noviembre del 2023. Los reportes de desplazamiento lateral de los dispositivos de hasta 3.1 cm se corroboraron en campo. Estos desplazamientos según nuestra experiencia, la corroboración en campo y también según la propia indicación del proyectista, se deben a un fenómeno de retracción de la losa. Estos desplazamientos son siempre considerados por los proyectistas de aislamiento sísmico y en este caso paso lo mismo, por tanto, no presenta ninguna contingencia.




ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Se encontraron fisuras en losas y vigas, propias de un mal proceso constructivo. Además, son varios los elementos que presentan segregación.




ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS



Las losas presentan paños con factores Demanda/Capacidad mayores a 1. Estas zonas al no diseñarse bajo demanda sísmica, corresponden a un propio error en el desarrollo del proyecto original.

Gran cantidad de columnas y vigas presentan factores Demanda/Capacidad mayores a 1. Estos déficit corresponden a las no consideraciones sobre límite superior e inferior para los dispositivos de aislamiento clase II de la norma E.031.

Son varias las zapatas aisladas con factores Demanda/Capacidad mayores a 1. Estos déficits se han encontrado para casos de servicio y sismo, por lo tanto, corresponden a un propio error en el desarrollo del proyecto original.



Presentación

Generalidades / Memoria descriptiva

Visita de inspección técnica

Evaluación estructural

Análisis de resultados obtenidos

Esquema de reforzamiento estructural



CONCLUSIONES DEL ESTUDIO



Los resultados de la revisión por PRISMA INGENIEROS indican que el proyecto estructural no cumple con los lineamientos de diseño de las normas peruanas E.031 Aislamiento Sísmico, E.060 Concreto Armado y E.030 Diseño Sismorresistente y, por tanto, no se puede continuar la construcción del hospital.

En caso querer continuar con el actual casco de los bloques aislados y cumplir los requisitos de las actuales normas, es necesario un reforzamiento estructural que contemple las zonas críticas indicadas en el presente informe junto a la adición de nuevos elementos estructurales. Esta solución propuesta en 6.3 es compleja y se recomienda revisarse desde el punto económico y de tiempos de ejecución. Es trabajo de la entidad estudiar la viabilidad del reforzamiento.



ALTERNATIVA DE REFORZAMIENTO 1



La alternativa más adecuada corresponde al reemplazo completo de los dispositivos de aislamiento y reforzamiento de la cimentación.

"ALTERNATIVA 1 DE REFORZAMIENTO: 170 DISPOSITIVOS A REEMPLAZAR + LIBERACIÓN DE JUNTA EN CAPITEL K'-3 + REFORZAMIENTO DE 56 ZAPATAS"



ALTERNATIVA DE REFORZAMIENTO 2



La alternativa 2 corresponde al reemplazo parcial de dispositivos de aislamiento, reforzamiento de la cimentación y de la superestructura.

"ALTERNATIVA 2 DE REFORZAMIENTO: 76 DISPOSITIVOS A REEMPLAZAR + ADICIÓN DE DISIPADORES VISCOSES + LIBERACIÓN DE JUNTA EN CAPITEL K'-3 + REFORZAMIENTO DE 56 ZAPATAS + REFORZAMIENTO DE SUPERESTRUCTURA"



ALTERNATIVA DE REFORZAMIENTO 2



La alternativa 2 corresponde al reemplazo parcial de dispositivos de aislamiento, reforzamiento de la cimentación y de la superestructura.

