Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Comparación de Alternativas de Reforzamiento Estructural con Tecnologías BIM para una Edificación Aporticada de Lurigancho Chosica, Lima

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTOR

Piero Riquier ALVAREZ SUÁREZ

ASESOR

Luis Miguel MORÁN YÁÑEZ

Lima, Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Alvarez, P. (2025). *Comparación de Alternativas de Reforzamiento Estructural con Tecnologías BIM para una Edificación Aporticada de Lurigancho Chosica, Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Piero Riquier Alvarez Suárez.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	78289881
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-5495-3957
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Dr. Luis Miguel Moran Yañez.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06118148
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0695-8829
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Dr. Humberto Iván Pehovaz Alvarez.
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07450662
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Dr. Omart Demetrio Tello Malpartida.
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08644876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mg. Edgar Gabriel Jimenez Rodrigo.
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07553168
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica

Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lurigancho-Chosica Latitud: -11.946747 Longitud: -76.701131
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 – Marzo 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de estructural y municipal http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

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

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el día viernes 21 de marzo del 2025, siendo las 11:00 horas en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. HUMBERTO IVÁN PEHOVAZ ALVAREZ	Presidente
Dr. OMART DEMETRIO TELLO MALPARTIDA	Miembro
Mg. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO	Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis titulada: **«Comparación de Alternativas de Reforzamiento Estructural con Tecnologías BIM para una Edificación Aporticada de Lurigancho Chosica, Lima »**, presentada por el Bachiller **ALVAREZ SUÁREZ PIERO RIQUIER,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, asesorada por el Dr. Luis Miguel Morán Yañez.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon al Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a: Satisfacción.

Concluida la Sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue: 14 (catorce)

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**, a Don **ALVAREZ SUÁREZ PIERO RIQUIER.**

Siendo las 12:30 pm, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 21 de marzo de 2025.

Dr. HUMBERTO IVÁN PEHOVAZ ALVAREZ
PRESIDENTE

Dr. OMART DEMETRIO TELLO MALPARTIDA
MIEMBRO

Mg. EDGAR GABRIEL JIMENEZ RODRIGO
MIEMBRO

Dr. FÉLIX SANTIAGO SÁNCHEZ BENITES
DIRECTOR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
FIGMMG UNMSM

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS * Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica * DIRECTOR E.P. DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Luis Miguel Morán Yáñez en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N°000928-2024-D-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es "***Comparación de Alternativas de Reforzamiento Estructural con Tecnologías BIM para una Edificación Aporticada de Lurigancho Chosica, Lima",*** presentada por el bachiller ALVAREZ SUÁREZ, PIERO RIQUIER para optar el título de Ingeniero Civil CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y deSimilitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según larevisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documentoevaluado cuenta con el porcentaje de 4% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

5 de noviembre 2024

Firma del Asesor _____

DNI: 06118148

Nombres y apellidos del asesor:
LUIS MIGUEL MORÁN YÁÑEZ



DEDICATORIA

A Dios por darme fuerza y templanza día a día.

A mis padres, Enrique y Aida quienes siempre están pendientes de mi.

A mi hermano Carlos por enseñarme con el ejemplo.

A mis amigos y familiares por el apoyo en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis Moran Yañez, por su asesoría y buena predisposición.

Al Dr. Cesar Fuentes Ortiz, por ser mi mentor en el mundo de la ingeniería.

Al Ing. Roy Alfaro Torres, por compartirme su experiencia.

A la Ing. Claudia Villanueva, por la información requerida para esta tesis.

A la EPIC, por la resolución inquebrantable de seguir formando más profesionales.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN **13**
1.1 Introducción 13
1.2 Planteamiento del problema. 14
1.2.1 Descripción de la problemática 14
1.2.2 Formulación del problema 16
1.3 Objetivos de la investigación 16
1.4 Importancia y alcance de la investigación 17
1.5 Limitaciones de la Investigación 18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO **19**
2.1 Antecedentes de la investigación 19
2.2 Bases teóricas 25
2.3 Definición de términos 32
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES **35**
3.1 Hipótesis 35
Hipótesis General: 35
Hipótesis Específicos: 35
3.2 Las Variables 35
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS **36**
4.1 Área de estudio. 36
4.2 Diseño de investigación 36
4.2.1 Clasificación de la investigación 36
4.3 Población y Muestra 37
4.4 Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información. 37
a. Procedimiento. 37
a.1 Fase 1. Calidad de representación Gráfica : 37
a.1.1)Consideraciones en el diseño estructural 38
a.1.2)Modelamiento tridimensional de la edificación existente 44
a.1.3)Primera opción de reforzamiento 52
a.1.4)Segunda opción de reforzamiento 61
a.1.5)Diseño de elementos de la primera opción de reforzamiento 73
a.1.6)Diseño de elementos de la segunda opción de reforzamiento 88
a.1.7)Análisis BIM 117
a.2)Fase 2. Optimización de Recursos 120
a.2.1)Costos y/o tiempos del análisis 120
a.3)Fase 3. Eficiencia: 122
a.3.1)Metrados y Cronograma 122
a.3.2)Procedimiento constructivo aplicado al BIM de la primera opción de reforzamiento 122
a.3.3)Procedimiento constructivo aplicado al BIM de la segunda opción de reforzamiento 128
b.Técnicas 135
c.Instrumentos 135
d.Validación de instrumentos 135
e.Confiabilidad 136

CAPÍTULO V: RESULTADOS **137**
5.1)Resultados de la dimensión 1:Calidad de representación gráfica 139
5.1.1)Nivel de Detalle 139
5.1.2)Cantidad de detalles 140
5.2)Resultados de la dimensión 2: Optimización de Recursos 141
5.2.1)Tiempo de análisis 141
5.2.2)Costo de análisis 142
5.3)Resultados de la dimensión 3: Eficiencia 143
5.3.1)Costo de ejecución de obra por alternativa 143
5.3.2)Tiempo de ejecución de obra por alternativa 144
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN **145**
6.1) Discusión de la dimensión 1:Calidad de representación gráfica 145
6.1.1)Nivel de Detalle 145
6.1.2)Cantidad de Detalles 145
6.2) Discusión de la dimensión 2: Optimización de Recursos 147
6.2.1)Tiempo de análisis 147
6.2.2)Costo de análisis 147
6.3) Discusión de la dimensión 3: Eficiencia 147
6.3.1)Costo de ejecución de obra por alternativa 147
6.3.2)Tiempo de ejecución de obra por alternativa 148
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **149**
7.1) Conclusiones 149
7.2) Recomendaciones 151
REFERENCIAS **152**
ANEXOS **157**
ANEXO 1:Matriz de Consistencia 157
ANEXO 2:Operacionalización de la Variable Independiente 158
ANEXO 3:Operacionalización de la Variable Dependiente 159
ANEXO 4: Ficha Técnica del indicador 1:Nivel de Detalle (LOD) Alcanzado 160
ANEXO 5: Ficha Técnica del indicador 2:Cantidad de Detalles 161
ANEXO 6: Ficha Técnica del indicador 3:Tiempo de análisis para la elección de alternativa 162
ANEXO 7: Ficha Técnica del indicador 4:Costo de análisis para la elección de alternativa 163
ANEXO 8: Ficha Técnica del indicador 5:Costo de ejecución de obra por alternativa 164
ANEXO 9: Ficha Técnica del indicador 6:Tiempo de ejecución de obra por alternativa 165
ANEXO 10: Licencia del Software Autocad 166
ANEXO 11: Licencia del Software Revit 167
ANEXO 12: Licencia del Software Naviswork 168
ANEXO 13: Licencia del Software ETABS 169
ANEXO 14: Planos de Levantamiento 170
ANEXO 15: Cronograma de Obra - Primera Opción de Reforzamiento 171
ANEXO 16: Cronograma de Obra - Segunda Opción de Reforzamiento 172
ANEXO 17: Informe del Estudio de Mecánica de Suelos 173
ANEXO 18: Informe Técnico Ensayo no Destructible Esclerometria - Resistencia del Concreto 174
ANEXO 19: Informe Técnico Ensayo de Ultrasonido Resistencia del Concreto 175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Periodos Fundamentales de la estructura actual 47
Tabla 2: Cálculo de la cortante sísmica - estructura actual 48
Tabla 3: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje XX - estructura actual 48
Tabla 4: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje YY - estructura actual 49
Tabla 5: Análisis de derivas admisibles en el eje xx - estructura actual 51
Tabla 6: Análisis de derivas admisibles en el eje yy - estructura actual 51
Tabla 7: Periodos fundamentales de la primera opción de reforzamiento 53
Tabla 8: Cálculo de la cortante sísmica - Primera opción de Reforzamiento 53
Tabla 9: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje XX - Primera opción de Reforzamiento 54
Tabla 10: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje YY - Primera opción de Reforzamiento 55
Tabla 11: Modos y Periodos de la primera opción de reforzamiento 55
Tabla 12: Resumen de cortantes basales - Primera Opción de Reforzamiento 59
Tabla 13: Cortante basal a usar para el diseño - Primera Opción de Reforzamiento 59
Tabla 14: Cálculo de deriva aplicada a la torsión - Primera Opción de Reforzamiento 60
Tabla 15: Verificación de derivas eje X-X - Primera Opción de Reforzamiento 61
Tabla 16: Verificación de derivas eje Y-Y - Primera Opción de Reforzamiento 61
Tabla 17: Periodos fundamentales de la segunda opción de reforzamiento 62
Tabla 18: Cálculo de la cortante sísmica - Segunda opción de Reforzamiento 63
Tabla 19: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje XX - Segunda opción de Reforzamiento 64
Tabla 20: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje YY - Segunda opción de Reforzamiento 64
Tabla 21: Modos y Periodos de la segunda opción de reforzamiento 65
Tabla 22: Resumen de cortantes basales - Segunda Opción de Reforzamiento 69
Tabla 23: Cortante basal a usar para el diseño - Segunda Opción de Reforzamiento 69
Tabla 24: Cálculo de deriva aplicada a la torsión - Segunda Opción de Reforzamiento 70
Tabla 25: Verificación de derivas eje X-X - Segunda Opción de Reforzamiento 71
Tabla 26: Verificación de derivas eje Y-Y - Segunda Opción de Reforzamiento 72
Tabla 27: Hoja de cálculo de las combinaciones de diseño - 1era placa - Primera opción de Ref. 77
Tabla 28: Hoja de cálculo diseño por flexión - Segunda opción de Reforzamiento 91
Tabla 29: Diseño de columna flexocompresión-cortante-capacidad - Segunda opción de Ref. 96
Tabla 30: Diseño por capacidad columna - Segunda opción de Reforzamiento 100
Tabla 31: Aporte del acero columna - Segunda opción de Reforzamiento 101
Tabla 32: Hoja de cálculo - combinaciones de diseño - única placa - Segunda opción de Ref. 105
Tabla 33: Acero instalado eje XX - 1 techo - Segunda opción de Reforzamiento 108
Tabla 34: Diseño por cortante eje XX - 1 techo - Segunda opción de Reforzamiento 109
Tabla 35: Acero instalado eje YY -1 techo - Segunda opción de Reforzamiento 110
Tabla 36: Diseño por cortante eje YY - 1 techo - Segunda opción de Reforzamiento 111
Tabla 37: Acero instalado eje XX -2 techo - Segunda opción de Reforzamiento 112
Tabla 38: Diseño por cortante eje XX - 2 techo - Segunda opción de Reforzamiento 113
Tabla 39: Acero instalado eje YY -2 techo 114
Tabla 40: Diseño por cortante eje YY - 2 techo - Segunda opción de Reforzamiento 115
Tabla 41: Presupuesto elección de reforzamiento - método tradicional 120
Tabla 42: Presupuesto elección de reforzamiento - método con tecnologías BIM 121
Tabla 43: Metrado de concreto para placas 123

Tabla 44: Metrado de acero para placas 124
Tabla 45: Metrado de encofrado para placas 124
Tabla 46: Presupuesto para la primera alternativa de reforzamiento 124
Tabla 47: Metrado de concreto para elementos verticales 129
Tabla 48: Metrado de concreto para vigas 130
Tabla 49: Metrado de acero 130
Tabla 50: Metrado de encofrado en elementos verticales 130
Tabla 51: Metrado de encofrado en vigas 131
Tabla 52: Metrado de demolición de columnas 131
Tabla 53: Metrado de demolición de vigas 131
Tabla 54: Presupuesto para la segunda alternativa de reforzamiento 132
Tabla 55: Nivel de detalle LOD 139
Tabla 56: Cantidad de detalles 140
Tabla 57: Tiempo de análisis 141
Tabla 58: Costo de análisis 142
Tabla 59: Costo de ejecución de obra por alternativa 143
Tabla 60: Tiempo de ejecución de obra por alternativa 144
Tabla 61: Presupuesto de cada alternativa 148
Tabla 62: Plazos de cada alternativa 148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lean Design y su Aplicación a los Proyectos de Edificación 15
Figura 2: Ciclo de vida del Proyecto 27
Figura 3: Informe técnico ensayo de esclerometría 40
Figura 4: Informe técnico ensayo de ultrasonido 41
Figura 5: Estudio de Mecánica de Suelos 41
Figura 6: Análisis de la estructura existente 45
Figura 7:Peso de la edificación con el software ETABS 46
Figura 8:Distribución de fuerzas en altura eje xx - estructura actual 49
Figura 9 : Distribución de fuerzas en altura eje YY - estructura actual 49
Figura 10 : Estructura actual analizada 50
Figura 11 : Derivas en el eje xx - estructura actual 51
Figura 12 : Derivas en el eje yy - estructura actual 51
Figura 13:Peso de la edificación con el software ETABS - Primera opción de Reforzamiento 53
Figura 14: Distribución de fuerzas en altura eje XX - Primera opción de Reforzamiento 54
Figura 15: Distribución de fuerzas en altura eje YY - Primera opción de Reforzamiento 55
Figura 16: MODO 1 – (T = 0.19996) - Primera Opción de Reforzamiento 56
Figura 17: MODO 2 – (T = 0.19088) - Primera Opción de Reforzamiento 56
Figura 18: MODO 3 – (T = 0.06105) - Primera Opción de Reforzamiento 57
Figura 19: Cortante basal en el eje X-X para muros estructurales - Primera Opción de Reforzamiento 57
Figura 20: Cortante basal en el eje Y-Y para muros estructurales - Primera Opción de Reforzamiento 58
Figura 21: Verificación de Torsión eje XX - Primera Opción de Reforzamiento 59
Figura 22: Verificación de Torsión eje YY - Primera Opción de Reforzamiento 59
Figura 23: Cortante basal dinámica - Primera Opción de Reforzamiento 60
Figura 24: Derivas en el eje X-X - Primera Opción de Reforzamiento 60
Figura 25: Derivas en el eje Y-Y - Primera Opción de Reforzamiento 61
Figura 26: Peso de la edificación con el software ETABS - Segunda opción de Reforzamiento 63
Figura 27: Distribución de fuerzas en altura eje XX - Segunda opción de Reforzamiento 64
Figura 28: Distribución de fuerzas en altura eje YY - Segunda opción de Reforzamiento 65
Figura 29:MODO 1 – (T = 0.26523) - Segunda opción de Reforzamiento 66
Figura 30:MODO 2 – (T = 0.20748) - Segunda opción de Reforzamiento 66
Figura 31:MODO 3 – (T = 0.10469) - Segunda opción de Reforzamiento 67
Figura 32: Cortante basal en el eje X-X para columnas - Segunda Opción de Reforzamiento 68
Figura 33: Cortante basal en el eje Y-Y para muros estructurales - Segunda Opción de Reforzamiento 69
Figura 34: Verificación de Torsión eje XX - Segunda Opción de Reforzamiento 70
Figura 35: Verificación de Torsión eje YY - Segunda Opción de Reforzamiento 70
Figura 36: Cortante basal dinámica - Segunda Opción de Reforzamiento 71
Figura 37: Derivas en el eje X-X - Segunda Opción de Reforzamiento 71
Figura 38: Derivas en el eje Y-Y - Segunda Opción de Reforzamiento 72
Figura 39: Asignación de PIER - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento 73
Figura 40: Cuadro de cargas para placas - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento 74
Figura 41: Modelado de placa - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento 75
Figura 42: Diagrama de interacción eje YY - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento 76
Figura 43: Diagrama de interacción eje XX - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento 76

Figura 44: Diagrama de interacción - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento 78
Figura 45: Norma de concreto armado E 060 - Disposiciones especiales para muros 79
Figura 46: Cuadro de cargas de placas - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento 81
Figura 47: Modelado de placa - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento 82
Figura 48: Diagrama de interacción eje XX - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento 83
Figura 49: Diagrama de interacción eje YY - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento 83
Figura 50: Combinaciones de diseño - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento 84
Figura 51: Diagrama de interacción - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento 85
Figura 52: Distribución de placas - 1era placa - Primera opción de reforzamiento 88
Figura 53: Diagrama de momento flector - Segunda opción de Reforzamiento 89
Figura 54: Diagrama de valores máximos y mínimos - Segunda opción de Reforzamiento 89
Figura 55: Acero solicitado - Segunda opción de Reforzamiento 90
Figura 56: Resumen de acero solicitado para 4.5081 tnf-m - Segunda opción de Reforzamiento 90
Figura 57: Resumen de acero solicitado para 2.9549 tnf-m - Segunda opción de Reforzamiento 90
Figura 58: Acero necesario con el software - Segunda opción de Reforzamiento 91
Figura 59: Acero necesario con el software - Segunda opción de Reforzamiento 92
Figura 60: Norma E 060 - Elementos en Flexión (Vigas) - Segunda opción de Reforzamiento 93
Figura 61: Solicitudes de columnas - Segunda opción de Reforzamiento 94
Figura 62: Columna en planta - Segunda opción de Reforzamiento 94
Figura 63: Sección de Columna - Segunda opción de Reforzamiento 95
Figura 64: Diagrama de interacción de la columna ETABS - Segunda opción de Reforzamiento 96
Figura 65: Diagrama de interacción columna eje XX - Segunda opción de Reforzamiento 97
Figura 66: Diagrama de interacción columna eje YY - Segunda opción de Reforzamiento 97
Figura 67: Diagrama de interacción columna - Segunda opción de Reforzamiento 99
Figura 68: Modelado de placa - única placa - Segunda opción de Reforzamiento 102
Figura 69: Diagrama de interacción eje YY - única placa - Segunda opción de Reforzamiento 103
Figura 70: Diagrama de interacción eje XX - única placa - Segunda opción de Reforzamiento 103
Figura 71: Diagrama de interacción - única placa - Segunda opción de Reforzamiento 105
Figura 72: Detalle V1 .30x.60 108
Figura 73: Detalle V2 .30x60 111
Figura 74: Detalle V3 .30x .50 112
Figura 75: Detalle V4 .30x .50 115
Figura 76: Representación de elementos verticales-2da opción de Ref. 116
Figura 77: Modelado de la edificación actual 117
Figura 78: Modelado de la primera opción de reforzamiento 118
Figura 79:Modelado de la segunda opción de reforzamiento 119
Figura 80: Programacion y simulacion real de la primera opción de reforzamiento 126
Figura 81: Proceso constructivo en BIM 127
Figura 82: Programacion y simulacion real de la segunda opción de reforzamiento 133
Figura 83: Proceso constructivo en BIM 134
Figura 84:Vista en planta de levantamiento - Cimentación 137
Figura 85: Vista en planta de levantamiento nivel II 138
Figura 86: Vista en planta de levantamiento nivel III 138
Figura 87: Resultado-Nivel de detalle LOD 139

Figura 88: Resultado-Cantidad de detalles 140
Figura 89: Resultado-Tiempo de análisis 141
Figura 90: Resultado-Costo de análisis 142
Figura 91: Resultado-Costo de ejecución de obra por alternativa 143
Figura 92: Resultado-Tiempo de ejecución de obra por alternativa 144
Figura 93: Representación de las zonas reforzadas - 1era opcion de reforzamiento 146
Figura 94: Representación de las zonas reforzadas - 2da opción de reforzamiento 146

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar de qué manera el uso de las tecnologías BIM contribuye a la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada en Lurigancho-Chosica, Lima. El Tipo de Investigación fue Aplicada, de Nivel Explicativo , el diseño metodológico corresponde a un estudio No Experimental. La población de estudio fueron las edificaciones aporticadas en zonas aledañas en el distrito de Lurigancho Chosica , la muestra estuvo constituida por una edificación educativa aporticada de 02 pisos. Los principales resultados para la investigación fueron; respecto al nivel de detalle se determinó que con el método con tecnologías BIM se alcanzó un nivel de detalle de LOD 500 a diferencia del método tradicional con un nivel de LOD 200. Asimismo respecto al Índice de Eficiencia de Detallado Técnico (IEDT) se alcanzó un 100% con el uso de las tecnologías BIM en comparación al 28% alcanzado con la metodología tradicional. Además en relación a los recursos requeridos para el desarrollo del proyecto de dos alternativas estructurales viables, con el uso de las tecnologías BIM fue de un plazo de 16 días con un costo de S/.4800, en cambio con el sistema tradicional fue de un plazo de 32 dias y costo de S/.9000 . Por último, gracias al uso de la tecnologías BIM se determinó que para la ejecución de la obra , la opción de reforzamiento estructural más eficiente fue la alternativa que incluía la inserción de placas con un tiempo de 74 días y un costo de S/ 80,346.10. Finalmente se demostró que la aplicación de las tecnologías BIM contribuyó en la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada dando resultados viables.

Palabras clave: tecnologías BIM, reforzamiento estructural, edificación aporticada.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine how the use of Building Information Modeling (BIM) technologies contributes to better decision-making in terms of constructability between two structural reinforcement alternatives for a moment-resisting frame building located in Lurigancho-Chosica, Lima. The study was applied in nature, explanatory in level, and employed a non-experimental research design. The study population consisted of frame-structured buildings in surrounding areas of the Lurigancho-Chosica district, and the sample comprised a two-story educational building with a similar structural typology.The main findings of the research were as follows: in terms of the level of detail, the BIM-based method reached a Level of Development (LOD) 500, in contrast to the traditional method, which only achieved LOD 200. Regarding the Technical Detailing Efficiency Index (TDEI), the BIM methodology achieved 100% efficiency, compared to 28% with the traditional approach. Furthermore, concerning the resources required for the development of two viable structural alternatives, the BIM-based process required 16 days and a cost of S/. 4,800, whereas the traditional system required 32 days and S/. 9,000.Finally, thanks to the use of BIM technologies, it was determined that the most efficient structural reinforcement alternative for the execution phase was the one involving the insertion of shear walls, with a construction time of 74 days and a cost of S/. 80,346.10. In conclusion, the application of BIM technologies significantly contributed to a more informed and effective selection in terms of constructability between two structural reinforcement alternatives for a moment-resisting frame building, providing technically and economically viable results.

Keywords: BIM technologies, structural reinforcement, building with porticos.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La presente investigación tiene como objetivo analizar y comparar alternativas de reforzamiento estructural para una edificación aporticada en Lurigancho-Chosica, Lima, empleando la tecnología Building Information Modeling (BIM).

Dado el constante avance tecnológico y la creciente competitividad en la industria de la construcción, se hace indispensable adoptar herramientas innovadoras que optimicen los procesos de diseño, ejecución y gestión de obras. En este contexto, surge la interrogante central del estudio: ¿De qué manera la aplicación de tecnologías BIM contribuirá a la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de reforzamiento estructural para una edificación aporticada?

Para responder a esta pregunta, se realizó un análisis detallado de antecedentes nacionales e internacionales, identificando los beneficios y limitaciones del uso de BIM en proyectos de reforzamiento estructural. La investigación se fundamenta en bases teóricas que permiten entender el impacto de esta tecnología en la optimización del diseño, la reducción de costos y tiempos, y la mejora en la precisión de los metrados y programación de obra.

El estudio adopta un enfoque científico y aplicado, con un diseño experimental y de corte transversal, que permite evaluar y comparar las alternativas de reforzamiento estructural en función de su eficiencia constructiva y viabilidad técnica.

Para ello, se emplean herramientas BIM que facilitan la simulación y análisis del comportamiento estructural de cada opción, permitiendo una toma de decisiones más fundamentada.

Asimismo, se presentan los recursos utilizados en la investigación, incluyendo el presupuesto estimado y la planificación de actividades.

Finalmente, se exponen los resultados obtenidos y su impacto en la industria de la construcción, destacando la importancia de la implementación de BIM como una tecnología clave en la optimización de procesos constructivos.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 Descripción de la problemática

El avance tecnológico y la creciente competencia en el mercado exigen respuestas rápidas y eficientes a las demandas actuales. Es fundamental optimizar procesos para mejorar la calidad de vida, reducir costos y acortar tiempos de ejecución. En este contexto, el sector de la construcción, uno de los principales generadores de empleo en el Perú, ha experimentado una evolución significativa. Estos cambios han impulsado a los profesionales del rubro a adaptarse y mejorar sus métodos de trabajo, lo que ha llevado a que los proyectos constructivos sean cada vez más complejos, variados y sofisticados.

En el Perú, la fuerte competencia en el sector de la construcción ha puesto en evidencia diversos problemas en los proyectos, especialmente en lo que respecta a la elaboración de los expedientes técnicos. Estas deficiencias suelen ocasionar demoras en la ejecución y generar sobrecostos que, en muchos casos, resultan difíciles de gestionar. Sin embargo, estos inconvenientes podrían reducirse considerablemente si se implementaran desde el inicio del proyecto buenas prácticas de gestión y control, asegurando así una planificación más eficiente y una ejecución más ordenada.

Esta situación se evidencia en las deficiencias que surgen durante la ejecución de las obras, donde se detectan numerosas inconsistencias que generan retrasos, modificaciones y ajustes en el desarrollo del proyecto. Como resultado, es necesario replantear el diseño, lo que no solo incrementa el tiempo de ejecución y los costos, sino que también representa una mayor carga de trabajo para el equipo responsable de la planificación y proyección.

Un estudio realizado señala tres factores clave que afectan el desarrollo adecuado de un proyecto durante su fase de ejecución: la falta de información precisa en los detalles de los elementos, la carencia de planos con un nivel de detalle adecuado y los problemas de compatibilidad entre las distintas especialidades involucradas. (Salinas et al., 2013).

La recurrencia de estos problemas ha impulsado la difusión y adopción del concepto BIM en los últimos años, logrando un mayor aprovechamiento de sus beneficios gracias al desarrollo tecnológico y la mejora en la interconectividad.

“Los problemas comunes en la construcción, es debido a un mal diseño, en la que señala que el 35% de problemas en la construcción son causados por las incompatibilidades que existen entre los planos de las distintas especialidades”. (Vásquez, 2015).

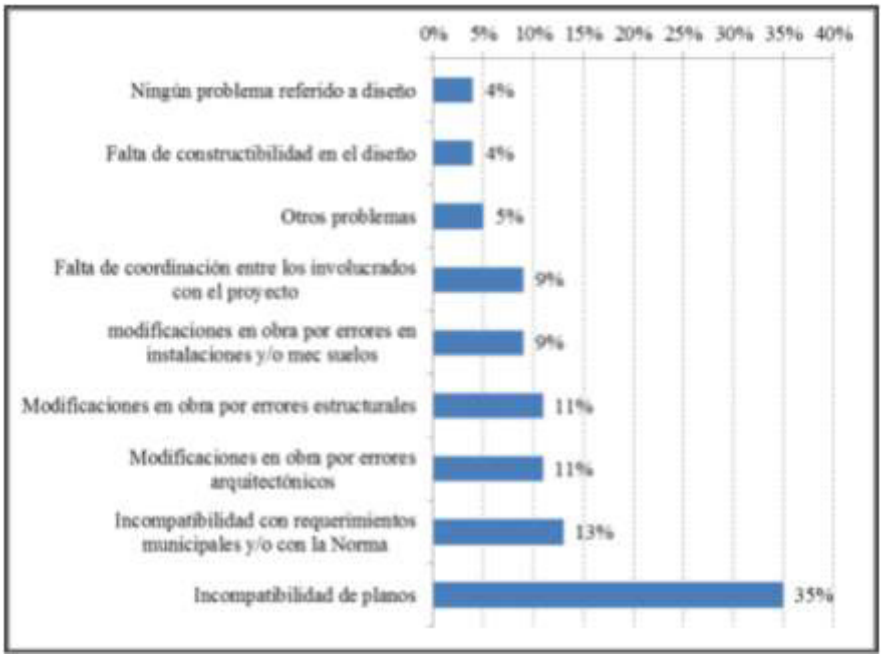


Figura 1: Lean Design y su Aplicación a los Proyectos de Edificación

Nota:Tomado de "LEAN DESIGN" y su aplicación a los proyectos de edificación ,por Vásquez,2015. El gráfico muestra los problemas más comunes en la construcción.

Este hallazgo pone en evidencia las deficiencias en la planificación y diseño de los proyectos de construcción en el país, resaltando la urgencia de implementar indicadores de calidad y productividad que permitan una mejor coordinación de la información.

Lima, siendo la ciudad con mayor población en el país, presenta un alto nivel de desarrollo urbanístico y un constante crecimiento demográfico. Esta situación ha incrementado la demanda por edificaciones en altura, impulsando a las empresas a optimizar la calidad de sus infraestructuras y a responder con mayor rapidez a proyectos inmobiliarios de gran escala para lograr una reducción de costos.

Teniendo en cuenta este contexto, la adopción de la tecnología Building Information Modeling (BIM) se presenta como una respuesta eficaz a las necesidades actuales del sector. Su aplicación permite transformar, crear y administrar la información del proyecto en todas sus fases, utilizando diversas herramientas de modelado virtual en tiempo real que optimizan los procesos de diseño y ejecución.

1.2.2 Formulación del problema

Problema General:

Pg: ¿De qué manera la aplicación de tecnologías BIM contribuirá a la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada?

Problemas Específicos:

- Pe1: ¿En qué medida la aplicación de las tecnologías BIM mejorará la representación de las zonas a reforzar para las 2 alternativas de reforzamiento estructural de la edificación aporticada?
- Pe2: ¿En cuánto reducirá la aplicación de las tecnologías BIM los costos y/o tiempos en la etapa de diseño, elección y programación entre las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada?
- Pe3: ¿Cómo contribuirá la aplicación de las tecnologías BIM en la obtención de metrados y programaciones de obras para las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo General:

Og: Determinar de qué manera el uso de las tecnologías BIM contribuirá a la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.

Objetivos Específicos:

- Oe1:Analizar en qué medida la aplicación de las tecnologías BIM mejorará la representación de las zonas a reforzar para las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.
- Oe2: Calcular en cuánto reducirá la aplicación de las tecnologías BIM los costos y/o tiempos para la etapa de diseño, elección y programación entre las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.
- Oe3: Precisar de qué forma la aplicación de las tecnologías BIM ayudará en la obtención de metrados y programaciones de obras para las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.

1.4 Importancia y alcance de la investigación

Esta investigación contribuirá al sector de la construcción al promover el uso de una herramienta que facilitará el aumento de la rentabilidad en los proyectos ejecutados en el Perú, garantizando eficiencia y altos estándares de calidad. Además, fomentará nuevas oportunidades laborales mediante la adopción de mejores prácticas en la industria.

Otro aspecto fundamental es la importancia de incorporar herramientas tecnológicas avanzadas que se ajusten a nuestra realidad. Un claro ejemplo de ello es la implementación de BIM, una de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) más relevantes, que contribuye significativamente a optimizar los procesos convencionales en el sector de la construcción.

Para este propósito, la información obtenida a través de fuentes en Internet resultó valiosa; sin embargo, en muchos casos era demasiado teórica, poco contextualizada y no se ajustaba a la realidad específica de nuestro entorno.

En respuesta a la necesidad de abordar un problema muy común y arraigado en la práctica de la construcción en el país, se ha identificado una serie de dificultades persistentes. Estos problemas incluyen incompatibilidades, falta de información, malas decisiones entre alternativas y falta de constructibilidad en los documentos de diseño e ingeniería. Aunque estas dificultades han existido desde hace mucho tiempo, han sido aceptadas como parte habitual de la actividad constructiva en el país, lo que ha generado innumerables pérdidas económicas en proyectos tanto públicos como privados.

Gracias al notable avance tecnológico, las soluciones ya están al alcance de los profesionales en forma de propuestas viables. Solo es necesario que estas soluciones se

adapten a la cultura y a las formas de gestión de proyectos de construcción del país. Al lograr una fusión inicial entre las prácticas cotidianas y las nuevas metodologías, se puede avanzar hacia la adopción completa de las tecnologías emergentes en el futuro.

1.5 Limitaciones de la Investigación

Este estudio aporta un análisis detallado sobre el uso de tecnologías BIM en el reforzamiento estructural; sin embargo, presenta restricciones relacionadas con el alcance geográfico, la disponibilidad de datos, las herramientas tecnológicas utilizadas, los recursos disponibles y la influencia del factor humano.

A continuación, se describen estas limitaciones:

Restricción geográfica: El estudio se focaliza en una edificación aporticada ubicada en Lurigancho-Chosica, Lima, lo que puede dificultar la extrapolación de los hallazgos a otras regiones con características estructurales, normativas o climáticas distintas.

Dependencia de la disponibilidad de datos: La exactitud de los análisis y resultados obtenidos está condicionada por la cantidad y calidad de la información recopilada, lo que podría influir en la fiabilidad de las conclusiones del estudio.

Limitaciones tecnológicas: La investigación se apoya en herramientas y software BIM específicos, por lo que los resultados pueden variar en función de la versión del programa, sus capacidades y las configuraciones utilizadas.

Influencia del factor humano: La implementación y aplicación de las tecnologías BIM dependen del nivel de conocimiento y experiencia de los profesionales involucrados, lo que podría incidir en la interpretación de los resultados y en la validación de los modelos generados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Ámbito internacional

Según BuildingSMART Spain (2024) en su informe "*El Informe de Situación BIM España 2024"*,ofrece una visión actualizada sobre el avance de la implementación de BIM en el sector de la construcción. De acuerdo con el informe, un 32% de las organizaciones ya lo han adoptado formalmente, mientras que otro 26% se encuentran en proceso de implementación. Las principales razones para incorporar esta metodología incluyen la mejora en la coordinación entre disciplinas, la detección anticipada de errores durante la fase de diseño y la reducción de sobrecostos en obra. Además, BIM ha demostrado ser útil para optimizar los tiempos de ejecución y facilitar una planificación más realista de los recursos necesarios.

No obstante, el informe también resalta varios obstáculos que dificultan una adopción más generalizada. Entre ellos se encuentran la falta de estandarización en los procesos, la escasez de personal capacitado y la resistencia al cambio en algunas organizaciones, especialmente en las pequeñas y medianas empresas. Estos factores limitan el potencial de la metodología y muestran que, más allá de la tecnología, se requiere una transformación cultural y organizativa profunda para aprovechar plenamente sus beneficios.

Contreras Varas (2024) en su investigación titulada "*Aplicación de la metodología BIM en proyectos inmobiliarios de conjuntos habitacionales en extensión",*de la Universidad de Chile*,* investigó la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en proyectos inmobiliarios, centrándose en la expansión de conjuntos habitacionales. La investigación se basó en un modelo de condominio ficticio de 10 casas para evaluar el impacto de BIM en la organización y gestión del proyecto a lo largo de 8 etapas de planificación. Los resultados mostraron que BIM favoreció la colaboración interdepartamental, mejorando la coordinación entre arquitectos, ingenieros y constructores, lo que redujo errores y mejoró la eficiencia operativa.

Además, la implementación de BIM permitió detectar interferencias en etapas tempranas, lo que contribuyó a la reducción de costos y tiempos de ejecución. También destacó la contribución de BIM a la sostenibilidad, al permitir simular el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos. Sin embargo, señaló que la falta de capacitación y la resistencia al cambio son barreras importantes para su adopción.

En un estudio realizado por Yepes (2022) en su artículo "*Integración de la rehabilitación estructural de edificios en los entornos BIM",* de la Universidad Politécnica De Valencia en España, se analizó cómo integrar la rehabilitación estructural de edificios dentro de los entornos de Building Information Modeling (BIM). El objetivo principal de la investigación fue eliminar redundancias en los programas utilizados y centralizar tanto el almacenamiento de la información como el análisis de los datos. Este enfoque buscó mejorar la coordinación entre las diferentes disciplinas que participan en el proceso de rehabilitación, optimizando la eficiencia en el diseño y la ejecución de los proyectos.

Además, se subrayó cómo la adopción de BIM en la rehabilitación estructural contribuye a la sostenibilidad al hacer un uso más eficiente de los recursos y permitir una mejor toma de decisiones durante todo el ciclo de vida del edificio. Gracias a la integración de BIM, los proyectos de rehabilitación estructural pueden beneficiarse de una mayor precisión y coordinación, lo que ayuda a reducir los errores y a mejorar la calidad en la ejecución.

Donoso Pichucho y Vélez Párraga (2022) en su investigación "*Implementación de la metodología BIM como herramienta en la planificación de la construcción mediante el software Autodesk Revit. Caso de estudio: proyecto de vivienda multifamiliar en el sector Batan San José de la ciudad de Riobamba",*de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, exploraron la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en un proyecto de vivienda multifamiliar en la ciudad de Riobamba, Ecuador. El estudio se centró en el uso del software Autodesk Revit como herramienta principal para la planificación de la construcción. Uno de los aspectos clave de la investigación fue cómo BIM facilitó la modelación tridimensional (3D) del proyecto, lo que permitió a los ingenieros y arquitectos una representación visual detallada de todos los elementos involucrados en el diseño del edificio. Esta visualización fue esencial para mejorar la coordinación entre las diferentes disciplinas del proyecto, como la estructural, la arquitectónica y la de instalaciones.

El estudio también destacó que la detección temprana de conflictos fue una de las principales ventajas de utilizar BIM en este tipo de proyectos. Al trabajar con un modelo digital, se pudieron identificar posibles errores de diseño y problemas de coordinación que, de no haberse detectado, podrían haber causado retrasos o sobrecostos durante la construcción. Esto permitió a los equipos de trabajo corregir las inconsistencias antes de que se convirtieran en problemas más graves, mejorando la eficiencia y reduciendo el riesgo de errores durante la ejecución del proyecto.

Además, los investigadores subrayaron cómo BIM contribuyó a una gestión más eficiente del proyecto, ya que permitió realizar un seguimiento preciso del progreso de la obra, la distribución de recursos y el cumplimiento de los plazos. Al utilizar un enfoque colaborativo basado en un modelo compartido, los equipos pudieron mantener una comunicación más fluida y reducir la posibilidad de malentendidos o cambios de última hora. En resumen, este estudio demuestra cómo la implementación de BIM en proyectos de vivienda multifamiliar puede optimizar significativamente tanto el proceso de diseño como el de ejecución, mejorando la calidad, reduciendo costos y evitando errores costosos.

Buñay Orozco y Quisiguiña Guevara (2021) en su investigación "*Aplicación de la metodología BIM para la planificación de proyectos de construcción desde la etapa de factibilidad hasta la presentación de documentos al ente de regulación previo a la construcción. Caso de estudio: edificio Lluma, ubicado en la ciudad de Riobamba-Ecuador",*de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, analizaron de forma detallada el uso de la metodología Building Information Modeling (BIM) como herramienta de planificación en el desarrollo del edificio Lluma, un proyecto de vivienda multifamiliar ubicado en la ciudad de Riobamba, Ecuador. A diferencia de muchas investigaciones que solo se enfocan en la etapa de diseño o construcción, este estudio consideró una visión mucho más amplia e integral: el uso de BIM desde la etapa de factibilidad del proyecto hasta la presentación formal de documentos ante los organismos reguladores del país. Esta perspectiva permitió evaluar no solo los beneficios técnicos de la herramienta, sino también su aporte en el cumplimiento de normativas y procesos administrativos previos a la ejecución de obra.

Uno de los aspectos más relevantes del estudio fue la adopción de estándares internacionales, como el Plan BIM de Chile y la norma ISO 19650, los cuales fueron adaptados al contexto ecuatoriano. Esta fusión entre buenas prácticas globales y condiciones locales aportó una estructura metodológica sólida, que permitió mejorar la calidad de los entregables, reducir errores en la documentación técnica y optimizar los tiempos de aprobación ante entidades reguladoras. Asimismo, la implementación del software Autodesk Revit como soporte tecnológico del proceso facilitó una representación tridimensional precisa del proyecto, integrando todas las disciplinas (arquitectura, estructuras, instalaciones) en un solo modelo colaborativo.

Los resultados de la investigación mostraron que la metodología BIM no solo ayudó a detectar conflictos entre especialidades de forma anticipada, sino que también permitió

generar documentación clara y coordinada, lo que redujo retrabajos y evitó retrasos posteriores. Además, se destacó que, al trabajar bajo un enfoque BIM desde fases tan tempranas, se logró una mejor comunicación entre los actores del proyecto, incluyendo diseñadores, ingenieros y autoridades municipales. En consecuencia, la eficiencia general del proyecto mejoró, y se fortaleció el control de calidad tanto en la planificación como en la gestión documental. Este estudio demuestra que la implementación temprana de BIM, alineada con estándares internacionales, no solo optimiza los procesos técnicos de un proyecto, sino que también facilita la gestión administrativa y normativa en proyectos de vivienda multifamiliar.

Rodríguez (2021) en su investigación "*Implementación de la metodología BIM en el desarrollo del proyecto estructural de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Tunja*", de la Universidad Santo Tomás de Colombia, desarrolló un estudio enfocado en la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el ámbito estructural de un proyecto de vivienda multifamiliar de cuatro niveles en la ciudad de Tunja, Colombia. A diferencia de muchas investigaciones centradas en aspectos generales del diseño arquitectónico o la coordinación de especialidades, esta propuesta se enfocó de forma específica en el desarrollo del modelo estructural, lo que representa una contribución significativa al estudio de BIM aplicado a la ingeniería civil. El propósito principal fue demostrar cómo el uso de esta tecnología podría mejorar la calidad del diseño estructural y facilitar su ejecución en obra.

Para lograr estos objetivos, el autor utilizó Autodesk Revit 2020, apoyándose en la extensión Naviate Rebar, una herramienta especializada para el modelado de armaduras. Esto permitió generar un modelo 3D del sistema estructural con un alto nivel de detalle, incorporando tanto información geométrica como datos alfanuméricos sobre los elementos constructivos. Gracias a esta metodología, fue posible identificar de forma temprana posibles interferencias entre elementos estructurales, como columnas, vigas y placas, y otros sistemas del edificio, como instalaciones eléctricas o sanitarias. Esta capacidad de detección temprana de conflictos representa una de las ventajas más relevantes de BIM, ya que previene errores que, en la práctica tradicional, suelen descubrirse en plena obra, cuando ya es más costoso y problemático resolverlos.

Además, el estudio demostró que BIM facilita una mejor coordinación interdisciplinaria. Al tener toda la información centralizada en un solo modelo, los distintos profesionales involucrados en el proyecto pudieron trabajar de manera más fluida, compartiendo avances

y detectando inconsistencias desde fases tempranas. Esto no solo optimizó la calidad del diseño estructural, sino que también permitió una gestión más eficiente del proyecto, al reducir el tiempo invertido en correcciones, mejorar la comunicación entre equipos y facilitar la toma de decisiones basadas en datos precisos y visualizaciones claras.

En términos generales, esta investigación evidencia cómo la metodología BIM, aplicada al diseño estructural de un edificio multifamiliar, puede reducir riesgos, optimizar tiempos y minimizar costos, además de mejorar la calidad y coherencia del proyecto. Al integrar tecnología y metodología en un entorno colaborativo, el uso de BIM se consolida como una herramienta clave no solo para arquitectos y proyectistas, sino también para los ingenieros estructurales que buscan precisión, control y eficiencia en sus proyectos.

Pacheco (2020) , en su investigación "*Aplicación de la metodología BIM para el diseño estructural, la detección y solución de interferencias en los procesos constructivos*", de la Universidad Nacional Autónoma de México, demostró que la aplicación de la metodología BIM permitió identificar con mayor claridad y precisión las zonas críticas que requerían reforzamiento estructural. Gracias a la visualización tridimensional y a la detección anticipada de interferencias, se logró optimizar tanto el diseño como los procesos constructivos, reduciendo errores y mejorando la coordinación entre disciplinas.

Sholeh et al. (2020),en su investigación "*Effect of Building Information Modeling (BIM) on reduced construction time-costs: a case study*", analizó el impacto del uso de la metodología BIM en la reducción de los costos y tiempos de construcción. A través de un estudio de caso, se demostró que la implementación de BIM permitió reducir los costos en un 52.36% y acortar los plazos de ejecución en un 50% en comparación con métodos tradicionales. Estos resultados destacan la eficacia de BIM en la optimización de recursos y tiempos en proyectos de construcción.

Ámbito Nacional

Reyes Villarreal (2021) en su tesis titulada " *Implementación de la metodología BIM en el edificio multifamiliar Don Antonio en San Miguel, Lima 2020*", de la Universidad Privada del Norte, analizó cómo la aplicación de la metodología BIM puede mejorar la gestión de costos y la detección de interferencias en el diseño de edificaciones multifamiliares, centrándose específicamente en el caso del edificio Don Antonio, ubicado en el distrito limeño de San Miguel. A través del uso del software Autodesk Revit, se modeló el edificio en tres dimensiones, permitiendo generar un metrado detallado y preciso de todos los

elementos constructivos. Esta información fue clave para calcular el presupuesto de obra de manera más exacta y confiable desde etapas tempranas del proyecto.

Uno de los resultados más significativos fue que, gracias al uso de BIM, se logró reducir en un 4.53% el costo estimado del proyecto en comparación con el presupuesto inicial. Esto demuestra que, al contar con información más precisa, se puede optimizar el uso de los recursos económicos y evitar sobrecostos innecesarios. Además, la investigación incorporó el uso de Navisworks para realizar la detección de interferencias entre las distintas especialidades técnicas del proyecto. Se identificaron numerosos conflictos, especialmente en las instalaciones sanitarias, que representaron cerca del 80% de las interferencias encontradas. Resolver estos problemas en fase de diseño evitó correcciones más costosas durante la ejecución.

En términos generales, la investigación evidencia cómo BIM no solo permite mejorar la calidad técnica de los planos y el diseño, sino que también aporta herramientas concretas para una mejor planificación, coordinación y control de costos. La experiencia desarrollada en este proyecto en Lima sirve como un ejemplo claro de cómo la metodología puede aplicarse de forma efectiva en el sector de vivienda en Perú, impulsando una forma de construir más ordenada, eficiente y basada en la prevención de errores antes de que lleguen a la obra.

Mendoza (2020) en su investigación "*Aplicación de la metodología BIM para la etapa de planificación y control de obra bajo lineamientos Lean Construction en proyectos multifamiliares*", de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas , se investigó la integración de las metodologías BIM y Lean Construction en proyectos de vivienda multifamiliar en Lima Metropolitana. El estudio demostró cómo esta combinación mejora la planificación y control de obra, al reducir desperdicios y aumentar la eficiencia. La aplicación de BIM permitió obtener metrados precisos, verificar el diseño y detectar interferencias antes de la construcción, lo que facilitó la coordinación entre equipos.

La investigación utilizó diez proyectos como base, y se demostró que el uso de BIM mejoró la organización de los procesos constructivos y permitió una mayor comunicación entre disciplinas, reduciendo conflictos durante la obra. Esta implementación optimizó tanto el tiempo como los recursos disponibles.

Los resultados mostraron que la combinación de BIM y Lean Construction permitió cumplir con los plazos de ejecución y mantenerse dentro del presupuesto al identificar y corregir problemas en las etapas iniciales, lo que evitó retrabajos y sobrecostos.

Cabrera (2020) en su investigación titulada "*Implementación de la metodología BIM en el Perú: Una revisión",*de la Universidad Nacional de Jaén*,* estudió la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción en Perú, centrándose especialmente en su uso en proyectos de inversión pública. El estudio reveló que, aunque BIM se utiliza de manera más frecuente en proyectos privados, en el sector público su aplicación aún se limita principalmente a la fase de licitación, lo que afecta la calidad y la eficiencia de los proyectos en general. Este enfoque restringido impide que se aprovechen los beneficios completos de BIM a lo largo de todo el ciclo del proyecto.

Una de las principales ventajas de BIM identificadas en la investigación es su capacidad para crear modelos arquitectónicos detallados y analizar las posibles incongruencias durante las etapas iniciales de diseño, lo que mejora la planificación y ejecución. Sin embargo, el estudio también resaltó ciertos desafíos, como la complejidad inherente a los componentes de BIM y la falta de capacitación especializada, que son barreras significativas para su correcta implementación en el sector público.

Esta implementación más integral de BIM permitiría una gestión más eficiente de los proyectos y una mejora notable en la calidad de la infraestructura pública en el Perú.

Pérez (2024) en su investigación "*Comparación del desarrollo del expediente técnico con metodología BIM y método tradicional en proyectos de construcción*"*, d*e la Universidad Nacional de Ingeniería, realizó una comparación entre ambos métodos en proyectos de construcción y encontró que el uso de BIM permitió reducir el plazo de elaboración del expediente técnico en hasta un 30%, además de lograr un ahorro en costos cercano al 20%. Estas mejoras se atribuyen a una planificación más precisa, detección temprana de interferencias y una mejor coordinación entre las disciplinas involucradas, lo que contribuye a optimizar tanto los recursos como el tiempo de ejecución del proyecto.

2.2 Bases teóricas

Los programas que emplean tecnología BIM se distinguen por su capacidad de integrar modelos virtuales compuestos por objetos paramétricos, los cuales se comportan de acuerdo con los requerimientos del diseño, análisis y pruebas del proyecto. Este enfoque permite simular de manera precisa las condiciones reales en las que se ejecutará una obra de ingeniería. A diferencia de los modelos tridimensionales convencionales, que solo generan representaciones visuales del proyecto, BIM utiliza un modelo 3D inteligente que no solo considera la geometría, sino también datos asociados. Esto garantiza una conexión en tiempo real entre el modelo y una base de datos, permitiendo una actualización constante y sincronizada.

Una de las teorías más destacadas sobre el funcionamiento de la tecnología BIM es la planteada por la Fundación Laboral de la Construcción de España. En su propuesta, resalta la conexión entre un modelo BIM y los modelos de las distintas disciplinas involucradas en un proyecto, destacando la relevancia de esta integración para lograr una gestión más eficiente y coordinada.

De acuerdo con la Fundación Laboral de la Construcción de España, este equipo señala que:

"De esta forma, se integran todas las disciplinas que componen un proyecto de edificación o infraestructuras, permitiendo a todos los agentes integrantes en el mismo (proyectistas, constructores y demás profesionales implicados) acceder y modificar virtualmente su desarrollo, con un exhaustivo nivel de detalle".

Hoy en día, el uso de herramientas CAD es común en la mayoría de las empresas de ingeniería, arquitectura y construcción, por lo que su presencia no representa una novedad. Sin embargo, el desafío radica en que muchas compañías siguen llevando a cabo sus procesos de la misma manera que en el pasado, cuando se utilizaban mesas de dibujo. En estos casos, simplemente han reemplazado las tareas manuales por digitales, sin abordar realmente los problemas actuales del sector.

En este sentido, BIM es un concepto que puede resultar complejo de comprender, ya que no cuenta con una única definición ni con una interpretación universalmente aceptada.

En el desarrollo del modelado de una estructura utilizando software BIM, el primer paso consiste en la creación de un único modelo tridimensional que representa integralmente el proyecto de construcción. En este modelo se incorpora toda la información relevante del

proyecto, incluyendo elementos como el terreno, las estructuras, los muros, las divisiones, carpinterías, instalaciones y mobiliario, entre otros.

Además de sus atributos geométricos y visuales, estos modelos incorporan información sobre las propiedades funcionales y físicas de cada material o producto, como su peso, resistencia, fabricante y referencia. Esto amplía significativamente las posibilidades de aplicación y se convierte en un elemento fundamental para la industrialización del sector de la construcción.

Del mismo modelo tridimensional se obtiene toda la información necesaria para la construcción, incluyendo planos generales, planos detallados, presentaciones, infografías, mediciones, y cálculos de materiales y volúmenes de obra. Además, este modelo permite analizar y evaluar diferentes aspectos antes de la fase de ejecución, como la viabilidad técnica y la detección de interferencias. Esto facilita la identificación y resolución de problemas desde la etapa de diseño, cuando las decisiones tienen un mayor impacto en los costos, plazos y sostenibilidad del proyecto.

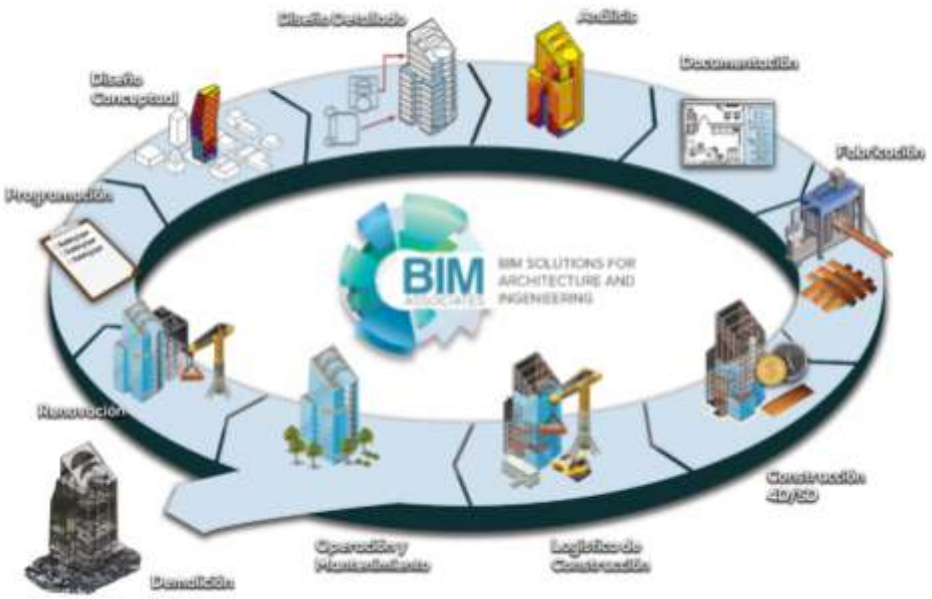


Figura 2: Ciclo de vida del Proyecto

Nota. En la figura se muestra el ciclo de vida de un proyecto. Consulting & Construction.

La figura ilustra el funcionamiento de un software basado en la metodología con tecnologías BIM, el cual abarca diversas etapas del ciclo de vida de un proyecto. Inicia con la programación y el diseño conceptual, seguido por un diseño detallado y un análisis estructural. También incluye la generación de documentación, como planos y reportes, y abarca procesos de fabricación y construcción. Además, integra la gestión del tiempo (4D) y la gestión económica (5D), así como la planificación logística. Finalmente, contempla la operación, el mantenimiento y, en las fases finales, la demolición y renovación del proyecto.

A continuación, se aclarará cada proceso con sus definiciones.

- **Planificación:** Consiste en recopilar y organizar toda la información esencial para dar inicio al proyecto.
- **Diseño Preliminar:** En esta fase se elaboran los primeros bocetos y se representan gráficamente los datos obtenidos en la etapa anterior.
- **Diseño Detallado:** Se amplía el nivel de detalle del proyecto, incorporando todos los elementos necesarios para su correcta ejecución y operación.
- **Evaluación:** En este punto se verifica la funcionalidad del diseño, incluyendo análisis estructurales, de sostenibilidad y otros aspectos técnicos.
- **Generación de Documentos:** Se organiza y almacena toda la información obtenida durante el modelado y la planificación del proyecto.
- **Producción:** Se generan los datos relacionados con la fabricación de los distintos componentes, tanto en el sitio de la obra como en fábricas externas.
- **Gestión de Construcción 4D/5D:** Se realizan estimaciones de costos, cronogramas y planificación financiera de la obra.
- **Logística y Ejecución:** Se coordina todo lo necesario para llevar a cabo la construcción, incluyendo el montaje y desmontaje de equipos como andamios, grúas y áreas temporales para el personal.
- **Gestión Operativa:** Se integran estrategias para el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, además de inspecciones y administración de residuos.
- **Renovación, Reutilización o Demolición:** Se planifican acciones para la remodelación, reutilización de materiales o, en caso necesario, la demolición total de la edificación al finalizar su vida útil, permitiendo reiniciar el ciclo constructivo.

Evolución del BIM

El modelado paramétrico posibilita la definición de restricciones que generan un modelo basado en una base de datos dinámica, estrechamente ligada a la geometría del proyecto. Esta innovación solucionó la falta de información procesable en entornos digitales, permitiendo a la industria sustituir los dibujos en distintas escalas y en planos individuales. Como resultado, se logró reducir significativamente el tiempo empleado en la redigitalización manual, optimizando así los procesos de diseño y documentación.

Para comprender mejor esta evolución, es útil analizarla a través de una línea de tiempo como la que se presenta a continuación.

- 1957: Surge el primer software comercial de fabricación asistida por computadora (CAM).
- 1963: Se desarrolla "Sketchpad", el primer software de diseño asistido por computadora (CAD) con una interfaz gráfica de usuario.
- 1975: Charles Eastman publica un documento en el que describe un prototipo llamado Building Description System (BDS).
- 1982: Gábor Bojár inicia el desarrollo de ArchiCAD.
- 1987: Se lanza al mercado ArchiCAD, convirtiéndose en el primer software BIM disponible para computadoras personales.
- 1988: Se introduce Pro/ENGINEER, reconocido como el primer software de modelado paramétrico comercializado en la historia de BIM.
- 1993: Se presenta el Asesor de Diseño de Edificios en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, un software que permitía realizar simulaciones y sugerir soluciones basadas en un modelo.
- 1997: ArchiCAD lanza su primera solución de trabajo en equipo basada en el intercambio de archivos.
- 2001: NavisWorks desarrolla y comercializa JetStream, un software de revisión de diseño 3D con herramientas para la navegación en CAD.
- 2012: Autodesk crea Formit, una aplicación diseñada para la concepción de modelos BIM en dispositivos móviles.

BIM en la actualidad

BIM representa una oportunidad única para optimizar la productividad y reducir costos en todas las etapas del sector de la construcción, beneficiando significativamente los procesos desde su implementación.

De acuerdo con una encuesta realizada por el Timetric Construction Intelligence Center (CIC), se respalda que: “La mayoría de los encuestados de la industria de la construcción dijeron que creen que BIM es el "futuro de la industria". El 49% de los encuestados ya usaba BIM, mientras que otro 10% dijo que planeaba utilizar BIM en un año”. (Slowey, 2017).

Es posible observar el estado actual de esta tecnología a nivel global, y el artículo destaca que la reducción de costos y la mejora en la eficiencia fueron los factores clave que motivaron a los encuestados a adoptar BIM.

“En junio, Research and Markets informó que el mercado internacional BIM, liderado por la región de Asia y el Pacífico, debería alcanzar los $11.700 millones para 2022, una tasa de crecimiento del 21,6% entre 2016 y 2022” (Slowey, 2017).

A partir de lo mencionado, se puede apreciar que la tecnología BIM está en constante expansión en diversos sectores de la construcción a nivel global. En particular, su adopción en Asia ha sido favorecida por la implementación de normativas emergentes, el crecimiento del mercado inmobiliario y el reconocimiento, por parte de contratistas y otros profesionales del sector, de las ventajas que ofrece esta metodología.

BIM en Latinoamérica

“Latinoamérica sólo tiene proyectado el 4% de la utilización de tecnología BIM a nivel mundial, siendo Chile y Brasil los países con más implementación de estas herramientas tecnológicas. En Colombia, desafortunadamente no se cuentan con estudios recientes para medir estos indicadores, pero lo que sí es claro es que las grandes constructoras nacionales están implementando estas tecnologías y entrenando recursos para hacer sus empresas más productivas y competitivas, por otro lado, las multinacionales están adoptando estas metodologías por mandato de directrices a nivel mundial”. (Díaz, 2018).

En el mercado latinoamericano, se dispone de una amplia gama de herramientas diseñadas para facilitar la ejecución de proyectos mediante el uso de tecnologías BIM.

ArchiCAD:

ArchiCAD es un software de diseño arquitectónico BIM CAD desarrollado por la empresa húngara Graphisoft, compatible con sistemas operativos Macintosh y Windows. Esta herramienta proporciona soluciones especializadas para gestionar tanto la estética como la ingeniería a lo largo de todo el proceso de diseño de entornos construidos, incluyendo edificaciones, interiores y áreas urbanas. Su desarrollo se inició en 1982 para el Apple Macintosh original y es reconocido como el primer software de CAD en una computadora personal capaz de generar tanto dibujos en 2D como geometría 3D paramétrica.

Autodesk Revit:

Este software fue desarrollado específicamente para el trabajo en modelado BIM. Cuenta con un motor de cambios paramétricos y una base de datos relacional que organiza y gestiona la información necesaria para el diseño arquitectónico, la construcción y la ingeniería de una edificación, abarcando todas sus especialidades. Permite la creación de diseños a partir de objetos inteligentes y tridimensionales, los cuales están interconectados para actualizarse automáticamente ante cualquier modificación realizada.

Allplan:

Se trata de un software BIM de diseño asistido por computadora en 2D y 3D, orientado a la arquitectura e ingeniería, desarrollado por la empresa ALLPLAN, perteneciente al Grupo NEMETSCHEK. Aunque originalmente fue creado para la plataforma Unix, actualmente opera en el sistema Windows. Allplan emplea tecnologías de trabajo BIM y forma parte de un ecosistema abierto de soluciones diseñadas para el desarrollo arquitectónico, la ingeniería y la gestión de costos.

Tekla Structures:

Tekla Structures es un software dirigido a ingenieros estructurales, detallistas y fabricantes. Se trata de una solución en 3D basada en modelos integrados, diseñada para gestionar bases de datos que incluyen diversos materiales como acero, hormigón y madera. Además, ofrece herramientas para modelado interactivo, análisis y diseño estructural, así como la generación automática de planos.

Tekla Structures permite la generación automática de planos e informes a partir del modelo 3D en cualquier momento. Estos documentos se actualizan de forma inmediata ante cualquier modificación en el modelo, garantizando siempre información precisa. Además, el software cuenta con una variedad de plantillas prediseñadas para dibujos e informes, y ofrece la posibilidad de personalizarlas mediante el Editor de plantillas.

Tekla Structures permite que varios usuarios colaboren simultáneamente en un mismo proyecto, incluso desde distintas ubicaciones. Esta funcionalidad mejora la precisión y calidad del trabajo, ya que todos los involucrados acceden en tiempo real a la información más actualizada del modelo.

SketchUp:

Se trata de un software de modelado 3D desarrollado originalmente por Last Software en el año 2000 y adquirido por Google en 2006. Es reconocido por su facilidad de uso y se aplica en diversos campos, como la arquitectura, la industria cinematográfica y el desarrollo de videojuegos. Su funcionamiento se basa en la creación de diseños en dos dimensiones que, mediante una técnica propia, pueden transformarse en modelos tridimensionales. Además, cuenta con Google 3D Warehouse, una plataforma donde los usuarios pueden compartir y descargar componentes 3D. Una de sus principales ventajas es su integración con Google Earth, permitiendo extraer edificaciones y almacenarlas para su uso en futuros proyectos.

2.3 Definición de términos

Building Information Modeling (BIM)

"BIM es un sistema metodológico de trabajo dinámico que implica establecer pautas o procesos, mediante el uso de herramientas y desarrollando el potencial de los recursos humanos, para la obtención de entregables tales como la generación de documentación digital sobre un edificio, su desempeño, su planificación, su construcción y su operación.Puede ser visto como un proceso virtual que abarca todos los aspectos, disciplinas y sistemas de cada una especialidades dentro de un solo modelo virtual, permitiendo a todos los miembros del equipo trabajar en conjunto". (Moreno, 2017).

BIM en el Diseño:

"BIM es un proceso que usa software que no sólo permite documentar un diseño de construcción, sino que simula la construcción y operación mediante la visualización tridimensional adoptando las formas que la globalización nos ha permitido tener".(General Service Administration, 2013).

Diseño por especialidades

"El BIM como plataforma brinda beneficios en todas las etapas del proyecto, minimizando las eventualidades de riesgos que están constantemente presentes a lo largo del desarrollo".(Eastman et al., 2010).

Diseño colaborativo

"Las prácticas convencionales hacen que el profesional trabaje independientemente de los demás miembros del proyecto generando incompatibilidades a reclutar los entregables finales". (Salinas et al., 2013).

Ingeniería de detalle

"Un modelo es una abstracción de la realidad, el nivel de detalle que se necesita para compartir información dependerá del propósito del proyecto y del nivel de entendimiento de quien está visionándolo".(Kimmel, 2008).

Control de Materiales

"El equipo responsable de mantener el modelo BIM durante la obra actualizará el mismo tanto con las definiciones de los proveedores adjudicados como los cambios que hubieran sido aprobados en paquetes ya en ejecución". (Jiménez, 2016).

Operatividad

"No sólo es importante para obtener información de construcción correcta, sino también para mejorar el entendimiento común y el conocimiento a través del equipo de proyecto, virtualmente construyendo un proyecto".(Kimmel, 2008).

Gestión de Cambios

"El cambio es toda alteración en el ambiente laboral y que afecta la operación esperada de los empleados. Estas modificaciones pueden ser planeadas o no, catastróficas o evolutivas, positivas o negativas, fuerte o débiles, lentas o rápidas, y estimularse interna o externamente" .(Ortega et al., 2015).

Etapa de Diseño

"Todo lo relacionado con el estudio, investigación y planificación del proyecto de construcción, mediante la recopilación de documentos e información adicional requerida".(FR Construcciones, 2017).

Detección de Interferencias

"La detección de interferencias es considerada como uno de los frutos accesibles en la adopción de BIM integrado, ya que es un beneficio fácilmente alcanzable".(Salinas et al., 2013).

Costos del Proyecto

"El costo en el proyecto es el valor que representa el monto total de lo invertido en tiempo, dinero y esfuerzo para comprar o producir un bien o servicio" .(Beltrán, 2012).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis General:

Hg: La aplicación de las tecnologías BIM contribuirá en la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada dando resultados conformes.

Hipótesis Específicos:

- He1: La aplicación de las tecnologías BIM tendrá la capacidad de representar las zonas a reforzar para las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada.
- He2: La aplicación de las tecnologías BIM reducirá los costos y/o tiempo en la etapa de diseño, elección y programación para las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada.
- He3: La aplicación de las tecnologías BIM será capaz de calcular de forma más precisa los metrados y la programación de obra para las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada.

3.2 Las Variables

“Se considera como variable cualquier característica o propiedad general de una población que sea posible medir con distintos valores o describir con diferentes modalidades. En algunos casos, las características de las unidades de análisis pueden ser medidas, mientras que en otros solo es posible describirlas ".(Posada, 2016).

En ese sentido, se consideran las siguientes variables de investigación:

- Variable Independiente: Tecnologías BIM (Building Information Modeling)
- Variable Dependiente: Optimización de la constructabilidad**.**

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio.

El estudio se lleva a cabo en el distrito de Lurigancho-Chosica, situado en la provincia y departamento de Lima, Perú. Esta ubicación fue elegida debido a la presencia de edificaciones aporticadas que requieren análisis y mejoras estructurales. La investigación se centra en una edificación de dos niveles, lo que permite evaluar la implementación de las tecnologías BIM para optimizar el diseño y la ejecución del reforzamiento estructural.

4.2 Diseño de investigación

En esta investigación se empleó un diseño no experimental, dado que se analizan distintas alternativas sin manipular variables directamente y en un único momento en el tiempo. En este caso se evaluarán los acontecimientos que ocurren durante la fase de diseño (variable dependiente), mediante la aplicación de tecnologías BIM (variable independiente). A partir de un análisis fundamentado en información relevante, se buscará plantear mejoras que permitan optimizar procesos y ofrecer soluciones efectivas.

De acuerdo con Hernández et al. (2014), este tipo de diseño es común cuando el investigador observa y compara fenómenos sin intervenir en ellos. Los resultados que obtendremos serán más acertados, si se establecen en el tiempo estipulado ya que algunos datos recolectados pueden ir cambiando o mejorando, variando los resultados posteriores.

4.2.1 Clasificación de la investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca solucionar un problema específico mediante el análisis numérico y la comparación de diferentes alternativas de reforzamiento estructural usando tecnologías BIM. Según Hernández et al. (2014), la investigación aplicada se orienta a la solución práctica de problemas concretos mediante la utilización de conocimientos científicos. Por su nivel de investigación es explicativo, porque el estudio se enfoca en explicar las razones por las cuales una tecnología o método de reforzamiento podría ser más eficaz o eficiente que otra para resolver una situación real en una edificación aporticada de Lurigancho Chosica. Según Hernández et al. (2014), el nivel explicativo de investigación se centra en "el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto".

4.3 Población y Muestra

Población

“Desde un punto de vista estadístico, población es el conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio”.(Borja, 2012).

Según lo indicado, la población comparte características similares que, al ser analizadas, nos permiten confirmar nuestras hipótesis. En esta investigación tomaremos como población a las edificaciones aporticadas en zonas aledañas.El objetivo es reproducir el proceso de diseño para abordar los problemas habituales mediante la aplicación del procedimiento BIM. Esta zona de caso práctico se encontrará en el distrito Lurigancho Chosica, provincia de Lima.

Muestra

“Es un subconjunto representativo, refleja fielmente las características de la población cuando se aplica la técnica adecuada de muestreo de la cual procede; difiere de ella sólo en el número de unidades incluidas”.(Valderrama M., 2002).

En esta investigación la muestra estuvo constituida por una edificación educativa aporticado de 02 pisos, ubicado en el distrito Lurigancho Chosica, provincia de Lima en la provincia y departamento de Lima.

4.4 Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información.

a. Procedimiento.

a.1 Fase 1. Calidad de representación Gráfica :

Hacer la representación gráfica de los reforzamientos estructurales conlleva los siguientes pasos :

-Modelamiento matemático de la estructura actual , así como ambas opciones de reforzamiento.

-Diseño de elementos estructurales de cada opción de reforzamiento de forma precisa y lo más cercano a la realidad.

-Análisis BIM, al contar con la información ya analizada estructuralmente ,se tendrá una representación fehaciente de lo que se va a ejecutar.

MODELAMIENTO MATEMATICO

a.1.1)Consideraciones en el diseño estructural

Para la elección de los casos de reforzamiento a analizar (02) , se han optimizado y contrastado distintas alternativas con el fin de que puedan cumplir las distintas solicitudes de la norma peruana.

Para este fin de optimización se han tomado distintos casos de estructuración y predimensionamientos simulando a una empresa tradicional , siendo un factor determinante para la elección final de reforzamiento el aspecto económico.

Estructuración

El proceso de estructuración de las nuevas alternativas se ha basado en la simplicidad , simetría y funcionalidad.

Al tratarse de una edificación que ya ha tenido un primer reforzamiento estructural se ha buscado que las opciones, como la integración de nuevos elementos estructurales, sean lo más simples posibles para reducir costos , tiempo y problemas durante la construcción y operación. En contraste con opciones más complejas como la reestructuración total de la edificación.

La simetría en el diseño estructural nos ayudó a mejorar la distribución de cargas y tensiones , lo cual se refleja en una mayor estabilidad y rendimiento estructural.

La funcionalidad se ha realizado buscando que no solo mejore la resistencia de la estructura , sino que también mejore la funcionalidad original.

Análisis estructural, normas de diseño y elementos estructurales

El análisis estructural se ha hecho mediante el uso de métodos elásticos considerando :

a) Cargas actuantes.

Las cargas actuantes son el peso propio de la estructura existente, columnas, vigas de concreto armado, losas aligeradas, macizas. Adicionalmente las placas nuevas de concreto armado y/o cualquier otro elemento agregado.

La carga muerta es la correspondiente a los acabados y peso de tabiquería.

Las sobrecargas reglamentarias están indicadas en los respectivos planos de encofrados y son variables de acuerdo con el uso de cada piso.

Las cargas de sismo se han calculado según la norma de diseño Sismorresistente E-030 del 2018.

b) Para el análisis sísmico se ha considerado que los techos son diafragmas rígidos.

Se usó el espectro de diseño de la norma sísmica y se hizo un análisis dinámico espectral. Para el diseño de los elementos se escalaron los valores obtenidos en el análisis dinámico hasta tener valores equivalentes al 90% del análisis estático usando la fórmula reglamentaria H= ZUCS/R multiplicado por el peso total del edificio.

Para nuestro caso los parametros sismicos para la estructura inicial serán:

- Factor de zona Z = 0.45 (Zona cuatro)
- Factor de uso U=1.3 (Edificación importante).
- Factor de amplificación sísmica CX=2.50, Cy=2.50, C/R>=0.11
- Factor de amplificación de suelo S=1.05 (Suelo Intermedio)
- Periodos del suelo Tp=0.60 & TL= 2.0
- Coeficiente de Reducción de fuerza sísmica RX= 6
- Coeficiente de Reducción de fuerza sísmica RY= 6

Normas de Diseño

Las normas usadas, que sirvieron como directrices para los análisis realizados fueron :

- E-050 Suelos y cimentaciones
- E-030 Diseño Sismorresistente
- E-060 Concreto armado.
- E-070 Albañilería

Elementos Estructurales

Existen diversos tipos de elementos estructurales, y estos a su vez fueron divididos entre elementos nuevos y existentes.

a) Cimentación.

La cimentación está constituida por zapatas aisladas, combinadas y cimientos corridos.

b) La resistencia del concreto a emplearse será:

- <u>Elementos nuevos</u>

Placas nuevas f'c=280 kg/cm2.

Columnas nuevas f’c=280 kg/cm2.

Vigas nuevas f’c=210 kg/cm2.

- Resistencia de elementos existentes

Se determinó la resistencia de los elementos existentes realizando ensayos no destructivos de ultrasonido y esclerometría cuyos resultados pueden observarse en el informe de ultrasonido obtenido en el Anexo 18 y 19. Dando como resultado :

Placas del primer reforzamiento f’c=210 kg/cm2.

Columnas existentes f’c=170 kg/cm2.

Vigas existentes f’c=120 kg/cm2.

Losas aligeradas de concreto armado existente f’c=120 Kg/cm2

c) Losas.

Las losas son aligeradas, especificadas en los planos del proyecto.

En las figuras 3 , 4 y 5 se muestran los informes de ultrasonido , esclerometría y el de mecánica de suelos respectivamente facilitados para la realización del reforzamiento.


HVS
INGENIEROS CONSULTORES

INFORME TÉCNICO
ENSAYO NO DESTRUCTIBLE
ESCLEROMETRÍA – RESISTENCIA DEL CONCRETO

Proyecto:
Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle

Figura 3: Informe técnico ensayo de esclerometría

Nota:Tomado del Informe Técnico Ensayo No Destructivo Esclerometría - Resistencia del Concreto , Hvs Ingenieros Consultores S.A.C. , 2022.



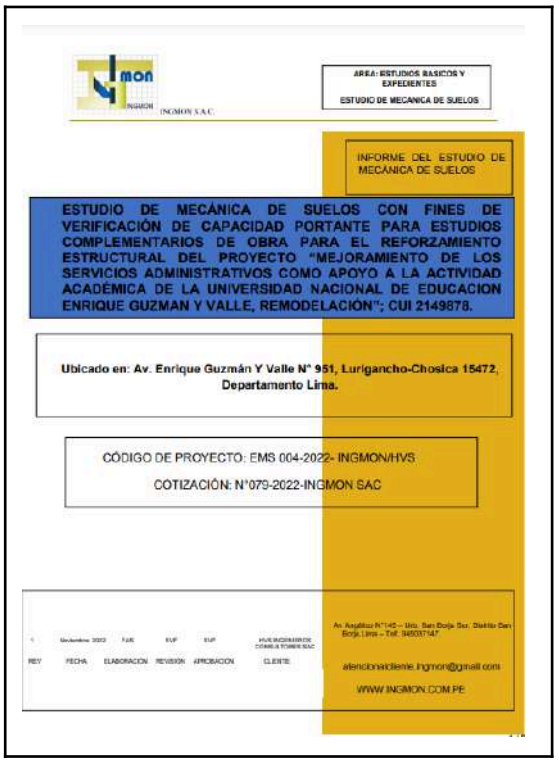
HVS
INGENIEROS CONSULTORES

INFORME TÉCNICO
ENSAYO DE ULTRASONIDO
RESISTENCIA DEL CONCRETO

Proyecto:
Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle

Figura 4: Informe técnico ensayo de ultrasonido

Nota:Tomado del Informe Técnico Ensayo De Ultrasonido - Resistencia del Concreto , Hvs Ingenieros Consultores S.A.C. , 2022.



INGMON S.A.C.

AREA: ESTUDIOS BASICOS Y EXPEDIENTES
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

INFORME DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.

Ubicado en: Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.

CÓDIGO DE PROYECTO: EMS 004-2022- INGMON/HVS
COTIZACIÓN: N°079-2022-INGMON SAC

REV | FECHA | ELABORACION | REVISION | APROBACION | CLIENTE

atencionalcliente.ingmon@gmail.com
WWW.INGMON.COM.PE

Figura 5: Estudio de Mecánica de Suelos

Nota:Tomado del Estudio de Mecánica de Suelos, INGMON S.A.C., 2022.

Modelamiento matemático de la estructura actual

En esta parte se realizó el análisis estructural de la estructura actual con los datos obtenidos de los ensayos, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones, para un edificio de 2 pisos ubicado en las instalaciones de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, en el distrito de Lurigancho Chosica, provincia de Lima, departamento de Lima, Perú.

Descripción estructural de la edificación actual

La edificación identificada como "Edificio N°32", se encuentra situado en las instalaciones de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, en el distrito de Lurigancho Chosica, provincia de Lima, departamento de Lima, Perú.

Cuenta con 2 niveles y estructuralmente con pórticos de concreto armado y muros de albañilería.

Descripción de Elementos Existentes

- Columnas

Existen 2 tipos de secciones:

-Sección de 0.30 x 0.30 metros, con un refuerzo principal compuesto por 4 varillas de acero de 5/8 pulgadas de diámetro y estribos espaciados cada 0.30 metros.

-Sección de 0.25 x 0.25 metros, que cuentan con un refuerzo de 4 varillas de 5/8 pulgadas de diámetro y estribos separados cada 0.30 metros.

A través de pruebas, se ha determinado que las columnas de la estructura tienen una resistencia de 170 kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm2).

- Vigas

Existen vigas rectangulares y chatas.

-Vigas rectangulares de 0.25 x 0.40 metros, 0.25 x 0.50 metros y 0.25 x 0.60 metros, con un refuerzo principal compuesto por 4 varillas de ¾ de pulgada de diámetro y estribos espaciados cada 0.20 metros.

-Vigas chatas de 0.25 x 0.20 metros, que cuentan con un refuerzo principal de 4 varillas de ½ de pulgada de diámetro y estribos separados cada 0.20 metros.

A través de pruebas, se ha determinado que las vigas de la estructura tienen una resistencia de 120 kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm2).

- Losas

Las losas de entrepiso son sistemas de losas aligeradas convencionales con un espesor de 20 centímetros.

Cargas de Diseño

Estas cargas se dividen en varias categorías principales, cada una de las cuales tiene diferentes características y requisitos. A continuación se presentan las cargas de diseño utilizadas:

Carga Muerta (D):

Representa el peso propio de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación, como el peso de las vigas, columnas, techos, y muros.

- Techo Piso 1

Losa aligerada (e=20cm) = 300 kg/m2

Acabados de pisos = 100 kg/m2

Tabiquería = 100 kg/m2

- Techo Piso 2

Acabados de pisos = 100 kg/m2

Carga Viva (L):

Corresponde a las cargas temporales o variables que se aplican a la estructura durante su uso, como el peso de personas, muebles, y equipos, se denominan sobrecarga.

- Techo Piso 1

Sobrecarga = 250 kg/m2

- Techo Piso 2

Sobrecarga = 100 kg/m2

Carga de Sismo (Sx, Sy):

Las fuerzas generadas por los movimientos sísmicos del suelo. Las cargas sísmicas se calculan en función de la ubicación sísmica del edificio y las características del terreno.

A continuación, se presentan las Combinaciones de Diseño necesarias de acuerdo con la Norma E.060 para elementos de Concreto Armado, en el contexto de este proyecto:

- COMB 1 = 1.4 D
- COMB 2 = 1.4 D + 1.7 L
- COMB 3 = 1.25 (D + L) + SX
- COMB 4 = 1.25 (D + L) – SX
- COMB 5 = 1.25 (D + L) + SY
- COMB 6 = 1.25 (D + L) – SY
- COMB 7 = 0.9 D + SX
- COMB 8 = 0.9 D – SX
- COMB 9 = 0.9 D + SY
- COMB 10 = 0.9 D – SY

Dónde: Cargas muertas (D), vivas (L) y sismo (Sx, Sy).

Condiciones Generales para el Análisis Sísmico

El modelamiento estructural se fundamentó en un análisis modal tridimensional utilizando el espectro sísmico definido por la normativa de Sismorresistencia aplicable. Este análisis se ajustó posteriormente para cumplir con la fuerza estática mínima requerida según lo estipulado por la norma.

a.1.2)Modelamiento tridimensional de la edificación existente

El programa usado para realizar el Análisis Estructural es el software ETABS Ultimate Versión 19.0.0. A continuación se presenta el análisis de la estructura existente:

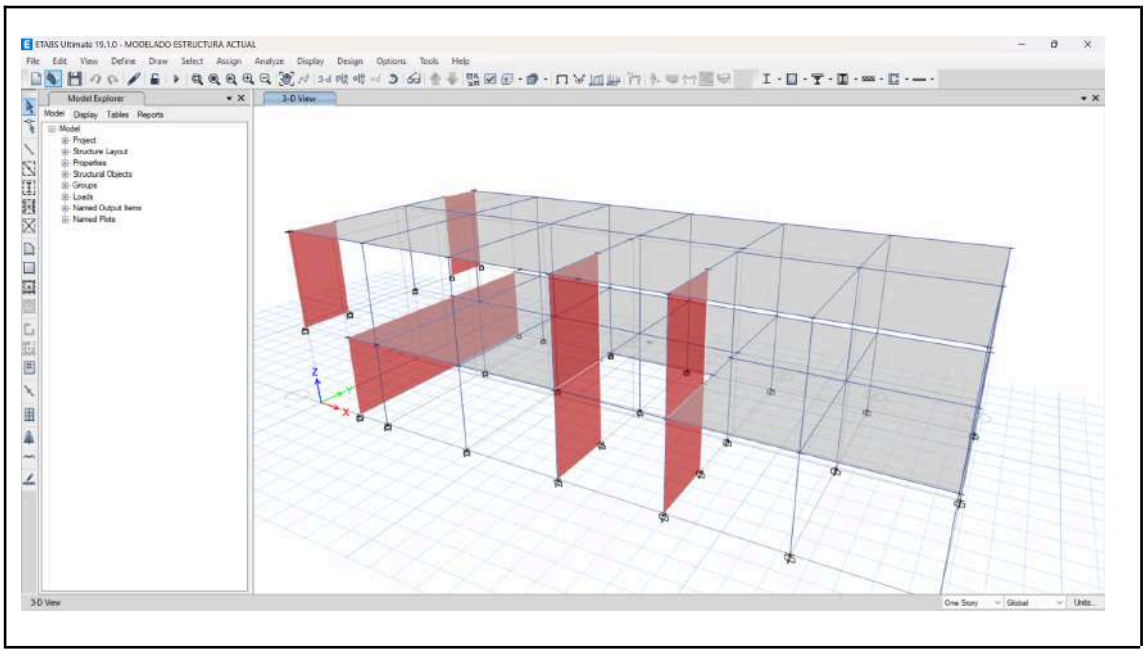


Figura 6: Análisis de la estructura existente

Se definieron los parámetros sísmicos según lo estipulado en la norma:

- Factor de Zona

Z=0.45 (zona 4 Provincia de Lima , departamento de Lima)

- Condiciones Geotécnicas

Según el estudio de mecánico de suelos se considerará .-

-Factor de suelo S2=1.05

- Periodos Tp=0.60 ∧ TL=2.00

- Factor de Amplificación Sísmica

Según lo establecido en la Norma E-030, "2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)", se usará para determinar el período fundamental de la estructura.

Para nuestro caso será: T< Tp C=2,5

Dónde: T es el período fundamental de la estructura

Podemos observar del análisis estático por el método de Rayleigth los periodos fundamentales de vibración:

TP = 0.6 > Tx = 0.136; por lo tanto, CX = 2.50

TP = 0.6 > TY = 0.136; por lo tanto, CY = 2.50

- Categoría de la Edificación y Factor de Uso

Para definir el factor de uso se considera a la edificación como Edificios importantes en la categoría B ya que se trata de una casa de estudio .

Por lo tanto: **U = 1.3**

Peso de la Edificación Actual

Se realizó basado en lo establecido en la Norma E-030 ,"4.3 Estimación del Peso (P)", para calcular el peso de la estructura. En este sentido, al tratarse de una edificación de la categoría B, se considerará el 50% de la carga viva para calcular dicho peso. A continuación, se presentan los pesos estimados correspondientes para lo cual nos hemos apoyado con el software ETABS el cual también fue utilizado más adelante para el análisis sísmico dinámico.



Figura 7:Peso de la edificación con el software ETABS

Para el peso de la estructura se consideró la siguiente fórmula:

Peso de la Estructura = 100% (Peso Propio + Acabados + Tabiquería) + 50% (C. Viva) + 25% (C. Viva Techo)

PESO ESTRUCTURA = 427.11 Ton

Disposición Estructura del Edificio

Siguiendo los lineamientos establecidos en el apartado 3.5 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, se requiere categorizar las estructuras como regulares o irregulares, con el propósito de identificar el enfoque de análisis adecuado y los valores apropiados para el factor de reducción de fuerza sísmica. En concordancia con lo mencionado anteriormente, se examinó la edificación en cuestión desde las perspectivas de su altura y su distribución

en planta. Se anticipa un comportamiento que se considera regular, si bien este juicio fue confirmado posteriormente a través del análisis sísmico dinámico.

Sistema Estructural y Coeficiente de Reducción Sísmica

Al tratarse de un sistema de muros estructurales en el eje Y , y un sistema de columnas en el eje X se tendrá como coeficientes de reducción los siguientes :

Rox=8 ∧ Roy=6

Análisis Estático de la Edificación Actual

- PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN

Siguiendo las pautas establecidas en el apartado 28.4.1 de la norma E030-2018, se determinó el periodo fundamental de vibración mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{hn}{Ct}$$

Para la dirección X, tendremos:

$$C_t = 60$$

$$h_n = 8.10$$

$$Tx \equiv 0.135\ seg.$$

Para la dirección Y, tendremos:

$$C_t = 60$$

$$h_n = 8.10$$

$$Ty \equiv 0.135\ seg.$$

De acuerdo con lo establecido en el apartado 28.4.3 de la norma E030-2018, cuando no se toma en cuenta la rigidez de los elementos no estructurales, el periodo fundamental T se considera como el 0.85 del valor calculado.

A continuación la tabla resumen de periodos fundamentales:

Tabla 1: Periodos Fundamentales de la estructura actual

Tx	0.1148	seg
Ty	0.1148	seg

A continuación se muestra la tabla con los resultados obtenidos:

Tabla 2: Cálculo de la cortante sísmica - estructura actual

FACTOR	EJE XX	EJE YY
TX (s)	0.1148	0.1148
Z	0.45	0.45
S	1.05	1.05
TP	0.6	0.6
TL	2	2
U	1.3	1.3
C	2.5	2.5
Ro	8	6
Ia	1	1
Ip	1	1
PESO (ton)	**427.11**	**427.11**
VE=ZUCS (Coef. sismico)	0.19195	0.25594
VE (ton)	**81.986**	**109.313**
C/R	0.3125	0.4167
K	1	1

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Según lo indicado en el apartado 28.3 de la norma E030, se realizó la distribución de las fuerzas sísmicas horizontales en los niveles I,con los datos obtenidos.

Distribución de Fuerzas Laterales en la Dirección del eje XX

A continuación se muestra el cálculo realizado para hallar la distribución de fuerzas en altura y su gráfico correspondiente en el eje XX.

Tabla 3: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje XX - estructura actual

PISO	PESO POR NIVEL (ton)	ALTURAS (m)	Pi *hi^k	alfai	Fi (ton)
TECHO 2	208.048	8.1	1685.188	0.672274	55.11699

TECHO 1	219.066	3.75	821.499	0.327721	26.86855
SUMA			2506.687		**81.986**

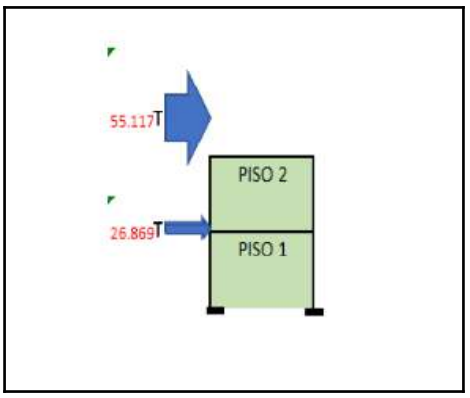


Figura 8:Distribución de fuerzas en altura eje xx - estructura actual

Distribución de Fuerzas Laterales en la Dirección del eje YY

A continuación se muestra el cálculo realizado para hallar la distribución de fuerzas en altura y su gráfico correspondiente en el eje YY.

Tabla 4: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje YY - estructura actual

PISO	PESO POR NIVEL (ton)	ALTURAS (m)	Pi *hi^k	alfai	Fi (ton)
TECHO 2	208.048	8.1	1685.188	0.672274	73.48857
TECHO 1	219.066	3.75	821.511	0.327721	35.82490
SUMA			2506.687		**109.31**

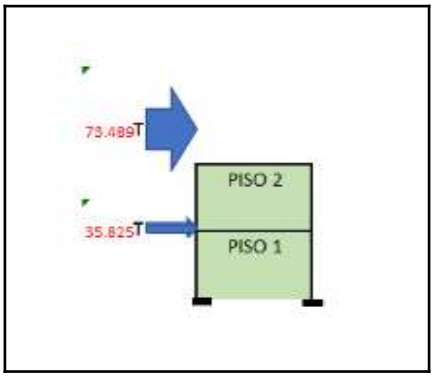


Figura 9 : Distribución de fuerzas en altura eje YY - estructura actual

Análisis Dinámico de la Edificación Actual

Para el análisis dinámico se usó el software ETABS para obtener las fuerzas cortantes dinámicas.

Definimos cuáles fueron los materiales y resistencias de los mismos a usar para el análisis.

- ❖ CONCRETO

Placas del primer reforzamiento f'c=210 kg/cm2.

Columnas existentes f'c=170 kg/cm2.

Vigas existentes f'c=120 kg/cm2.

Losas aligeradas de concreto armado existente f'c=120 Kg/cm2

Módulo de elasticidad, E = 15000·√ f'c kg/cm2

Módulo de Poisson, υ = 0.20

- ❖ ACERO DE REFUERZO

Resistencia a la fluencia del acero grado 60, fy = 4200 kg/cm2

A continuación se muestra el análisis después de la aplicación de cargas de diseño y la asignación de materiales.

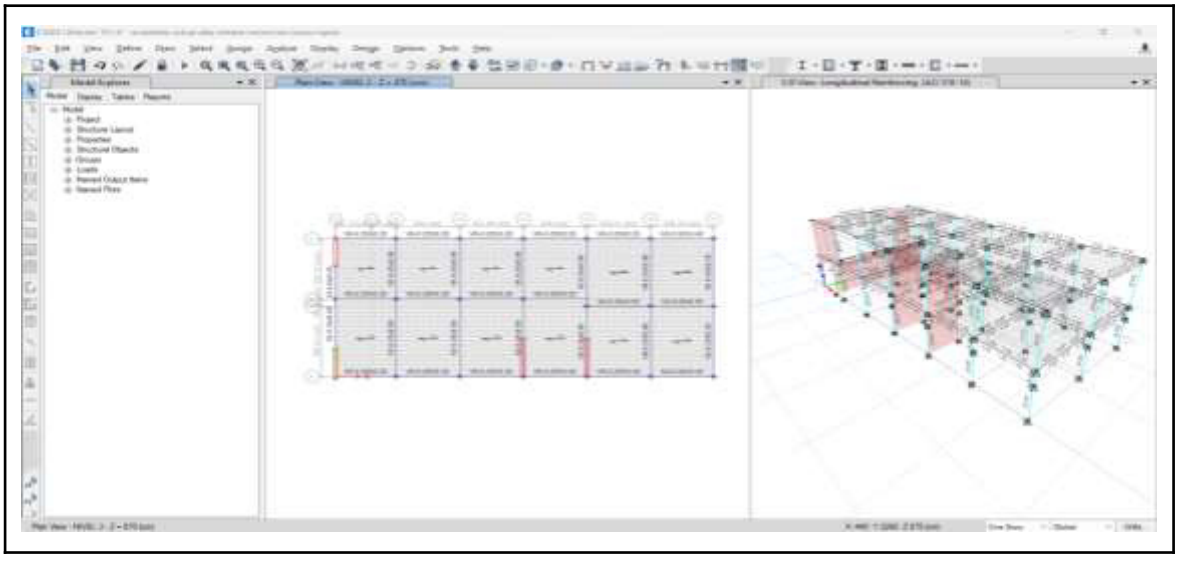


Figura 10 : Estructura actual analizada

Sistema estructural actual

El sistema estructural actual después del modelamiento nos detalló que sufría de una rigidez insuficiente para afrontar sismos ; de igual modo no cumple con los parámetros exigidos por la norma tales como las derivas admisibles.

Derivas en el eje XX

La norma E.030 Diseño Sismorresistente establece que el valor del desplazamiento obtenido de un análisis lineal elástico deberá multiplicarse por 0.75 R para determinar los desplazamientos inelásticos (reales).Las derivas en las estructuras han sido obtenidos a través del análisis dinámico realizado con el programa ETABS, y se muestran a continuación con su respectivo análisis para el eje xx:



	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
▶	NIVEL 2	DERIVA X	Combination	Max	X	0.034026	22	0	-0.15	8.1
	NIVEL 1	DERIVA X	Combination	Max	X	0.014148	28	2.5715	0	3.75

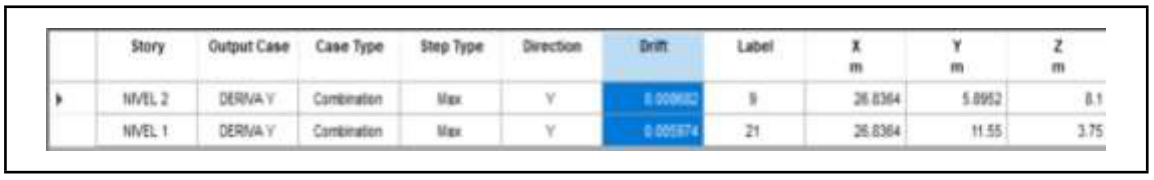
Figura 11 : Derivas en el eje xx - estructura actual

Tabla 5: Análisis de derivas admisibles en el eje xx - estructura actual

PISO	LOAD COMBINATION	DERIVA	DERIVA MÁXIMA PERMISIBLE	CONDICIÓN
2	DERIVA X	0.034026	0.007	NO CUMPLE
1	DERIVA X	0.014148	0.007	NO CUMPLE

Derivas en el eje YY

De la misma forma para el eje XX a continuación se muestran las derivas obtenidas a través del software ETABS y su análisis.



	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
▶	NIVEL 2	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.008682	9	26.8364	5.8952	8.1
	NIVEL 1	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.005974	21	26.8364	11.55	3.75

Figura 12 : Derivas en el eje yy - estructura actual

Tabla 6: Análisis de derivas admisibles en el eje yy - estructura actual

PISO	LOAD COMBINATION	DERIVA	DERIVA MÁXIMA PERMISIBLE	CONDICIÓN
2	DERIVA Y	0.008682	0.007	NO CUMPLE
1	DERIVA Y	0.005974	0.007	SI CUMPLE

Como vemos podemos observar las derivas no son admisibles tanto en el eje XX y en el eje YY según el reglamento, por lo cual se plantearon distintas opciones de reforzamiento como cualquier empresa tradicional.

Pero hemos escogido dos opciones de reforzamiento estructural a desarrollar las cuales fueron optimizadas para poder cumplir con estas demandas.

a.1.3)Primera opción de reforzamiento

En esta primera opción de reforzamiento se introdujeron nuevos elementos estructurales con resistencias óptimas que harán cumplir más adelante en un análisis dinámico las solicitudes de las normas peruanas, para ello nos apoyaremos en el software ETABS.

Los elementos estructurales que vamos a introducir serán solo placas estructurales. A partir de este nuevo modelado confirmaremos irregularidades y derivas con el fin de tener una primera alternativa de refuerzo válida.

Análisis Estático de la Primera Opción de Reforzamiento

- PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN

Siguiendo las pautas establecidas en el apartado 28.4.1 de la norma E030-2018, se determinó el periodo fundamental de vibración mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{hn}{Ct}$$

Para la dirección X, tendremos:

$$C_t = 60$$

$$h_n = 8.10$$

$$Tx \equiv 0.135\ seg.$$

Para la dirección Y, tendremos:

$$C_t = 60$$

$$h_n = 8.10$$

$$Ty \equiv 0.135\ seg.$$

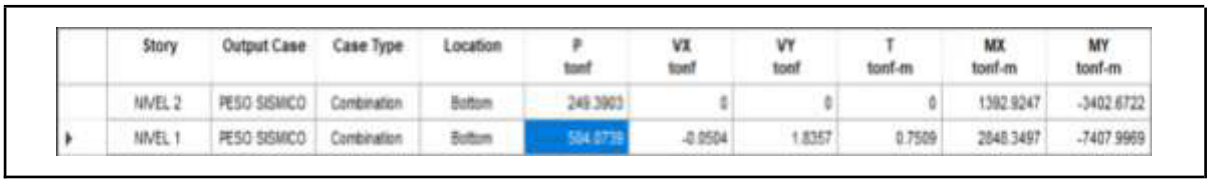
De acuerdo con lo establecido en el apartado 28.4.3 de la norma E030-2018, cuando no se toma en cuenta la rigidez de los elementos no estructurales, el periodo fundamental T se considera como el 0.85 del valor calculado.A continuación se muestra los periodos finales.

Tabla 7: Periodos fundamentales de la primera opción de reforzamiento

Ty	0.1148	seg
Ty	0.1148	seg

Hallamos el peso de la edificación con la primera opción de reforzamiento (incluyendo los nuevos elementos estructurales) de la misma forma como lo hicimos con la estructura actual apoyándonos en el software ETABS.

A continuación se muestra el peso obtenido por el software.



	Story	Output Case	Case Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
	NIVEL 2	PESO SISMICO	Combination	Bottom	249.3903	0	0	0	1392.9247	-3402.6722
▶	NIVEL 1	PESO SISMICO	Combination	Bottom	504.0739	-0.0504	1.8357	0.7509	2848.3497	-7407.9969

Figura 13:Peso de la edificación con el software ETABS - Primera opción de Reforzamiento

Peso de la Estructura = 100% (Peso Propio + Acabados + Tabiquería) + 50% (C. Viva) + 25% (C. Viva Techo)

PESO ESTRUCTURA = 504.0739 Ton

A continuación con los datos obtenidos previamente se muestra la tabla donde se hizo el cálculo para hallar las cortantes sísmicas:

Tabla 8: Cálculo de la cortante sísmica - Primera opción de Reforzamiento

FACTOR	EJE XX	EJE YY
TX (s)	0.1148	0.1148
Z	0.45	0.45
S	1.05	1.05
TP	0.6	0.6
TL	2	2
U	1.3	1.3
C	2.5	2.5
Ro	6	6

Ia	1	1
Ip	1	1
PESO (ton)	**504.07**	**504.07**
VE=ZUCS (Coef. sismico)	0.25594	0.25594
VEXX (ton)	**129.011**	**129.011**
C/R	0.4167	0.4167
K	1	1

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Según lo indicado en el apartado 28.3 de la norma E030, se realiza la distribución de las fuerzas sísmicas horizontales en los niveles i , al igual que en el caso de la estructura actual.

Distribución de Fuerzas Laterales en el eje XX

A continuación se muestra la tabla donde se halla la distribución de fuerzas en altura y su gráfico correspondiente en el eje XX.

Tabla 9: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje XX - Primera opción de Reforzamiento

PISO	PESO POR NIVEL (ton)	ALTURAS (m)	Pi *hi^k	alfai	Fi (ton)
TECHO 2	249.390	8.1	2020.061	0.678984	87.59665
TECHO 1	254.684	3.75	955.0635	0.321016	41.41476
SUMA			2975.125		**129.0114**

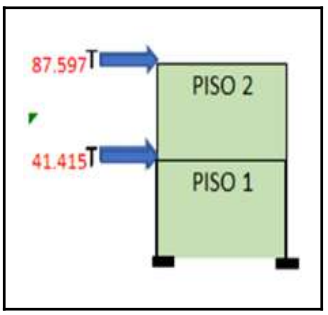


Figura 14: Distribución de fuerzas en altura eje XX - Primera opción de Reforzamiento

Distribución de Fuerzas Laterales en el eje YY

A continuación se muestra la tabla donde se halló la distribución de fuerzas en altura y su gráfico correspondiente en el eje YY.

Tabla 10: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje YY - Primera opción de Reforzamiento

PISO	PESO POR NIVEL (ton)	ALTURAS (m)	Pi *hi^k	alfai	Fi (ton)
TECHO 2	249.390	8.1	2020.061	0.678984	87.59665
TECHO 1	254.684	3.75	955.0635	0.321016	41.41476
SUMA			2975.125		**129.0114**

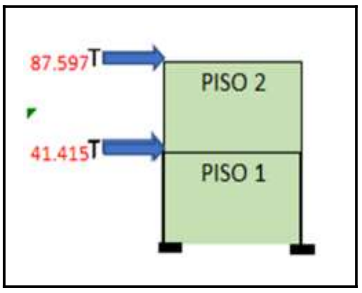


Figura 15: Distribución de fuerzas en altura eje YY - Primera opción de Reforzamiento

Análisis Dinámico de la Primera Opción de Reforzamiento

- MODOS Y PERIODOS RESULTANTES

A continuación gracias al software analizaremos los modos y periodos resultantes.

Tabla 11: Modos y Periodos de la primera opción de reforzamiento

MODO	PERIODO (SEG)	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.2	0.27	0.27	50.45	50.45	23.3	23.3
2	0.191	73.37	73.64	0.19	50.64	0.09	23.39
3	0.061	0.000789	73.64	8.22	58.86	41.37	64.76
4	0.037	0.0000164	73.64	32.06	90.91	0.9	65.66
5	0.033	26.36	1	0.00206	90.92	0.0009836	65.66
6	0.022	0	1	9.08	1	34.34	1

En las siguientes figuras 16,17 y 18 se observa los 3 primeros modos más importantes.

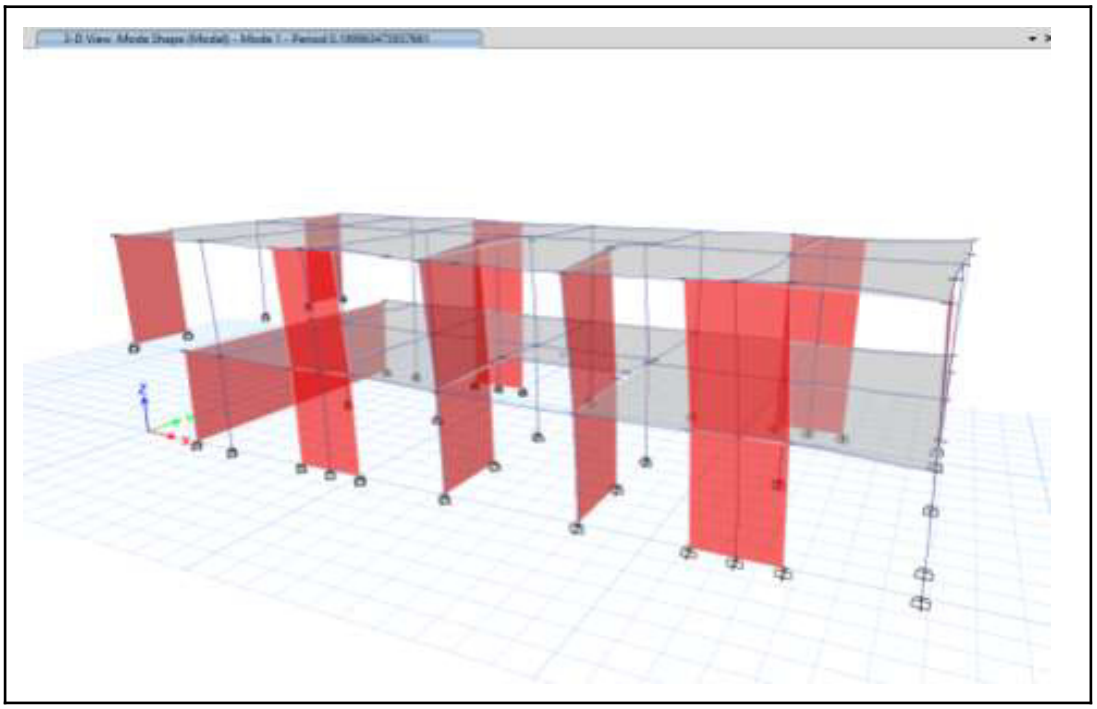


Figura 16: MODO 1 – (T = 0.19996) - Primera Opción de Reforzamiento

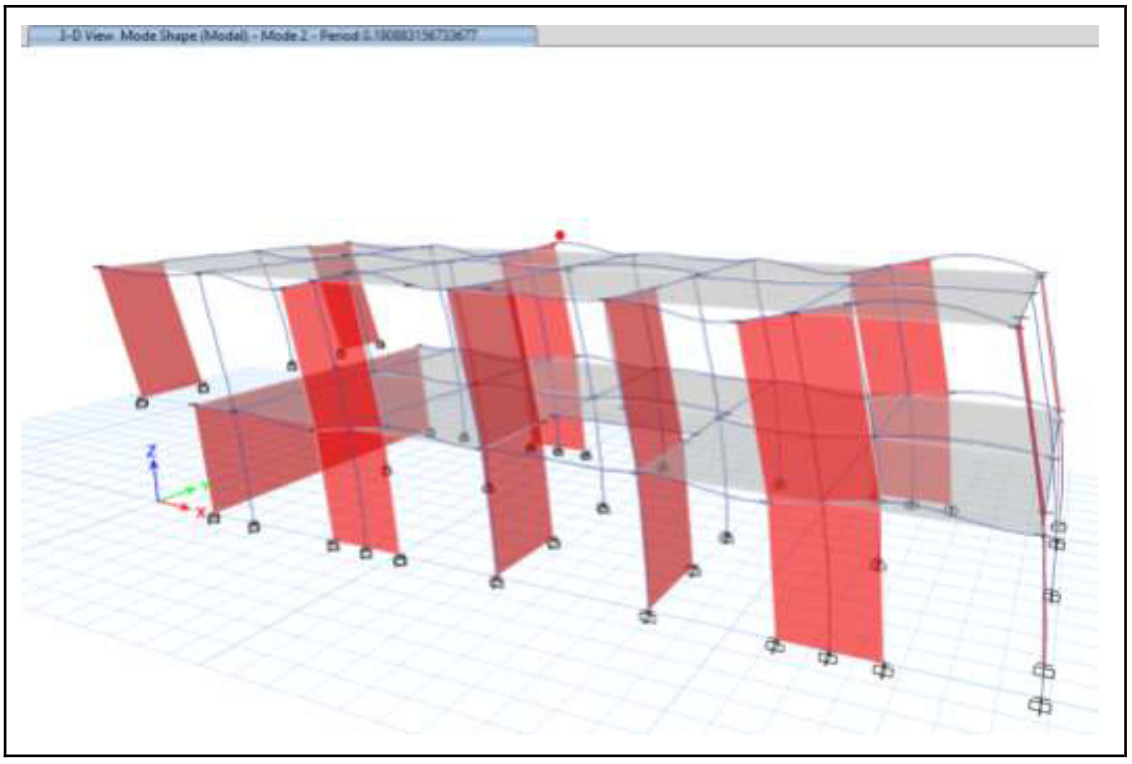


Figura 17: MODO 2 – (T = 0.19088) - Primera Opción de Reforzamiento

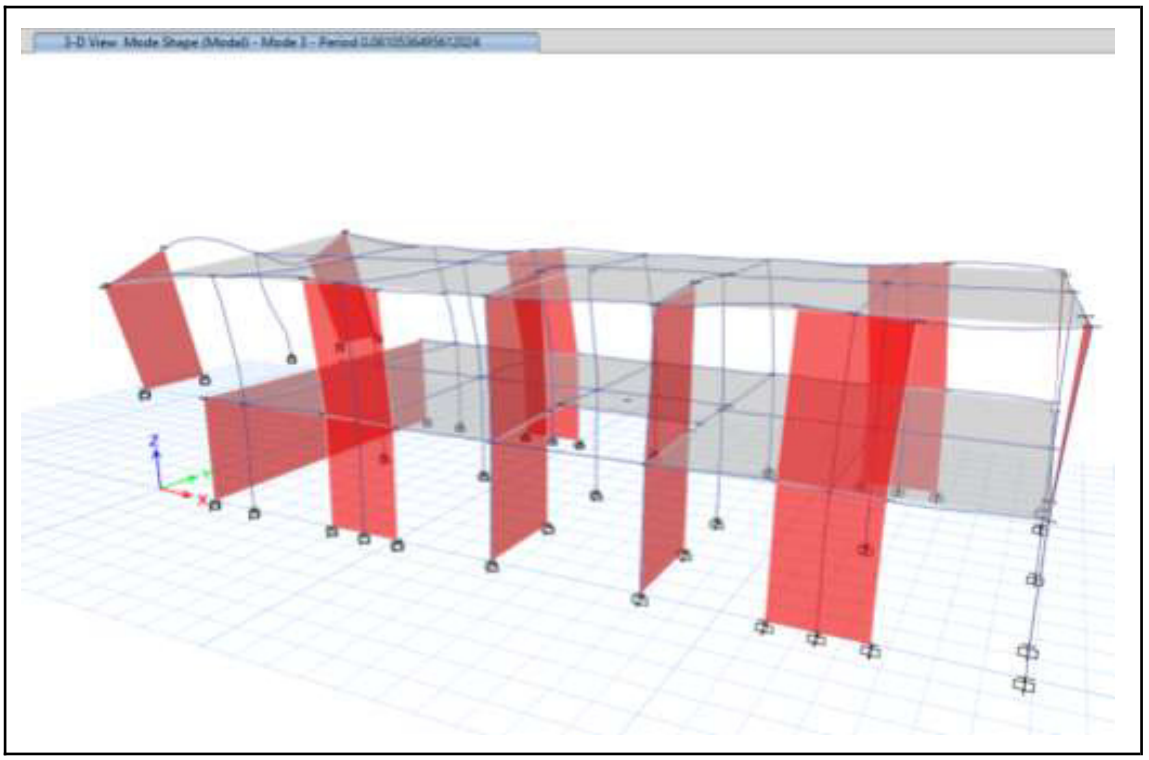


Figura 18: MODO 3 – (T = 0.06105) - Primera Opción de Reforzamiento

Verificación del sistema estructural

- EJE X-X

En el eje x-x aplicamos un corte en el diagrama de corte y colocamos solo muros estructurales para saber cuánta fuerza está siendo resistida por este elemento.

Se muestra a continuación el diagrama de corte para muros estructurales en el eje X-X.

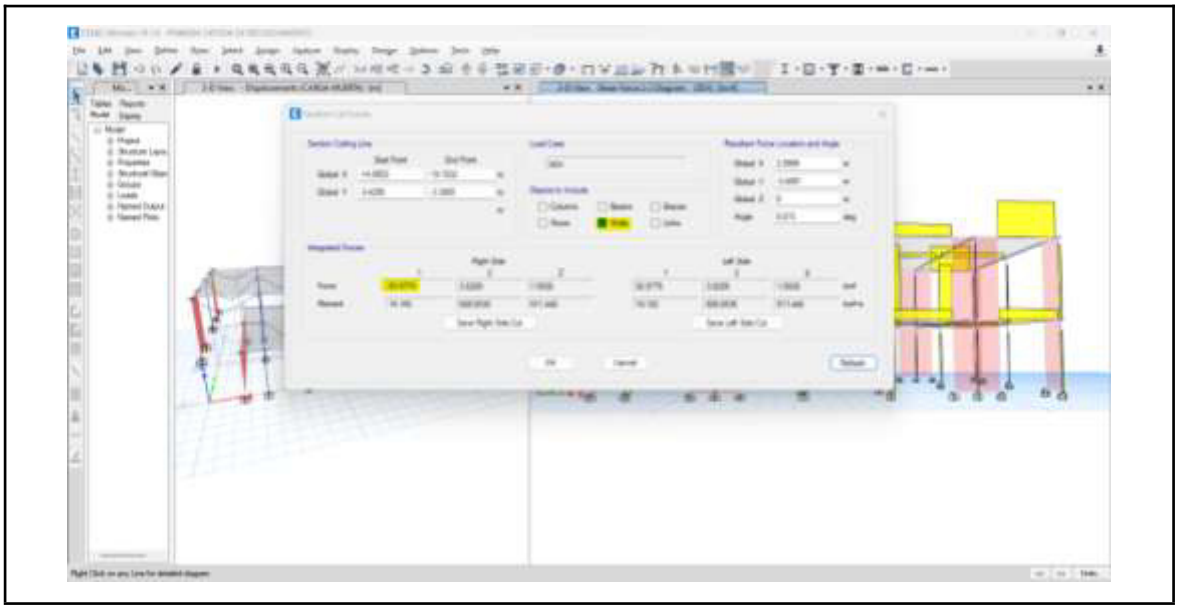


Figura 19: Cortante basal en el eje X-X para muros estructurales - Primera Opción de Reforzamiento

Como vemos 92.9775 ton son resistidas por placas lo que es más del 80 por ciento de la cortante por lo cual el sistema estructural es de muros estructurales para este eje x-x.

- EJE Y-Y

En el eje y-y de la misma forma que el eje x-x aplicamos un corte en el diagrama de corte y colocamos solo columnas para saber cuánta fuerza está siendo resistida por este elemento.

Se muestra a continuación el diagrama de corte para muros estructurales en el eje Y-Y.

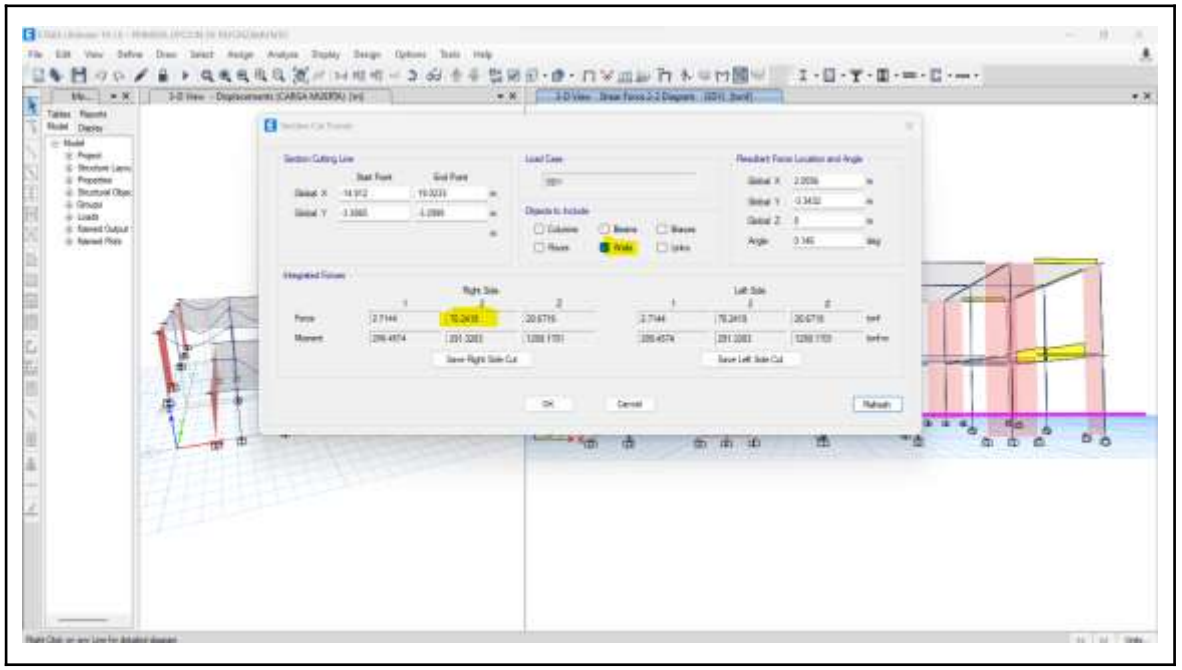


Figura 20: Cortante basal en el eje Y-Y para muros estructurales - Primera Opción de Reforzamiento

Como vemos 70.2419 ton son resistidas por placas lo que representa más del 80 por ciento de la cortante total lo que indica que el sistema estructural es de muros estructurales para este eje y-y.

Comparación entre el Analisis Dinamico y Estatico

Para diseñar es necesario hallar la cortante de diseño la cual se halla entre la comparación de las fuerzas cortantes basales obtenidas con ambos métodos tanto el estático como el dinámico .La fuerza cortante basal dinámica obtenida se verifica si la está cortante es mayor al 80% de la cortante estática según el artículo 25 para estructuras regulares, sino se procede a determinar el factor de escala para obtener la cortante de diseño.

A continuación en las tablas 12 y 13 se muestra las el análisis:

Tabla 12: Resumen de cortantes basales - Primera Opción de Reforzamiento

CORTANTES	DIRECCIÓN DEL ANÁLISIS	
	X-X (t)	Y-Y (t)
ESTÁTICO	129.011	129.011
DINÁMICO	96.2651	75.7783
FACTOR DE ESCALA	1.07213	1.3619

Cortantes de diseño:

Tabla 13: Cortante basal a usar para el diseño - Primera Opción de Reforzamiento

CORTANTES DE DISEÑO	DIRECCIÓN DEL ANÁLISIS	
	X-X (t)	Y-Y (t)
CORTANTE	103.2088	103.2088

Primera opción de reforzamiento

Para confirmar nuestra opción de reforzamiento se realizó las siguientes verificaciones:

Verificación por torsión

- SISMO X:

Se muestra a continuación los resultados obtenidos del ETABS

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
NIVEL 2	DERIVA X	Combination	Max	Diaph DB X	0.003014	0.002574	1.171
NIVEL 1	DERIVA X	Combination	Max	Diaph DA X	0.001005	0.000997	1.009

Figura 21: Verificación de Torsión eje XX - Primera Opción de Reforzamiento

En esta situación, la ausencia de irregularidad torsional se confirma, dado que la relación ΔMAX/ΔProm o Ratio para el software es menor que 1.3.

- SISMO Y:

Se muestran a continuación los resultados obtenidos del ETABS y el análisis de derivas aplicadas a la torsión.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
NIVEL 2	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.003376	49	26.8364	1.6	8.1
NIVEL 1	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.001539	49	26.8364	1.6	3.75

Figura 22: Verificación de Torsión eje YY - Primera Opción de Reforzamiento

Tabla 14: Cálculo de deriva aplicada a la torsión - Primera Opción de Reforzamiento

LOAD COMBINATION	PISO	ALTURA DE PISO (cm)	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO	DERIVA
DERIVA Y	2	435	1.95808	1.46856	0.003376
DERIVA Y	1	375	0.7695	0.577125	0.001539

La norma indica que no existe torsión cuando el desplazamiento relativo máximo entre entresuelos es inferior al 50% del límite de distorsión para elementos de concreto armado (0.007/2=0.0035). Por lo tanto, la irregularidad torsional no es aplicable en este eje.

POR ENDE, NO APLICA IRREGULARIDAD TORSIONAL EN NINGUNO DE LOS EJES DE ANÁLISIS.

Cortante Basal

Con ayuda del software ETABS obtuvimos la cortante basal total dinámica

A continuación se muestran los resultados en cada eje:

Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
SDX	LinRespSpec	Max	96.2651	2.7612	0	19.0406	628.7022	621.1007
SDY	LinRespSpec	Max	2.7612	75.7783	0	461.5532	19.0489	1480.8049

Figura 23: Cortante basal dinámica - Primera Opción de Reforzamiento

Verificación de derivas

Se verificaron las derivas según lo indicado en la norma.

En las figuras 24 y 25 se muestran los resultados de las derivas con ayuda del software y en las tablas 15 y 16 su verificación con la deriva permisible por la norma Peruana.

- DERIVAS EN EL EJE X-X

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
NIVEL 2	DERIVA X	Combination	Max	X	0.003036	2	0	11.7	8.1
NIVEL 1	DERIVA X	Combination	Max	X	0.001005	44	10.0715	11.55	3.75

Figura 24: Derivas en el eje X-X - Primera Opción de Reforzamiento

A continuación se muestra la tabla de verificación con lo solicitado por la norma:

Tabla 15: Verificación de derivas eje X-X - Primera Opción de Reforzamiento

PISO	LOAD COMBINATION	DERIVA	DERIVA MÁXIMA PERMISIBLE	CONDICIÓN
2	DERIVA X	0.003036	0.007	SI CUMPLE
1	DERIVA X	0.001005	0.007	SI CUMPLE

- DERIVAS EN EL EJE Y-Y

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
NIVEL 2	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.003376	49	26.8364	1.6	8.1
NIVEL 1	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.001539	49	26.8364	1.6	3.75

Figura 25: Derivas en el eje Y-Y - Primera Opción de Reforzamiento

A continuación se muestra la tabla de verificación con lo solicitado por la norma:

Tabla 16: Verificación de derivas eje Y-Y - Primera Opción de Reforzamiento

PISO	LOAD COMBINATION	DERIVA	DERIVA MÁXIMA PERMISIBLE	CONDICIÓN
2	DERIVA Y	0.003376	0.007	SI CUMPLE
1	DERIVA Y	0.001539	0.007	SI CUMPLE

Como podemos observar las derivas SI son admisibles según el reglamento para ambos ejes.

a.1.4)Segunda opción de reforzamiento

En esta segunda opción de reforzamiento se planteó una nueva estructuración para ello se retiró algunos elementos estructurales con bajas resistencias y fueron reemplazados por otros elementos con resistencias óptimas que harán cumplir más adelante en un análisis dinámico las solicitudes de las normas peruanas, para ello nos apoyaremos en el software ETABS.

El elemento estructural adicional que se introdujo fue una placa, así como el reemplazo de columnas y vigas. A partir de este nuevo modelado confirmaremos irregularidades y derivas con el fin de tener una segunda alternativa de refuerzo válida.

Análisis Estático de la Segunda Opción de Reforzamiento

- PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN

Al igual que en la primera opción de reforzamiento y siguiendo las pautas establecidas en el apartado 28.4.1 de la norma E030-2018, se determinó el periodo fundamental de vibración mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{hn}{Ct}$$

Para la dirección X, tendremos:

$$C_t = 60$$

$$h_n = 8.10$$

$$Tx \equiv 0.135\ seg.$$

Para la dirección Y, tendremos:

$$C_t = 60$$

$$h_n = 8.10$$

$$Ty \equiv 0.135\ seg.$$

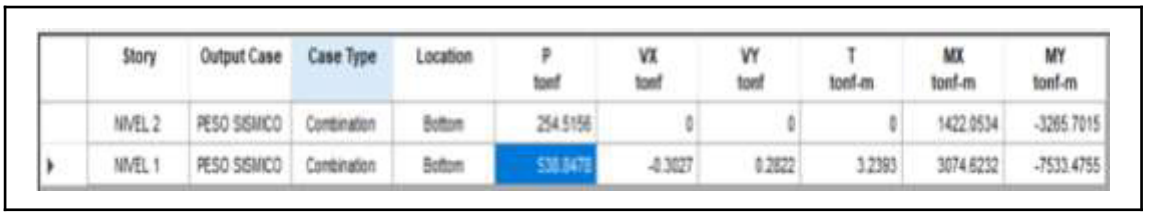
De acuerdo con lo establecido en el apartado 28.4.3 de la norma E030-2018, cuando no se toma en cuenta la rigidez de los elementos no estructurales, el periodo fundamental T se considera como el 0.85 del valor calculado.

Tabla 17: Periodos fundamentales de la segunda opción de reforzamiento

Ty	0.1148	seg
Ty	0.1148	seg

Hallamos el peso de la edificación con la segunda opción de reforzamiento de la misma forma como lo hicimos con la estructura actual y la primera opción de reforzamiento apoyándonos en el software ETABS.

A continuación se muestran los resultados del programa.



	Story	Output Case	Case Type	Location	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
	NIVEL 2	PESO SISMICO	Combination	Bottom	264.5156	0	0	0	1422.0534	-3265.7015
▶	NIVEL 1	PESO SISMICO	Combination	Bottom	538.8478	-0.3027	0.2822	3.2393	3074.6232	-7533.4755

Figura 26: Peso de la edificación con el software ETABS - Segunda opción de Reforzamiento

Peso de la Estructura = 100% (Peso Propio + Acabados + Tabiquería) + 50% (C. Viva) + 25% (C. Viva Techo)

PESO ESTRUCTURA = 538.8478 Ton

A continuación con los datos obtenidos se realizó la siguiente tabla para hallar la cortante basal de esta segunda opción:

Tabla 18: Cálculo de la cortante sísmica - Segunda opción de Reforzamiento

FACTOR	EJE XX	EJE YY
TX (s)	0.1148	0.1148
Z	0.45	0.45
S	1.05	1.05
TP	0.6	0.6
TL	2	2
U	1.3	1.3
C	2.5	2.5
Ro	8	6
Ia	1	1
Ip	1	1
PESO (ton)	**538.85**	**538.85**
VE=ZUCS (Coef. sismico)	0.19195	0.25594
VEXX (ton)	**103.434**	**137.911**
C/R	0.3125	0.4167
K	1	1

Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Según lo indicado en el apartado 28.3 de la norma E030, se realizó la distribución de las fuerzas sísmicas horizontales en los niveles i.

Distribución de Fuerzas Laterales en el eje XX

A continuación se muestra la tabla donde se halló la distribución de fuerzas en altura y su gráfico correspondiente en el eje XX.

Tabla 19: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje XX - Segunda opción de Reforzamiento

PISO	PESO POR NIVEL (ton)	ALTURAS (m)	Pi *hi^k	alfai	Fi (ton)
TECHO 2	284.332	8.1	2303.091	0.707006	73.12817
TECHO 1	254.516	3.75	954.4335	0.292994	30.30535
SUMA			3257.524		**103.4335**



Figura 27: Distribución de fuerzas en altura eje XX - Segunda opción de Reforzamiento

Distribución de Fuerzas Laterales en el eje YY

A continuación se muestra la tabla donde se halló la distribución de fuerzas en altura y su gráfico correspondiente en el eje YY.

Tabla 20: Cálculo para hallar la distribución de fuerzas eje YY - Segunda opción de Reforzamiento

PISO	PESO POR NIVEL (ton)	ALTURAS (m)	Pi *hi^k	alfai	Fi (ton)
TECHO 2	284.332	8.1	2303.091	0.707006	97.50423
TECHO 1	254.516	3.75	954.4335	0.292994	40.40713
SUMA			3257.524		**137.9114**



Figura 28: Distribución de fuerzas en altura eje YY - Segunda opción de Reforzamiento

Análisis Dinámico de la Segunda Opción de Reforzamiento

- MODOS Y PERIODOS RESULTANTES

A continuación gracias al software ETABS analizamos los modos y periodos resultantes de la segunda opción de reforzamiento.

Tabla 21: Modos y Periodos de la segunda opción de reforzamiento

MODO	PERIODO (SEG)	TRAN-X		TRAN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	0.265	81.83	81.83	0.12	0.12	0.07	0.007
2	0.207	0.19	82.02	54.15	54.15	32.93	33
3	0.105	17.97	1	0.003746	54.27	0.00294	33
4	0.072	0.00147	1	11.19	65.45	5.49	38.49
5	0.055	0	1	12.87	78.32	33.17	71.66
6	0.026	0	1	21.68	1	28.34	1

En las siguientes figuras 29, 30 y 31 se observa los 3 primeros modos más importantes.

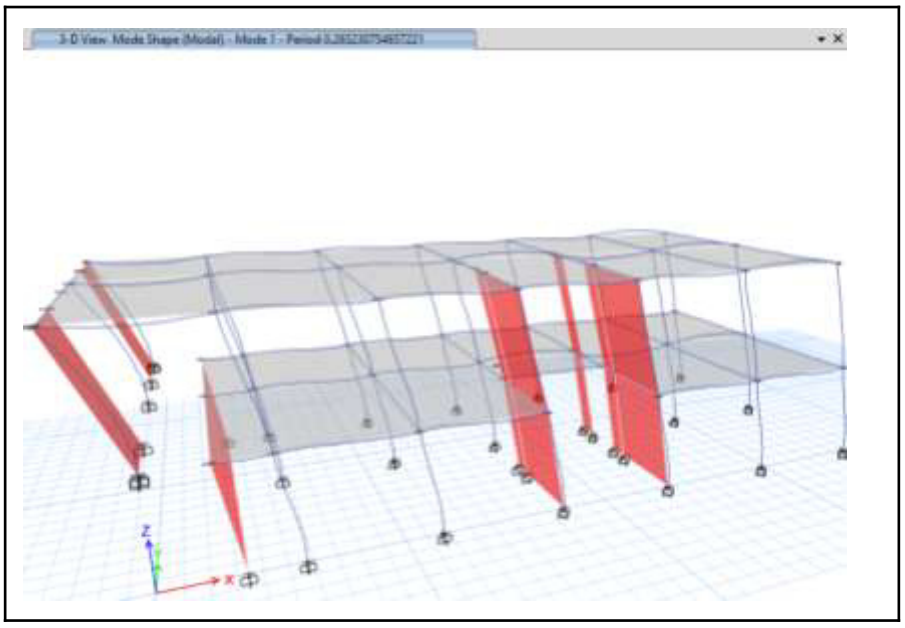


Figura 29:MODO 1 – (T = 0.26523) - Segunda opción de Reforzamiento

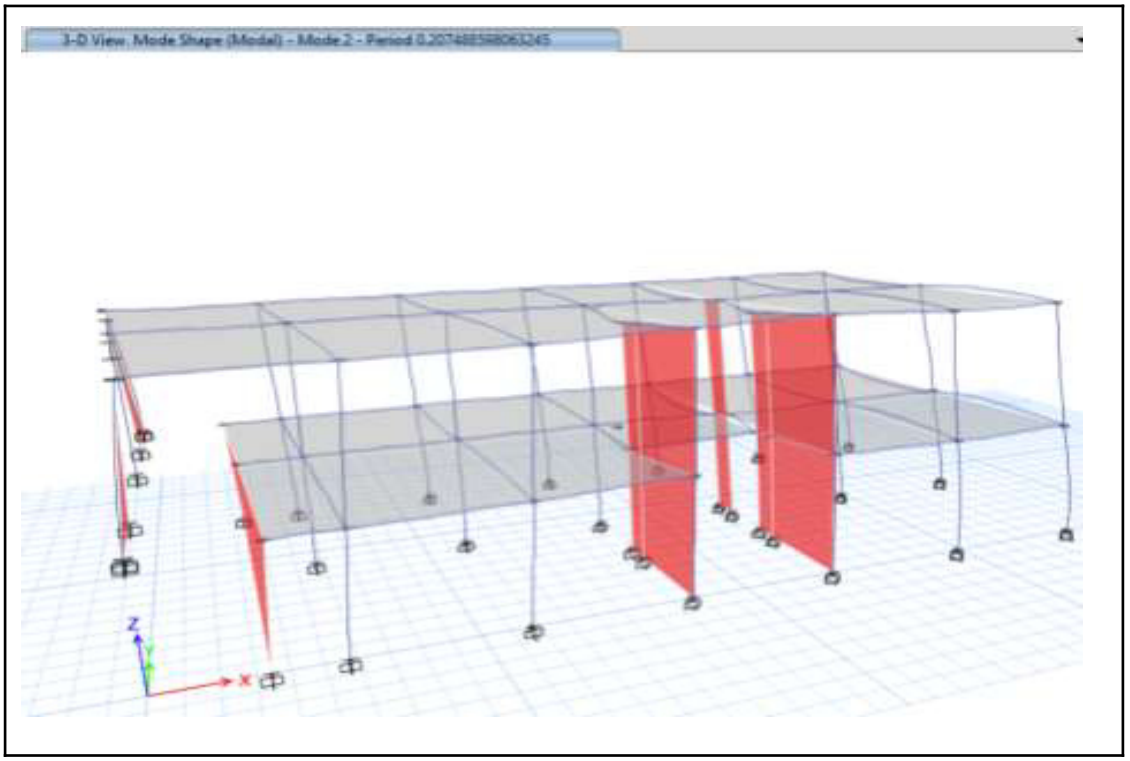


Figura 30:MODO 2 – (T = 0.20748) - Segunda opción de Reforzamiento

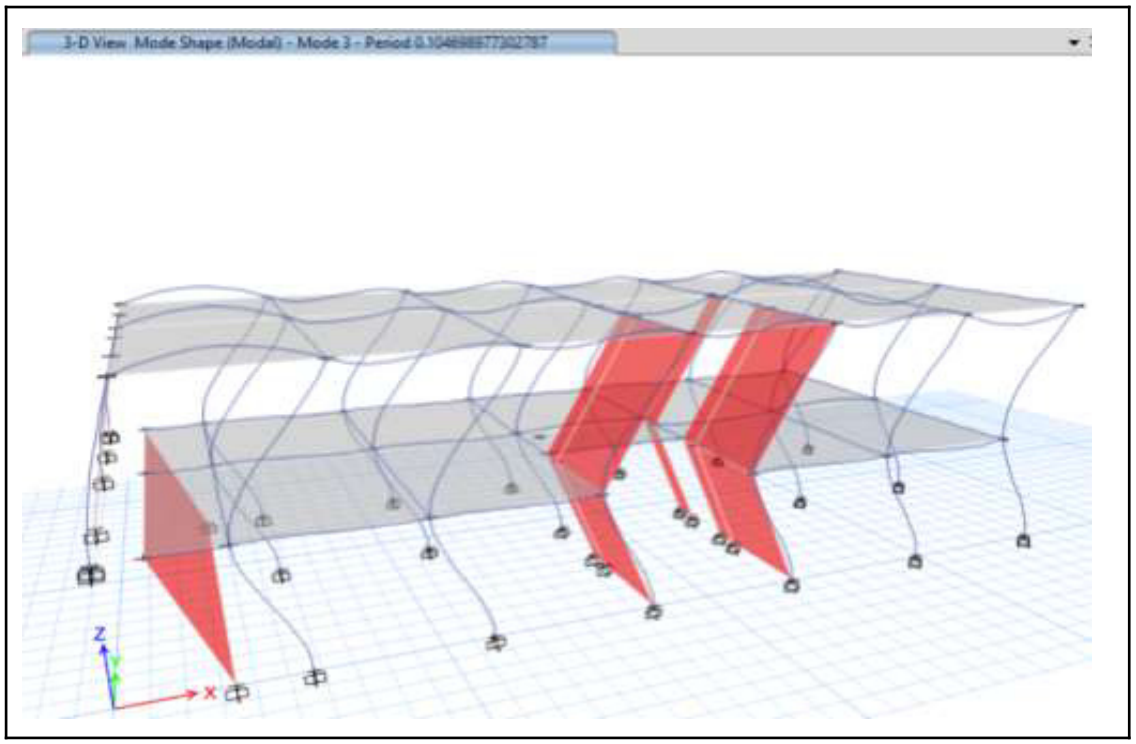


Figura 31:MODO 3 – (T = 0.10469) - Segunda opción de Reforzamiento

Verificación del sistema estructural

- EJE X-X

En el eje x-x aplicamos un corte en el diagrama de corte y colocamos solo columnas para saber cuánta fuerza está siendo resistida por este elemento.

Se muestra a continuación el diagrama de corte para columnas en el eje X-X.

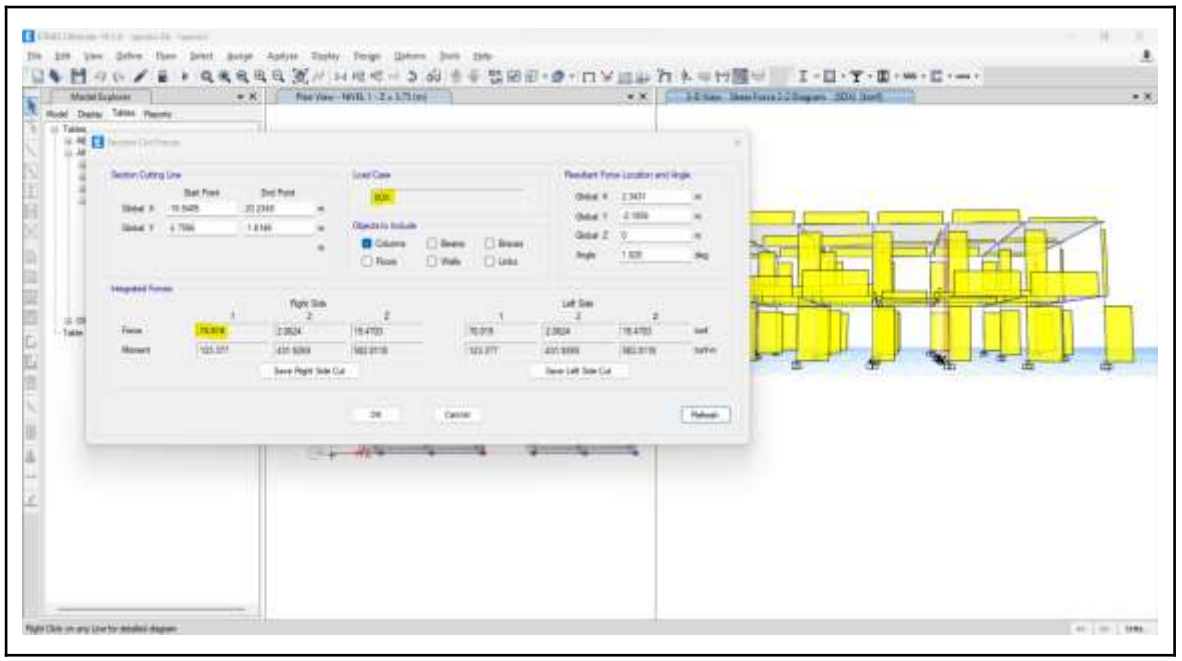


Figura 32: Cortante basal en el eje X-X para columnas - Segunda Opción de Reforzamiento

Como vemos 70.819 ton son resistidas por columnas lo que es más del 80 por ciento de la cortante por lo cual el sistema estructural es pórtico para este eje x-x.

- EJE Y-Y

En el eje y-y de la misma forma que el eje x-x aplicamos un corte en el diagrama de corte y colocamos solo muros estructurales para saber cuánta fuerza está siendo resistida por este elemento.

Se muestra a continuación el diagrama de corte para muros estructurales en el eje Y-Y.

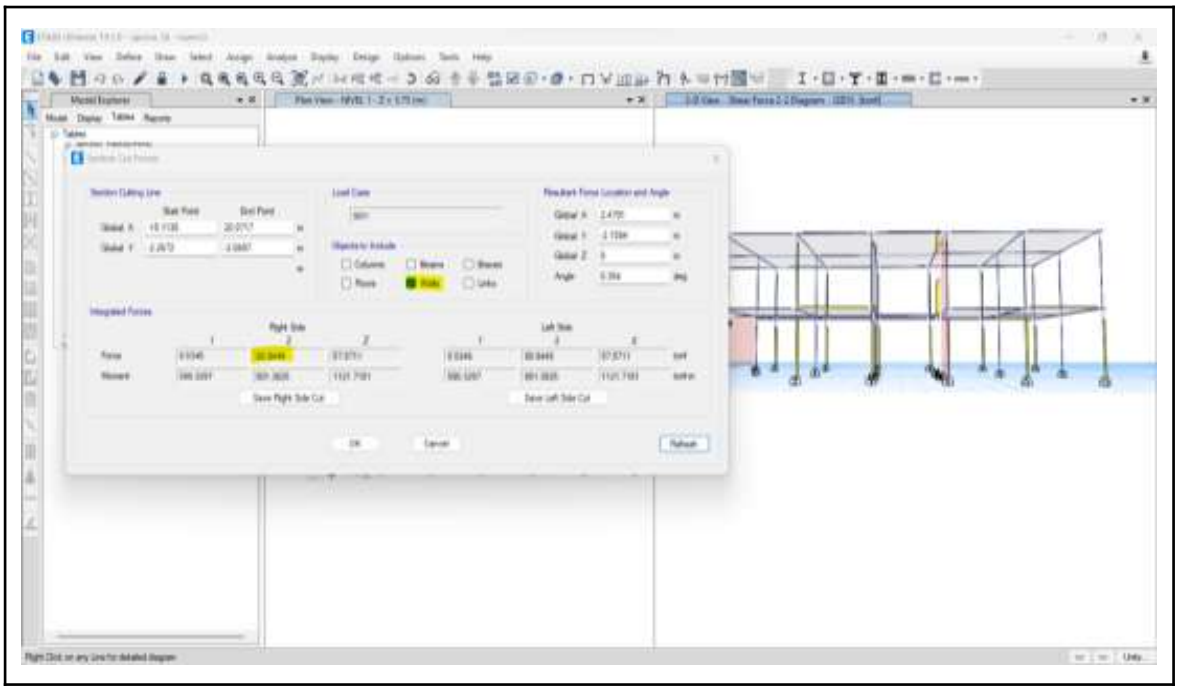


Figura 33: Cortante basal en el eje Y-Y para muros estructurales - Segunda Opción de Reforzamiento

Como vemos 80.9449 ton son resistidas por placas lo que indica que el sistema estructural es de muros estructurales para este eje y-y.

Comparación entre el Analisis Dinamico y Estatico

De la fuerza cortante basal dinámica obtenida se verifica si está cortante dinámica es mayor al 80% de la cortante estática según el artículo 25 para estructuras regulares, sino se procede a determinar el factor de escala para obtener la cortante de diseño.A continuación se muestran las tablas de análisis:

Tabla 22: Resumen de cortantes basales - Segunda Opción de Reforzamiento

CORTANTES	DIRECCIÓN DEL ANÁLISIS	
	X-X (t)	Y-Y (t)
ESTÁTICO	103.424	137.911
DINÁMICO	85.1731	82.8981
FACTOR DE ESCALA	1	1.3308

Cortantes de diseño:

Tabla 23: Cortante basal a usar para el diseño - Segunda Opción de Reforzamiento

CORTANTES DE DISEÑO	DIRECCIÓN DEL ANÁLISIS	
	X-X (t)	Y-Y (t)
CORTANTE	85.1731	110.3288

Segunda opción de reforzamiento

Verificación por Torsión

- SISMO X:

Se muestran a continuación los resultados obtenidos del ETABS.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
NIVEL 2	DERIVA X	Combination	Max	Diaph D.-2 X	0.006048	0.00483	1.252
NIVEL 1	DERIVA X	Combination	Max	Diaph D.-1 X	0.002774	0.002725	1.018

Figura 34: Verificación de Torsión eje XX - Segunda Opción de Reforzamiento

Al igual que en la primera alternativa en esta situación, la ausencia de irregularidad torsional se confirma, dado que la relación ΔMAX/ΔProm es menor que 1.3

- SISMO Y:

Se muestran a continuación los resultados obtenidos del ETABS y el análisis de derivas aplicadas a torsión.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
NIVEL 2	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.003041	9	26.8364	5.8952	8.1
NIVEL 1	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.002604	21	26.8364	11.55	3.75

Figura 35: Verificación de Torsión eje YY - Segunda Opción de Reforzamiento

Tabla 24: Cálculo de deriva aplicada a la torsión - Segunda Opción de Reforzamiento

LOAD COMBINATION	PISO	ALTURA DE PISO (cm)	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO	DERIVA
DERIVA Y	2	435	1.76378	1.322835	0.003041
DERIVA Y	1	375	1.302	0.9765	0.002604

No existe torsión cuando el desplazamiento relativo máximo entre entresuelos es inferior al 50% del límite de distorsión para elementos de concreto armado (0.007/2=0.0035). Por lo tanto, la irregularidad torsional no es aplicable. En resumen, no se presenta irregularidad torsional.

POR ENDE, NO APLICA IRREGULARIDAD TORSIONAL EN NINGUNO DE LOS EJES DE ANÁLISIS.

Cortante Basal

Con ayuda del software ETABS obtendremos la cortante basal total dinámica

A continuación se muestran los resultados en cada eje.

Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
SDX	LinRespSpec	Max	85.1731	4.2052	0	27.3323	544.6994	482.1194
SDY	LinRespSpec	Max	5.607	82.8981	0	512.4858	36.1765	1632.6571

Figura 36: Cortante basal dinámica - Segunda Opción de Reforzamiento

Verificación de derivas

Se verificaron las derivas según lo indicado en la norma.

En las figuras 37 y 38 se muestran los resultados de las derivadas con ayuda del software y en las tablas 25 y 26 su verificación con la deriva permisible por la norma Peruana.

- DERIVAS EN EL EJE X-X

A continuación se muestran las derivas obtenidas por el ETABS:

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
NIVEL 2	DERIVA X	Combination	Max	X	0.006052	22	0	-0.15	8.1
NIVEL 1	DERIVA X	Combination	Max	X	0.002774	26	2.5715	0	3.75

Figura 37: Derivas en el eje X-X - Segunda Opción de Reforzamiento

A continuación se muestra la tabla de comparación con lo solicitado por la norma:

Tabla 25: Verificación de derivas eje X-X - Segunda Opción de Reforzamiento

PISO	LOAD COMBINATION	DERIVA	DERIVA MÁXIMA PERMISIBLE	CONDICIÓN
2	DERIVA X	0.006052	0.007	NO CUMPLE
1	DERIVA X	0.002774	0.007	NO CUMPLE

DERIVAS EN EL EJE Y-Y

A continuación se muestran las derivas obtenidas por el ETABS:

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
NIVEL 2	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.003041	9	26.8364	5.8952	8.1
NIVEL 1	DERIVA Y	Combination	Max	Y	0.002604	21	26.8364	11.55	3.75

Figura 38: Derivas en el eje Y-Y - Segunda Opción de Reforzamiento

A continuación se muestra la tabla de comparación con lo solicitado por la norma:

Tabla 26: Verificación de derivas eje Y-Y - Segunda Opción de Reforzamiento

PISO	LOAD COMBINATION	DERIVA	DERIVA MÁXIMA PERMISIBLE	CONDICIÓN
2	DERIVA Y	0.003041	0.007	SI CUMPLE
1	DERIVA Y	0.002604	0.007	SI CUMPLE

Como podemos observar las derivas SI son admisibles según el reglamento para ambos ejes.

DISEÑO DE ELEMENTOS

a.1.5)Diseño de elementos de la primera opción de reforzamiento

El diseño de los elementos estructurales establecido en la Norma E.060 (SENCICO, 2009) en su sección 8.3.1, se ejecutó con el propósito de soportar las cargas máximas resultantes de combinaciones amplificadas (resistencia última).

Para nuestra primera opción de reforzamiento el integrar nuevas placas, fue esencial realizar un análisis estructural que determine las interacciones entre las placas nuevas y los elementos existentes. Este análisis incluye la evaluación de las cargas adicionales que las nuevas placas impondrán sobre la estructura, así como la identificación de las conexiones necesarias para asegurar una integración adecuada. Las nuevas placas deben diseñarse de manera que complementen la estructura existente, garantizando que las conexiones sean robustas y que la carga se distribuya de manera uniforme.

Diseño de Placas de la primera opción de reforzamiento

Se les asignó a las placas agregadas le asignamos un PIER en el software ETABS para su diseño.

A continuación se muestra la asignación de PIER a cada placa.

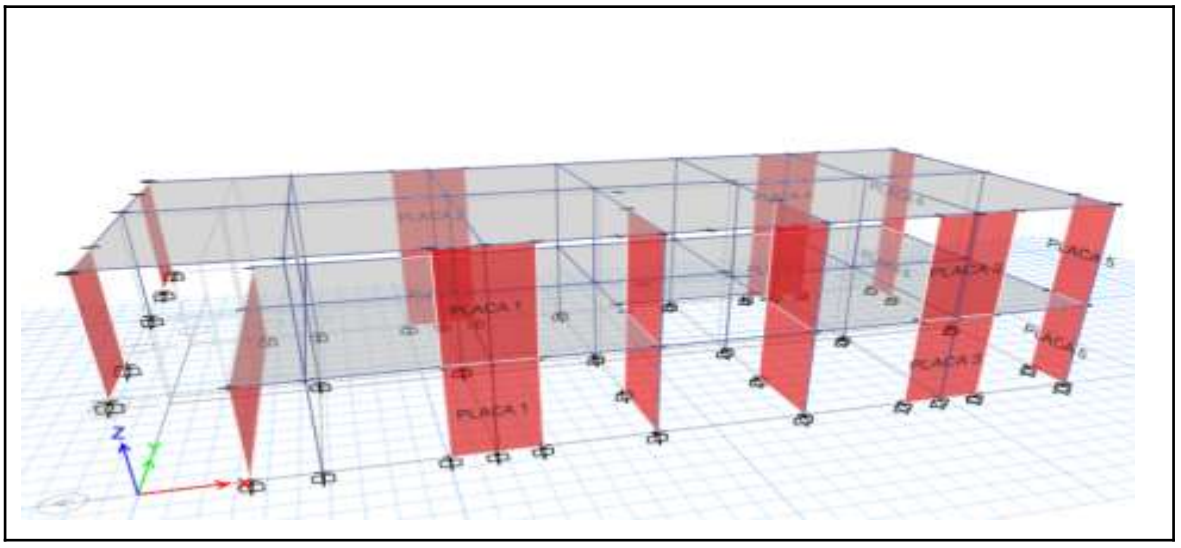


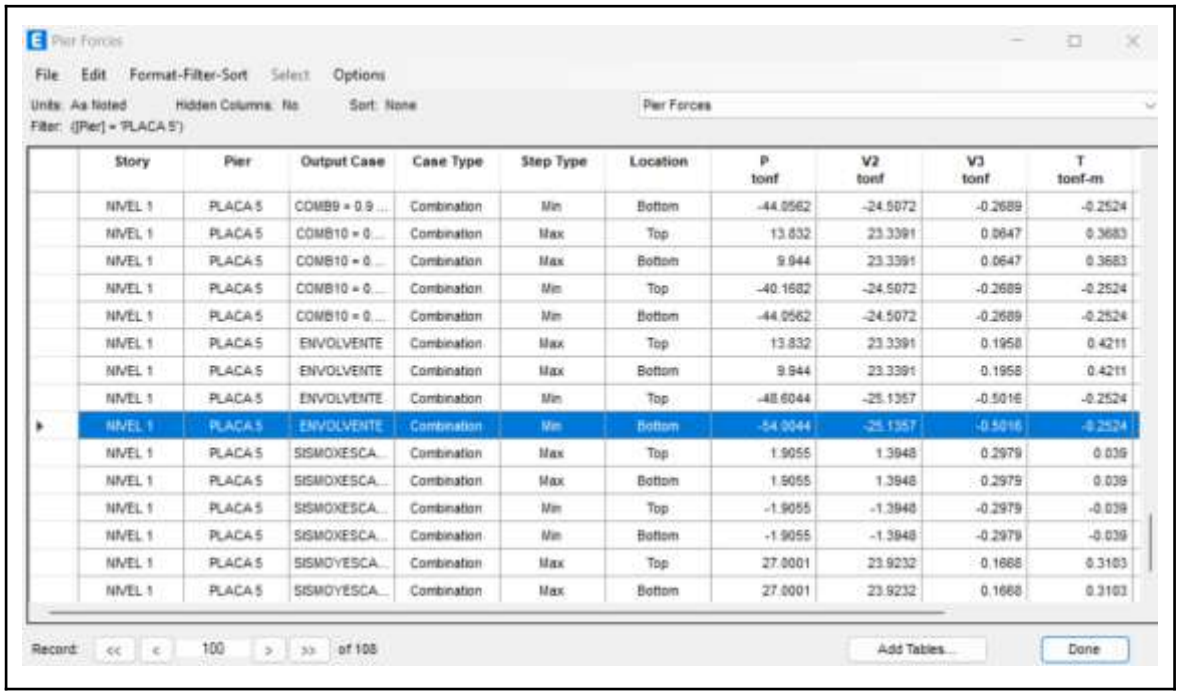
Figura 39: Asignación de PIER - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento

Diseño de la primera placa

Diseño por flexo-compresión

La capacidad a flexo compresión de placas se representó mediante un diagrama de interacción que se construye según el concreto, el acero y la sección transversal del elemento.Para ello se escogió la placa más sobre esforzada con ayuda del ETABS.

A continuación se muestran las placas y las cargas actuantes sobre estas.



Pier Forces

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Pier Forces

Filter: ([Pier] = 'PLACA 5')

Story	Pier	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m
NIVEL 1	PLACA 5	COMB9 = 0.9 ...	Combination	Min	Bottom	-44.0562	-24.5072	-0.2689	-0.2524
NIVEL 1	PLACA 5	COMB10 = 0....	Combination	Max	Top	13.832	23.3391	0.0647	0.3683
NIVEL 1	PLACA 5	COMB10 = 0....	Combination	Max	Bottom	9.944	23.3391	0.0647	0.3683
NIVEL 1	PLACA 5	COMB10 = 0....	Combination	Min	Top	-40.1682	-24.5072	-0.2689	-0.2524
NIVEL 1	PLACA 5	COMB10 = 0....	Combination	Min	Bottom	-44.0562	-24.5072	-0.2689	-0.2524
NIVEL 1	PLACA 5	ENVOLVENTE	Combination	Max	Top	13.832	23.3391	0.1958	0.4211
NIVEL 1	PLACA 5	ENVOLVENTE	Combination	Max	Bottom	9.944	23.3391	0.1958	0.4211
NIVEL 1	PLACA 5	ENVOLVENTE	Combination	Min	Top	-48.6044	-25.1357	-0.5016	-0.2524
NIVEL 1	PLACA 5	ENVOLVENTE	Combination	Min	Bottom	-54.0044	-25.1357	-0.5016	-0.2524
NIVEL 1	PLACA 5	SISMOXESCA...	Combination	Max	Top	1.9055	1.3948	0.2979	0.039
NIVEL 1	PLACA 5	SISMOXESCA...	Combination	Max	Bottom	1.9055	1.3948	0.2979	0.039
NIVEL 1	PLACA 5	SISMOXESCA...	Combination	Min	Top	-1.9055	-1.3948	-0.2979	-0.039
NIVEL 1	PLACA 5	SISMOXESCA...	Combination	Min	Bottom	-1.9055	-1.3948	-0.2979	-0.039
NIVEL 1	PLACA 5	SISMOYESCA...	Combination	Max	Top	27.0001	23.9232	0.1668	0.3103
NIVEL 1	PLACA 5	SISMOYESCA...	Combination	Max	Bottom	27.0001	23.9232	0.1668	0.3103

Record: << < 100 > >> of 108 Add Tables... Done

Figura 40: Cuadro de cargas para placas - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento

Nos damos cuenta de que la PLACA 5 en el primer piso tiene las mayores solicitudes sísmicas.

En el diseño por flexocompresión de una placa, el primer paso consistió en definir las dimensiones de los núcleos de borde. De acuerdo con la norma E-0.60, se establece un valor estimado para la longitud que es igual al 15% de la longitud (lm).

$$Lb = 0.15 \times 1.60 = 0.24\,cm = 30\,cm$$

Para el refuerzo en los núcleos de borde, se inició con una cuantía estimada de p=1%, y posteriormente se verifica si satisface las fuerzas requeridas.

$$As = p \times B \times H = 1\% \times 30 \times 30 = 9\,cm^2$$

Se procedió a modelar y asignar el acero para obtener el diagrama de interacción de esta placa.

Se seleccionaron barras de acero de refuerzo con dimensiones 4 ø5/8" y 2 ø1/2" para los núcleos de borde de la placa, lo que equivale a una cuantía de aproximadamente 1.18%.

Para el refuerzo vertical en el alma, se estableció una cuantía de p=0.25%. por metro. Esto implica que el área de acero necesaria, As, se calcula como:

$$As=0.0025 \times 100 \times 30= 7.5 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

En el caso de emplear dos filas de varillas, que es requerido para muros con un espesor superior a 20 cm, se debe determinar el espaciamiento adecuado para las varillas de diámetro 1/2".

$$S = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.4cm$$

Se asignó 2 capas de varillas de ø 1/2" @30 cm.

A continuación se muestra el modelado final de la placa para la obtención del diagrama de interacción:

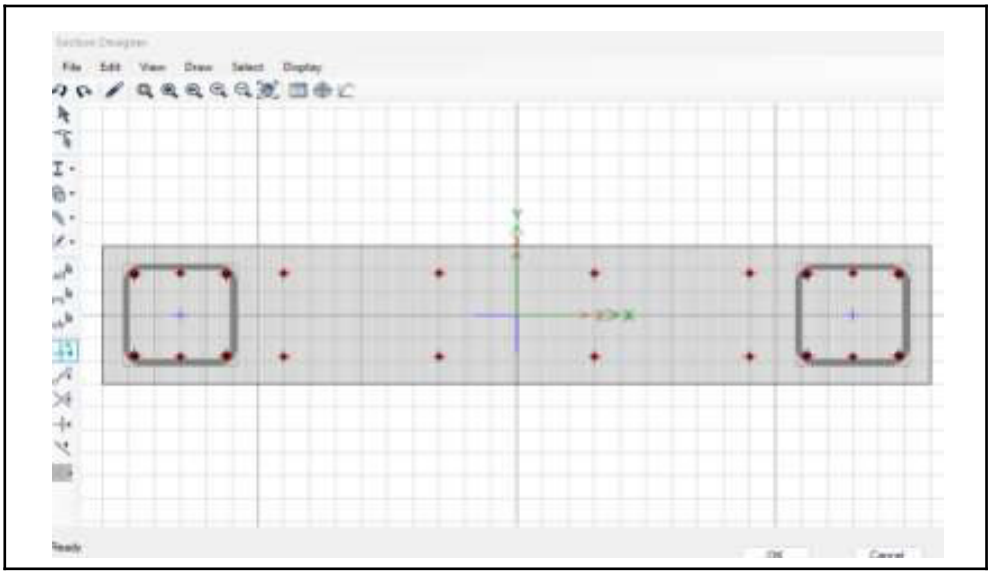


Figura 41: Modelado de placa - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento

El acero colocado y el espaciamiento definido fueron verificados en el diseño por corte y capacidad. Se llevó a cabo el cálculo de las cargas de la placa y se verificó que los puntos correspondientes se encuentren dentro del diagrama de interacción. Esto es esencial para asegurar que la estructura cumpla con los requisitos del diseño por resistencia.

La placa se diseñó considerando la orientación a lo largo de la dirección Y, lo que resultará en un mayor efecto cortante en esa dirección. Esto se traduce específicamente en un cortante representado por el eje local V22 y en un momento representado por M33.

A continuación se muestran los diagramas de interacción obtenidos:

SISMO EN YY MOMENTO 33

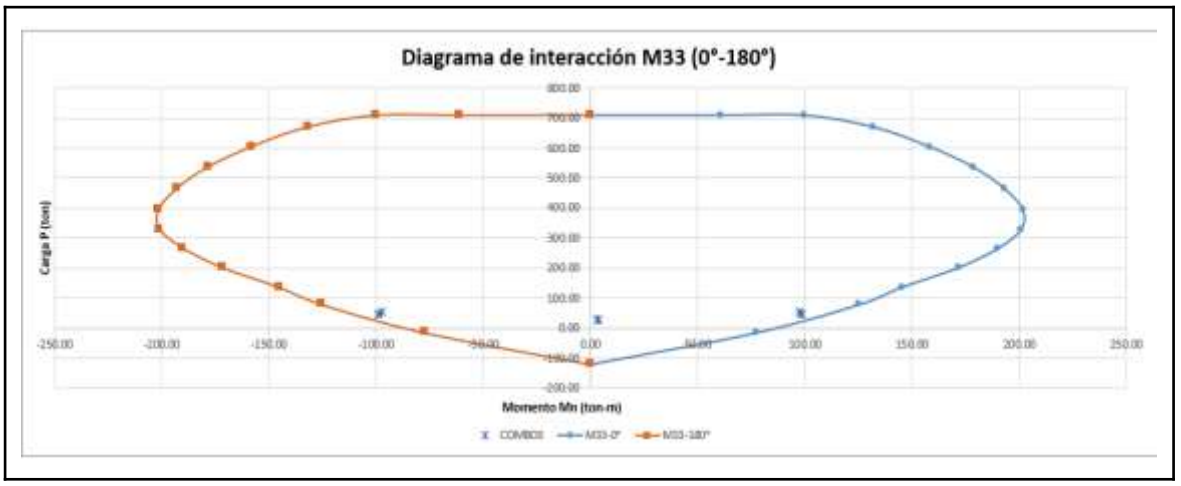


Figura 42: Diagrama de interacción eje YY - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento

SISMO EN XX MOMENTO 33

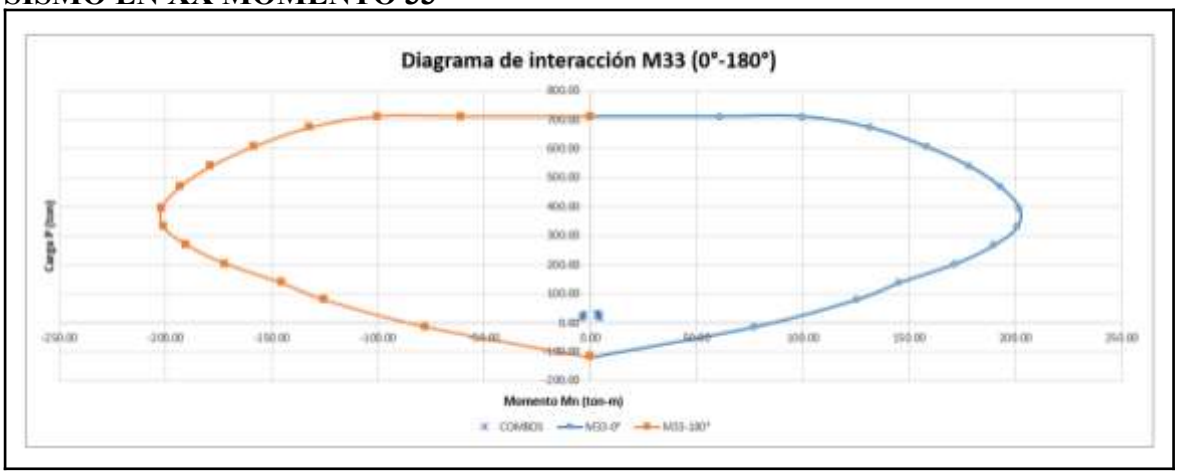


Figura 43: Diagrama de interacción eje XX - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento

El diseño por flexocompresión se verifica satisfactoriamente con la cuantía de acero asignada. Además, se observa que, en los niveles superiores, la carga demandada disminuye. Por lo que bastará este diseño para el siguiente nivel.

Diseño por cortante y capacidad

En las zonas perimetrales del núcleo, la normativa E-060 establece criterios específicos para el refuerzo transversal. En este contexto, se emplearán estribos de diámetro 3/8 para

proporcionar el refuerzo necesario para el confinamiento ya que contamos con barras longitudinales hasta de 1".

El espaciamiento no debe exceder al menor de los siguientes valores:

• Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro (2009) =10*1.27=12.7 cm

• Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro (2019) =8*1.27=10.16 cm

• La menor dimensión de la sección transversal del elemento de borde =30 cm

• 25 cm

Se escoge el menor valor, por lo que, el espaciamiento del confinamiento en los núcleos de borde será s=10 cm

Además, es imperativo llevar a cabo el diseño por capacidad con el fin de garantizar que el elemento falle debido a flexión en lugar de cortante. La cortante de diseño debe ser contrastada con la cortante por capacidad en flexión incorporada en el muro.

$$Vu \geq Vua\left(\frac{Mn}{Mua}\right)$$

De la combinación 1.25(CM+CV)±SY ya que tiene la mayor cortante, se obtiene un valor máximo de cortante en la dirección del sismo en Y-Y, por lo que se opta por usar esa combinación. Se tiene como carga axial 54.0044 ton, un momento último Mua=97.59 ton.m y una cortante Vua=25.14 ton.

A continuación se muestra las resultantes de la hoja de cálculo para las combinaciones de diseño:

Tabla 27: Hoja de cálculo de las combinaciones de diseño - 1era placa - Primera opción de Ref.

		COMBINACIONES DE DISEÑO				
		P (ton)	M22 (ton.m)	M33 (ton.m)	V22 (ton)	V33 (ton)
	COMB1 = 1.4 D	26.53	-0.25	3.17	-0.91	-0.16
	COMB2 = 1.4 D + 1.7 L	31.04	-0.37	3.68	-1.45	-0.24
SISMO XX	COMB3 = 1.25 (D + L) + SX	28.91	-1.87	-3.09	-2.61	-0.50
	COMB4 = 1.25 (D + L) – SX	28.91	-1.87	-3.09	-2.61	-0.50
	COMB7 = 0.9 D + SX	18.96	-1.72	-4.26	-1.98	-0.40
	COMB8 = 0.9 D – SX	18.96	-1.72	-4.26	-1.98	-0.40
	COMB5 = 1.25 (D + L) + SY	54.00	-1.00	-97.59	-25.14	-0.37
SISMO YY	COMB6 = 1.25 (D + L) – SY	54.00	-1.00	-97.59	-25.14	-0.37
	COMB9 = 0.9 D + SY	44.06	-0.85	-98.76	-24.51	-0.27
	COMB10 = 0.9 D – SY	44.06	-0.85	-98.76	-24.51	-0.27

Entrando al diagrama de interacción para la carga P=54.0044 ton se obtiene el momento nominal de Mn=112.63/0.7=160.9 ton-m

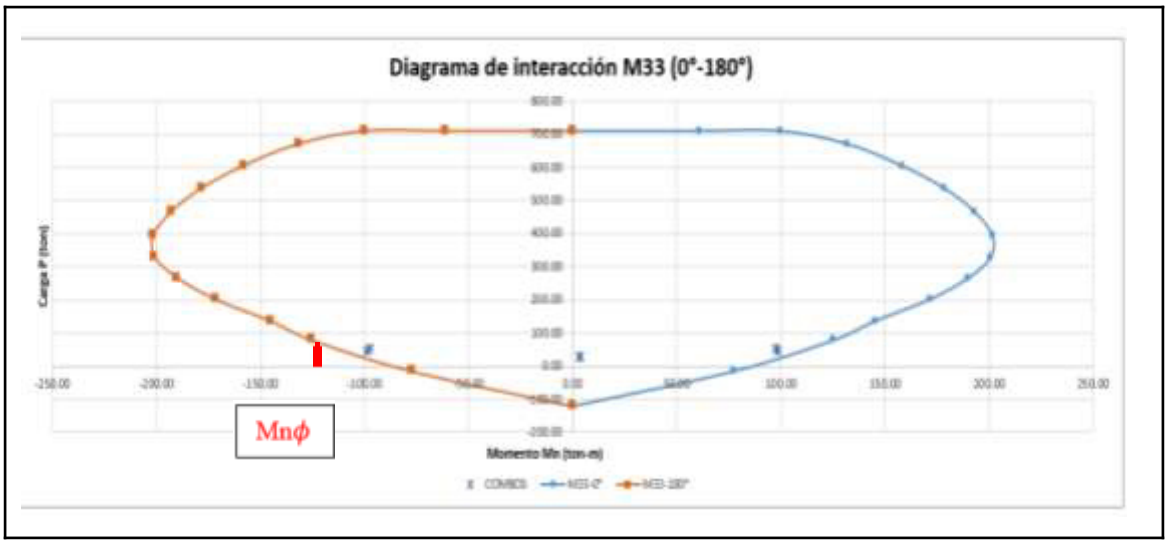


Figura 44: Diagrama de interacción - 1era placa - Primera opción de Reforzamiento

$$Vu \geq 25.14\left(\frac{160.9}{97.59}\right) = 25.14 \times 1.65 = 41.48 ton$$

Es esencial destacar que el cociente Mn/Mua no debe superar el valor del coeficiente de reducción R empleado en el cálculo de las fuerzas sísmicas.

Se calcula el valor del aporte del concreto a cortante.

$$Vc = Acw(\alpha c\sqrt{fc})$$

La placa que estamos diseñando tiene una longitud lm= 1.6 m, y hm= 8.1 m. Por lo que se tendrá un valor de hm/lm de 5.0625; si es mayor a 2 (muro esbelto). Por lo que el valor de αc=0.53.

$$Vc = 30 \times (0.80x\ 160) \times 0.53 \times \sqrt{280} = 34.05\ ton$$

Calculamos el aporte del acero:

$$Vs = \frac{Vud}{\phi} - Vc$$

$$Vs = \frac{41.48}{0.85} - 34.05 = 14.75\ ton$$

Se determinará el espaciamiento requerido para el acero longitudinal asignado de varillas de ø1/2" por capa.

$$S = \frac{Av \times Fy \times d}{Vs}$$

$$S = \frac{(2\times1.29)\times4200\times160\times0.8}{14.75\times1000}$$

$$S = 94.03\ cm$$

El espaciamiento máximo requerido para el refuerzo longitudinal lo seguiremos considerando de **s=30 cm** ya que es el menor entre los hallados en la flexocompresion y capacidad.

Además, tenemos que considerar una cuantía y espaciamiento máximo según la norma:

11.10.7 Donde Vu sea menor que $0{,}085\sqrt{f'c}\ Acw$, el refuerzo distribuido debe proporcionarse según lo estipulado en 11.10.10 o de acuerdo con los siguientes mínimos:

(a) La cuantía de refuerzo horizontal no será menor que 0,002.

(b) La cuantía de refuerzo vertical no será menor que 0,0015.

El espaciamiento del refuerzo en cada dirección en muros estructurales no debe exceder de tres veces el espesor del muro ni de 400 mm

Figura 45: Norma de concreto armado E 060 - Disposiciones especiales para muros

Se procede a obtener la cuantía horizontal mínima requerida según la siguiente expresión:

$$\rho h = \frac{Vs}{Fy\times t\times d}$$

$$\rho h = \frac{14.75\times1000}{4200\times30\times160\times0.8} = 0.000914$$

Nos da una cuantía mínima para el acero vertical de ph=0.091% seguiremos con la cuantía planteada en un inicio de ph=0.25%

A partir de la cuantía horizontal (ph) se procede a calcular la cuantía vertical mínima (pv). El valor de Vu=41.48 ton.

$$Vu > Acw(0.27\sqrt{fc}) = 30\times160\times0.8\times0.27\times\sqrt{280}$$

$$Vu = 41.48 > 17.35ton(cumple)$$

Si no cumplía usábamos ρ=0.15%

$$\rho v = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hm}{lm})(\rho h - 0.0025)$$

$$\rho v = 0.0025 + 0.5\left(2.5 - \frac{8.1}{1.6}\right)(0.0025 - 0.0025) = 0$$

Como el valor obtenido es menor al *pv* = 0.0025 usaremos este valor.

Cabe recalcar que la cuantía de refuerzo horizontal y vertical para cortante no tiene que ser menor a 0.25% y además el espaciamiento no debe de exceder tres veces el espesor del muro, ni 40 cm.

El espaciamiento mínimo se determina utilizando las cuantías mínimas especificadas para el refuerzo horizontal y vertical.

$$s = \frac{2 \times Asb}{Asreq}$$

En la región central o alma de la placa, se emplea la misma varilla de diámetro 1/2 para el refuerzo tanto vertical como horizontal.

$$As(vertical) = 0.0025 \times 100 \times 30 = 7.5\ cm^2/m$$

$$sv = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.40\ cm$$

$$As(horizontal) = 0.0025 \times 100 \times 30 = 7.5\ cm^2/m$$

$$sh = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.40\ cm$$

El espaciamiento resultante no debe exceder al obtenido mediante el diseño por flexo compresión y capacidad, en este caso 30 cm.

Diseño de la segunda placa

Diseño por flexo-compresión

Para las placas 1,2,3 y 4 considerando que tienen las mismas dimensiones y orientación empezaremos identificando cual es la más sobre esforzada. Para ello nos ayudaremos del software ETABS.

A continuación se muestra el gráfico de solicitudes de las placas 1,2,3 y 4:

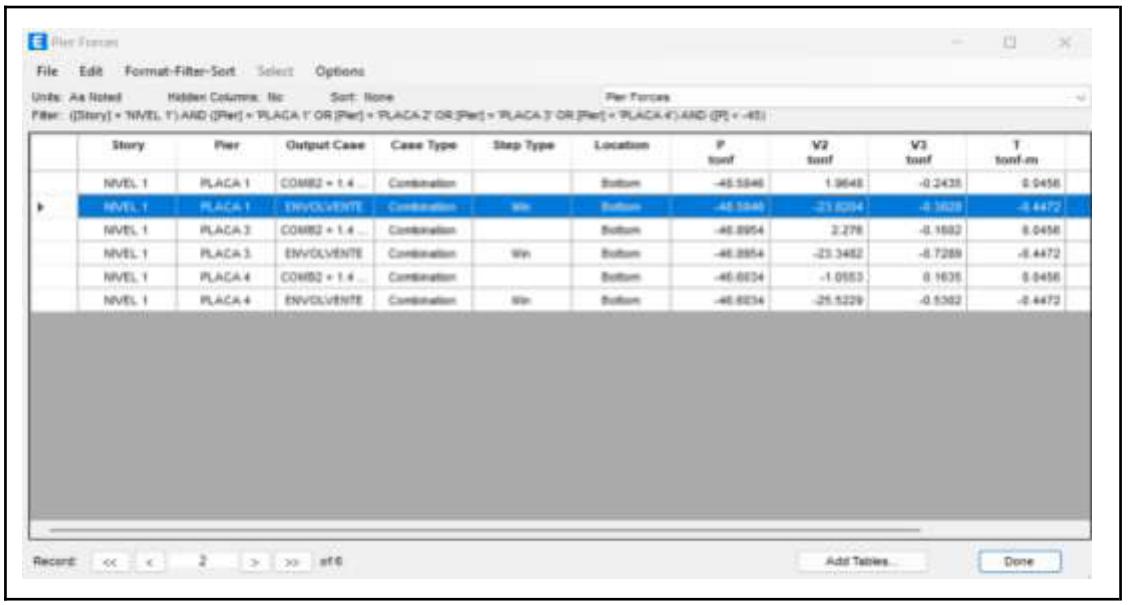


Figura 46: Cuadro de cargas de placas - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento

Nos damos cuenta de que la PLACA 1 en el primer piso tiene las mayores solicitudes sísmicas.

En el diseño por flexocompresión de una placa, el primer paso consiste en definir las dimensiones de los núcleos de borde. De acuerdo con la norma E-0.60, se establece un valor estimado para la longitud que es igual al 15% de la longitud (lm).

$$Lb = 0.15 \times 2.50 = 0.375\,cm = 40\,cm$$

Para el refuerzo en los núcleos de borde, se inicia con una cuantía estimada de p=1%, y posteriormente se verifica si satisface las fuerzas requeridas.

$$As = p \times B \times H = 1\% \times 40 \times 30 = 12\,cm^2$$

Se procede a modelar y asignar el acero para obtener el diagrama de interacción de esta placa.

Se seleccionarán barras de acero de refuerzo con dimensiones 4ø5/8" y 4ø1/2" para los núcleos de borde de la placa, lo que equivale a una cuantía de aproximadamente 1.097%. Es crucial verificar que los ejes locales de la placa, modelados en planta, se correspondan con los ejes dibujados en el diseño.

Para el refuerzo vertical en el alma, se ha considerado una cuantía por metro de p=0.25%. Esto se traduce en un área de acero de As=0.0025 x 100 x 30, lo cual resulta en 7.5 cm²/m.

En el caso de dos filas de refuerzo (según las exigencias normativas para muros con más de 20 cm de espesor), se procederá a determinar el espaciamiento para varillas de ø1/2”.

$$S = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.4cm$$

Se asigna 2 capas de varillas de ø 1/2” @30 cm.

A continuación se muestra el diseño en el software:

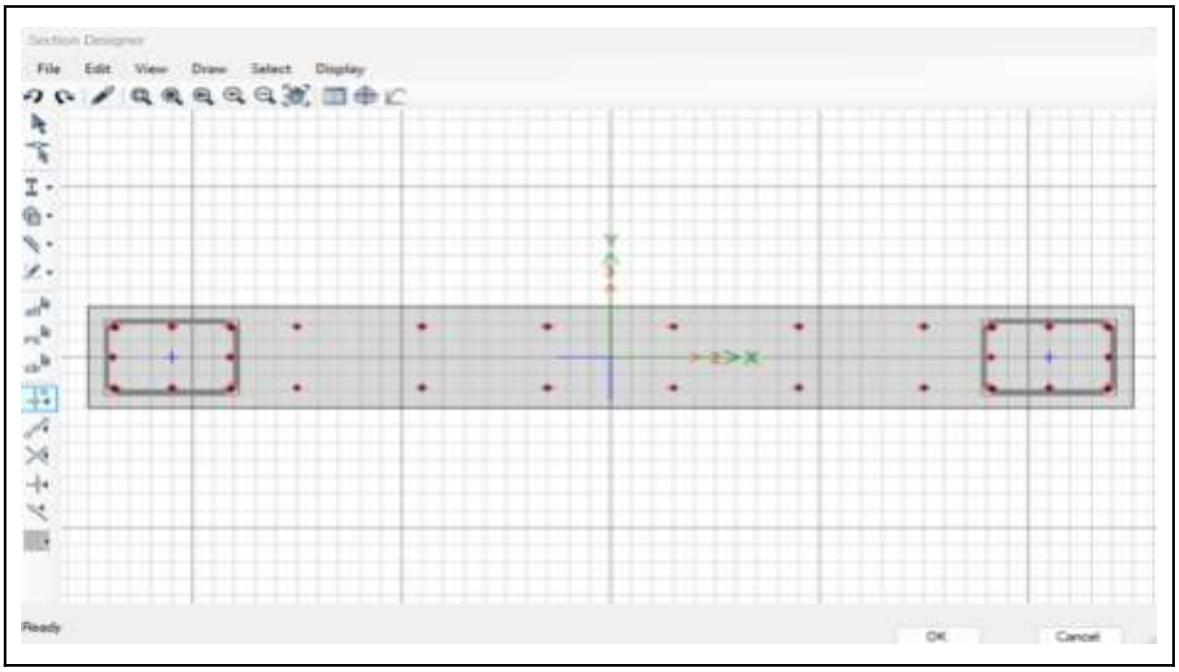


Figura 47: Modelado de placa - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento

El acero colocado y el espaciamiento definido deben ser verificados en el diseño por corte y capacidad. Se lleva a cabo el cálculo de las cargas de la placa y se verifica que los puntos correspondientes se encuentren dentro del diagrama de interacción. Esto es esencial para asegurar que la estructura cumpla con los requisitos del diseño por resistencia.

La placa ha sido diseñada considerando la orientación a lo largo de la dirección X, lo que resultará en un mayor efecto cortante en esa dirección. Esto se traduce específicamente en un cortante representado por el eje local V22 y en un momento representado por M33.

A continuación en las figuras 48 y 49 se muestran los diagramas de interacción obtenidos:

SISMO EN XX MOMENTO 33

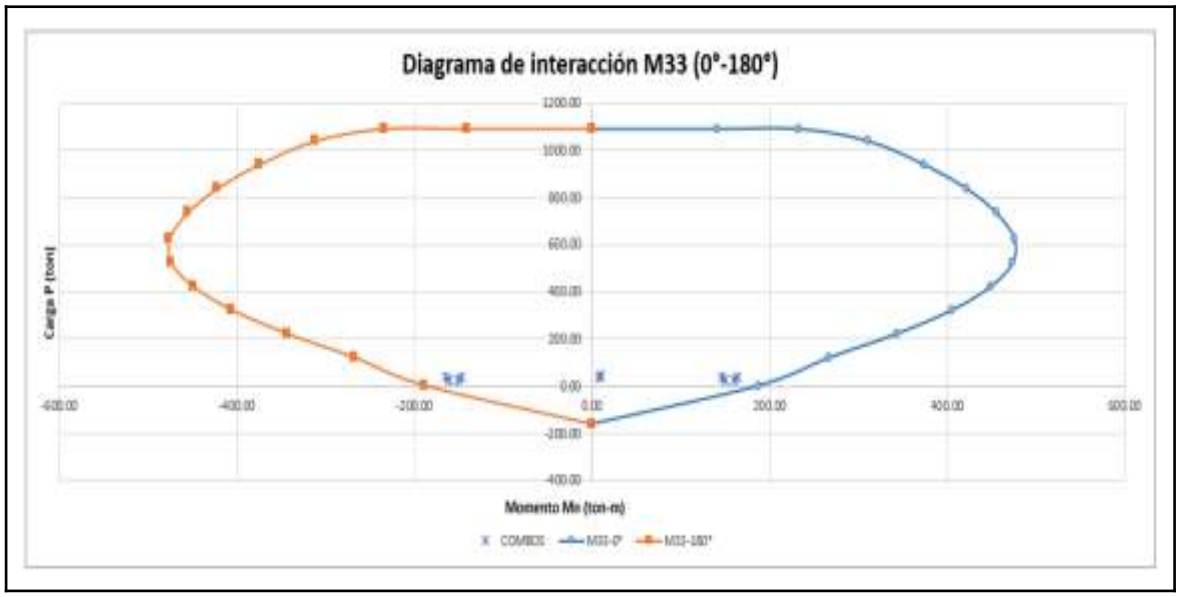


Figura 48: Diagrama de interacción eje XX - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento

SISMO EN YY MOMENTO 33

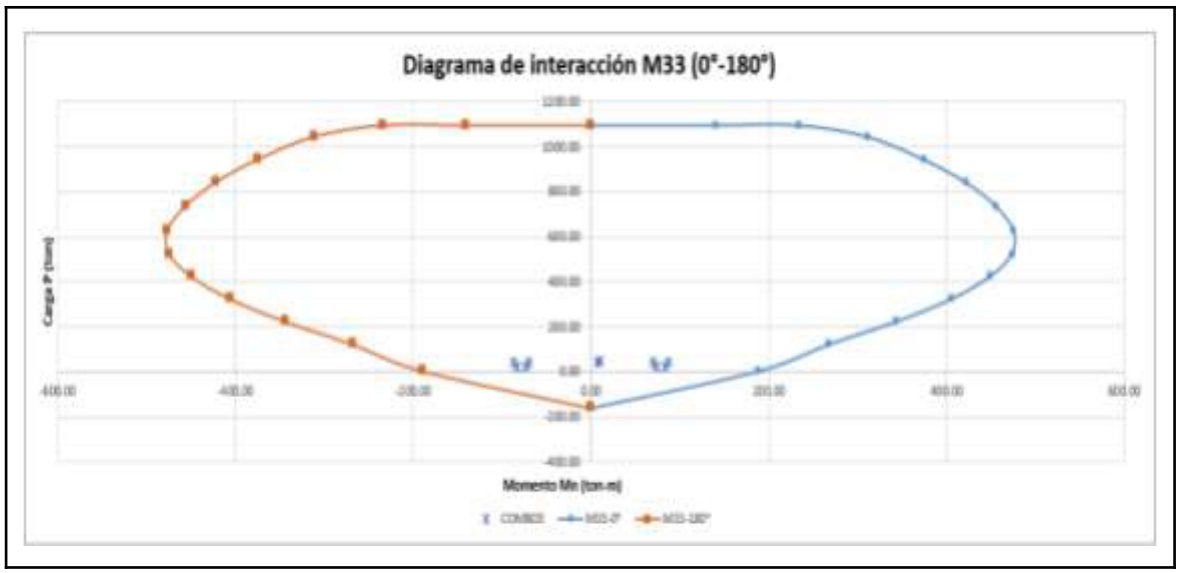


Figura 49: Diagrama de interacción eje YY - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento

El diseño por flexocompresión se verifica satisfactoriamente con la cantidad de acero asignada. Además, se observa que, en los niveles superiores, la carga demandada disminuye. Por lo que bastará este diseño para el siguiente nivel.

Diseño por cortante y capacidad

En las zonas perimetrales del núcleo, la normativa E-060 establece criterios específicos para el refuerzo transversal. En este contexto, se emplearán estribos de diámetro 3/8 para proporcionar el refuerzo necesario para el confinamiento.

El espaciamiento no debe exceder al menor de los siguientes valores:

• Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro (2009) =10*1.27=12.7 cm

• Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro (2019) =8*1.27=10.16 cm

• La menor dimensión de la sección transversal del elemento de borde =30 cm

• 25 cm

Se escoge el valor menor, por lo que, el espaciamiento del confinamiento en los núcleos de borde será s=10 cm

Además, es imperativo llevar a cabo el diseño por capacidad con el fin de garantizar que el elemento falle debido a flexión en lugar de cortante. La cortante de diseño debe ser contrastada con la cortante por capacidad en flexión incorporada en el muro.

$$Vu \geq Vua\left(\frac{Mn}{Mua}\right)$$

De la combinación 1.25(CM+CV)±SX ya que tiene la mayor cortante, se obtiene un valor máximo de cortante en la dirección del sismo en X-X, por lo que se opta por usar esa combinación. Se tiene como carga axial 42.15 ton, un momento último Mua=164.26 ton.m y una cortante Vua=26.41 ton.A continuación se muestra las combinaciones de diseño:

		COMBINACIONES DE DISEÑO				
		P (ton)	M22 (ton.m)	M33 (ton.m)	V22 (ton)	V33 (ton)
	COMB1 = 1.4 D	40.88	-0.13	7.6	1.43	-0.16
SISMO XX	COMB3 = 1.25 (D + L) + SX	42.15	-0.11	164.2	26.41	-0.20
	COMB7 = 0.9 D + SX	26.29	-0.15	-150.5	-23.82	-0.11
	COMB8 = 0.9 D – SX	26.27	-0.02	160.4	25.67	-0.09
SISMO YY	COMB5 = 1.25 (D + L) + SY	42.34	-1.20	-69.4	-14.20	-0.38
	COMB6 = 1.25 (D + L) – SY	41.99	0.85	86.9	17.54	-0.02
	COMB9 = 0.9 D + SY	26.46	-1.11	-73.2	-14.94	-0.28
	COMB10 = 0.9 D – SY	26.10	0.94	83.0	16.79	0.08

Figura 50: Combinaciones de diseño - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento

Entrando al diagrama de interacción para la carga P=42.15 ton se obtiene el momento nominal de Mn=227.99/0.7=326.70 ton-m.

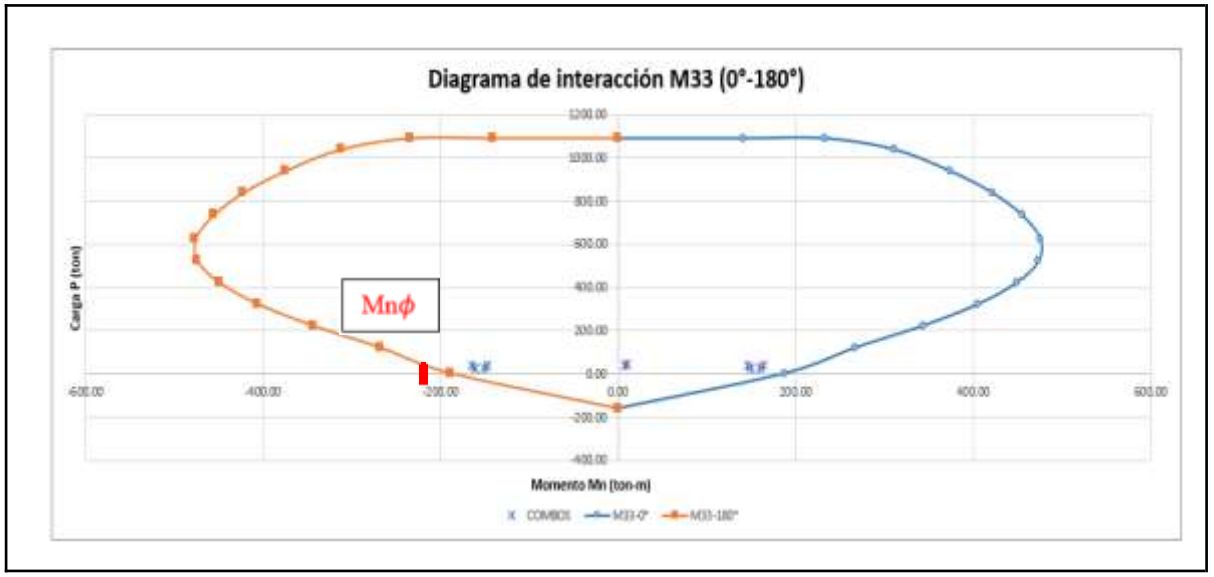


Figura 51: Diagrama de interacción - 2da placa - Primera opción de Reforzamiento

$$Vu \geq 26.41\left(\frac{326.70}{164.26}\right) = 26.41 \times 1.98 = 52.53 ton$$

Es esencial destacar que el cociente Mn/Mua no debe superar el valor del coeficiente de reducción R empleado en el cálculo de las fuerzas sísmicas.

Se calcula el valor del aporte del concreto a cortante.

$$Vc = Acw(\alpha c\sqrt{fc}$$

La placa que estamos diseñando tiene una longitud lm= 2.5 m, y hm= 8.1 m. Por lo que se tendrá un valor de hm/lm de 5.0625; si es mayor a 2 (muro esbelto). Por lo que el valor de αc=0.53.

$$Vc = 30 \times (0.80x\ 250) \times 0.53 \times \sqrt{280} = 53.21\ ton$$

Calculamos el aporte del acero:

$$Vs = \frac{Vud}{\phi} - Vc$$

$$Vs = \frac{52.53}{0.85} - 53.21 = 8.59\ ton$$

Se determinará el espaciamiento requerido para el acero longitudinal asignado de varillas de ø1/2” por capa.

$$S = \frac{Av \times Fy \times d}{Vs}$$

$$S = \frac{(2 \times 1.29) \times 4200 \times 250 \times 0.8}{8.59 \times 1000}$$

$$S = 252.29\, cm$$

El espaciamiento máximo requerido para el refuerzo longitudinal lo seguiremos considerando de s=30 cm ya que es el menor entre los hallados en la flexocompresion y capacidad.

Además, al igual que en el diseño de la primera placa tenemos que considerar un espaciamiento máximo según la norma.

Se procede a obtener la cuantía horizontal mínima requerida según la siguiente expresión:

$$\rho h = \frac{Vs}{Fy \times t \times d}$$

$$\rho h = \frac{8.59 \times 1000}{4200 \times 30 \times 250 \times 0.8} = 0.000340$$

Nos da una cuantía mínima para el acero vertical de ph=0.034% seguiremos con la cuantía mínima por la norma de ph=0.25%

A partir de la cuantía horizontal (ph) se procede a calcular la cuantía vertical mínima (pv). El valor de Vu=52.53 ton.

$$Vu > Acw(0.27\sqrt{fc}) = 30 \times 250 \times 0.8 \times 0.27 \times \sqrt{280}$$

$$Vu = 52.53 > 27.11\, ton(cumple)$$

Si no cumplía usábamos ρ=0.15%

$$\rho v = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hm}{lm})(\rho h - 0.0025)$$

$$\rho v = 0.0025 + 0.5\left(2.5 - \frac{8.1}{2.5}\right)(0.0025 - 0.0025) = 0$$

Como el valor obtenido es menor al *pv* = 0.0025 (mínimo) usaremos el valor mínimo.

Cabe recalcar que la cuantía de refuerzo horizontal y vertical para cortante no tiene que ser menor a 0.25% y además el espaciamiento no debe de exceder tres veces el espesor del muro, ni 40 cm.

El espaciamiento mínimo se determina utilizando las cuantías mínimas especificadas para el refuerzo horizontal y vertical.

$$s = \frac{2 \times Asb}{Asreq}$$

En la región central o alma de la placa, se emplea la misma varilla de diámetro 1/2 para el refuerzo tanto vertical como horizontal.

$$As(vertical) = 0.0025 \times 100 \times 30 = 7.5\ cm^2/m$$

$$sv = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.40\ cm$$

$$As(horizontal) = 0.0025 \times 100 \times 30 = 7.5\ cm^2/m$$

$$sh = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.40\ cm$$

El espaciamiento resultante no debe exceder al obtenido mediante el diseño por flexo compresión y capacidad, en este caso 30 cm.

Elementos de la primera opción de reforzamiento

Diseño de placas

De los cálculos realizados se obtuvo que se tendrá para una primera placa :

-Acero de refuerzo 4 ø 5/8 y 2 ø 1/2

-Distribución acero vertical ø1/2 @0.30 m

-Distribución acero horizontal ø1/2 @0.30 m

Usaremos esta distribución para la placa 5 y 6 .

y para una segunda placa :

-Acero de refuerzo 4 ø 5/8 y 4 ø 1/2

-Distribución acero vertical ø1/2 @0.30 m

-Distribución acero horizontal ø1/2 @0.30 m

Usaremos esta distribución para la placa 1,2,3 y 4.

A continuación se muestra la distribución de placas en planta:

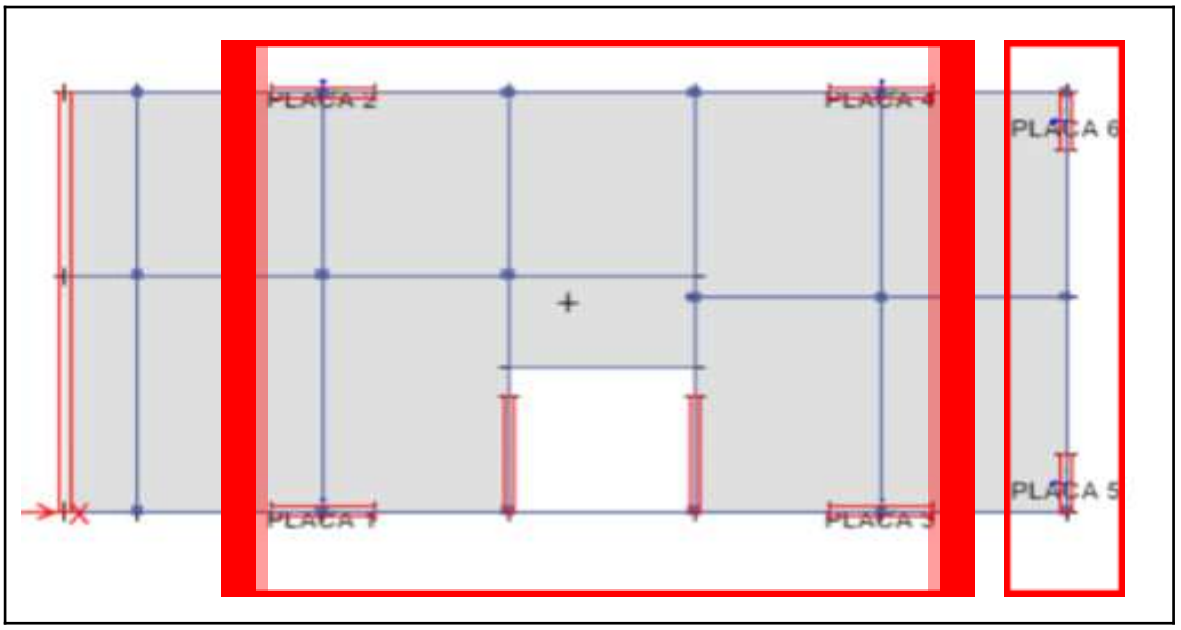


Figura 52: Distribución de placas - 1era placa - Primera opción de reforzamiento

a.1.6)Diseño de elementos de la segunda opción de reforzamiento

Al igual que la primera opción de reforzamiento el diseño de los elementos estructurales establecido en la Norma E.060 (SENCICO, 2009) en su sección 8.3.1, se ejecutó con el propósito de soportar las cargas máximas resultantes de combinaciones amplificadas (resistencia última).

El diseño de esta segunda opción de reforzamiento de elementos estructurales para la reestructuración de la edificación requiere una evaluación minuciosa de la estructura existente, un diseño cuidadoso de los nuevos elementos y una planificación detallada para garantizar una integración efectiva y segura, cumpliendo con las normativas y mejorando la funcionalidad y durabilidad del edificio.

Diseño de vigas de la segunda opción de reforzamiento

Para el diseño de Vigas, se obtuvo las envolventes de Momento Flector y Fuerza cortante del programa ETABS, tomando en cuenta las combinaciones de carga establecidas por la Norma, para ello se generó una combinación adicional tipo Envolvente.

A modo de ejemplo, se realizó el diseño para la viga más crítica V-(.30x.50) tanto con el software ETABS, el cual permitirá un cálculo más rápido ,así como el método tradicional con hojas de cálculo.

Diseño por flexión

En el diseño basado en flexión, se aplicó las siguientes expresiones para calcular la cantidad de acero. Además, es esencial que la cantidad de acero determinada se encuentre dentro del intervalo especificado entre el acero mínimo y máximo. Esta condición asegura la ductilidad de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma E0.60.

La viga para comprobar será de la elevación A entre los ejes 16-17 , a continuación se muestra en la figura 53 y 54 el diagrama de momento flector y cortante de la envolvente para la viga respectivamente:

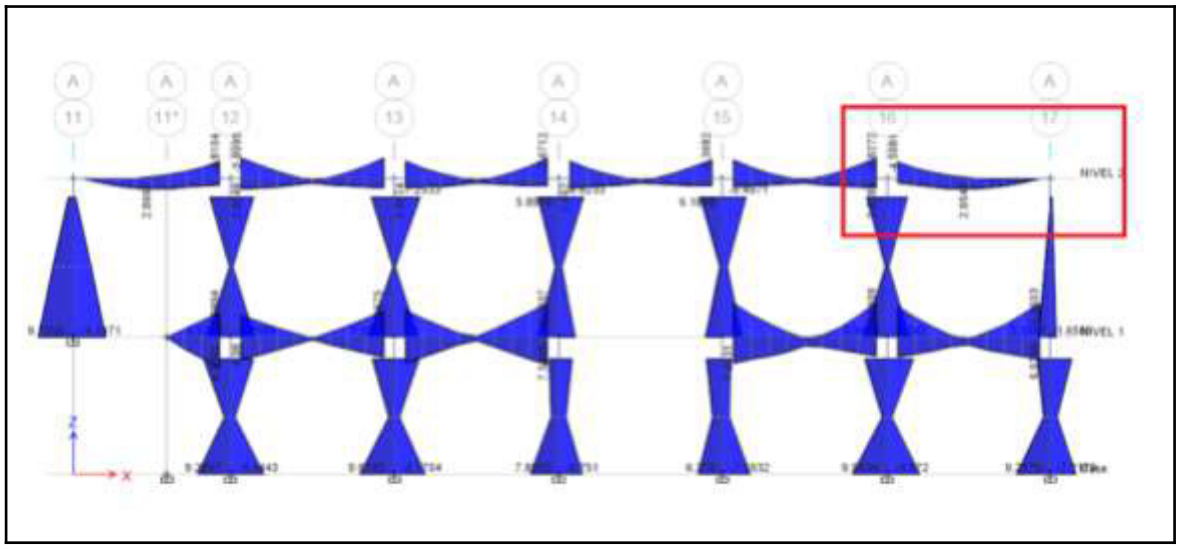


Figura 53: Diagrama de momento flector - Segunda opción de Reforzamiento

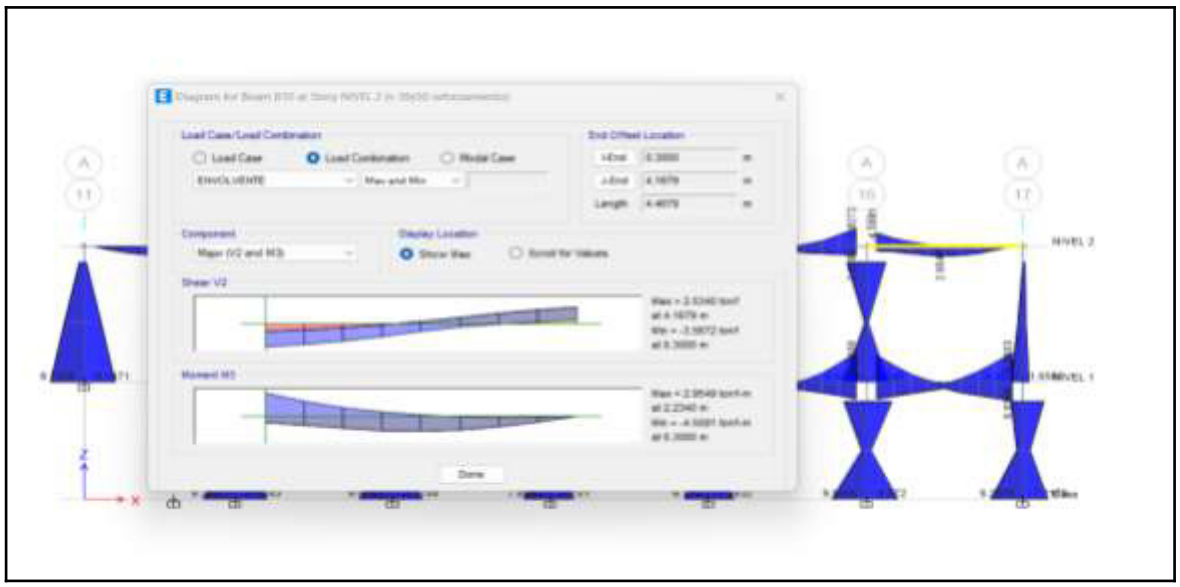


Figura 54: Diagrama de valores máximos y mínimos - Segunda opción de Reforzamiento

Del gráfico de fuerza cortante vemos los Momentos Máximos positivos y negativos:

Mmax Positivo:2.9549 tnf-m.

Mmax Negativo:4.5081 tnf-m.

A continuación se muestra el acero necesario obtenido según el etabs en gráfico y resumen:

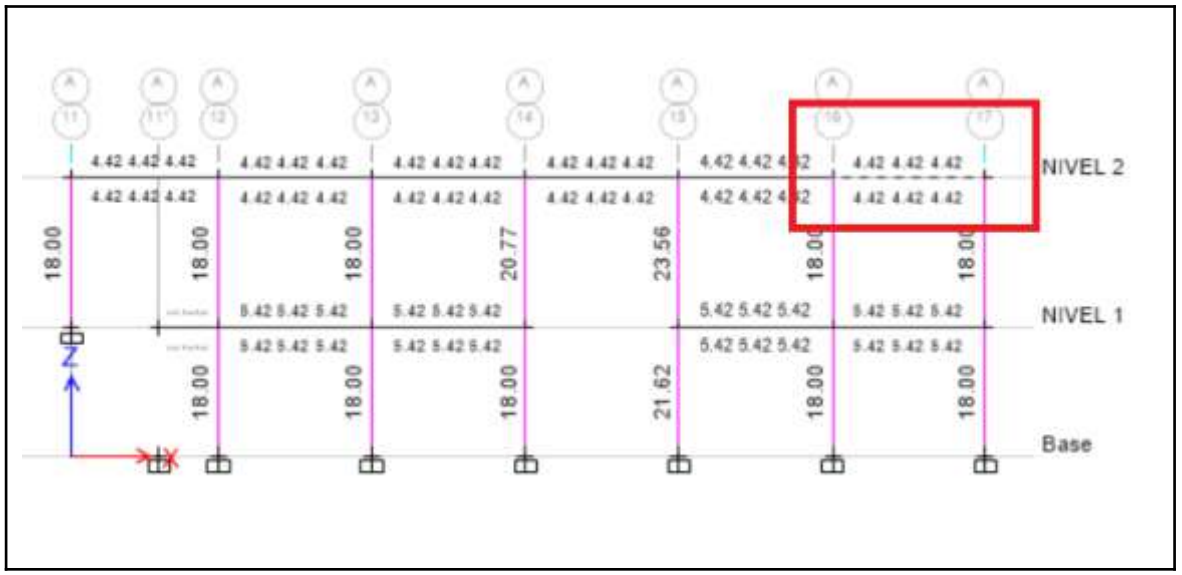


Figura 55: Acero solicitado - Segunda opción de Reforzamiento

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design Moment tonf-m	Design P_u tonf	-Moment Rebar cm²	+Moment Rebar cm²	Minimum Rebar cm²	Required Rebar cm²
Top (+2 Axis)	-4.5081	0	2.78	0	4.42	4.42
Bottom (-2 Axis)	2.254	0	0	1.37	4.42	4.42

Figura 56: Resumen de acero solicitado para 4.5081 tnf-m - Segunda opción de Reforzamiento

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design Moment tonf-m	Design P_u tonf	-Moment Rebar cm²	+Moment Rebar cm²	Minimum Rebar cm²	Required Rebar cm²
Top (+2 Axis)	-1.127	0	0.68	0	4.42	4.42
Bottom (-2 Axis)	2.9549	0	0	1.81	4.42	4.42

Figura 57: Resumen de acero solicitado para 2.9549 tnf-m - Segunda opción de Reforzamiento

También detallamos el acero obtenido en forma manual con ayuda de la hoja :

Tabla 28: Hoja de cálculo diseño por flexión - Segunda opción de Reforzamiento

DISEÑO POR FLEXIÓN

b(cm)	30	fy	4200
h(cm)	50	fr	29
f'c(kg/cm2)	210	εcu	0.003
β(para menores de 280)	0.85	Ec(kg/cm2)	217370.651

Mu (ton*m)	d estimado (c	Mcr (ton*m)	Mumin/Mcr	ρmin (%)	As min (cm2)	cb (cm)	Asb (cm2)	As max (cm2)	a (cm)	As obtenido	As (cm2)
4.5081	44	3.62	1.5	0.24	4.40	25.88	28.0	21.0	2.18	2.78	4.40
2.9549	44	3.62	1.5	0.24	4.40	25.88	28.0	21.0	1.42	1.81	4.40

Como vemos el acero obtenido en ambos casos al igual que el acero mínimo es el mismo por lo cual diseñaremos con el acero obtenido por el software.

A continuación se muestra toda la estructura con el acero solicitado:

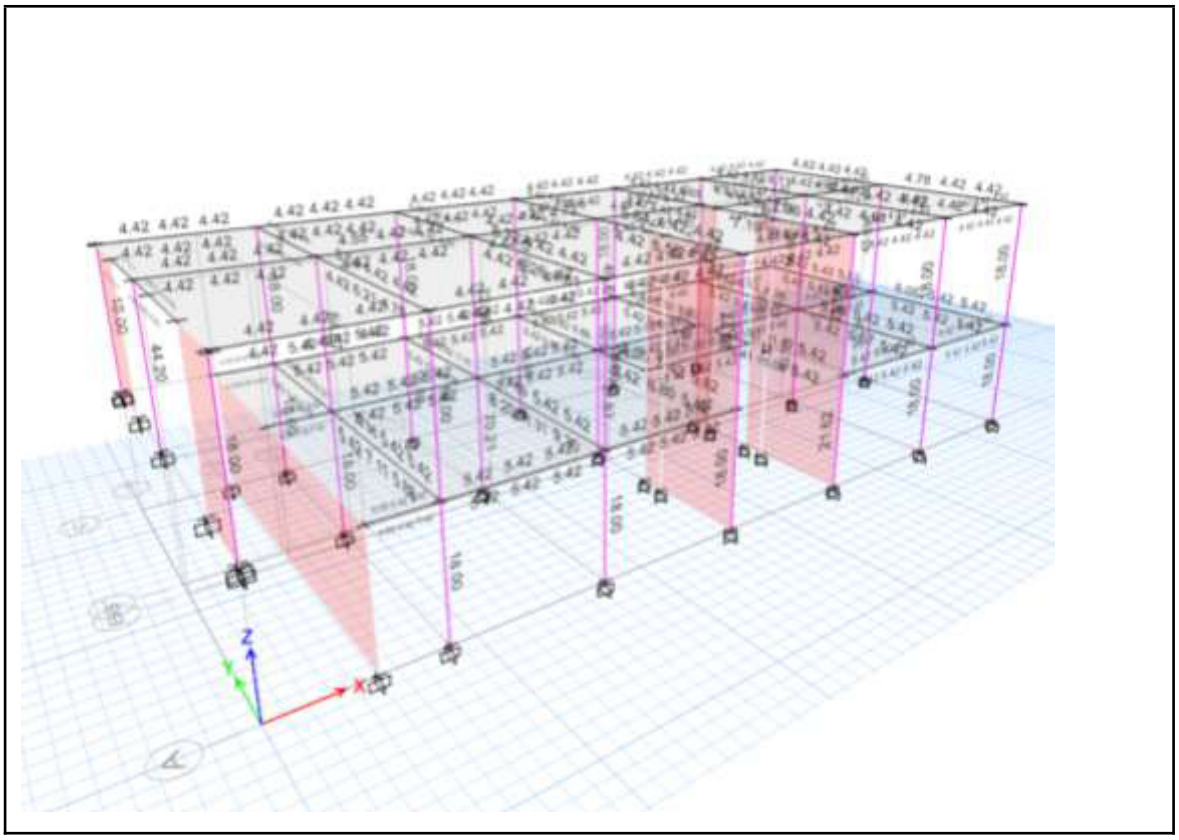


Figura 58: Acero necesario con el software - Segunda opción de Reforzamiento

Para operar mejor ordenamos los datos ,lo cual se muestra a continuación:

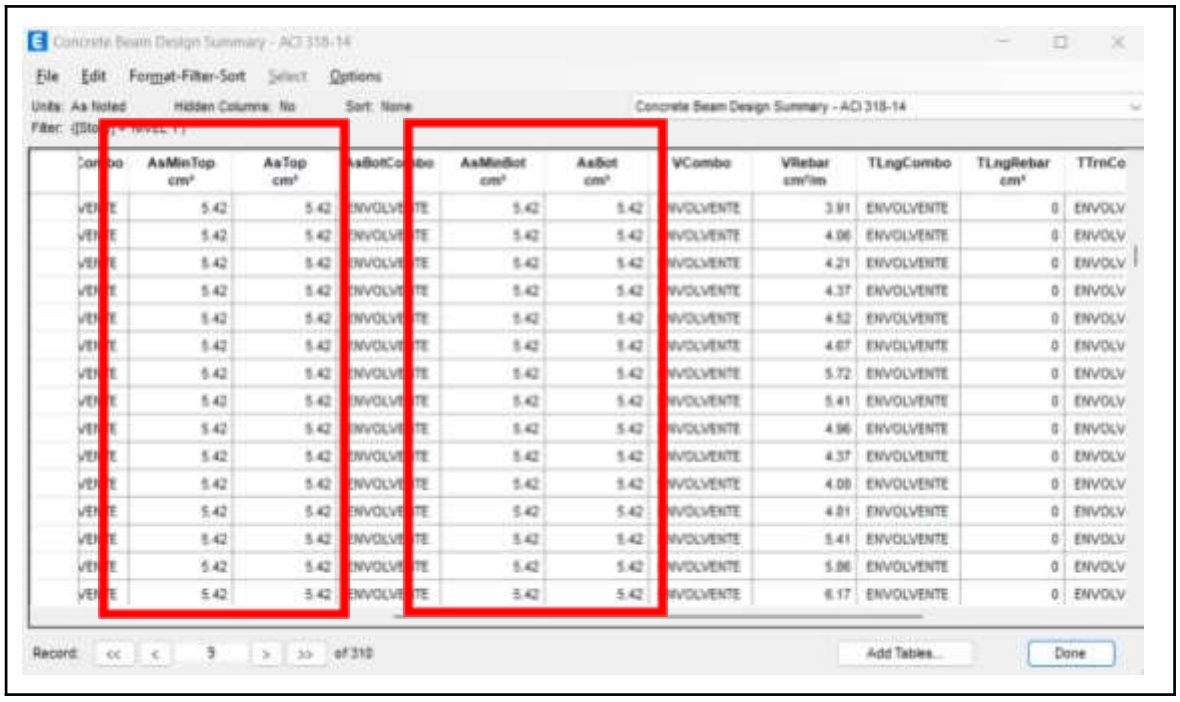


Figura 59: Acero necesario con el software - Segunda opción de Reforzamiento

Diseño por cortante

En el caso de vigas sujetas a cargas sísmicas, se tomaron en cuenta algunos requisitos adicionales establecidos por la Norma E.060:

• Se prescribe el uso de estribos con un diámetro mínimo de 3/8" ya que no hay barras que sobrepasen 1".

• La región de confinamiento se definió como una distancia equivalente a 2h desde la cara del soporte, siendo h la altura de la viga (60 cm). En esta área, la separación entre los estribos se estableció en al menos d/4 (10 cm).

• Fuera de la región de confinamiento, la separación entre estribos fue de al menos d/2 (28 cm).

21.4.4.4 En ambos extremos del elemento deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento medido desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz. El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 100 mm de la cara del elemento de apoyo. Los estribos serán como mínimo de 8 mm de diámetro para barras longitudinales de hasta 5/8" de diámetro, de 3/8" para barras longitudinales de hasta 1" de diámetro y de 1/2" para barras longitudinales de mayor diámetro. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder del menor de (a), (b), (c) y (d):

(a) $d/4$, pero no es necesario que el espaciamiento sea menor de 150 mm;
(b) Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro;
(c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento;
(d) 300 mm.

21.4.4.5 Los estribos deben estar espaciados a no más de $0,5d$ a lo largo de la longitud del elemento. En todo el elemento la separación de los estribos, no deberá ser mayor que la requerida por fuerza cortante.

Figura 60: Norma E 060 - Elementos en Flexión (Vigas) - Segunda opción de Reforzamiento

De la misma forma se muestra el cálculo para el resto de la estructura tanto el diseño por flexión como el diseño por cortante:

Diseño de Columnas de la segunda opción de reforzamiento

Diseño por flexocompresión

La etapa inicial en el diseño basado en flexo compresión de una columna se inició con la determinación del refuerzo a emplear. Por lo general, se inicia con una cuantía del 1%, que es el mínimo requerido según la normativa E.060. Posteriormente, se verifica si esta cuantía satisface las fuerzas exigidas.

$$\varrho = 1\% \, A$$

Diseñamos la columna con mayores solicitudes de cargas y momentos para ello nos ayudaremos con el software ETABS el cual nos brindará el detalle exacto de cuál es la columna más crítica.

A continuación obtenemos los ELEMENT FORCES-COLUMNAS y filtraremos los valores más altos:

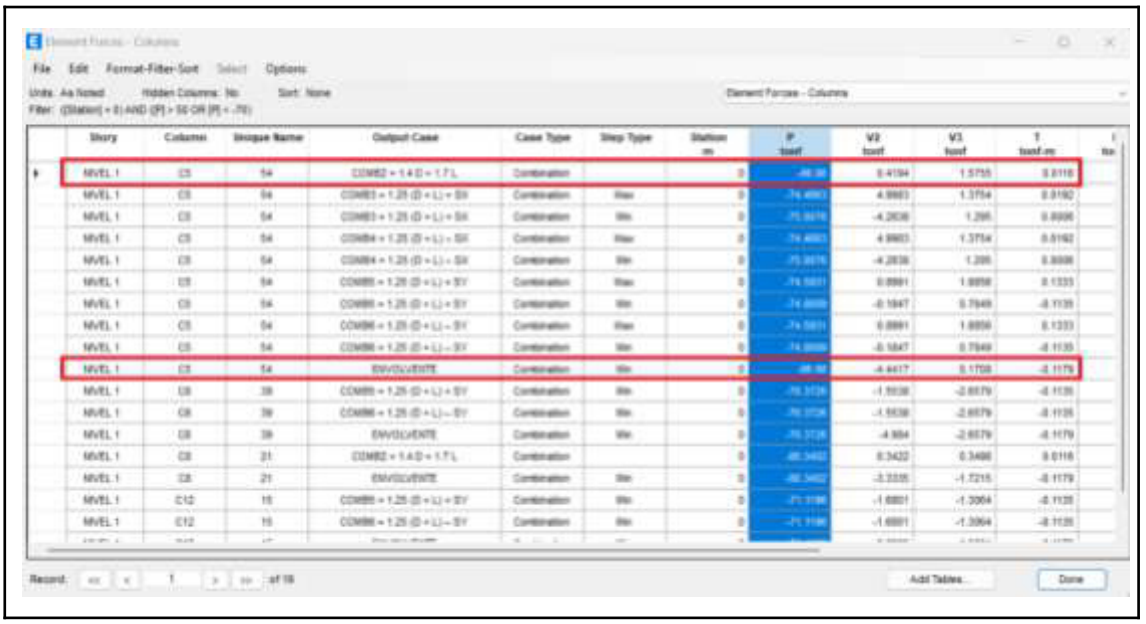


Figura 61: Solicitudes de columnas - Segunda opción de Reforzamiento

Como vemos la mayor solicitud la tiene la columna C5, la ubicamos en planta:

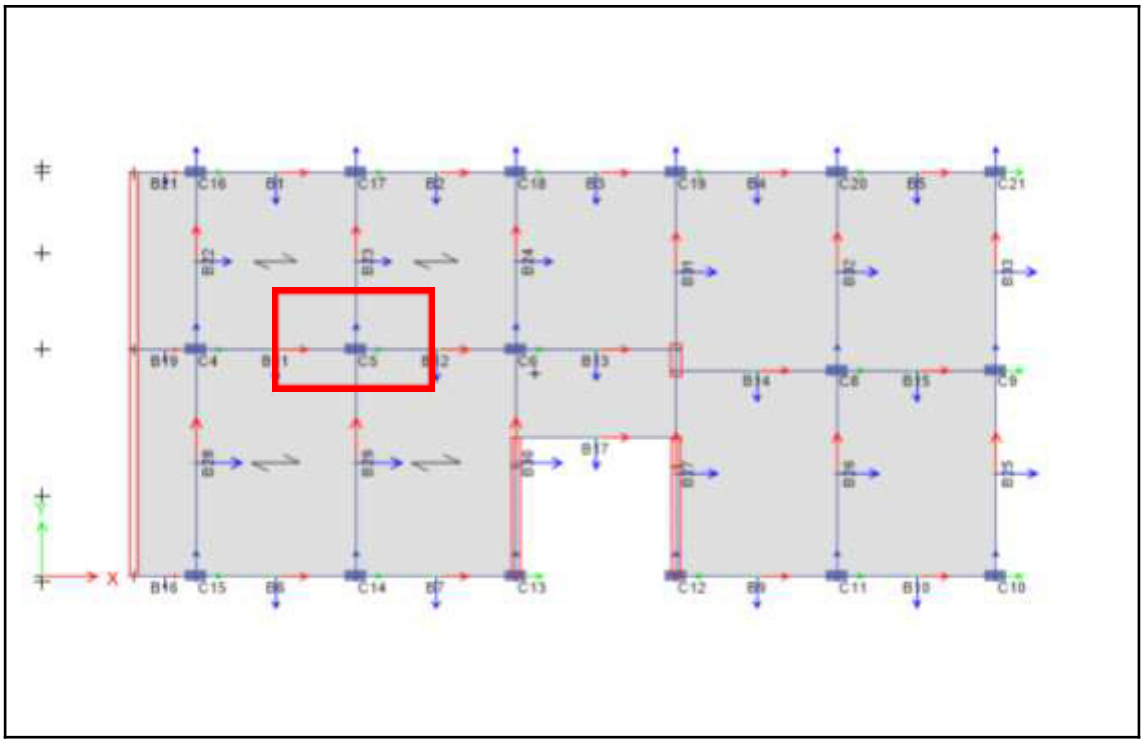


Figura 62: Columna en planta - Segunda opción de Reforzamiento

Como vemos la C5 se trata de una columna central perteneciente al primer piso.

Primero obtenemos el diagrama de interacción de la columna con una cuantía mínima y veremos si es suficiente para las solicitudes de carga de la columna de no serlo se tendría que aumentar la cuantía.

$$s = \varrho * B * H = 1\% * 30 * 60 = 18\ cm2$$

Graficamos la columna y colocamos 4 aceros de 1".

$$As = 4\emptyset 1^{"} = 20.4 cm^2$$

Cuantía colocada:

$$\rho = \frac{20.4}{30 \times 60} = 1.133\%$$

A continuación se muestra el gráfico de la sección de la columna:

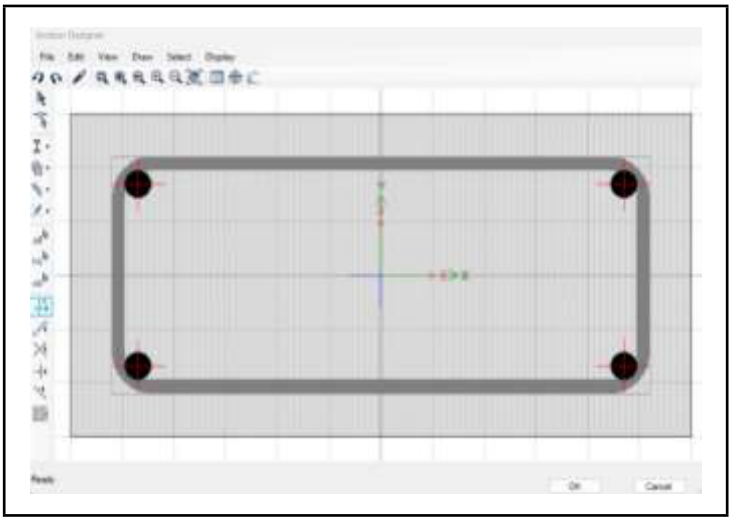


Figura 63: Sección de Columna - Segunda opción de Reforzamiento

Con la sección se formó el diagrama de interacción:

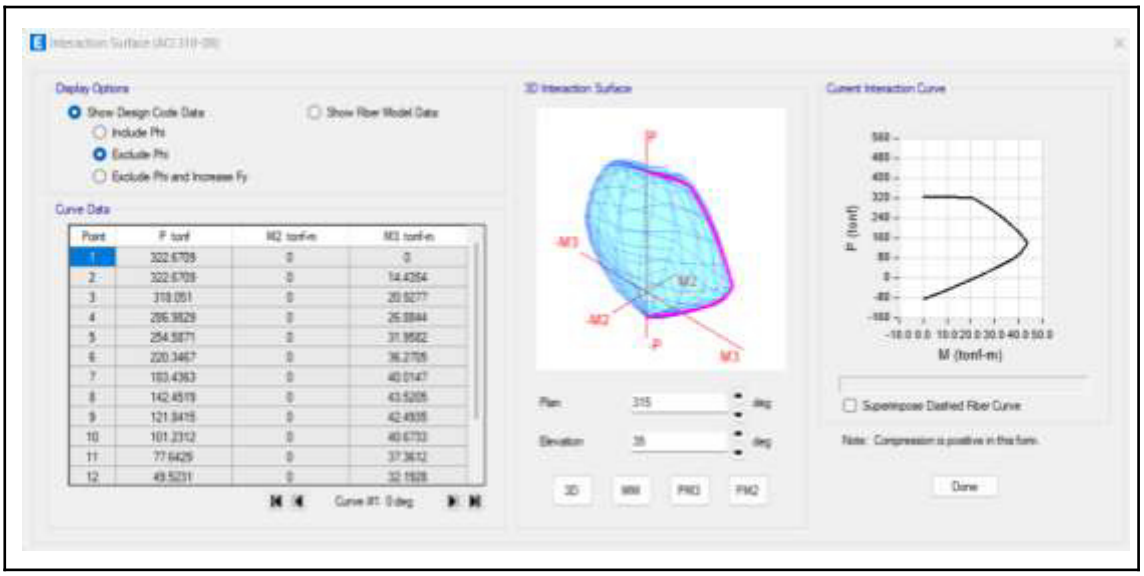
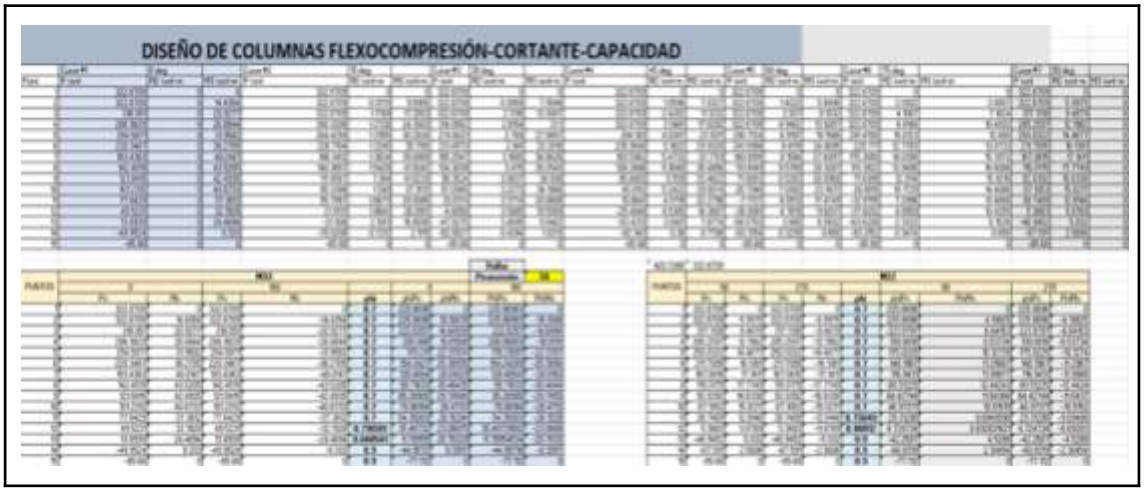


Figura 64: Diagrama de interacción de la columna ETABS - Segunda opción de Reforzamiento

Copiamos los valores de la curva y los introducimos en nuestra hoja de cálculo y nos dará nuestro diagrama de interacción.

Tabla 29: Diseño de columna flexocompresión-cortante-capacidad - Segunda opción de Ref.



Por último, verificaremos que todos nuestros esfuerzos estén dentro de nuestro diagrama de interacción.A continuación en la figura 65 y 66 se muestra los diagramas de interacción:

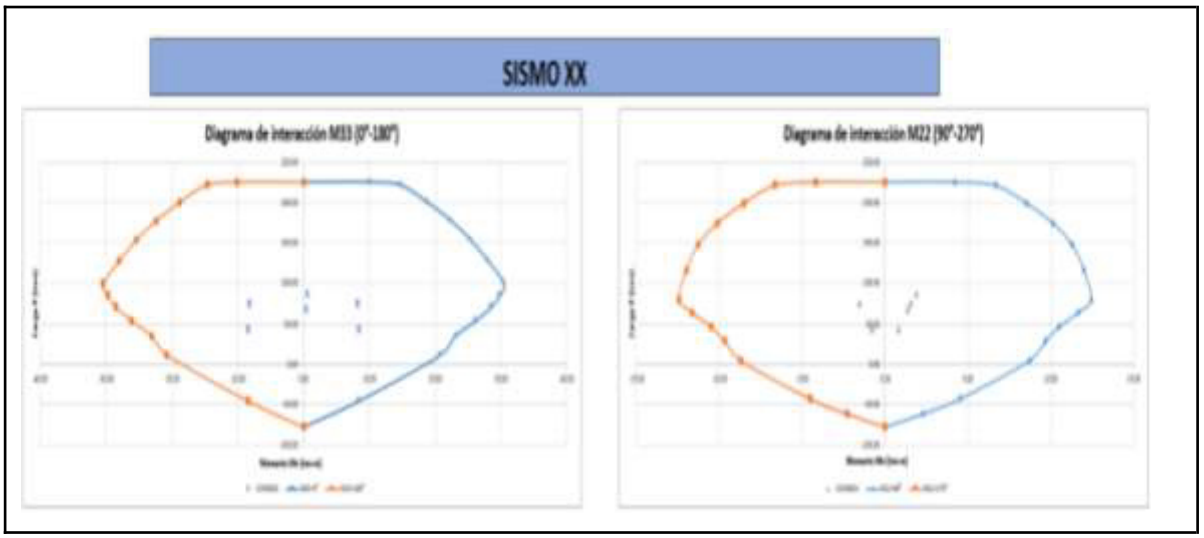


Figura 65: Diagrama de interacción columna eje XX - Segunda opción de Reforzamiento

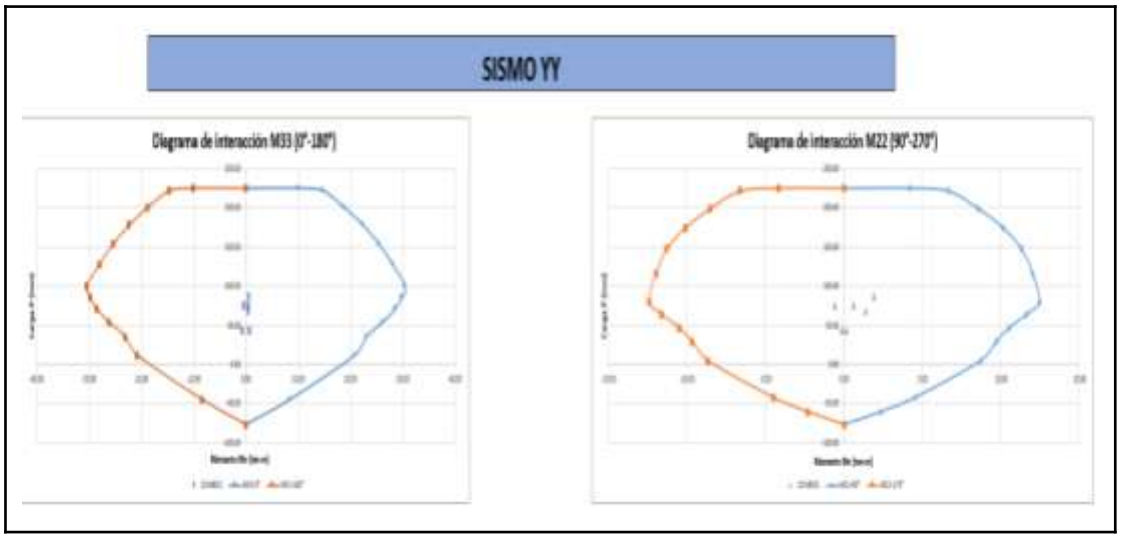


Figura 66: Diagrama de interacción columna eje YY - Segunda opción de Reforzamiento

Nos damos cuenta de que todos los esfuerzos están dentro de nuestro diagrama y considerando que todas las columnas son de dimensiones iguales y que la columna escogida fue la que tenía mayor solicitudes ,este diseño será para todas las columnas.

Diseño por cortante

La norma E-0.60 establece que es necesario instalar estribos de confinamiento en ambos extremos del elemento, abarcando una longitud medida desde la superficie del nudo. Dichos estribos deben estar cerrados y con un espaciado So.

Para nuestro caso:Todas las columnas del primer nivel se tendrá una longitud Lo de 3.75 m y para el 2do piso será de 4.35 m.

-Se determinará la longitud de confinamiento:

• 1/6 lo = 3.75/6= 0.625 m para el primer nivel; 4.35/6=0.725 m para el 2do nivel.

• La mayor dimensión de la columna corresponde a 0.60 m.

• 0.50 metros.

Por lo tanto, la longitud de confinamiento no deberá de ser menor a 0.625 m para el primer nivel y menor a 0.725 m para el segundo nivel.

Se determinó el espaciamiento de los estribos en la zona de confinamiento:

• 8 veces db = 8*2.54=20.32 cm

• La mitad de la menor dimensión: 30cm/2 = 15 cm

• 10 cm

Escogemos el menor por lo tanto en la zona de confinamiento se tendrá estribos separados cada 10 cm.

El espaciamiento fuera de la zona de confinamiento no debe ser mayor al menor valor entre:

• 16 veces db=16*2.54= 40.64 cm

• 12 veces db= 12*2.54=30.48 cm

• 48 veces el diámetro del estribo= 48*0.95= 45.6 cm

• Menor dimensión de la sección del elemento= 30 cm

• 30 cm

El espaciamiento máximo fuera de la zona de confinamiento es de 30 cm como máximo.

-En el nudo, la separación de estribos no debe ser mayor a 15 cm.

Diseño por capacidad

Es necesario llevar a cabo el diseño basado en la capacidad para garantizar que el elemento falle principalmente debido a la flexión y no a la cortante. En las combinaciones especificadas por la norma, se calculó el momento nominal máximo resultante de una carga Pu específica.

En este caso, la carga Pu que produce el momento nominal más alto es Pu = 75.01 ton, generando aproximadamente un momento nominal de 29.74/0.7 = 42.48 ton.m

OBS: ya que en la gráfica ya está incluido el factor ϕ y solo necesitamos el momento nominal se divide entre 0.7.

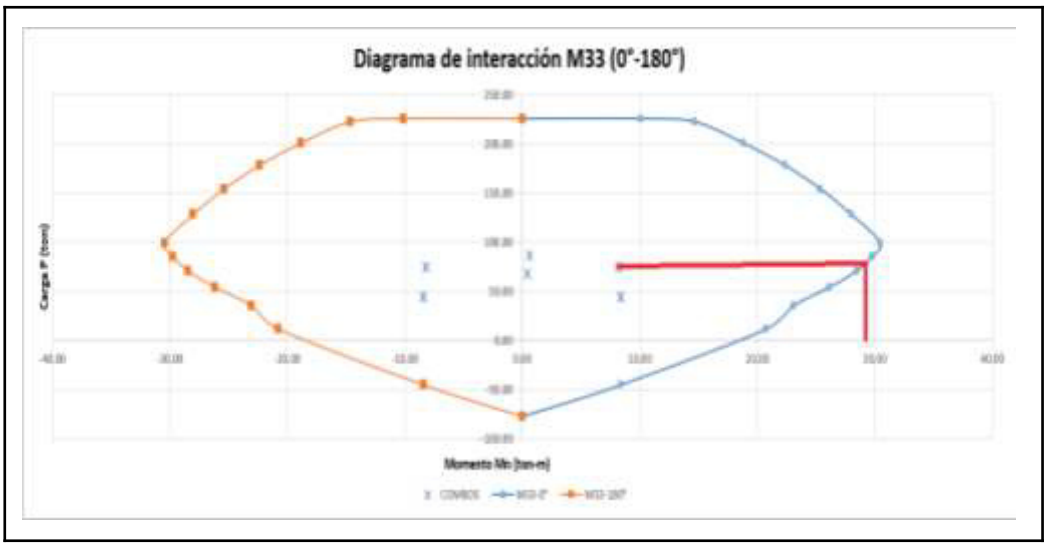


Figura 67: Diagrama de interacción columna - Segunda opción de Reforzamiento

En el caso de columnas, la carga última Vu por capacidad se determina seleccionando el valor mínimo entre varios criterios establecidos.

$$Vu = \frac{Mnd + Mni}{hn}$$

$$Vu = \frac{42.48 + 42.48}{3.75}$$

$$Vu = 22.656$$

Se obtuvo el primer valor de cortante última Vu=22.656 ton, se procede a obtener la cortante última bajo la amplificación del sismo en 2.5.

A continuación se muestra la hoja de cálculo para el diseño por capacidad:

Tabla 30: Diseño por capacidad columna - Segunda opción de Reforzamiento

DISEÑO POR CAPACIDAD

	COMBINACIONES DE DISEÑO				2.5*Sismo	
		P (ton)	Vx (ton)	Vy (ton)	Vux amplif	Vuy amplif
	COMB1 = 1.4 D	68.42	0.31	1.12	**0.31**	**1.12**
	U1=1.4CM+1.7CV	86.98	0.42	1.58	**0.42**	**1.58**
SISMO XX	U2=1.25(CM+CV)+SXDISEÑO	75.01	-4.28	1.30	**11.96**	**1.44**
	U3=1.25(CM+CV)-SXDISEÑO	75.01	-4.28	1.30	**11.25**	**1.23**
	U4=0.9CM+SXDISEÑO	44.26	-4.44	0.68	**11.80**	**0.82**
	U5=0.9CM-SXDISEÑO	44.26	-4.44	0.68	**11.40**	**0.62**
SISMO YY	U2=1.25(CM+CV)+SYDISEÑO	74.88	-0.18	0.78	**1.71**	**2.71**
	U3=1.25(CM+CV)-SYDISEÑO	74.88	-0.18	0.78	**1.00**	**0.04**
	U4=0.9CM+SYDISEÑO	44.13	-0.34	0.17	**1.55**	**2.10**
	U5=0.9CM-SYDISEÑO	44.13	-0.34	0.17	**1.16**	**0.65**

Se obtiene un valor de cortante Vu=11.96 ton, por lo que se tomará el menor valor en ambos criterios. Asimismo, se debe calcular la resistencia del concreto a corte para cada carga axial obtenidas de las combinaciones.

$$\varphi Vc = \varphi \times 0.53 \times \sqrt{Fc}\left(1 + \frac{Nu}{140Ag}\right)bwd$$

Reemplazando:

$$\varphi Vc = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210}\left(1 + \frac{68.42 \times 1000}{140 \times 30 \times 60}\right)30 \times 54 = 13.447$$

Se observa que la resistencia a corte Vc es mayor la resistencia Vu, por lo que se debe tomar un espaciamiento mínimo que resultó del diseño por cortante.

Si se calcula el valor del aporte del acero Vs resultará valores negativos, lo cual corresponde a valores de cero.

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc$$

$$Vs = \frac{11.96}{0.85} - \frac{13.81}{0.85} = -2.1764 ton = 0 \text{ (no requiere)}$$

A continuación se muestra el resultado del aporte del acero :

Tabla 31: Aporte del acero columna - Segunda opción de Reforzamiento

2.5*Sismo			
Vux amplif	Vuy amplif	ϕVc (ton)	Vsreq (ton)
0.31	1.12	13.45	0
0.42	1.58	15.80	0
11.96	1.44	15.24	0
11.25	1.23	15.24	0
11.80	0.82	13.81	0
11.40	0.62	13.81	0
1.71	2.71	15.24	0
1.00	0.04	15.24	0
1.55	2.10	13.80	0
1.16	0.65	13.80	0

Por lo que, si se aplica la fórmula para determinar el espaciamiento requerido para estribos de ø3/8".

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs}$$

Los resultados teóricos son indeterminados, debido a que el aporte del concreto (Vc) es mayor a la cortante última (Vu) y el valor que está tomando Vs es 0.

Por ende, le colocaremos el valor mínimo al espaciamiento el cual es el que usamos en el método por cortante.

Diseño de placa de la segunda opción de reforzamiento

Diseño por flexocompresión

En el diseño por flexocompresión de una placa, el primer paso consistió en definir las dimensiones de los núcleos de borde. De acuerdo con la norma E-0.60, se establece un valor estimado para la longitud que es igual al 15% de la longitud (lm).

$$Lb = 0.15 \times 0.9016 = 0.13524\, cm = 20\, cm$$

Para el refuerzo en los núcleos de borde, se inició con una cuantía estimada de p=1%, y posteriormente se verifica si satisface las fuerzas requeridas.

$$As = p \times B \times H = 1\% \times 20 \times 30 = 6cm^2$$

Se procede a modelar y asignar el acero para obtener el diagrama de interacción de esta placa.

Se seleccionarán barras de acero de refuerzo con dimensiones 4 ø5/8" para los núcleos de borde de la placa, lo que equivale a una cuantía de aproximadamente 1.33%.

Es crucial verificar que los ejes locales de la placa, modelados en planta, se correspondan con los ejes dibujados en el diseño.

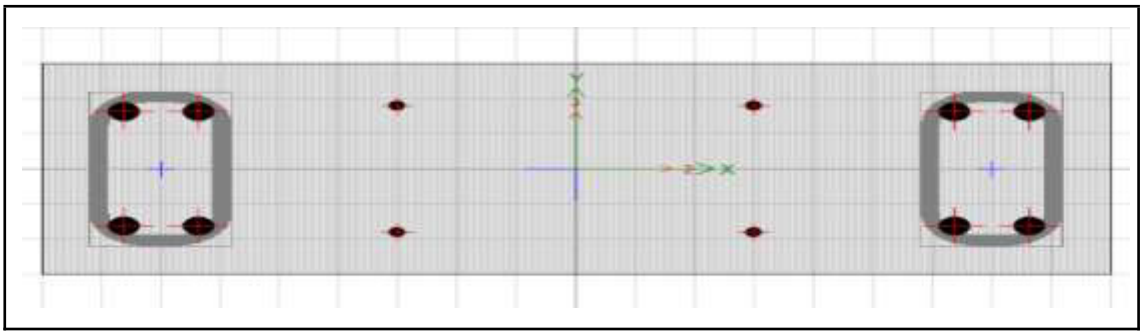
Para el refuerzo vertical en el alma, se consideró una cuantía por metro de p=0.25%. Esto se traduce en un área de acero de As=0.0025 x 100 x 30, lo cual resulta en 7.5 cm²/m. En el caso de dos filas de refuerzo (según las exigencias normativas para muros con más de 20 cm de espesor), se procederá a determinar el espaciamiento para varillas de ø1/2".

$$S = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.4cm$$

Se asigna 2 capas de varillas de ø 1/2" @30 cm

A continuación se muestra un detalle de sección para la placa :

Figura 68: Modelado de placa - única placa - Segunda opción de Reforzamiento



El acero colocado y el espaciamiento definido deben ser verificados en el diseño por corte y capacidad. Se lleva a cabo el cálculo de las cargas de la placa y se verifica que los puntos correspondientes se encuentren dentro del diagrama de interacción. Esto es esencial para asegurar que la estructura cumpla con los requisitos del diseño por resistencia.

La placa ha sido diseñada considerando la orientación a lo largo de la dirección Y, lo que resultará en un mayor efecto cortante en esa dirección. Esto se traduce específicamente en un cortante representado por el eje local V22 y en un momento representado por M33.

A continuación en las figuras 69 y 70 se muestran los diagramas de interacción obtenidos:

SISMO EN YY MOMENTO 33

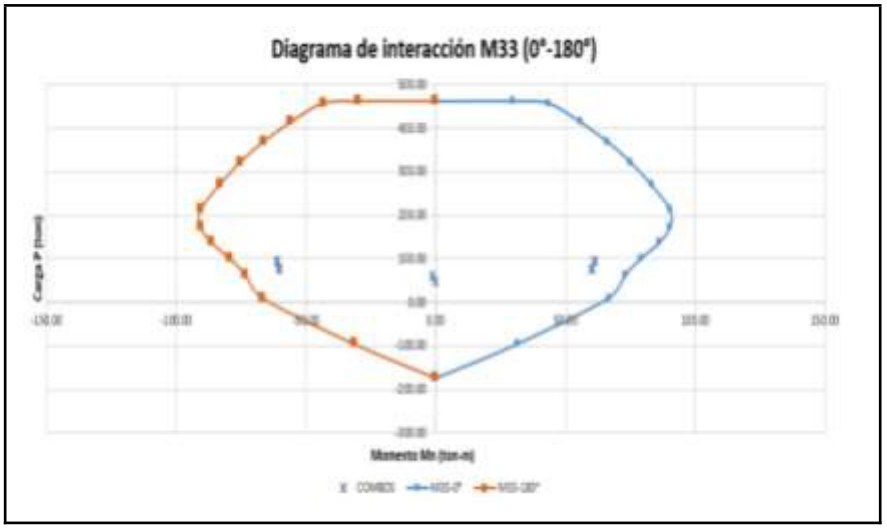


Figura 69: Diagrama de interacción eje YY - única placa - Segunda opción de Reforzamiento

SISMO EN XX MOMENTO 33

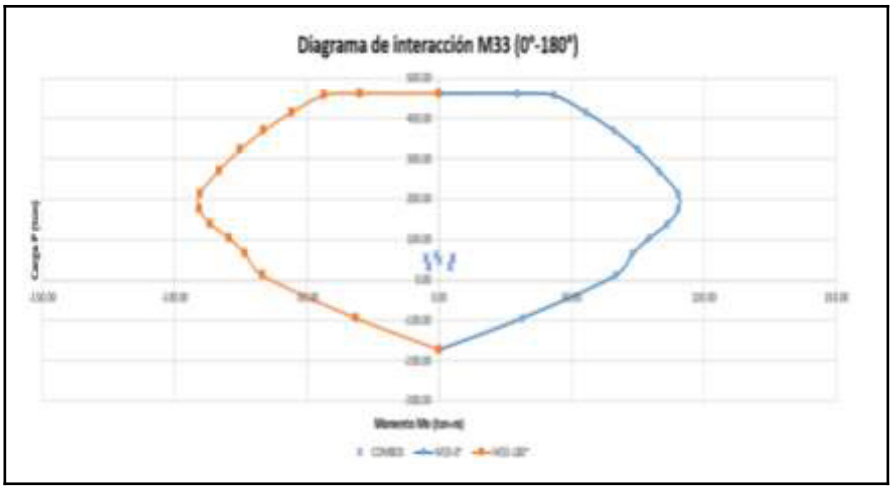


Figura 70: Diagrama de interacción eje XX - única placa - Segunda opción de Reforzamiento

El diseño por flexocompresión se verifica satisfactoriamente con la cuantía de acero asignada. Además, se observa que, en los niveles superiores, la carga demandada disminuye. Por lo que bastará este diseño para el siguiente nivel.

Diseño por cortante y capacidad

En las zonas perimetrales del núcleo, la normativa E-060 establece criterios específicos para el refuerzo transversal. En este contexto, se emplearán estribos de diámetro 3/8 para proporcionar el refuerzo necesario para el confinamiento.

El espaciamiento no debe exceder al menor de los siguientes valores:

• Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro (2009) =10*1.59=15.9 cm

• Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro (2019) =8*1.59=12.72 cm

• La menor dimensión de la sección transversal del elemento de borde =30 cm

• 25 cm

Se escoge el valor menor, por lo que, el espaciamiento del confinamiento en los núcleos de borde será s=15 cm

Además, es imperativo llevar a cabo el diseño por capacidad con el fin de garantizar que el elemento falle debido a flexión en lugar de cortante. La cortante de diseño debe ser contrastada con la cortante por capacidad en flexión incorporada en el muro.

$$Vu \geq Vua\left(\frac{Mn}{Mua}\right)$$

De la combinación 1.25(CM+CV)$\pm$SY ya que tiene la mayor cortante, se obtiene un valor máximo de cortante en la dirección del sismo en Y-Y, por lo que se opta por usar esa combinación. Se tiene como carga axial 96.11 ton, un momento último Mua=61.20 ton.m y una cortante Vua=28.05 ton.

A continuación se muestra las combinaciones de diseño con sus respectivos valores obtenidos:

Tabla 32: Hoja de cálculo - combinaciones de diseño - única placa - Segunda opción de Ref.

		COMBINACIONES DE DISEÑO				
		P (ton)	M22 (ton.m)	M33 (ton.m)	V22 (ton)	V33 (ton)
SISMO XX	COMB1 = 1.4 D	47.96	-0.05	0.18	-0.38	-0.01
	COMB2 = 1.4 D + 1.7 L	60.74	-0.06	-1.20	-1.29	-0.02
	COMB3 = 1.25 (D + L) + SX	55.44	-2.08	-5.03	-2.83	-0.63
	COMB4 = 1.25 (D + L) – SX	55.44	-2.08	-5.03	-2.83	-0.63
	COMB7 = 0.9 D + SX	34.05	-2.06	-4.07	-2.07	-0.63
SISMO YY	COMB5 = 1.25 (D + L) + SY	96.11	-0.23	-61.20	-28.05	-0.07
	COMB9 = 0.9 D + SY	74.72	-0.21	-60.25	-27.28	-0.06
	COMB10 = 0.9 D – SY	74.72	-0.21	-60.25	-27.28	-0.06

Entrando al diagrama de interacción para la carga P=96.11 ton se obtiene el momento nominal de Mn=78.22/0.7=111.742 ton-m

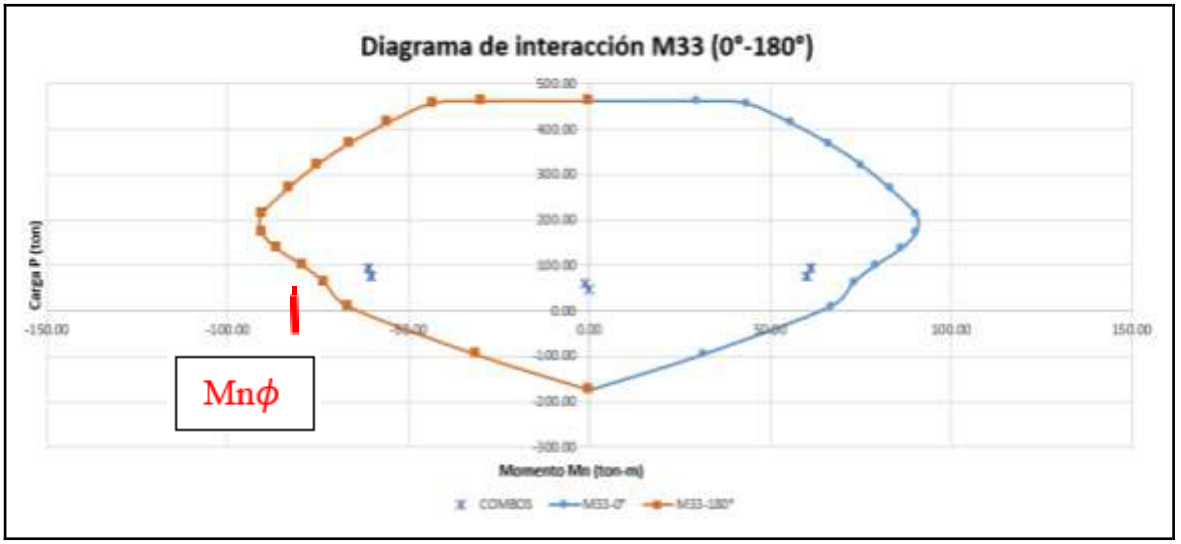


Figura 71: Diagrama de interacción - única placa - Segunda opción de Reforzamiento

$$Vu \geq 28.05\left(\frac{111.742}{61.20}\right) = 29.05 \times 1.82 = 52.87 ton$$

Es esencial destacar que el cociente Mn/Mua no debe superar el valor del coeficiente de reducción R empleado en el cálculo de las fuerzas sísmicas.

Se calcula el valor del aporte del concreto a cortante.

$$Vc = Acw(\alpha c\sqrt{fc})$$

La placa que estamos diseñando tiene una longitud lm= 0.9 m, y hm= 8.1 m. Por lo que se tendrá un valor de hm/lm de 9; si es mayor a 2 (muro esbelto). Por lo que el valor de αc=0.53.

$$Vc = 30\times(0.80x\ 90)\times 0.53\times\sqrt{280} = 19.15\ ton$$

Calculamos el aporte del acero:

$$Vs = \frac{Vud}{\phi} - Vc$$

$$Vs = \frac{52.87}{0.85} - 19.15 = 43.05\ ton$$

Se determinará el espaciamiento requerido para el acero longitudinal asignado de varillas de ø1/2" por capa.

$$S = \frac{Av\times Fy\times d}{Vs}$$

$$S = \frac{(2\times 1.29)\times 4200\times 90\times 0.8}{43.05\times 1000}$$

$$S = 18.12\ cm$$

El espaciamiento máximo requerido para el refuerzo longitudinal lo seguiremos considerando de **s=15 cm** ya que es el menor entre los hallados en la flexocompresion y capacidad.

Se procede a obtener la cuantía horizontal mínima requerida según la siguiente expresión:

$$\rho h = \frac{Vs}{Fy\times t\times d}$$

$$\rho h = \frac{43.05\times 1000}{4200\times 30\times 90\times 0.8} = 0.00474$$

Nos da una cuantía mínima para el acero vertical de ph=0.47%

A partir de la cuantía horizontal (ph) se procede a calcular la cuantía vertical mínima (pv). El valor de Vu=52.87 ton.

$$Vu > Acw(0.27\sqrt{fc} = 30\times 90\times 0.8\times 0.27\times\sqrt{280}$$

$$Vu = 52.87 > 9.75\ ton(cumple)$$

Si no cumplía usábamos ρ=0.15%

$$\rho v = 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{hm}{lm})(\rho h - 0.0025)$$

$$\rho v = 0.0025 + 0.5\left(2.5 - \frac{8.1}{0.9}\right)(0.00474 - 0.0025) = -0.00478$$

Como el valor obtenido es menor al *pv* = 0.0025 (mínimo) usaremos el valor mínimo.

Cabe recalcar que la cuantía de refuerzo horizontal y vertical para cortante no tiene que ser menor a 0.25% y además el espaciamiento no debe de exceder tres veces el espesor del muro, ni 40 cm.

El espaciamiento mínimo se determina utilizando las cuantías mínimas especificadas para el refuerzo horizontal y vertical.

$$s = \frac{2 \times Asb}{Asreq}$$

En la región central o alma de la placa, se emplea la misma varilla de diámetro 1/2 para el refuerzo tanto vertical como horizontal.

$$As(vertical) = 0.0025 \times 100 \times 30 = 7.5\ cm^2/m$$

$$sv = \frac{2 \times 1.29}{7.5} = 34.40\ cm$$

$$As(horizontal) = 0.00474 \times 100 \times 30 = 14.22\ cm^2/m$$

$$sh = \frac{2 \times 1.29}{14.22} = 18.14\ cm$$

El espaciamiento resultante no debe exceder al obtenido mediante el diseño por flexo compresión y capacidad, en este caso 15 cm.

Segunda opción de reforzamiento

- DISEÑO DE VIGAS POR FLEXIÓN EN EL 1er TECHO EJE X-X

A continuación se observa la solicitudes de vigas en el primer techo del eje X-X:

Tabla 33: Acero instalado eje XX - 1 techo - Segunda opción de Reforzamiento

ACERO INSTALADO VIGAS 1 TECHO

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE A ENTRE 11'-12				3			6
EJE A ENTRE 12-13				3			6
EJE A ENTRE 13-14				3			6
EJE A ENTRE 15-16				3			6
EJE A ENTRE 16-17				3			6
POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE B ENTRE 15-16				3			6
EJE B ENTRE 16-17				3			6
POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE B' ENTRE 11'-12				3			6
EJE B' ENTRE 12-13				3			6
EJE B' ENTRE 13-14				3			6
EJE B' ENTRE 14-15				3			6
POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE C ENTRE 11'-12				3			6
EJE C ENTRE 12-13				3			6
EJE C ENTRE 13-14				3			6
EJE C ENTRE 14-15				3			6
EJE C ENTRE 15-16				3			6
EJE C ENTRE 16-17				3			6

A continuación se muestra la nueva viga del primer piso para el eje X-X

V1: 30x60

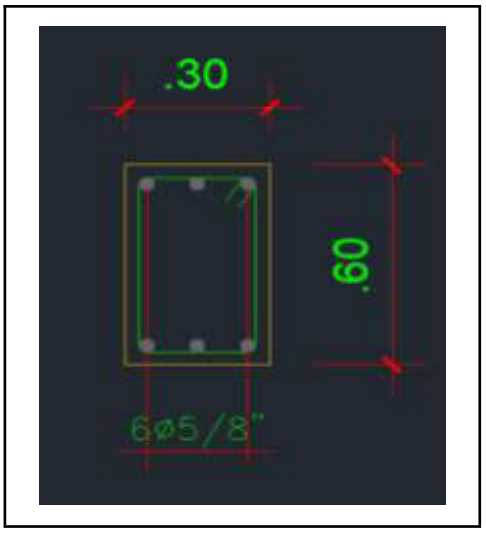
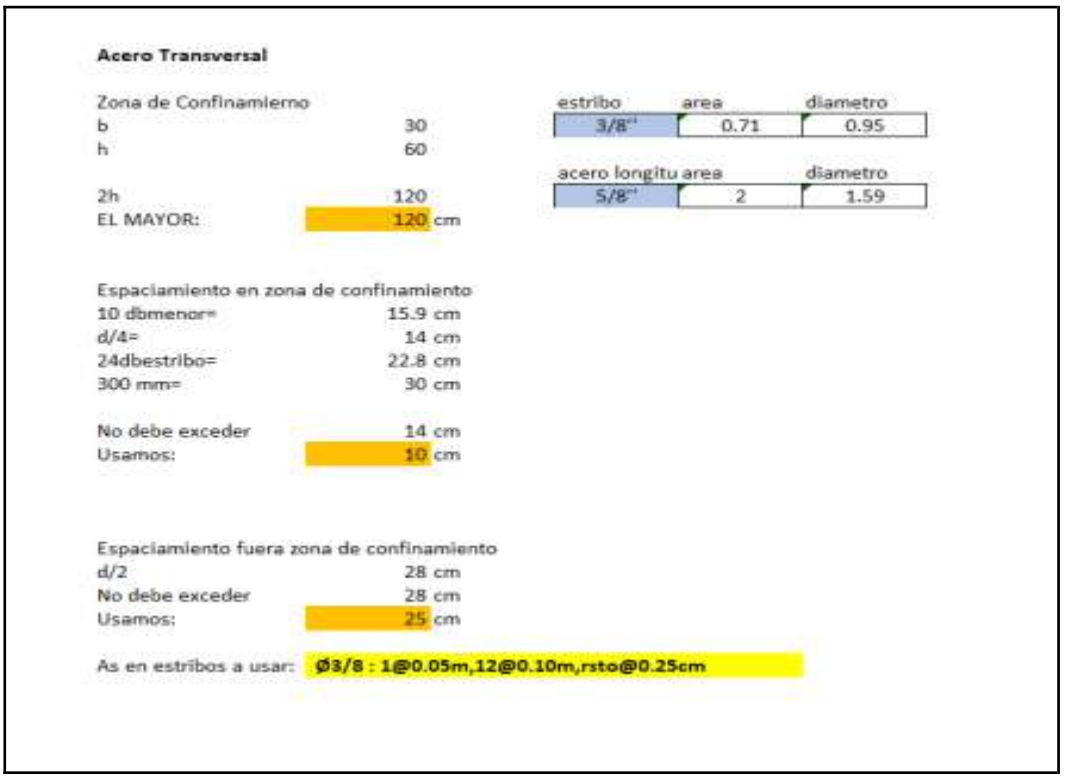


Figura 72: Detalle V1 .30x.60

- DISEÑO DE VIGAS POR CORTANTE EN EL 1er TECHO EJE X-X

A continuación se muestra los resultados efectuados con ayuda de una hoja de cálculo para el diseño por cortante de las vigas del 1 piso en el eje XX:

Tabla 34: Diseño por cortante eje XX - 1 techo - Segunda opción de Reforzamiento



Acero Transversal

Zona de Confinamiento

b	30	
h	60	
2h	120	
EL MAYOR:	120	cm

estribo	area	diametro
3/8''	0.71	0.95

acero longitu	area	diametro
5/8''	2	1.59

Espaciamiento en zona de confinamiento

10 dbmenor=	15.9	cm
d/4=	14	cm
24dbestribo=	22.8	cm
300 mm=	30	cm
No debe exceder	14	cm
Usamos:	10	cm

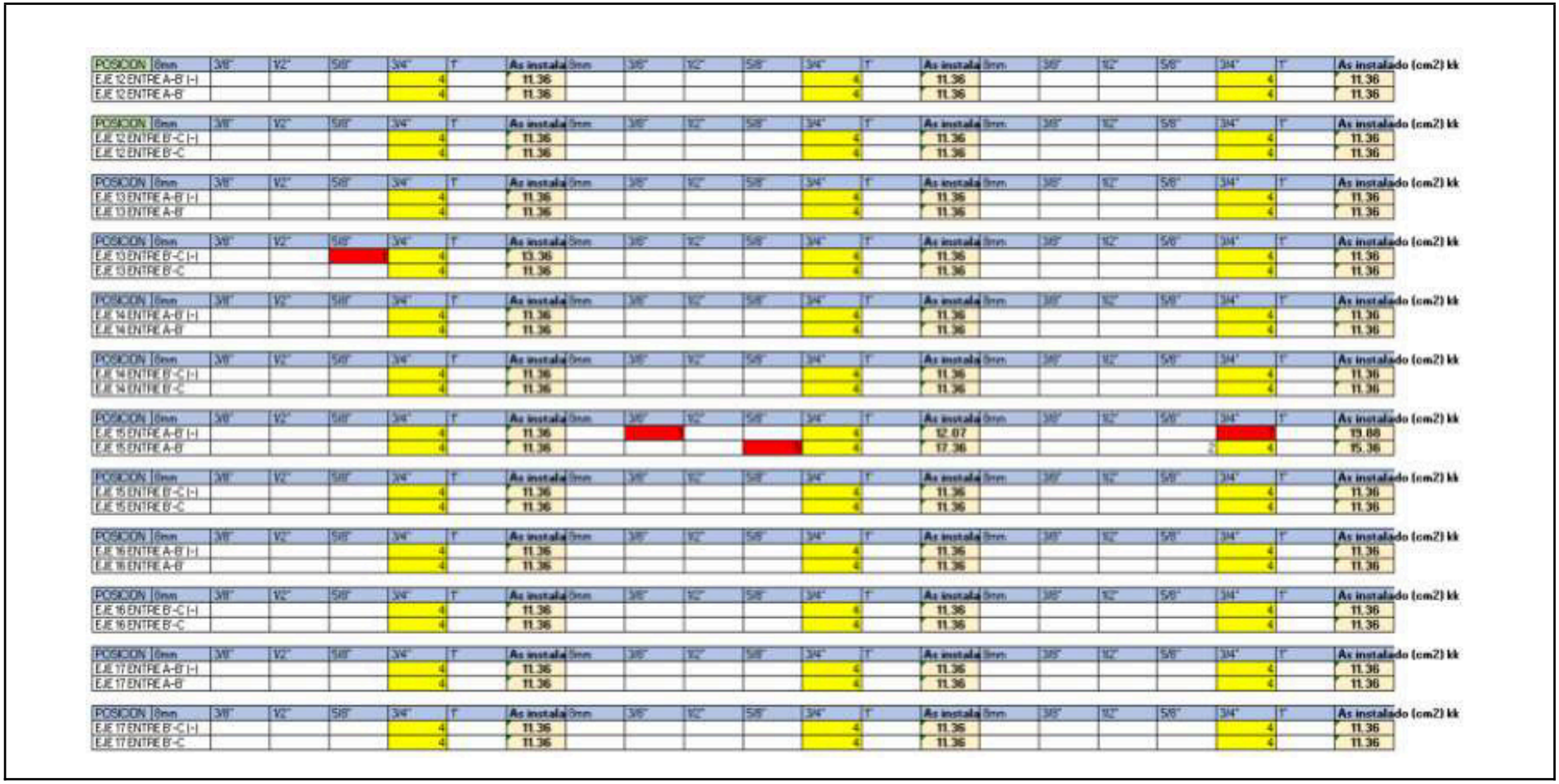
Espaciamiento fuera zona de confinamiento

d/2	28	cm
No debe exceder	28	cm
Usamos:	25	cm

As en estribos a usar: **Ø3/8 : 1@0.05m,12@0.10m,rsto@0.25cm**

- DISEÑO DE VIGAS POR FLEXIÓN EN EL 1er TECHO EJE Y-Y

Tabla 35: Acero instalado eje YY -1 techo - Segunda opción de Reforzamiento



POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 12 ENTRE A-B (-)					4		11.36
EJE 12 ENTRE A-B					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 12 ENTRE B'-C (-)					4		11.36
EJE 12 ENTRE B'-C					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 13 ENTRE A-B (-)					4		11.36
EJE 13 ENTRE A-B					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 13 ENTRE B'-C (-)					4		11.36
EJE 13 ENTRE B'-C					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 14 ENTRE A-B (-)					4		11.36
EJE 14 ENTRE A-B					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 14 ENTRE B'-C (-)					4		11.36
EJE 14 ENTRE B'-C					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 15 ENTRE A-B (-)					4		11.36
EJE 15 ENTRE A-B					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 15 ENTRE B'-C (-)					4		11.36
EJE 15 ENTRE B'-C					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 16 ENTRE A-B (-)					4		11.36
EJE 16 ENTRE A-B					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 16 ENTRE B'-C (-)					4		11.36
EJE 16 ENTRE B'-C					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 17 ENTRE A-B (-)					4		11.36
EJE 17 ENTRE A-B					4		11.36

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 17 ENTRE B'-C (-)					4		11.36
EJE 17 ENTRE B'-C					4		11.36

A continuación se muestra la nueva viga del primer piso para el eje Y-Y

Viga 2 : 30x60

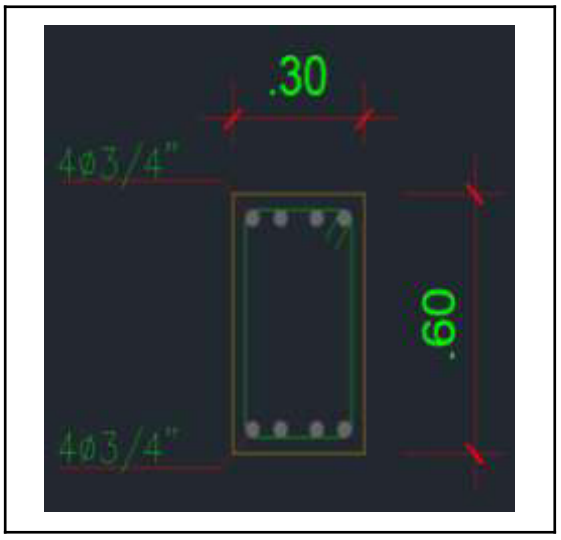


Figura 73: Detalle V2 .30x60

- DISEÑO DE VIGAS POR CORTANTE EN EL 1er TECHO EJE Y-Y

De manera similar al ejemplo anterior, se consideraron ciertos requisitos adicionales definidos por la Norma E.060 en el caso de vigas sometidas a cargas sísmicas para hallar el diseño por cortante:

Tabla 36: Diseño por cortante eje YY - 1 techo - Segunda opción de Reforzamiento

Acero Transversal

Zona de Confinamiemo

		estribo	area	diametro
b	30	3/8"	0.71	0.95
h	60			
		acero longitudinal	area	diametro
2h	120	3/4"	2.84	1.91
EL MAYOR:	120 cm			

Espaciamiento en zona de confinamiento

10 dbmenor=	19.1 cm
d/4=	14 cm
24dbestribo=	22.8 cm
300 mm=	30 cm
No debe exceder	14 cm
Usamos:	10 cm

Espaciamiento fuera zona de confinamiento

d/2	28 cm
No debe exceder	28 cm
Usamos:	25 cm

As en estribos a Ø3/8 : 1@0.05m,12@0.10m,resto@0.25cm

- DISEÑO DE VIGAS POR FLEXIÓN EN EL 2do TECHO EJE X-X

Tabla 37: Acero instalado eje XX -2 techo - Segunda opción de Reforzamiento

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE A ENTRE 11-12		1		2			4.71
EJE A ENTRE 12-13		1		2			4.71
EJE A ENTRE 13-14		1		2			4.71
EJE A ENTRE 14-15		1		2			4.71
EJE A ENTRE 15-16		1		2			4.71
EJE A ENTRE 16-17		1		2			4.71

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE B ENTRE 15-16		1		2			4.71
EJE B ENTRE 16-17		1		2			4.71

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE B' ENTRE 11-12		1		2			4.71
EJE B' ENTRE 12-13		1		2			4.71
EJE B' ENTRE 13-14		1		2			4.71
EJE B' ENTRE 14-15		1		2			4.71

POSICION	8mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE C ENTRE 11-12		1		2			4.71
EJE C ENTRE 12-13		1		2			4.71
EJE C ENTRE 13-14		1		2			4.71
EJE C ENTRE 14-15		1		2			4.71
EJE C ENTRE 15-16		1		2			4.71
EJE C ENTRE 16-17		1		2			4.71

A continuación se muestra la nueva viga del segundo piso para el eje X-X

V3: 30x50

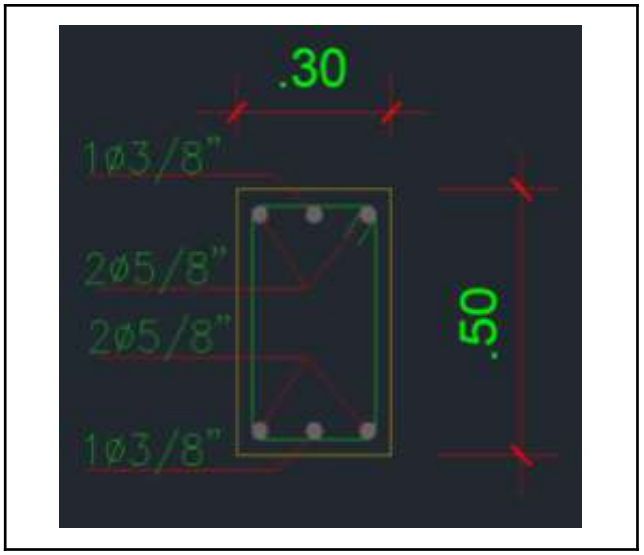


Figura 74: Detalle V3 .30x .50

- DISEÑO DE VIGAS POR CORTANTE EN EL 2do TECHO EJE X-X

De igual forma se consideraron ciertos requisitos adicionales definidos por la Norma E.060 en el caso de vigas sometidas a cargas sísmicas.

A continuación se muestra el diseño por cortante:

Tabla 38: Diseño por cortante eje XX - 2 techo - Segunda opción de Reforzamiento

Acero Transversal

Zona de Confinamiento		estribo	area	diametro
b	30	3/8''	0.71	0.95
h	50			
		acero longitu	area	diametro
2h	100	3/8''	0.71	0.95
EL MAYOR:	100 cm			

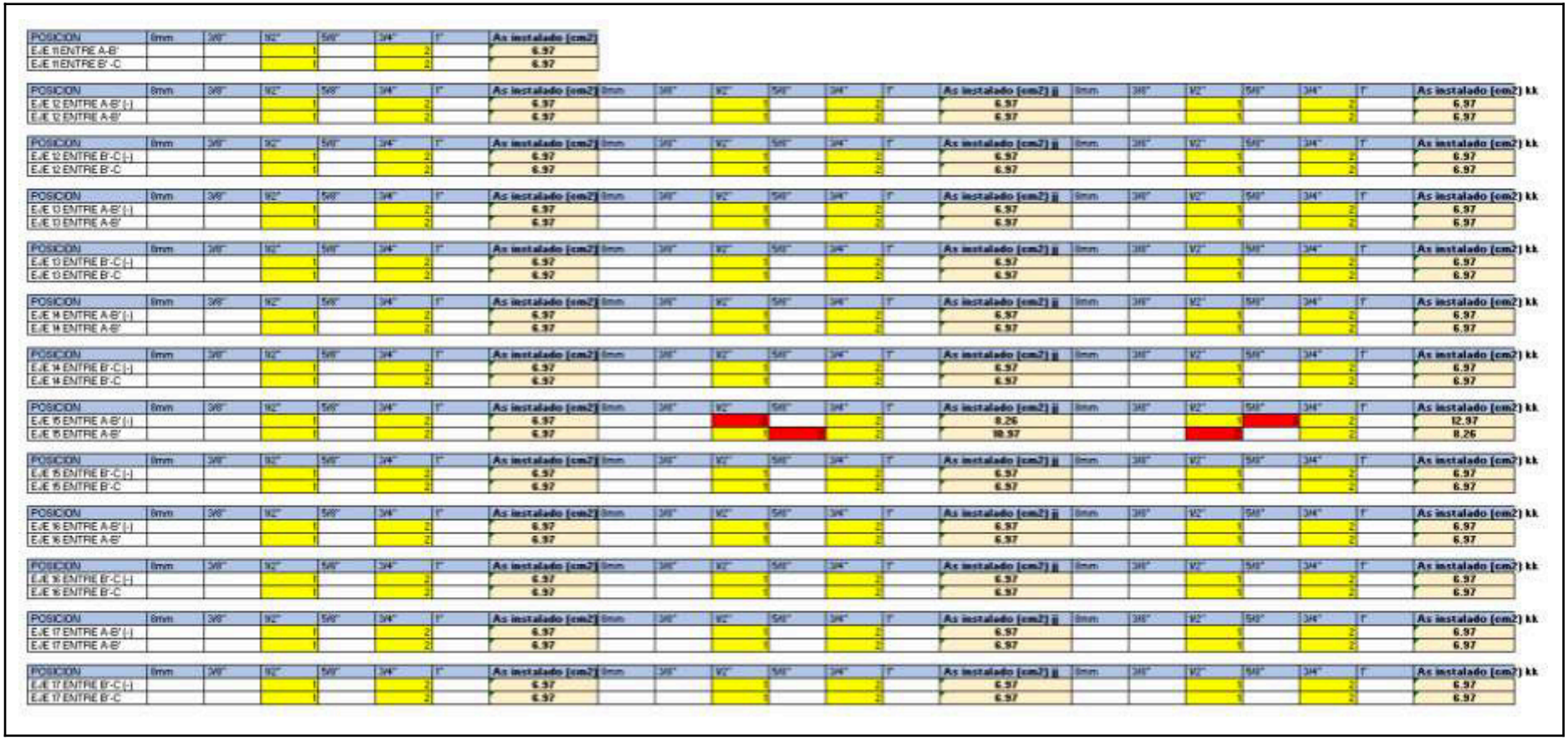
Espaciamiento en zona de confinamiento	
10 dbmenor=	9.5 cm
d/4=	11.5 cm
24dbestribo=	22.8 cm
300 mm=	30 cm
No debe exceder	9.5 cm
Usamos:	10 cm

Espaciamiento fuera zona de confinamiento	
d/2	23 cm
No debe exceder	23 cm
Usamos:	25 cm

As en estribos a usar: **Ø3/8 : 1@0.05m,12@0.10m,rsto@0.25cm**

- DISEÑO DE VIGAS POR FLEXIÓN EN EL 2do TECHO EJE Y-Y

Tabla 39: Acero instalado eje YY -2 techo



POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)
EJE 11 ENTRE A-B'			1		2		6.97
EJE 11 ENTRE B'-C			1		2		6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 12 ENTRE A-B' (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 12 ENTRE A-B'			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 12 ENTRE B'-C (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 12 ENTRE B'-C			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 13 ENTRE A-B' (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 13 ENTRE A-B'			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 13 ENTRE B'-C (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 13 ENTRE B'-C			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 14 ENTRE A-B' (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 14 ENTRE A-B'			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 14 ENTRE B'-C (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 14 ENTRE B'-C			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 15 ENTRE A-B' (-)			1		2		6.97					2		8.26				1		2	12.97
EJE 15 ENTRE A-B'			1		2		6.97					2		10.97				1		2	8.26

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 15 ENTRE B'-C (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 15 ENTRE B'-C			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 16 ENTRE A-B' (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 16 ENTRE A-B'			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 16 ENTRE B'-C (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 16 ENTRE B'-C			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 17 ENTRE A-B' (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 17 ENTRE A-B'			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

POSICION	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2)	6mm	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	As instalado (cm2) kk
EJE 17 ENTRE B'-C (-)			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97
EJE 17 ENTRE B'-C			1		2		6.97					2		6.97				1		2	6.97

A continuación se muestra la nueva viga del segundo piso para el eje Y-Y

V4: 30x50

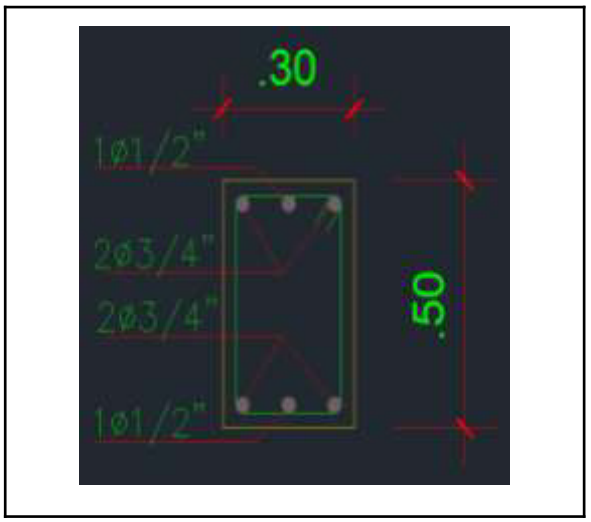


Figura 75: Detalle V4 .30x .50

●<u>DISEÑO DE VIGAS POR CORTANTE EN EL 2do TECHO EJE Y-Y</u>

A continuación se muestra para finalizar el diseño de vigas el diseño por corte:

Tabla 40: Diseño por cortante eje YY - 2 techo - Segunda opción de Reforzamiento

Acero Transversal

Zona de Confinamiento		estribo	area	diametro
b	30	3/8"	0.71	0.95
h	50			
		acero longitudinal	area	diametro
2h	100	1/2"	1.29	1.27
EL MAYOR:	100 cm			

Espaciamiento en zona de confinamiento

10 dbmenor=	12.7 cm
d/4=	11.5 cm
24dbestribo=	22.8 cm
300 mm=	30 cm
No debe excede	11.5 cm
Usamos:	10 cm

Espaciamiento fuera zona de confinamiento

d/2	23 cm
No debe excede	23 cm
Usamos:	25 cm

As en estribos a Ø3/8 : 1@0.05m,12@0.10m,rsto@0.25cm

Diseño de elementos verticales:

De los cálculos realizados se obtuvo que se tendrá una columna de armado:

-Acero de refuerzo 4 ø 1".

-Estribos de ø 3/8” 7@.10, Rsto@0.25 para el primer nivel.

-Estribos de ø 3/8” 8@.10, Rsto@0.25 para el segundo nivel.

También se obtuvo el diseño de la placa:

-Acero de refuerzo 4 ø 5/8 .

-Distribución acero vertical ø1/2 @0.15 m.

-Distribución acero horizontal ø1/2 @0.15 m.

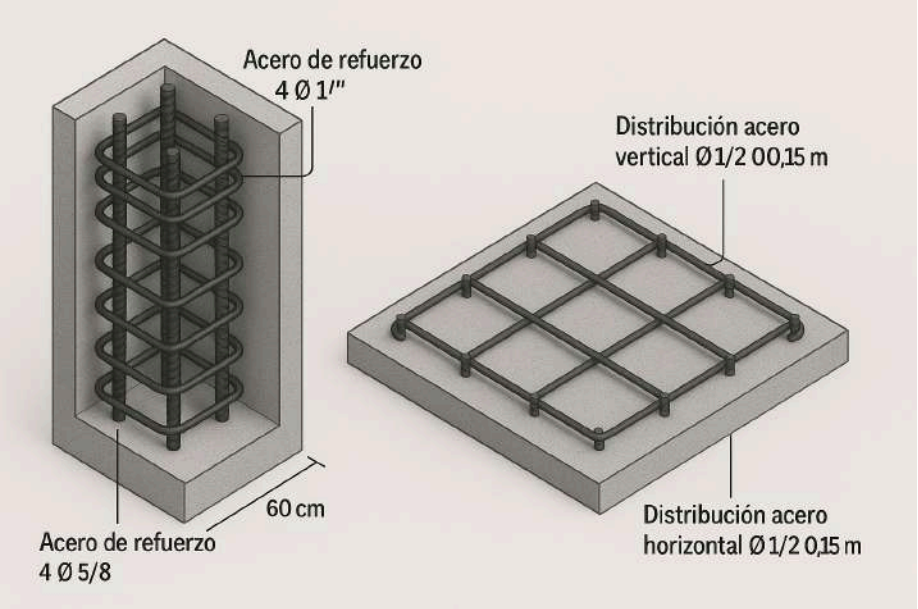


Figura 76: Representación de elementos verticales-2da opción de Ref.

a.1.7)Análisis BIM

Análisis BIM en la ejecución

Tras llevar a cabo la evaluación estructural de la estructura actual, se determinó que es necesario realizar un refuerzo para mejorar su resistencia y recuperar el ambiente.

Con este objetivo, se desarrollaron dos opciones de refuerzo estructural utilizando métodos tradicionales para asemejar el comportamiento de cualquier empresa de construcción , además de integrar conceptos modernos de modelado en 3D. A continuación, se muestra la comparación de los metrados obtenidos a partir del modelado tradicional y de las tecnologías BIM, con el fin de evaluar cuál de las dos opciones resulta más eficiente desde el punto de vista de la constructabilidad .

Análisis BIM de la estructura actual

Se realizó el modelado de la estructura actual para después de allí partir con los siguientes modelados de reforzamiento:

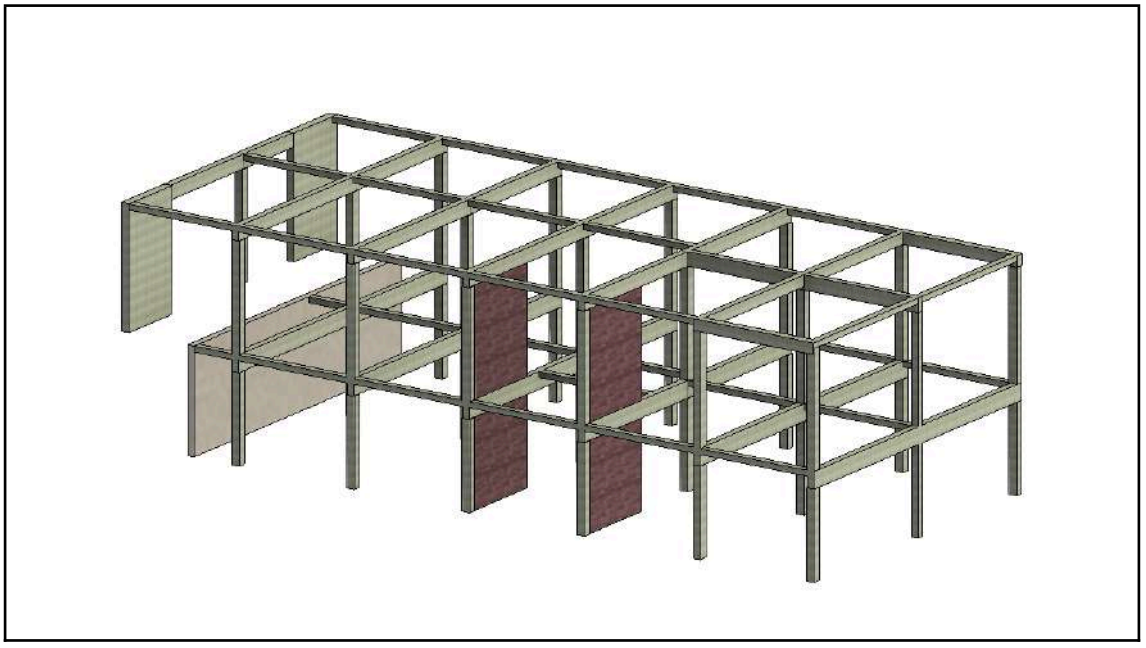


Figura 77: Modelado de la edificación actual

Análisis BIM de la primera opción de reforzamiento

La primera opción para el refuerzo estructural se fundamentó en métodos tradicionales de ingeniería, que emplean técnicas ampliamente reconocidas y utilizadas en el campo. Este enfoque incluye la incorporación de soluciones convencionales, como la instalación de placas adicionales y el uso de materiales como acero y concreto para el refuerzo.

A continuación se muestra las placas agregadas con el armado correspondiente

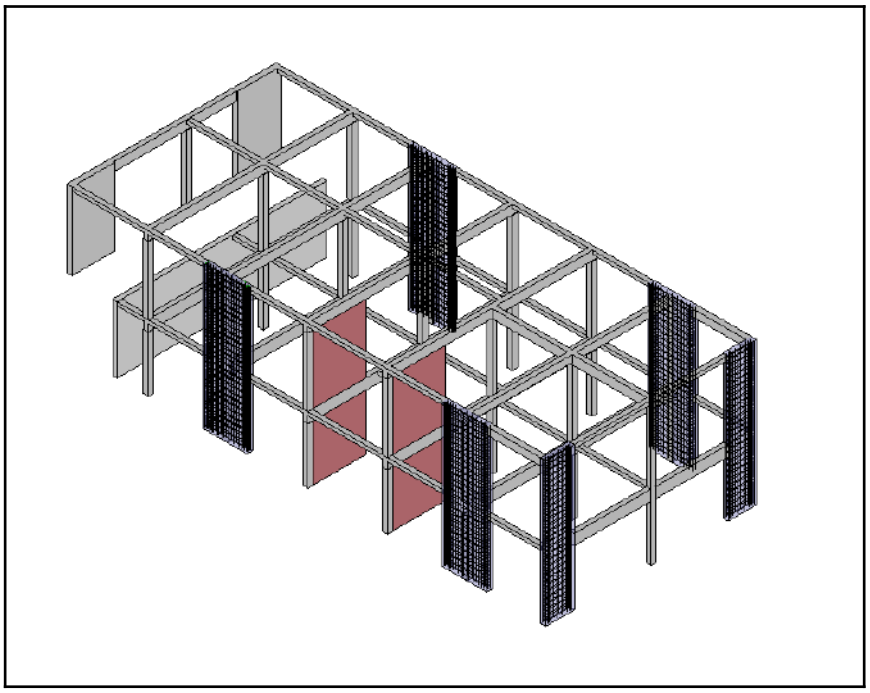


Figura 78: Modelado de la primera opción de reforzamiento

Análisis BIM de la segunda opción de reforzamiento

En este análisis, se examinó la segunda opción de refuerzo estructural, que implica sustituir los elementos actuales, como columnas y vigas, por versiones más resistentes. Este enfoque pretende no solo fortalecer la capacidad de carga y estabilidad de la estructura, sino también mejorar la eficiencia y durabilidad del sistema en general.

Para realizar una evaluación completa, se utilizará Building Information Modeling (BIM), una herramienta avanzada que facilita una modelización precisa y detallada de los elementos estructurales propuestos.

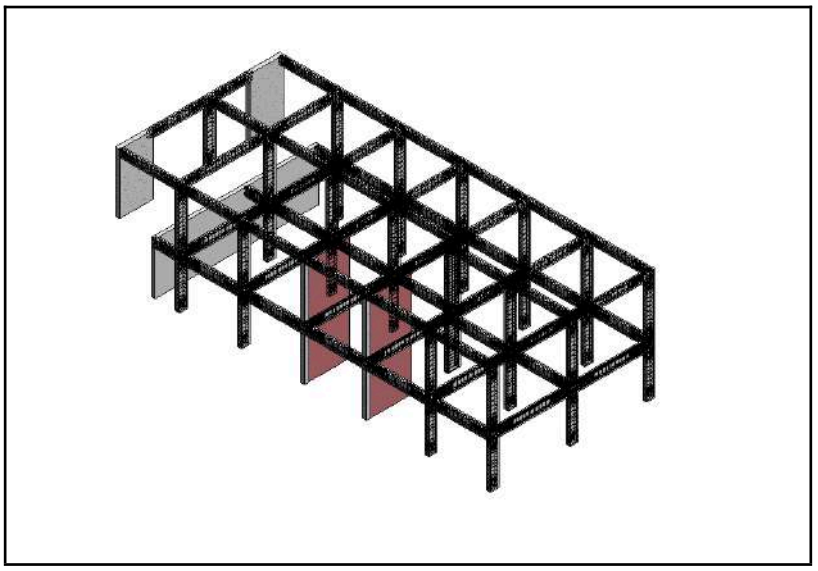


Figura 79:Modelado de la segunda opción de reforzamiento

Cantidad de detalles

Para este apartado se definió el Índice de Eficiencia de Detallado Técnico (IEDT), se tomó como base un conjunto de 375 elementos técnicos considerados esenciales dentro del expediente. Estos abarcan componentes estructurales, arquitectónicos y de instalaciones. La revisión de estos elementos se hizo considerando si estaban completos, correctamente especificados, bien coordinados con otras especialidades y sin interferencias entre sí. Además se define la siguiente fórmula:

$$IEDT = \frac{N°\ total\ de\ elementos\ correctamente\ detallados}{N°\ total\ de\ elementos\ requeridos} x100$$

Se tendrá :

Cimientos y losas

Metodología con tecnologías BIM :$IEDT = \frac{40}{40} x100$

Metodología Tradicional:$IEDT = \frac{10}{40} x100$

Columnas y placas

Metodología con tecnologías BIM :$IEDT = \frac{35}{35} x100$

Metodología Tradicional:$IEDT = \frac{14}{35} x100$

Vigas

Metodología con tecnologías BIM :$IEDT = \frac{55}{55} x100$

Metodología Tradicional:$IEDT = \frac{12}{55} x100$

Acero estructural

$$\text{Metodología con tecnologías BIM :} IEDT = \frac{245}{245} x100$$

$$\text{Metodología Tradicional:} IEDT = \frac{62}{245} x100$$

a.2)Fase 2. Optimización de Recursos

Se realiza la evaluación comparativa del método tradicional en contra del uso de Tecnologías BIM , evaluando en términos de costos y tiempos la aplicación de cada uno.

a.2.1)Costos y/o tiempos del análisis

El análisis comparativo de las alternativas de reforzamiento estructural evidencia que el uso de BIM contribuye a la reducción de costos y tiempos en las fases de diseño, elección y programación. Gracias a su capacidad de modelado inteligente, esta tecnología permite anticipar posibles errores antes de la ejecución de la obra, evitando sobrecostos asociados a correcciones y modificaciones imprevistas.

En términos de tiempo, la automatización de procesos en BIM agiliza la toma de decisiones, ya que proporciona información en tiempo real sobre costos, metrados y programación de obra. Esto contrasta con los métodos convencionales, donde la actualización de datos es manual y más propensa a inconsistencias.

No obstante, la reducción de costos también está condicionada por el nivel de implementación de la tecnología, ya que la curva de aprendizaje y la necesidad de software especializado pueden representar una inversión inicial que debe ser considerada dentro del análisis financiero.

Comparativa

Se realizó una comparativa en términos de plazos y costos para la fase de diseño, elección y programación de 2 alternativas de refuerzo , tanto por el método tradicional así como el método con tecnologías BIM.

MÉTODO TRADICIONAL

Tabla 41: Presupuesto elección de reforzamiento - método tradicional

ACTIVIDAD	COSTO (S/.)	TIEMPO (DÍAS CALENDARIOS)

OPCIÓN DE REFORZAMIENTO 1		
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	**1500**	**4**
ELABORACIÓN DE PLANOS	**1200**	**7**
METRADOS	**1000**	**3**
PROGRAMACIÓN DE OBRA	**800**	**2**
OPCIÓN DE REFORZAMIENTO 2		
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	**1500**	**4**
ELABORACIÓN DE PLANOS	**1200**	**7**
METRADOS	**1000**	**3**
PROGRAMACIÓN DE OBRA	**800**	**2**
TOTAL	**9000**	**32**

MÉTODO CON TECNOLOGÍAS BIM

Tabla 42: Presupuesto elección de reforzamiento - método con tecnologías BIM

ACTIVIDAD	COSTO (S/.)	TIEMPO (DÍAS CALENDARIOS)
OPCIÓN DE REFORZAMIENTO 1		
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	**1500**	**4**
MODELAMIENTO EN REVIT Y PLANOS	**1000**	**2**
METRADOS	**400**	**1**
PROGRAMACIÓN DE OBRA	**400**	**1**
OPCIÓN DE REFORZAMIENTO 2		
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	**1500**	**4**
MODELAMIENTO EN REVIT Y PLANOS	**1000**	**2**

METRADOS	**400**	**1**
PROGRAMACIÓN DE OBRA	**400**	**1**
TOTAL	**4800**	**16**

a.3)Fase 3. Eficiencia:

a.3.1)Metrados y Cronograma

Se desarrollan los presupuestos de materiales y proceso constructivo de cada alternativa de reforzamiento estructural así como su tentativo planificación de obra.

a.3.2)Procedimiento constructivo aplicado al BIM de la primera opción de reforzamiento

Se tiene que tener en cuenta que el procedimiento constructivo influira en la ejecución de esta opción de reforzamiento en términos de tiempo y dinero por lo cual se tendrá el siguiente listado de trabajos a realizar:

-Movilización de equipo y herramientas.

-Flete por llevar el equipo requerido para la correcta ejecución.

-Refuerzo y Apuntalamiento Temporal

-Instalación de apuntalamientos en vigas y losas adyacentes para evitar colapsos parciales.

-Colocación de refuerzos metálicos o estructuras provisionales para sostener cargas mientras se realiza la intervención.

-Preparación del Área de Trabajo .

-Retiro de acabados (revestimientos, tarrajeo) en los muros y columnas donde se insertarán las placas.

-Demolición parcial de elementos estructurales si es necesario para alojar las placas.

-Limpieza y nivelación de las superficies de contacto.

-Colocación del Acero de Refuerzo.

-Instalación de barras de acero en función del diseño estructural.

-Uso de anclajes o conectores mecánicos para vincular las placas con la estructura existente.

-Aplicación de adhesivos epóxicos o lechadas de cemento para mejorar la adherencia.

-Encofrado y Conformación de las Placas.

-Instalación de encofrados metálicos o de madera con su debido apuntalamiento.

-Verificación de las dimensiones de las placas mediante modelo BIM antes del vaciado.

-Vaciado de Concreto.

-Preparación del concreto estructural según las especificaciones del diseño.

-Vaciado del concreto en las placas mediante bombeo o vertido directo.

-Vibrado del concreto para eliminar burbujas de aire y garantizar una correcta compactación.

-Curado del concreto durante al menos 7 días para alcanzar la resistencia requerida.

-Desencofrado y Acabados Finales.

-Desencofrado progresivo después del fraguado del concreto.

-Limpieza del área de trabajo y remoción de escombros.

Metrados de materiales

Los metrados se realizaron con ayuda del software para la primera opción de reforzamiento:

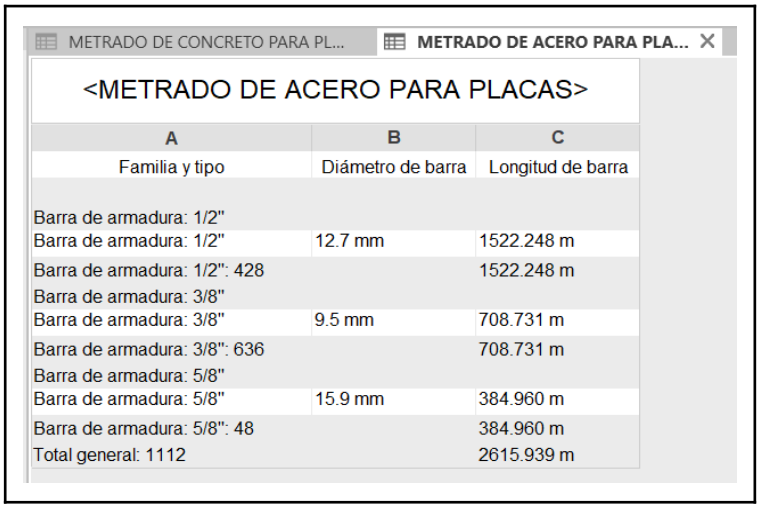
Tabla 43: Metrado de concreto para placas

METRADO DE CONCRETO PARA...

<METRADO DE CONCRETO PARA PLACAS>

A	B	C
Familia y tipo	Comentarios	Volumen
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 1.60 X0.30		
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 1.60 X0.30	fc=280 kg/cm2	7.78 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 1.60 X0.30: 2		7.78 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 2.50 X0.30		
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 2.50 X0.30	fc=280 kg/cm2	24.30 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 2.50 X0.30: 4		24.30 m³
Total general: 6		32.08 m³

Tabla 44: Metrado de acero para placas

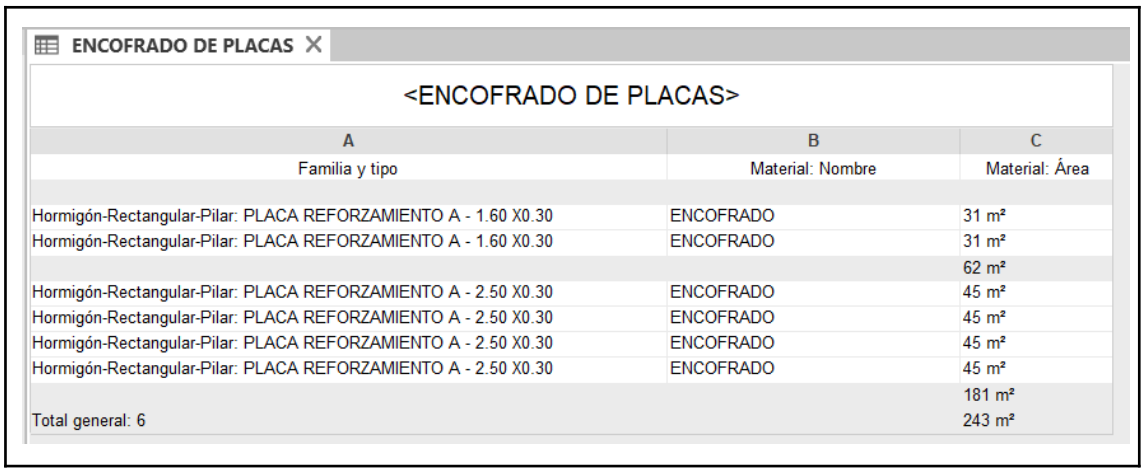


METRADO DE CONCRETO PARA PL... | METRADO DE ACERO PARA PLA...

<METRADO DE ACERO PARA PLACAS>

A	B	C
Familia y tipo	Diámetro de barra	Longitud de barra
Barra de armadura: 1/2"		
Barra de armadura: 1/2"	12.7 mm	1522.248 m
Barra de armadura: 1/2": 428		1522.248 m
Barra de armadura: 3/8"		
Barra de armadura: 3/8"	9.5 mm	708.731 m
Barra de armadura: 3/8": 636		708.731 m
Barra de armadura: 5/8"		
Barra de armadura: 5/8"	15.9 mm	384.960 m
Barra de armadura: 5/8": 48		384.960 m
Total general: 1112		2615.939 m

Tabla 45: Metrado de encofrado para placas



ENCOFRADO DE PLACAS

<ENCOFRADO DE PLACAS>

A	B	C
Familia y tipo	Material: Nombre	Material: Área
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 1.60 X0.30	ENCOFRADO	31 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 1.60 X0.30	ENCOFRADO	31 m²
		62 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 2.50 X0.30	ENCOFRADO	45 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 2.50 X0.30	ENCOFRADO	45 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 2.50 X0.30	ENCOFRADO	45 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO A - 2.50 X0.30	ENCOFRADO	45 m²
		181 m²
Total general: 6		243 m²

Metrado y Presupuesto para la primera opción de reforzamiento

Se empleó BIM para calcular de manera precisa los costos relacionados con las placas adicionales con ayuda de la cuantificación de materiales obtenida anteriormente, incluyendo tanto los materiales como la mano de obra requerida para su instalación. Esto abarca el costo de las placas y los componentes adicionales.

Tabla 46: Presupuesto para la primera alternativa de reforzamiento

PARTIDA	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO (s/.)	COSTO TOTAL (s/.)

1.Movilización de equipo y herramientas.	glb	1	2500	2500
2. Refuerzo y Apuntalamiento Temporal	glb	1	6000	6000
3.Preparación del Área de Trabajo	glb	1	8000	8000
4. Colocación del Acero de Refuerzo.	Kg	2507.46	6.18	15496.10
5. Encofrado y Conformación de las Placas.	m2	243	75.72	18399.96
6. Vaciado de Concreto.	m3	32.08	360.04	11550.08
7. Desencofrado y Acabados Finales.	m2	243	75.72	18399.96
PRECIO TOTAL				80,346.10

Cronograma y programación de obra

Se evaluó el tiempo estimado para añadir las placas utilizando las herramientas de programación del BIM. Considerando factores como la preparación previa de la superficie, la instalación de las placas,proceso constructivo y el tiempo necesario para asegurar su fijación adecuada.

A continuación se muestra la programación y la simulación en tiempo real del proyecto.(Revisar Anexo 15).

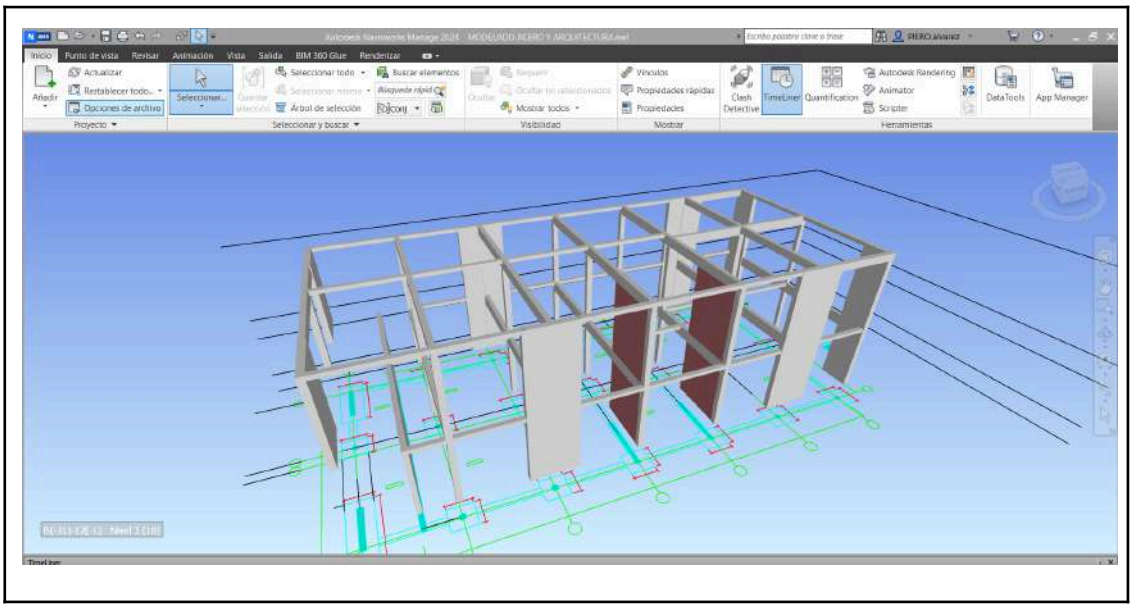
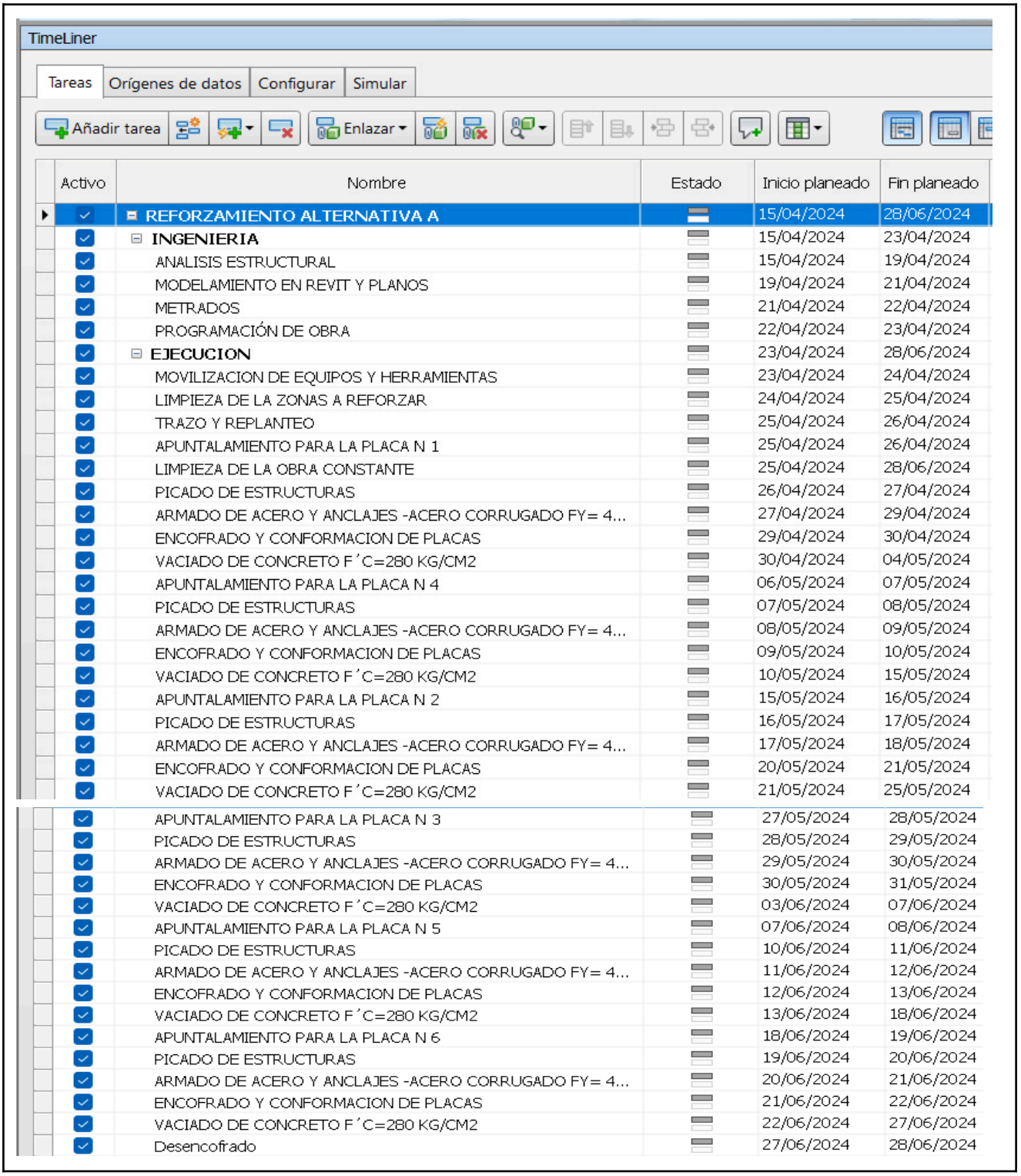


Figura 80: Programacion y simulacion real de la primera opción de reforzamiento



Activo	Nombre	Estado	Inicio planeado	Fin planeado
✓	REFORZAMIENTO ALTERNATIVA A		15/04/2024	28/06/2024
✓	INGENIERIA		15/04/2024	23/04/2024
✓	ANALISIS ESTRUCTURAL		15/04/2024	19/04/2024
✓	MODELAMIENTO EN REVIT Y PLANOS		19/04/2024	21/04/2024
✓	METRADOS		21/04/2024	22/04/2024
✓	PROGRAMACIÓN DE OBRA		22/04/2024	23/04/2024
✓	EJECUCION		23/04/2024	28/06/2024
✓	MOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		23/04/2024	24/04/2024
✓	LIMPIEZA DE LA ZONAS A REFORZAR		24/04/2024	25/04/2024
✓	TRAZO Y REPLANTEO		25/04/2024	26/04/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 1		25/04/2024	26/04/2024
✓	LIMPIEZA DE LA OBRA CONSTANTE		25/04/2024	28/06/2024
✓	PICADO DE ESTRUCTURAS		26/04/2024	27/04/2024
✓	ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY= 4...		27/04/2024	29/04/2024
✓	ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS		29/04/2024	30/04/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2		30/04/2024	04/05/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 4		06/05/2024	07/05/2024
✓	PICADO DE ESTRUCTURAS		07/05/2024	08/05/2024
✓	ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY= 4...		08/05/2024	09/05/2024
✓	ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS		09/05/2024	10/05/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2		10/05/2024	15/05/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 2		15/05/2024	16/05/2024
✓	PICADO DE ESTRUCTURAS		16/05/2024	17/05/2024
✓	ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY= 4...		17/05/2024	18/05/2024
✓	ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS		20/05/2024	21/05/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2		21/05/2024	25/05/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 3		27/05/2024	28/05/2024
✓	PICADO DE ESTRUCTURAS		28/05/2024	29/05/2024
✓	ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY= 4...		29/05/2024	30/05/2024
✓	ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS		30/05/2024	31/05/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2		03/06/2024	07/06/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 5		07/06/2024	08/06/2024
✓	PICADO DE ESTRUCTURAS		10/06/2024	11/06/2024
✓	ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY= 4...		11/06/2024	12/06/2024
✓	ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS		12/06/2024	13/06/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2		13/06/2024	18/06/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 6		18/06/2024	19/06/2024
✓	PICADO DE ESTRUCTURAS		19/06/2024	20/06/2024
✓	ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY= 4...		20/06/2024	21/06/2024
✓	ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS		21/06/2024	22/06/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2		22/06/2024	27/06/2024
✓	Desencofrado		27/06/2024	28/06/2024

Figura 81: Proceso constructivo en BIM

a.3.3)Procedimiento constructivo aplicado al BIM de la segunda opción de reforzamiento

Se tiene que tener en cuenta que el procedimiento constructivo influirá en la ejecución de esta opción de reforzamiento en términos de tiempo y dinero por lo cual se tendrá el siguiente listado de trabajos a realizar:

-Movilización de equipo y herramientas.

-Flete por llevar el equipo requerido para la correcta ejecución.

- Refuerzo y Apuntalamiento Temporal

-Instalación de apuntalamientos en vigas y losas adyacentes para evitar colapsos parciales.

-Colocación de refuerzos metálicos o estructuras provisionales para sostener cargas mientras se realiza la intervención.

-Preparación del Área de Trabajo .

-Retiro de acabados (revestimientos, tarrajeo) en las columnas y vigas donde se realizará el reemplazo de elementos y/o ampliación de secciones estructurales.

-Demolición parcial de elementos estructurales si es necesario.

-Limpieza y nivelación de las superficies de contacto.

-Construcción de Nuevas Columnas

Anclajes.
Colocación de refuerzos de acero y anclajes para conectar las nuevas columnas.

Armado de Columnas.

Instalación de acero de refuerzo según los planos estructurales.
Colocación de anclajes y conectores mecánicos en puntos de unión con la estructura existente.
Verificación de alineación y verticalidad con instrumentos topográficos (niveles láser).

-Construcción de Nuevas Vigas

Anclajes
Colocación de refuerzos de acero y anclajes para conectar las nuevas vigas.

Armado de Vigas

Instalación de acero de refuerzo según los planos estructurales.

Colocación de anclajes y conectores mecánicos en puntos de unión con la estructura existente.

Verificación de alineación y verticalidad con instrumentos topográficos (niveles láser).

-Encofrado para columnas

Instalación de encofrados metálicos o de madera con apuntalamientos adecuados.

-Encofrado para vigas

Instalación de encofrados metálicos o de madera con apuntalamientos adecuados.

-Vaciado de concreto para columnas

Vaciado del concreto estructural con bombeo o vertido directo.

Vibrado del concreto para eliminar burbujas de aire y mejorar la compactación.

Curado del concreto para garantizar la resistencia requerida.

-Vaciado de concreto para vigas

Vaciado del concreto estructural con bombeo o vertido directo.

Vibrado del concreto para eliminar burbujas de aire y mejorar la compactación.

Curado del concreto para garantizar la resistencia requerida.

-Desencofrado y Acabados Finales.

-Desencofrado progresivo después del fraguado del concreto.

-Limpieza del área de trabajo y remoción de escombros.

Metrado de materiales

Los metrados se realizaron con ayuda del software para la primera opción de reforzamiento:

Tabla 47: Metrado de concreto para elementos verticales

CONCRETO EN ELEMENTOS EST...

<CONCRETO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES VERTICALES>

A	B	C
Familia y tipo	Comentarios	Volumen
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO B - 0.9016 X0.30 FC 280		
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO B - 0.9016 X0.30 FC 280	fc=280 kg/cm2	2.06 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: REFORZAMIENTO B COL 30X60 FC210		
Hormigón-Rectangular-Pilar: REFORZAMIENTO B COL 30X60 FC210	fc=210 kg/cm2	19.59 m³
Total general		21.65 m³

Tabla 48: Metrado de concreto para vigas

{3D} | VOLUMEN DE CONCRETO EN VI...

<VOLUMEN DE CONCRETO EN VIGAS>

A	B	C
Familia y tipo	Comentarios	Volumen
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X50 FC 210		
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X50 FC 210	fc=210 kg/cm2	23.09 m³
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X60 FC 210		
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X60 FC 210	fc=210 kg/cm2	25.60 m³
Total general		48.69 m³

Tabla 49: Metrado de acero

VOLUMEN DE CONCRETO EN VIGAS | METRADO DE ACERO

<METRADO DE ACERO>

A	B	C
Familia y tipo	Diámetro de barra	Longitud de barra
Barra de armadura: 1"		
Barra de armadura: 1"	25 mm	275.802 m
Barra de armadura: 1/2"		
Barra de armadura: 1/2"	13 mm	253.932 m
Barra de armadura: 3/4"		
Barra de armadura: 3/4"	19 mm	306.546 m
Barra de armadura: 3/8"		
Barra de armadura: 3/8"	10 mm	4639.672 m
Barra de armadura: 5/8"		
Barra de armadura: 5/8"	16 mm	387.44 m
Total general		5863.393 m

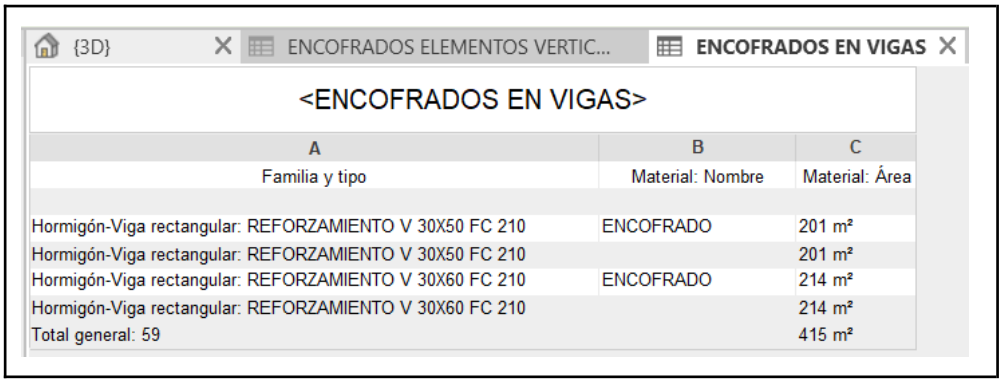
Tabla 50: Metrado de encofrado en elementos verticales

{3D} | ENCOFRADOS ELEMENTOS VERT... | ENCOFRADOS EN VIGAS

ENCOFRADOS EN ELEMENTOS VERTICALES

A	B	C
Familia y tipo	Material: Nombre	Material: Área
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO B - 0.9016 X0.30 FC 280	ENCOFRADO	18 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: PLACA REFORZAMIENTO B - 0.9016 X0.30 FC 280		18 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: REFORZAMIENTO B COL 30X60 FC210	ENCOFRADO	196 m²
Hormigón-Rectangular-Pilar: REFORZAMIENTO B COL 30X60 FC210		196 m²
Total general: 33		214 m²

Tabla 51: Metrado de encofrado en vigas

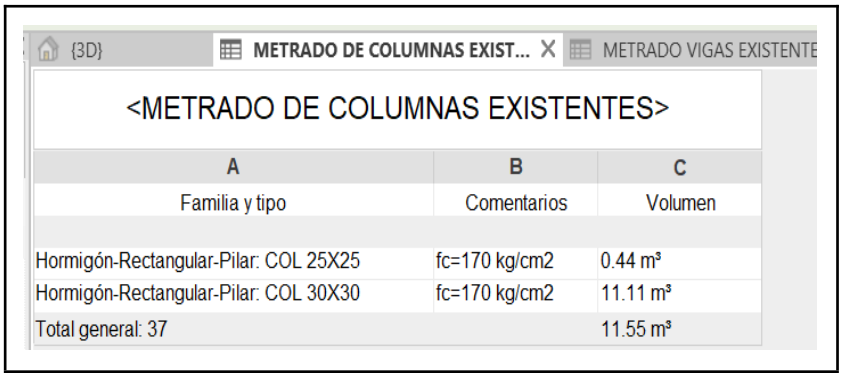


{3D} | ENCOFRADOS ELEMENTOS VERTIC... | ENCOFRADOS EN VIGAS

<ENCOFRADOS EN VIGAS>

A	B	C
Familia y tipo	Material: Nombre	Material: Área
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X50 FC 210	ENCOFRADO	201 m²
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X50 FC 210		201 m²
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X60 FC 210	ENCOFRADO	214 m²
Hormigón-Viga rectangular: REFORZAMIENTO V 30X60 FC 210		214 m²
Total general: 59		415 m²

Tabla 52: Metrado de demolición de columnas

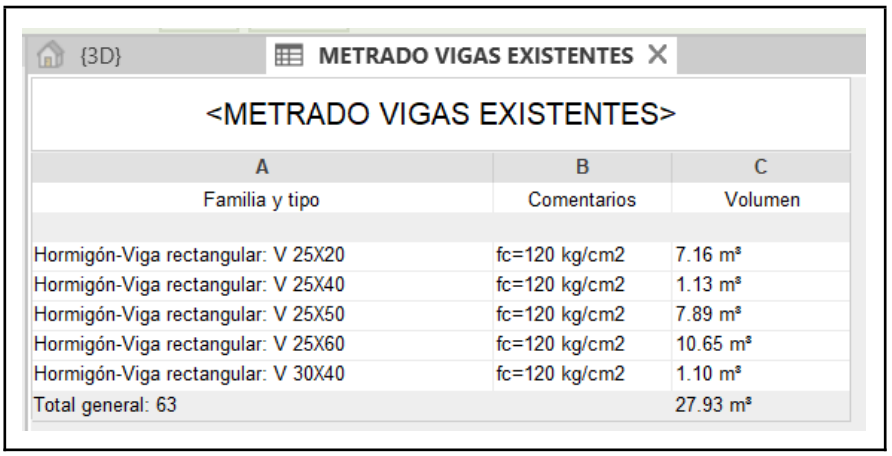


{3D} | METRADO DE COLUMNAS EXIST... | METRADO VIGAS EXISTENTE

<METRADO DE COLUMNAS EXISTENTES>

A	B	C
Familia y tipo	Comentarios	Volumen
Hormigón-Rectangular-Pilar: COL 25X25	fc=170 kg/cm2	0.44 m³
Hormigón-Rectangular-Pilar: COL 30X30	fc=170 kg/cm2	11.11 m³
Total general: 37		11.55 m³

Tabla 53: Metrado de demolición de vigas



{3D} | METRADO VIGAS EXISTENTES

<METRADO VIGAS EXISTENTES>

A	B	C
Familia y tipo	Comentarios	Volumen
Hormigón-Viga rectangular: V 25X20	fc=120 kg/cm2	7.16 m³
Hormigón-Viga rectangular: V 25X40	fc=120 kg/cm2	1.13 m³
Hormigón-Viga rectangular: V 25X50	fc=120 kg/cm2	7.89 m³
Hormigón-Viga rectangular: V 25X60	fc=120 kg/cm2	10.65 m³
Hormigón-Viga rectangular: V 30X40	fc=120 kg/cm2	1.10 m³
Total general: 63		27.93 m³

5.3.2)Metrado y Presupuesto para la segunda opción de reforzamiento

Al igual que la opción anterior se empleó BIM para calcular de manera precisa los costos relacionados de la segunda opción de reforzamiento con ayuda de la cuantificación de materiales obtenida anteriormente, incluyendo tanto los materiales como la mano de obra requerida para su instalación. Esto abarca el costo de los elementos nuevos y los componentes adicionales.

Tabla 54: Presupuesto para la segunda alternativa de reforzamiento

PARTIDA	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO (s/.)	COSTO TOTAL (s/.)
1.Movilización de equipo y herramientas.	glb	1	2500	2500
2. Refuerzo y Apuntalamiento Temporal	glb	1	6000	6000
3. Preparación del Área de Trabajo .	m3	39.48	551.81	21785.46
4. Construcción de Nuevas Columnas y placa	Kg	1911.59	6.18	11813.63
5. Construcción de Nuevas Vigas	kg	3320.34	6.18	20519.70
6.Encofrado para columnas y placa	m2	214	75.72	16204.08
7.Encofrado para vigas	m2	415	87.57	36341.55
8.Vaciado de concreto para columnas y placa				
8.1 CONCRETO f'c:280 kg/cm2	m3	2.06	360.04	741.6884
8.2 CONCRETO f'c:210 kg/cm2	m3	19.59	337.60	6613.584

9.Vaciado de concreto para vigas	m3	48.69	300.03	14608.46
10.Desencofrado y Acabados Finales. (Columnas)	m2	214	75.72	16204.08
11.Desencofrado y Acabados Finales.(Vigas)	m2	415	87.57	36341.55
PRECIO TOTAL				189673.774

Cronograma y programación de obra

Se evaluó el tiempo estimado para reemplazar los elementos que carecían de suficiente resistencia utilizando las herramientas de programación del BIM. Considerando factores como la preparación previa de la superficie, la demolición de las estructuras existentes , la colocación de nuevos elementos y el tiempo necesario para asegurar su fijación adecuada.(Revisar Anexo 16).

A continuación se muestra las partidas ,cabe recalcar que se ha tomado el proceso constructivo :

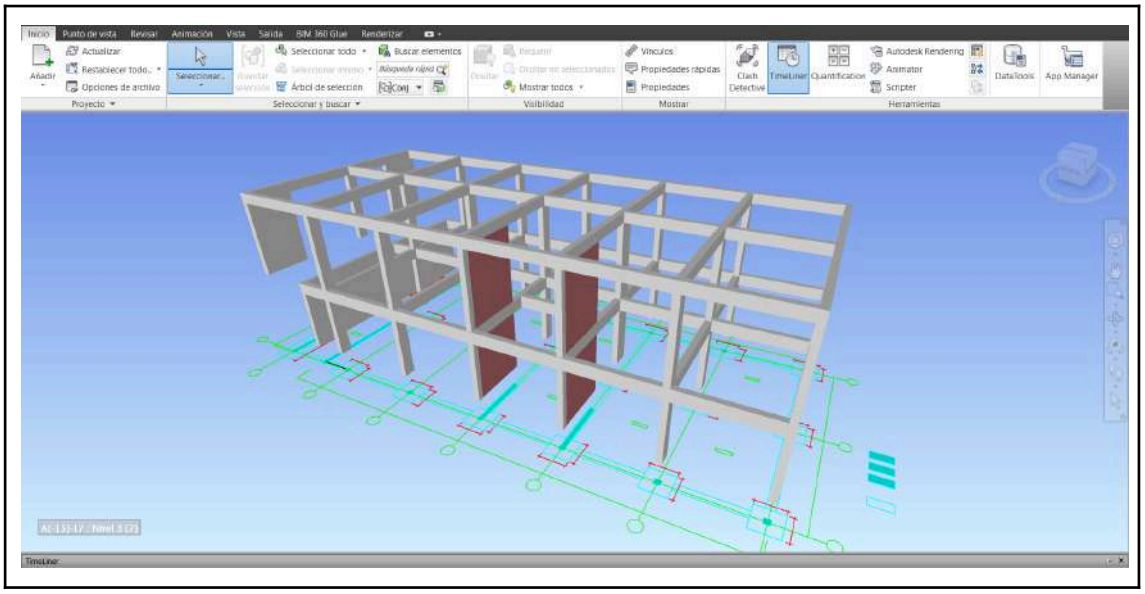
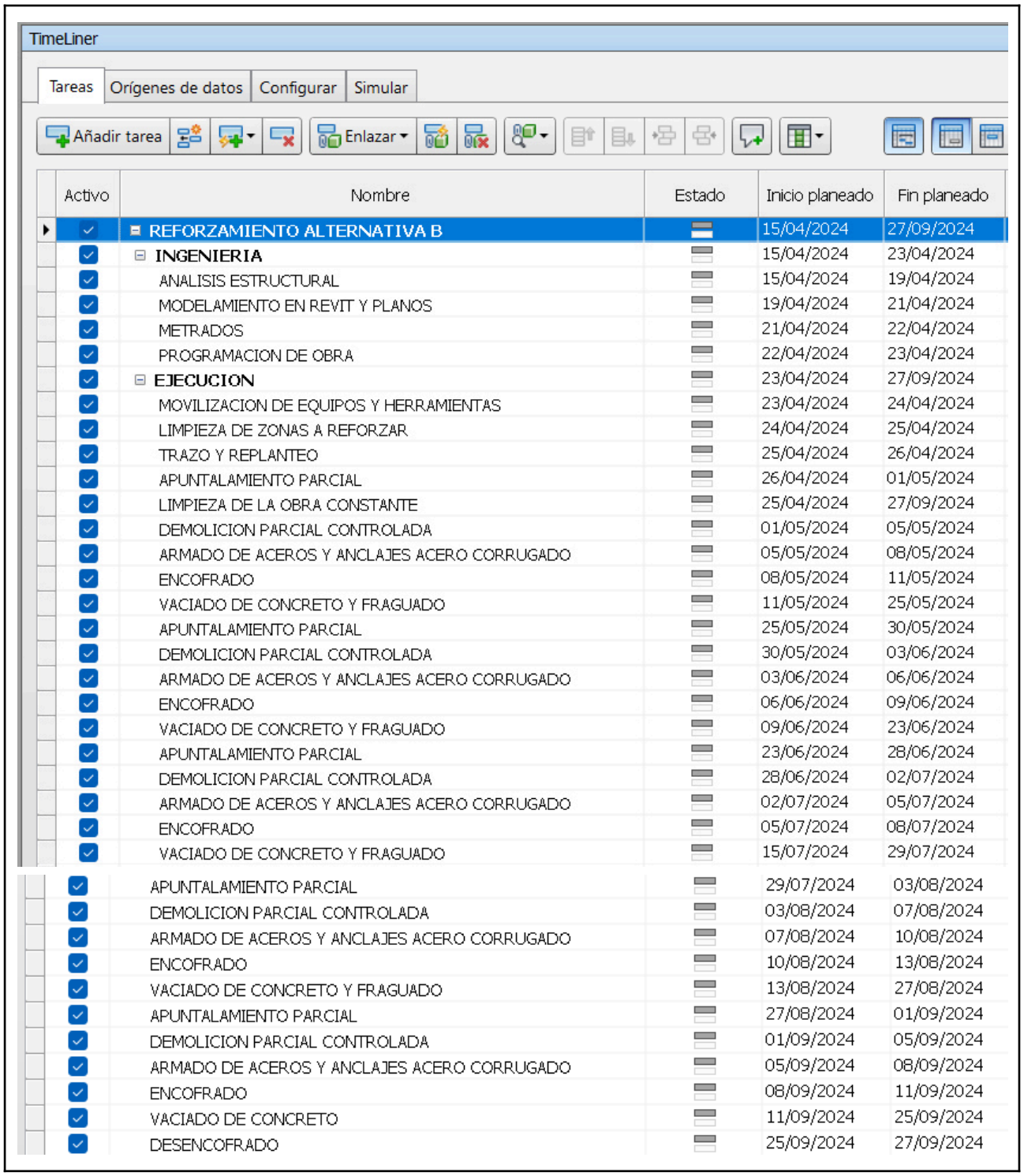


Figura 82: Programacion y simulacion real de la segunda opción de reforzamiento



Activo	Nombre	Estado	Inicio planeado	Fin planeado
✓	REFORZAMIENTO ALTERNATIVA B		15/04/2024	27/09/2024
✓	INGENIERIA		15/04/2024	23/04/2024
✓	ANALISIS ESTRUCTURAL		15/04/2024	19/04/2024
✓	MODELAMIENTO EN REVIT Y PLANOS		19/04/2024	21/04/2024
✓	METRADOS		21/04/2024	22/04/2024
✓	PROGRAMACION DE OBRA		22/04/2024	23/04/2024
✓	EJECUCION		23/04/2024	27/09/2024
✓	MOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		23/04/2024	24/04/2024
✓	LIMPIEZA DE ZONAS A REFORZAR		24/04/2024	25/04/2024
✓	TRAZO Y REPLANTEO		25/04/2024	26/04/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARCIAL		26/04/2024	01/05/2024
✓	LIMPIEZA DE LA OBRA CONSTANTE		25/04/2024	27/09/2024
✓	DEMOLICION PARCIAL CONTROLADA		01/05/2024	05/05/2024
✓	ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO CORRUGADO		05/05/2024	08/05/2024
✓	ENCOFRADO		08/05/2024	11/05/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO		11/05/2024	25/05/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARCIAL		25/05/2024	30/05/2024
✓	DEMOLICION PARCIAL CONTROLADA		30/05/2024	03/06/2024
✓	ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO CORRUGADO		03/06/2024	06/06/2024
✓	ENCOFRADO		06/06/2024	09/06/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO		09/06/2024	23/06/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARCIAL		23/06/2024	28/06/2024
✓	DEMOLICION PARCIAL CONTROLADA		28/06/2024	02/07/2024
✓	ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO CORRUGADO		02/07/2024	05/07/2024
✓	ENCOFRADO		05/07/2024	08/07/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO		15/07/2024	29/07/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARCIAL		29/07/2024	03/08/2024
✓	DEMOLICION PARCIAL CONTROLADA		03/08/2024	07/08/2024
✓	ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO CORRUGADO		07/08/2024	10/08/2024
✓	ENCOFRADO		10/08/2024	13/08/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO		13/08/2024	27/08/2024
✓	APUNTALAMIENTO PARCIAL		27/08/2024	01/09/2024
✓	DEMOLICION PARCIAL CONTROLADA		01/09/2024	05/09/2024
✓	ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO CORRUGADO		05/09/2024	08/09/2024
✓	ENCOFRADO		08/09/2024	11/09/2024
✓	VACIADO DE CONCRETO		11/09/2024	25/09/2024
✓	DESENCOFRADO		25/09/2024	27/09/2024

Figura 83: Proceso constructivo en BIM

b.Técnicas

Análisis documental:

Una de las primeras técnicas utilizadas fue la revisión documental, que permitió consultar libros, normas técnicas (como la E.030 y la E.060), investigaciones académicas y casos de estudio vinculados al reforzamiento estructural y al uso del modelado BIM.

Observación :

Luego, se aplicó la observación directa en el lugar del proyecto, ubicado en Lurigancho–Chosica.

Modelado y simulación :

También se utilizó el modelado y la simulación digital como una forma de visualizar y evaluar diferentes propuestas de reforzamiento. Gracias a los modelos en 3D realizados con software especializado, fue posible analizar cómo se comportaría la edificación con cada una de las alternativas planteadas.

c.Instrumentos

Fichas de análisis bibliográfico y normativo:

Se usaron fichas de análisis para resumir y comparar los contenidos más relevantes encontrados durante la revisión documental.

Guía de observación técnica:

Se usó una guía de observación técnica, que ayudó a registrar de manera ordenada lo que se detectó en campo, como grietas, deformaciones o características de los materiales utilizados.

Software BIM (Revit y Navisworks):

En el caso del modelado digital, se trabajó con software especializado como Revit y Navisworks, que permitieron construir los modelos, simular las distintas alternativas de intervención y evaluar su desempeño estructural.

d.Validación de instrumentos

Se hizo por el método de juicio de expertos , para Escobar, A. Cuervo, C. (2008) “El juicio de expertos es una técnica cualitativa que permite obtener valoraciones fundamentadas de profesionales con experiencia en un determinado campo, con el fin de validar, complementar o ponderar información utilizada en investigaciones aplicadas.”

EXPERTO 1

Alfaro Torres , Roy Daniel . DNI:45668690 . CIP:190711

EXPERTO 2

Rojas Pintado , Enrique Antonio . DNI:10741481. CIP:352465

EXPERTO 3

Salazar Chinchilla ,Huber . DNI:07649711 . CIP:033926

Revisar anexos 4,5,6,7,8 y 9.

e.Confiabilidad

Para asegurar la confiabilidad de los resultados en esta investigación, se utilizaron programas especializados en modelado BIM a través de licencias educativas oficiales. Estas herramientas, aunque son versiones académicas, ofrecen prácticamente las mismas funciones que las versiones profesionales, lo que permitió trabajar de manera precisa y realista. Gracias a esto, fue posible desarrollar modelos completos y confiables para cada alternativa de reforzamiento, lo que da respaldo técnico al análisis realizado.Revisar anexos 10, 11 , 12 y 13.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto que se realizó para la presente tesis fue el del **Edificio N°32,** el cual comprendió el análisis, diseño y elección entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para un edificación de 2 pisos, ubicado en el distrito Lurigancho Chosica, provincia de Lima.

El proceso de reforzamiento implicó la incorporación de muros de concreto armado y la mejora de los elementos estructurales que no cumplen con los requisitos necesarios para satisfacer las demandas y usos previstos. Este proyecto surge como respuesta a la necesidad de mejorar el primer plan de reforzamiento, ya que durante su ejecución se encontraron diversas irregularidades y se identificaron elementos estructurales que no fueron ejecutados adecuadamente, lo que resultó en una contribución insuficiente a la resistencia general de la estructura.

El Edificio cuenta con un área construida de 290.50 m2 y cuenta con elementos estructurales tales como: placas del primer reforzamiento ,columnas , vigas ,losas aligerada y cimentaciones del primer reforzamiento así como las iniciales.

A continuación se presenta la vistas en planta del levantamiento estructural del proyecto inicial:

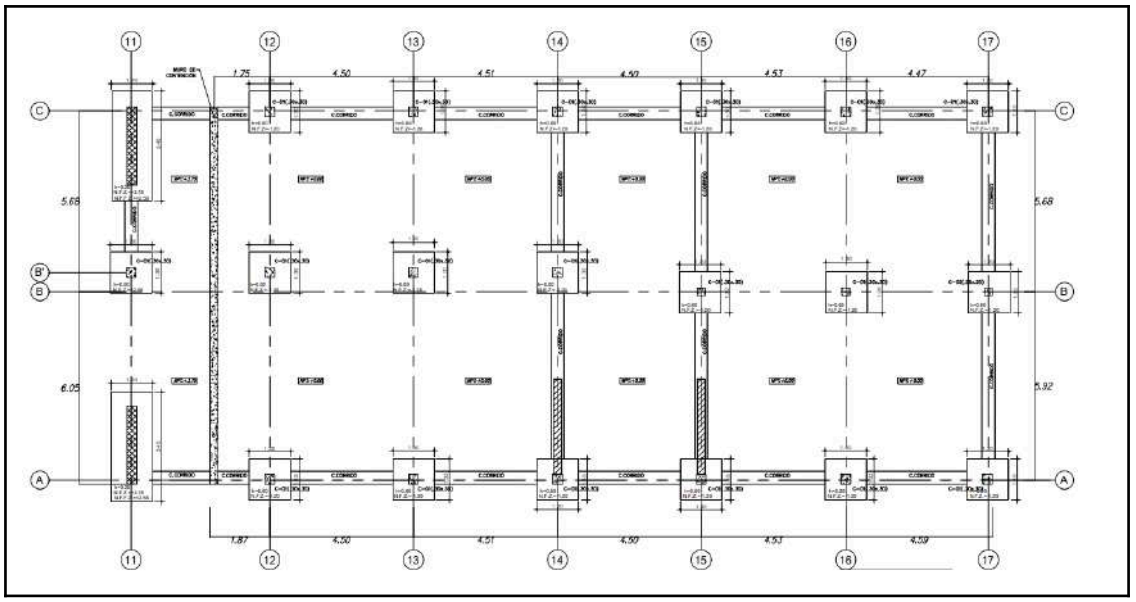


Figura 84:Vista en planta de levantamiento - Cimentación

Nota:Tomado de Vista en Planta de Levantamiento - Cimentación , Hvs Ingenieros Consultores S.A.C. , 2022.

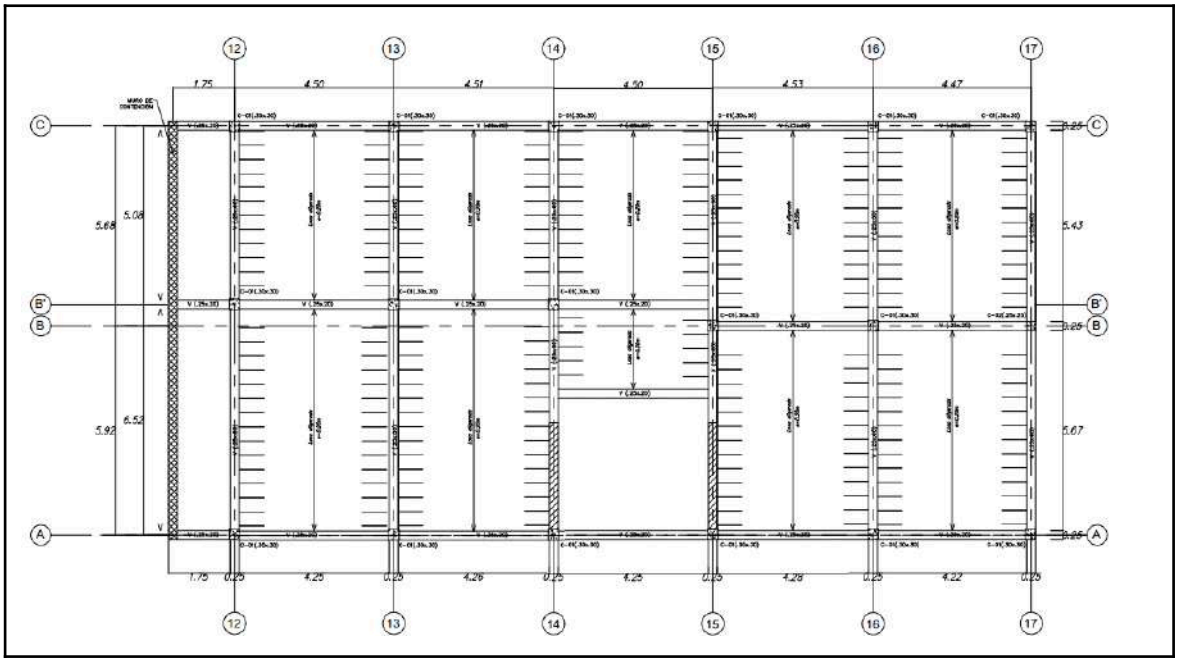


Figura 85: Vista en planta de levantamiento nivel II

Nota:Tomado de Vista en Planta de Levantamiento - Nivel II , Hvs Ingenieros Consultores S.A.C. , 2022.

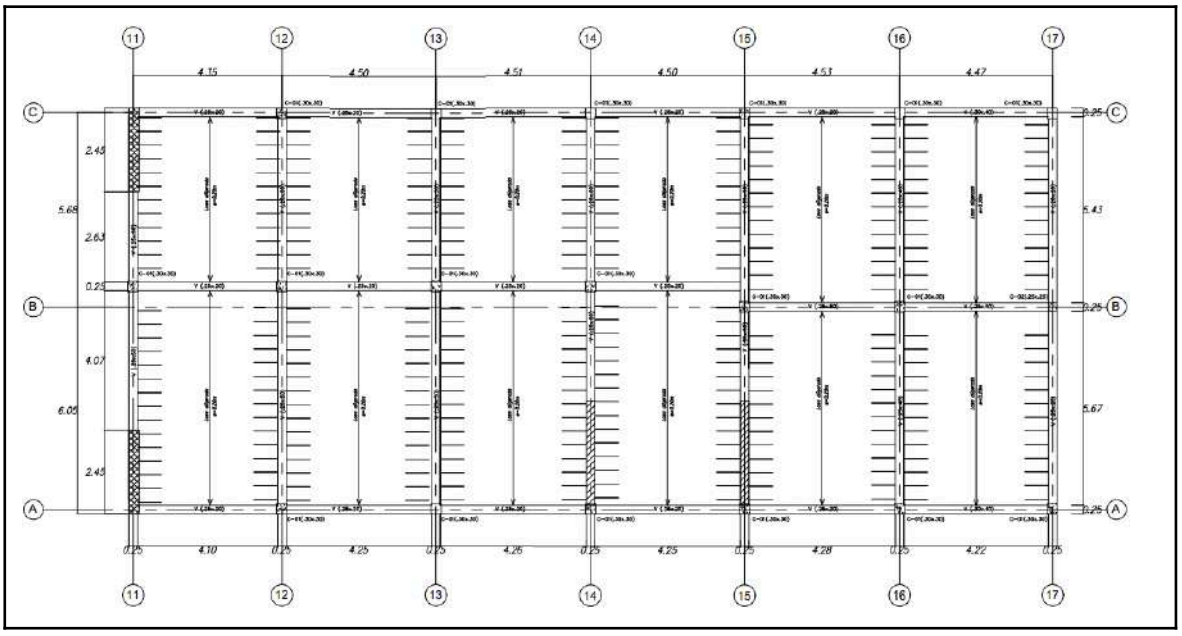


Figura 86: Vista en planta de levantamiento nivel III

Nota:Tomado de Vista en Planta de Levantamiento - Nivel III , Hvs Ingenieros Consultores S.A.C. , 2022.

5.1)Resultados de la dimensión 1:Calidad de representación gráfica

5.1.1)Nivel de Detalle

En el campo del Modelamiento BIM el Level of Development (LOD) se refiere al nivel de detalle alcanzado.A pesar que los modelos tradicionales no se usa el LOD para establecer la cantidad de información .Según The BIM Handbook (Eastman et al., 2018) señala que los modelos BIM en LOD 200 representan la forma general, orientación y cantidad aproximada de un elemento, lo que podría compararse con lo que ofrecen los planos tradicionales en 2D, donde se define geometría básica sin datos paramétricos.Mientras que el nivel alcanzado en este trabajo corresponde a un LOD 500 por la cantidad de detalles desarrollados y por la interpolación a programación real ejecutada.

Tabla 55: Nivel de detalle LOD

MÉTODO	LOD EQUIVALENTE	USO
TRADICIONAL	200	Represente en forma general ubicación y tamaño sin mucha información adicional.
BIM UTILIZADO	500	Representa los planos AS BUILT o lo que exactamente se ha construido en obra.

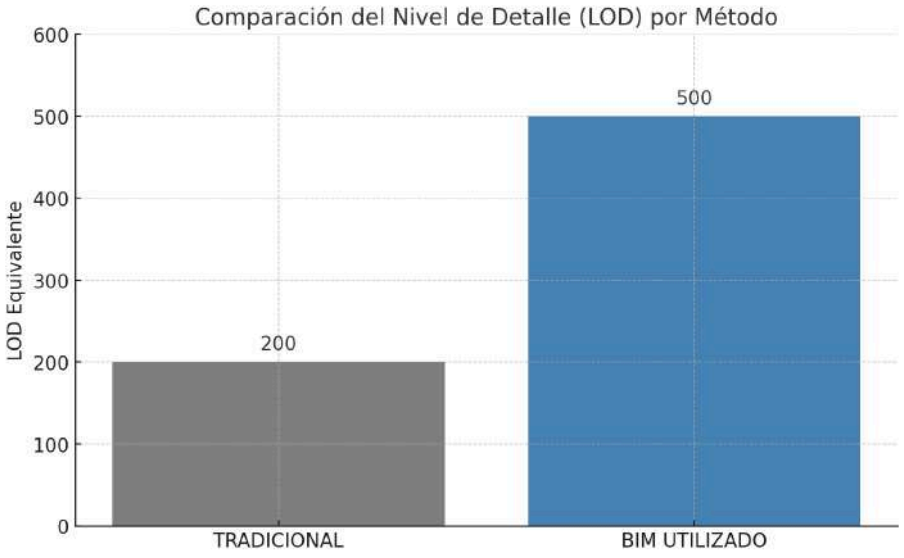


Figura 87: Resultado-Nivel de detalle LOD

De la figura 87 se observa que el método BIM alcanzó un nivel de detalle LOD 500 superando al método tradicional el cual representa un LOD 200.

5.1.2)Cantidad de detalles

La cantidad de detalles que puede generarse es importante para la ejecución del proyecto ya que al haber más detalles y más precisos se tendrá una ejecución más limpia sin interferencias.

Tabla 56: Cantidad de detalles

CATEGORÍA	N DE ELEMENTOS ESPERADOS	METODOLOGÍA CON TEC. BIM	METODOLOGÍA TRADICIONAL
Cimientos y losas	40	40	10
Columnas y placas	35	35	14
Vigas	55	55	12
Acero estructural	245	245	62

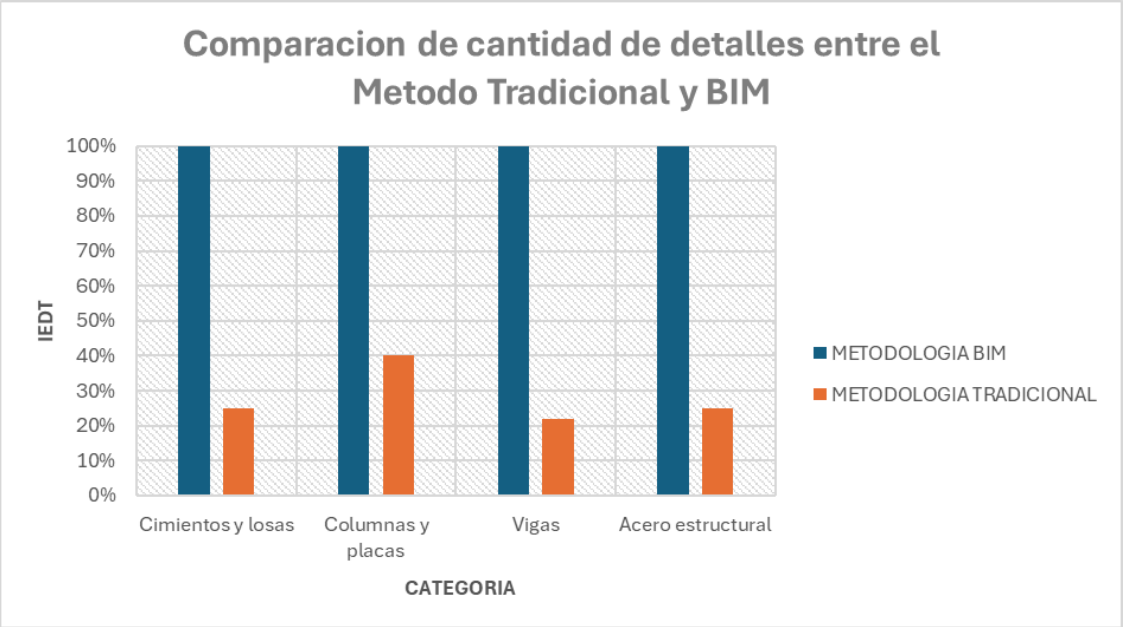


Figura 88: Resultado-Cantidad de detalles

De la figura 88 se observa que el Método BIM obtuvo un 100% en su eficiencia de poder elaborar tantos detalles (IEDT) como sean necesarios ,superando el 28% en promedio del método tradicional.

5.2)Resultados de la dimensión 2: Optimización de Recursos

5.2.1)Tiempo de análisis

Según el análisis el tiempo que será requerido para la elección de la alternativa dependiendo el metodo sera el siguiente :

Tabla 57: Tiempo de análisis

RECURSO	METODOLOGÍA TRADICIONAL	METODOLOGÍA CON TEC.BIM
TIEMPO	32 días.	16 días.

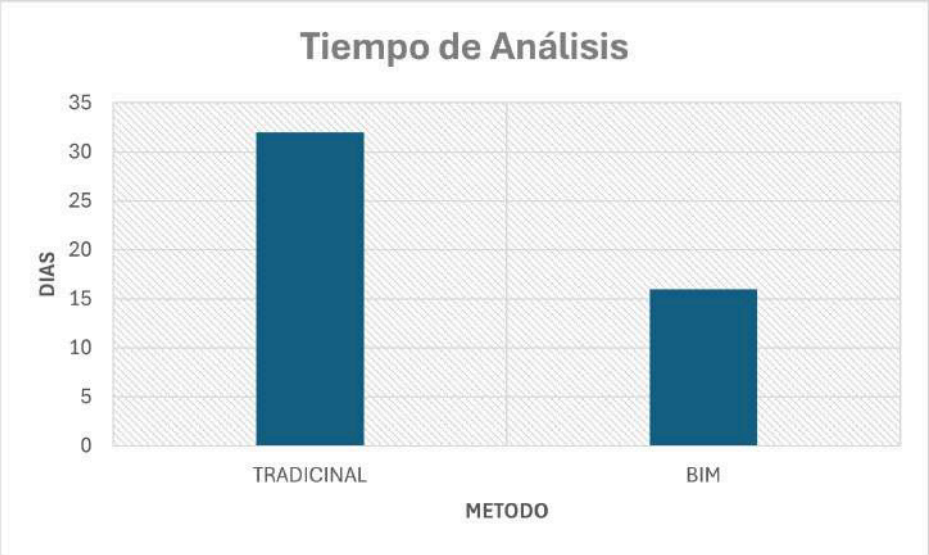


Figura 89: Resultado-Tiempo de análisis

De la figura 89 se observa que el Método BIM con 16 días de duración representa el 50% del Método Tradicional con 32 días, para la elección de una alternativa de reforzamiento .

5.2.2)Costo de análisis

Según el análisis el costo que será requerido para la elección de la alternativa dependiendo el metodo sera el siguiente :

Tabla 58: Costo de análisis

RECURSO	METODOLOGÍA TRADICIONAL	METODOLOGÍA CON TEC.BIM
COSTO	S/.9000	S/.4800

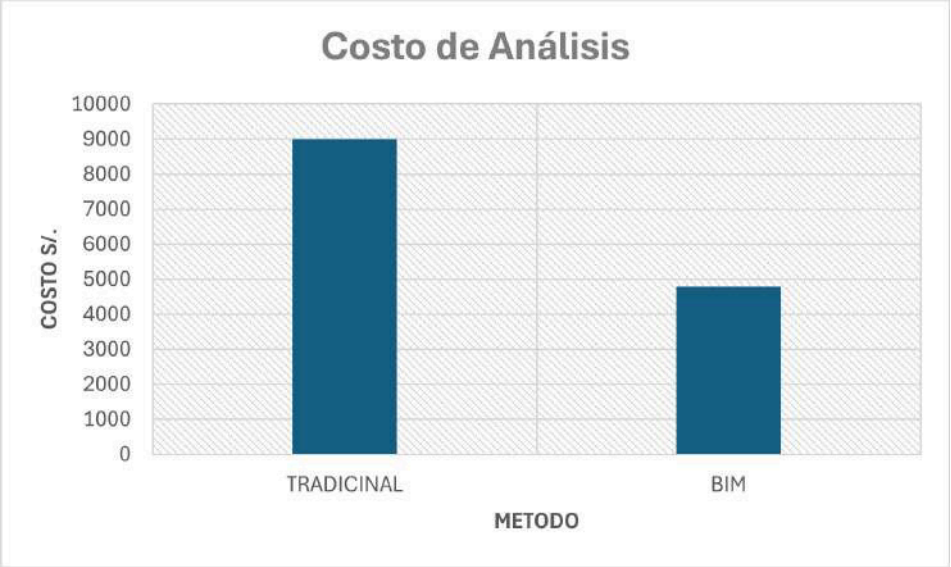


Figura 90: Resultado-Costo de análisis

De la figura 90 se observa que el Método BIM con un costo de S/.4800 representa el 53.3% del costo del Método Tradicional con S/.9000 , para la elección de una alternativa de reforzamiento .

5.3)Resultados de la dimensión 3: Eficiencia

5.3.1)Costo de ejecución de obra por alternativa

Según el análisis el costo de ejecución de obra para cada alternativa será :

Tabla 59: Costo de ejecución de obra por alternativa

RECURSO	PRIMERA OPCIÓN DE REFORZAMIENTO	SEGUNDA OPCIÓN DE REFORZAMIENTO
COSTO	S/.80,346.10	S/.189,673.774



Figura 91: Resultado-Costo de ejecución de obra por alternativa

De la figura 91 se observa que la primera opción de reforzamiento con S/.80,346.10 representa el 42.36% del costo de la segunda opción de reforzamiento con S/.189,673.774 para la ejecución del proyecto.

5.3.2)Tiempo de ejecución de obra por alternativa

Según el análisis el tiempo de ejecución de obra para cada alternativa será :

Tabla 60: Tiempo de ejecución de obra por alternativa

RECURSO	PRIMERA OPCIÓN DE REFORZAMIENTO	SEGUNDA OPCIÓN DE REFORZAMIENTO
TIEMPO	74 días	165 días

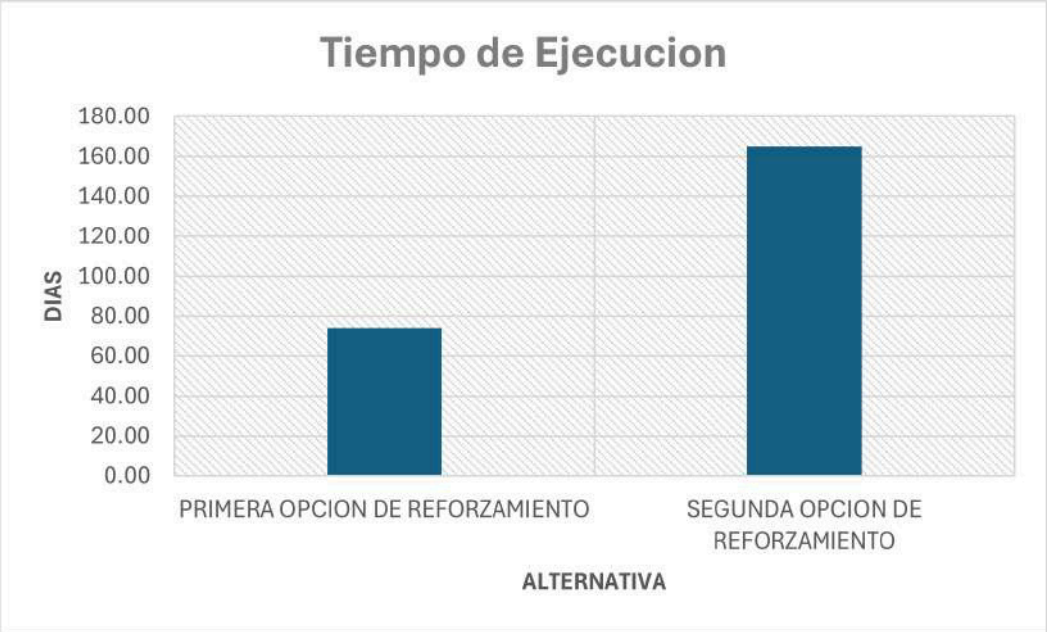


Figura 92: Resultado-Tiempo de ejecución de obra por alternativa

De la figura 92 se observa que la primera opción de reforzamiento con una duración de 74 días representa el 44.84% del tiempo de ejecución de la segunda opción de reforzamiento con 165 días.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

6.1) Discusión de la dimensión 1:Calidad de representación gráfica

6.1.1)Nivel de Detalle

De las figuras 87 ,los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la aplicación de las tecnologías BIM mejora significativamente la representación de las zonas a reforzar dentro del proceso de diseño estructural. Alcanzando un nivel de detalle de LOD 500 para la metodología con tecnologías BIM frente a un LOD 200 de la metodología tradicional.

Pacheco (2020) ,muestra cómo el uso de BIM ayudó a representar de forma mucho más clara y detallada las zonas que necesitaban reforzamiento estructural. El trabajo destaca que al visualizar los resultados del análisis estructural en un modelo 3D, fue mucho más fácil identificar las áreas críticas.

Los resultados que obtuvimos en esta investigación coinciden con lo dicho por Pacheco (2020), ya que tanto en su estudio como el presente se muestra una mejor nivel de detalle alcanzado para la metodología con tecnologías BIM.

6.1.2)Cantidad de Detalles

De la figura 88, los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la aplicación de las tecnologías BIM es más eficiente para la representación de cantidad de detalles. Alcanzando un nivel de eficacia del 100% para la metodología con tecnologías BIM frente a un 28% de eficacia para la metodología tradicional.

Además Abanda et al. (2021) en un estudio comparativo sobre el uso de sistemas modernos y tradicionales de diseño en la construcción encontró que el uso de BIM permite completar los documentos de diseño en aproximadamente un 32% del tiempo requerido por CAD, lo que representa una reducción del 68% en el tiempo total de producción.

Los resultados que obtuvimos en esta investigación coinciden con lo dicho por Además Abanda et al. (2021), ya que al igual que en su estudio como el presente se muestra una mejor eficiencia para la cantidad de detalles que se pueden ejecutar por parte de la metodología con tecnologías BIM.

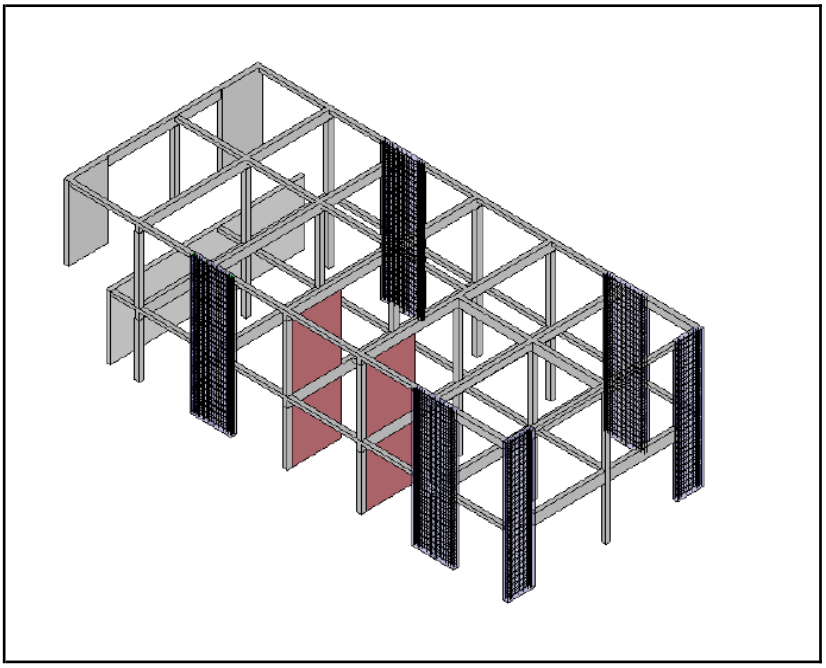


Figura 93: Representación de las zonas reforzadas - 1era opcion de reforzamiento

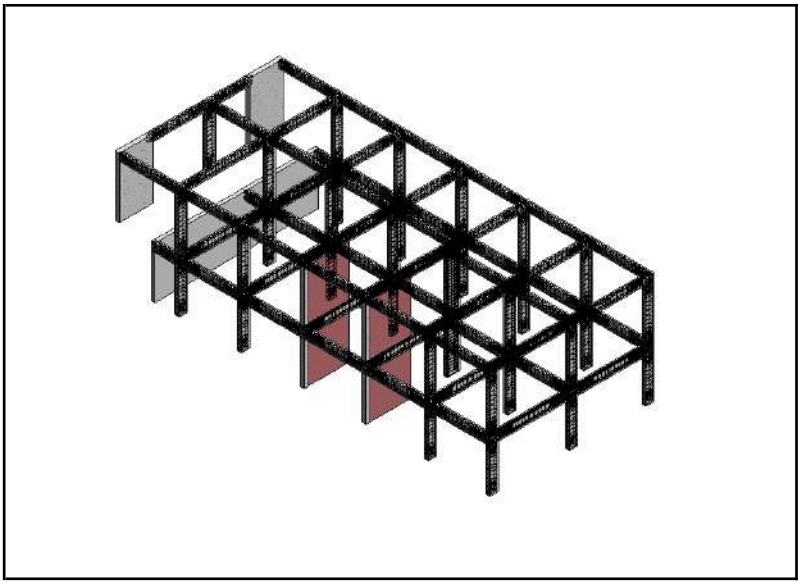


Figura 94: Representación de las zonas reforzadas - 2da opción de reforzamiento

6.2) Discusión de la dimensión 2: Optimización de Recursos

6.2.1)Tiempo de análisis

De las figura 89, los resultados muestran que para poder elegir una alternativa de desarrollo para un reforzamiento estructural el tiempo necesario con el uso de la tecnología BIM será de 16 días mientras que con la metodología tradicional alcanzaría los 32 días, es decir el uso de las tecnologías BIM representa el 50% del Método Tradicional.

Pérez, J. (2024), encontró que adoptar esta tecnología en la etapa previa a la construcción puede acortar los plazos del proyecto en alrededor de un 30%.

Los resultados que obtuvimos en esta investigación coinciden con lo dicho por Pérez, J. (2024), ya que al igual que en su estudio como el presente se muestra que hay una reducción significativa en la etapa previa a la construcción con el uso de la metodología con tecnologías BIM.

6.2.2)Costo de análisis

De las figura 90, los resultados muestran que para poder elegir una alternativa de desarrollo para un reforzamiento estructural el costo necesario con el uso de la tecnología BIM será de S/.4800 mientras que con la metodología tradicional es de S/.9000, es decir el uso de las tecnologías BIM representa el 53.3% del Método Tradicional.

Pérez, J. (2024) encontró que adoptar esta tecnología en la etapa previa a la construcción puede disminuir los costos en un 20%.

Los resultados que obtuvimos en esta investigación coinciden con lo dicho por Pérez, J. (2024), ya que al igual que en su estudio como el presente se muestra que hay una reducción significativa en el costo con el uso de la metodología con tecnologías BIM.

6.3) Discusión de la dimensión 3: Eficiencia

6.3.1)Costo de ejecución de obra por alternativa

De las figura 91, los resultados muestran que mientras que para la primera opción de reforzamiento el costo ascendería a S/.80,346.10, mientras que para la segunda opcion seria S/.189,673.774, es decir la primera opción de reforzamiento representa el 42.36% de la segunda opción de reforzamiento.

Según un estudio de Sholeh et al. (2020), el uso de BIM en los proyectos de construcción permitió reducir los costos en un 52,36% en comparación con los métodos tradicionales. Este impresionante ahorro se debe principalmente a una mejor planificación y coordinación de las actividades, así como a la reducción de errores y la necesidad de rehacer trabajo.

Los resultados que obtuvimos en esta investigación coinciden con lo dicho por Sholeh et al. (2020), ya que al igual que en su estudio como el presente se muestra que hay una reducción significativa en el costo al tener los datos y escoger la alternativa más viable.

Tabla 61: Presupuesto de cada alternativa

ALTERNATIVA	COSTO
PRIMERA ALTERNATIVA	s/.80,346.10
SEGUNDA ALTERNATIVA	s/.189,673.774

6.3.2)Tiempo de ejecución de obra por alternativa

De las figura 92, los resultados muestran que mientras que para la primera opción de reforzamiento el tiempo ascendería a 74 días, mientras que para la segunda opción sería 165 días, es decir la primera opción de reforzamiento representa el 44.84% de la segunda opción de reforzamiento.

Según un estudio de Sholeh et al. (2020), el uso de BIM en los proyectos de construcción permitió reducir los tiempos de ejecución hasta en un 50%.

Los resultados que obtuvimos en esta investigación coinciden con lo dicho por Sholeh et al. (2020), ya que al igual que en su estudio como el presente se muestra que hay una reducción significativa en el tiempo de ejecución de obra al tener los datos y elegir la opción más viable.

Tabla 62: Plazos de cada alternativa

ALTERNATIVA	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	DÍAS CALENDARIOS
PRIMERA ALTERNATIVA	15/04/2024	28/06/2024	74
SEGUNDA ALTERNATIVA	15/04/2024	27/09/2024	165

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1) Conclusiones

1. Se analizó que la aplicación de la tecnología BIM mejoró significativamente el nivel de detalle de las zonas a reforzar en ambas alternativas de reforzamiento estructural. De la figura 87, el método tradicional tiene un detalle de LOD 200 mientras que el método con tecnologías BIM un detalle de LOD 500.
2. Se analizó que la aplicación de la tecnología BIM fue más eficiente en términos de cantidad de detalles que el método tradicional .De la figura 88, el método con tecnologías BIM tiene un porcentaje de eficiencia del 100% mientras que el método tradicional alcanza un 28%.
3. Se calculó que el uso de la tecnología BIM permite una reducción significativa de tiempo en la etapa de diseño y elección al momento de comparar 2 alternativas para un reforzamiento estructural.A través de la figura 89 se muestra que mientras que con el método tradicional tendría una duración de 32 días , con el método con Tecnologías BIM se podría aplicar con en 16 días.Teniendo como resultado que la aplicación de la tecnología BIM representa una reducción del 50% del plazo de la opción tradicional.
4. Se calculó que el uso de la tecnología BIM permite una reducción significativa en los costos de la etapa de diseño y elección al momento de comparar 2 alternativas para un reforzamiento estructural.A través de la tabla 58 se muestra que mientras que con el método tradicional estas etapas costarían S/.9000 , con el método con Tecnologías BIM se podría aplicar con S/.4800.Teniendo como resultado que la aplicación de la tecnología BIM representa una reducción del 46% del costo de la opción tradicional
5. Sé preciso que la investigación evidencia que la aplicación de la tecnología BIM permite obtener el costo de ejecución de obra con mayor precisión en ambas alternativas de reforzamiento estructural. De la figura 91 se muestra que la alternativa más viable económicamente es la primera opción de reforzamiento con un monto total de s/.80,346.10 mientras que para la segunda opción de reforzamiento es de s/.189,673.77. Es decir la primera opción de reforzamiento equivale aproximadamente a un 42% del costo de la segunda opción de reforzamiento.
6. Sé preciso que la investigación evidencia que la aplicación de la tecnología BIM permite obtener el tiempo de ejecución de obra con mayor precisión en ambas alternativas de reforzamiento estructural. De la figura 92 se muestra que la alternativa más viable en términos de tiempo es la primera opción de reforzamiento con un total de 74 días mientras que para la segunda opción es de 165 días. Es decir la primera opción de reforzamiento equivale aproximadamente a un 44% del plazo de la segunda opción de reforzamiento.

7. Se determinó que los resultados de la investigación confirman que la aplicación de la tecnología BIM contribuyó a la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada en términos de diseño , elección así como en la ejecución de obra.

7.2) Recomendaciones

1. Se recomienda usar BIM en los diseños estructurales porque permite lograr un nivel de detalle mucho más alto que con los métodos tradicionales.
2. Es aconsejable aplicar BIM desde las primeras etapas del diseño, ya que mejora notablemente la cantidad y calidad de los detalles que se pueden representar. Esto permite trabajar con más confianza, evitar errores y asegurar que todo lo necesario esté contemplado desde el inicio.
3. Como BIM ayuda a reducir a la mitad el tiempo que se necesita para comparar alternativas estructurales, se recomienda utilizar esta tecnología para agilizar los procesos de diseño y toma de decisiones, especialmente en proyectos que requieren respuestas rápidas.
4. Es recomendable usar BIM para la etapa de diseño porque permite ahorrar una cantidad considerable de dinero sin perder calidad. Esto puede marcar una gran diferencia en el presupuesto total del proyecto, sobre todo en etapas iniciales.
5. Se sugiere aplicar BIM para estimar los costos de ejecución con mayor exactitud. Así, se pueden comparar mejor las alternativas y elegir la que sea más conveniente económicamente, lo que ayuda a tomar decisiones más seguras desde el principio.
6. Usar BIM también ayuda a calcular mejor cuánto tiempo tomará realmente ejecutar la obra. Esto es clave para organizar bien el trabajo, cumplir con los plazos y evitar retrasos costosos.
7. Se recomienda usar BIM como una herramienta clave para analizar y comparar opciones constructivas. No solo ayuda a elegir la alternativa más viable técnicamente, sino también la más eficiente en términos de tiempo, costo y facilidad de ejecución.

REFERENCIAS

- Alarcón L. F. y Mardones, D. A.(s.f.). Improving the design-construction interface, Proceedings. Update.Obtenido en: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115001720#bbib0010 IGLC.
- Alcántara, P. (2014). *Metodologías para minimizar las deficiencias de diseños basada en la Construcción Virtual usando tecnología BIM*. Lima: s.n.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* (6.ª ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- Beltrán, Á. (2012). *Costos y presupuestos*. Lima, Perú: s.n.
- Autodesk. (2012). BIM for the building lifecycle. Obtenido de: https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/the-business-benefits-of-bim-for-owners
- Beck, K.(s.f.). *¿Qué es BIM exactamente?*. Disponible en: http://lereseau.groupeagf.com/fr/articles/Que-es-BIM-exactamente/
- Bhargav, D. y otros. (2013). Implementing Lean in construction: Lean Construction and *BIM. ResearchGate*. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/280840298_Implementing_lean_in_construction_lean_construction_and_BIM.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú: s.n.
- Gonzales, A. (s.f.). El BIM en Latinoamérica. Editeca. Recuperado de : https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2010). *Exchange model and exchange object concepts for implementation of national BIM standards. Journal of Computing in Civil Engineering*
- Hérnandez, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: s.n., 2010.
- Jiménez, P. (2016). *Modelos BIM para control de producción en Obra*. Obtenido de: https://es.linkedin.com/pulse/usos-de-modelos-bim-para-control-producci%C3%B3n-en-obra-jim%C3%A9nez-ab%C3%B3s
- Kimmel, A. (2008). *Rumores sobre el Mercado y Comportamiento del Consumidor*.
- Morales, N. y Galeas, J. (2016). *Diagnóstico y evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de Gestión con el nivel de productividad en obras de construcción*. Lima.
- Morales, B. (s.f.).*El BIM en Latinoamérica*. Disponible en: https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/

- Moreno, G. (2017). *Implementación BIM en la etapa de Diseño*. Lima: Tych Ingeniería y construcción.
- NBIMS. (2010). *Building SMART Alliance. National Building Information Modelin Standard*. Obtenido de: https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2011/06/nbimsv1_p1.pdf.
- Ortega, P. y Solano, C. (2015). *La Gestión de Cambio Organizacional*. Lima : s.n.
- Pinheiro, K, y otros. (2015). *Processo de Projeto em Empreendimentos Imobiliários: Avaliação de Projetistas e Construtores*. Obtenido de: http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/102050/105962.
- Posada, H. (2016). *Elementos Básicos de Estadística Descriptiva para el Análisis de Datos*. Scribd. Obtenido de: https://es.scribd.com/document/361879605/Tesis-Llacchua-C-IIdocx-1.
- Porras H.(s.f.). *Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5d con tecnologías. En: Gerencia tecnológica informática*. Obtenido en: http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/4869.
- Equipo Fundación Laboral de la Construcción. (s.f.). ¿Qué es BIM? Entorno BIM. Recuperado de: http://www.entornobim.org/entorno-bim/que-es-bim
- Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). (2018). *Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú)*. Lima, Perú.
- Saldías, R. (2010). *Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Salinas, J., Ulloa, R., & Asthit, K. (2014). *Implementación de BIM en proyectos inmobiliarios*. Lima, Perú: s.n.
- Salman, A. (2011). *Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. ResearchGate*. Obtenido de: http://kczx.qut.edu.cn/upload/20151221170735585.pdf.
- Service, Administration General. (2013). *Building Information Modeling*. Florida, EE. UU.: s.n.
- Universidad César Vallejo. (2017). *Referencias estilo ISO 690 y 690-2*. Fondo Editorial UCV.
- Valderrama, S. (2002). *Pasos para elaborar Proyectos de Investigación Científica: Cuantitativa, Cualitativa y Mixta.* Lima : San Marcos.
- Vásquez, J. (2008). *El "LEAN DESIGN" y su aplicación a los proyectos de edificación*. Lima, Perú: s.n.

- Young, N.; Jones, S.; Bernstein, Harvey. (2007). *Interoperability in the Construction Industry. McGraw Hill Construction*. Obtenido de: http://www.1stpricing.com/pdf/MGH_Interoperability_SmartMarket_Report.pdf.
- Wang, C., Cho, Y., & Kim, C. (2015). Automatic BIM component extraction from point clouds of existing buildings for sustainability applications. Automation in Construction.
- Zuñiga, M., Córdova, D., Valenzuela, J., Gonzáles, N. (2015). *La propuesta de mejora, una alternativa de solución*. México: s.n.
- Revista Costos: *Especializa*da en Construcción .Ed.Febrero (2024).
- INGMON S.A.C. (2022).Informe del Estudio de Mecánica de Suelos "Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle".
- HVS INGENIEROS SUCURSAL PERÚ S.A.C. (2022).Informe Técnico Ensayo no Destructible Esclerometria – RESISTENCIA DEL CONCRETO "Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle".
- HVS INGENIEROS SUCURSAL PERÚ S.A.C. (2022).Informe Técnico Ensayo de Ultrasonido Resistencia del Concreto "Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle".
- HVS INGENIEROS SUCURSAL PERÚ S.A.C. (2022). Planos de Levantamiento estructural "Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle".
- BuildingSMART Spain. (2024). *Informe de situación BIM España 2024*. Innovando en la construcción.https://innovandoenlaconstruccion.com/bim-espana-2024-avances-desafios/
- Contreras Varas, C. A. (2024). *Aplicación de la metodología BIM en proyectos inmobiliarios de conjuntos habitacionales en expansión* [Tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. Repositorio de la Universidad de Chile. Obtenido de: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/200290
- Yepes, V. (2022). Integración de la rehabilitación estructural de edificios en los entornos BIM.Recuperado: https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/02/17/integracion-de-la-rehabilitacion-estructural-de-edificios-en-los-entornos-bim/
- Donoso Pichucho, S. A., & Vélez Párraga, D. E. (2022). Implementación de la metodología BIM como herramienta en la planificación de la construcción mediante el software Autodesk Revit. Caso de estudio: proyecto de vivienda multifamiliar en el sector Batán San

José de la ciudad de Riobamba. *Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador*. Recuperado de: https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/27413

- Buñay Orozco, M. J., & Quisiguiña Guevara, D. A. (2021). *Aplicación de la metodología BIM para la planificación de proyectos de construcción desde la etapa de factibilidad hasta la presentación de documentos al ente de regulación previo a la construcción. Caso de estudio: edificio Lluma, ubicado en la ciudad de Riobamba-Ecuador* [Trabajo de titulación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25714
- Rodríguez, Y. V. (2021). *Implementación de la metodología BIM en el desarrollo del proyecto estructural de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Tunja* [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio USTA. https://repository.usta.edu.co/handle/11634/37925
- Reyes Villarreal, C. A. (2021). *Implementación de la metodología BIM en el edificio multifamiliar Don Antonio en San Miguel, Lima 2020* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN.https://hdl.handle.net/11537/29604
- Mendoza, B. L. (2020). *Aplicación de la metodología BIM para la etapa de planificación y control de obra bajo lineamientos Lean Construction en proyectos multifamiliares* [Trabajo de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. Recuperado de : https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654792
- Cabrera, C. (2020). *Implementación de la metodología BIM en el Perú: Una revisión*. Pakamuros, 9(1), 123-130. Recuperado de: https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/136
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Pacheco, O. A. Z. (2020). *Aplicación de la metodología BIM para el diseño estructural, la detección y solución de interferencias en los procesos constructivos*.Repositorio UNAM.Recuperado de: https://repositorio.unam.mx/contenidos/3603957
- Abanda, F. H., Vidalakis, C., Oti, A. H., & Tah, J. H. M. (2021). *Comparing the use of modern and traditional building design systems in construction projects*. ResearchGate.Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/356417502_Comparing_the_use_of_modern_and_traditional_building_design_systems_in_construction_projects

- Pérez, J. (2024). *Comparación del desarrollo del expediente técnico con metodología BIM y método tradicional en proyectos de construcción* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería). https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.12345/6789
- Sholeh, M. N., Fauziyah, S., & Khasani, R. R. (2020). *Effect of Building Information Modeling (BIM) on reduced construction time-costs: a case study*. E3S Web of Conferences, 202, 02012. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020202012
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Educación.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

ANEXOS

ANEXO 1:Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	**OBJETIVO GENERAL**	**HIPÓTESIS GENERAL**	**VARIABLE INDEPENDIENTE**			Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Explicativa Diseño: Experimental Corte: Transversal
¿De qué manera la aplicación de las tecnologías BIM contribuirá a la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada?	Determinar de qué manera el uso de las tecnologías BIM contribuirá a la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.	La aplicación de las tecnologías BIM contribuirá en la mejor elección en términos de constructabilidad entre 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada dando resultados conformes.	TECNOLOGÍAS BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	TECNOLOGÍAS BIM EN EL DISEÑO	Representación de reforzamiento	
					Precisión en metrados	
					Costos de implementación	
					Eficiencia en la programación de obra	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**	**VARIABLE DEPENDIENTE**			
¿En qué medida la aplicación de las tecnologías BIM mejorará la representación de las zonas a reforzar para las 2 alternativas de reforzamiento estructural de la edificación aporticada?	Analizar en qué medida la aplicación de las tecnologías BIM mejorará la representación de las zonas a reforzar para las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.	La aplicación de las tecnologías BIM tendrá la capacidad de representar las zonas a reforzar para las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada.	OPTIMIZACIÓN DE LA CONSTRUCTA-BILIDAD	CALIDAD DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA	Nivel de detalle (LOD) alcanzado	
					Cantidad de detalles	
¿En cuánto reducirá la aplicación de las tecnologías BIM los costos y/o tiempos en la etapa de diseño, elección y programación entre las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada?	Calcular en cuánto reducirá la aplicación de las tecnologías BIM los costos y/o tiempos para la etapa de diseño, elección y programación entre las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.	La aplicación de las tecnologías BIM reducirá los costos y/o tiempo en la etapa de diseño, elección y programación para las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada.		OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS	Tiempo de análisis para la elección de alternativa	
					Costo de análisis para la elección de alternativa	
¿Cómo contribuirá la aplicación de las tecnologías BIM en la obtención de metrados y programaciones de obras para las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada?	Precisar de qué forma la aplicación de las tecnologías BIM ayudará en la obtención de metrados y programaciones de obras para las 2 alternativas de un reforzamiento estructural para una edificación aporticada.	La aplicación de las tecnologías BIM será capaz de calcular de forma más precisa los metrados y la programación de obra para las 2 alternativas del reforzamiento estructural para una edificación aporticada.		EFICIENCIA	Costo de ejecución de obra por alternativa	
					Tiempo de ejecución de obra por alternativa	

ANEXO 2:Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
TECNOLOGÍAS BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)	"BIM es un sistema metodológico de trabajo dinámico que implica establecer pautas o procesos, mediante el uso de herramientas y desarrollando el potencial de los recursos humanos, para la obtención de entregables tales como la generación de documentación digital sobre un edificio, su desempeño, su planificación, su construcción y su operación, puede ser visto como un proceso virtual que abarca todos los aspectos, disciplinas y sistemas de cada una especialidades dentro de un solo modelo virtual, permitiendo a todos los miembros del equipo trabajar en conjunto".(Moreno, 2017).	Se busca comparar dos métodos de reforzamiento estructural utilizando las tecnologías BIM en el diseño como un factor que varía, buscando la mayor rentabilidad en los procesos de diseño, construcción y operabilidad que permitirá la colaboración de los involucrados usando la ficha técnica de recopilación de datos y software.	TECNOLOGÍAS BIM EN EL DISEÑO	Representación de reforzamiento	Planos. Software BIM.
				Precisión en metrados	Fichas de recolección de datos. Software BIM.
				Costos de implementación	Presupuesto de obra Recolección de datos.
				Eficiencia en la programación de obra	Cronogramas de plazos , recolección de datos. Software BIM

ANEXO 3:Operacionalización de la Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
OPTIMIZACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD	Se define a la constructibilidad como la "integración óptima del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, logística y operaciones de obra para alcanzar todos los objetivos del proyecto" (CII, Construction Industry Institute, 1986).	La optimización de la constructibilidad se dará con el uso de las tecnologías BIM , para las 2 alternativas de trabajo en donde se involucra el tiempo, costos, reducción incompatibilidades mediante control de los formatos establecidos en cronogramas, presupuestos y fichas de observación.	CALIDAD DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA	Nivel de detalle (LOD) alcanzados	Planos Fichas de recolección de datos.Software BIM
				Cantidad de detalles	
			OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS	Tiempo de análisis para la elección de alternativa	Presupuesto de obra Recolección de datos.
				Costo de análisis para la elección de alternativa	Presupuesto de obra Recolección de datos.
			EFICIENCIA	Costo de ejecución de obra por alternativa	Tablas de metrados
				Tiempo de ejecución de obra por alternativa	Cronogramas de ejecución

ANEXO 4: Ficha Técnica del indicador 1:Nivel de Detalle (LOD) Alcanzado

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingenieria Geológica ,Metalurgica,Minera y Geográfica
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Anexo 4: **Ficha Técnica del Indicador 1: Nivel de Detalle (LOD) Alcanzado**

Nombre del Indicador: Nivel de Detalle (LOD) alcanzado

Descripción: Este indicador evalúa el grado de desarrollo y precisión del modelo digital generado durante el análisis del reforzamiento estructural. Se considera tanto la representación gráfica (modelado 3D) como la información incorporada (atributos, especificaciones, datos técnicos). Permite comparar el alcance informativo y visual entre el método tradicional y el uso de tecnologías BIM.

Unidad de Medida: Nivel LOD

Fuente de informacion:
Modelo BIM del proyecto
Guía BIM Perú (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento)
LOD Specification (BIMForum)

Rango de Referencia:
LOD 100: Conceptual
LOD 200: Aproximado
LOD 300: Preciso (elementos coordinados)
LOD 350: Detalles constructivos y conexiones
LOD 400: Listo para ejecución
LOD 500: Modelo conforme a obra (As-Built)

Resultado del indicador:
Método tradicional: LOD 200
Metodo con Tecnologías BIM: LOD 500

Validacion:

Alfaro Torres Roy Daniel	DNI:45668690	CIP:190711	PUNTAJE:0.7
Rojas Pintado Enrique Antonio	DNI:10741481	CIP:352465	PUNTAJE:0.8
Salazar Chinchilla Huber	DNI:07649711	CIP:033926	PUNTAJE:0.8
			0.76 Conforme

ANEXO 5: Ficha Técnica del indicador 2:Cantidad de Detalles

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingenieria Geológica ,Metalurgica,Minera y Geográfica
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Anexo 5: **Ficha Técnica del Indicador 2: Cantidad de Detalles**

Nombre del Indicador: Cantidad de Detalles

Descripción: Este indicador mide la eficiencia con la que se elaboran los detalles técnicos estructurales necesarios en un proyecto de reforzamiento estructural.Se desarrollo bajo la siguiente formula :

$$IEDT = \frac{N° \ total \ de \ elementos \ correctamente \ detallados}{N° \ total \ de \ elementos \ requeridos} x100$$

Unidad de Medida: Índice de Eficiencia de Detallado Técnico en %

Fuente de informacion: Modelo BIM del proyecto
Guía BIM Perú (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento)
LOD Specification (BIMForum)
Documentación del modelado y planos generados

Rango de Referencia: 100%: Nivel óptimo de eficiencia en el detallado técnico (todos los detalles necesarios correctamente elaborados).
<100%: Nivel parcial de eficiencia (faltan detalles o son incompletos).
<30%: Bajo nivel de eficiencia en la elaboración de detalles.

Resultado del indicador: Método tradicional: 28%
Metodo con Tecnologías BIM: 100%

Validacion:

Alfaro Torres Roy Daniel	DNI:45668690	CIP:190711	PUNTAJE:0.9
Rojas Pintado Enrique Antonio	DNI:10741481	CIP:352465	PUNTAJE:0.8
Salazar Chinchilla Huber	DNI:07649711	CIP:033926	PUNTAJE:0.8
			0.83 Conforme

ANEXO 6: Ficha Técnica del indicador 3:Tiempo de análisis para la elección de alternativa

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingenieria Geológica ,Metalurgica,Minera y Geográfica
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Anexo 6: **Ficha Técnica del Indicador 3: Tiempo de análisis para la elección de alternativa**

Nombre del Indicador: Tiempo de análisis para la elección de alternativa

Descripción: Este indicador mide la cantidad de días necesarios para realizar el análisis comparativo de alternativas de reforzamiento estructural, utilizando tecnologías BIM versus la metodología tradicional. Evalúa la eficiencia del proceso de análisis en función del tiempo requerido para desarrollar al menos dos alternativas estructurales viables.

Unidad de Medida: Tiempo total (en dias)

Fuente de informacion: Cronograma de actividades del modelado y análisis estructural; registros de tiempos de desarrollo de alternativas bajo ambas metodologías.

Rango de Referencia:
≤16 días: Tiempo óptimo de análisis (alta eficiencia en el proceso de evaluación de alternativas).
17 a 30 días: Eficiencia media.
30 días: Bajo nivel de eficiencia.

Resultado del indicador: Método Tradicional: 32 días
Método con tecnologias BIM: 16 días

Validacion:

Alfaro Torres Roy Daniel	DNI:45668690	CIP:190711	PUNTAJE:0.8
Rojas Pintado Enrique Antonio	DNI:10741481	CIP:352465	PUNTAJE:0.7
Salazar Chinchilla Huber	DNI:07649711	CIP:033926	PUNTAJE:0.9

0.8 Conforme

ANEXO 7: Ficha Técnica del indicador 4:Costo de análisis para la elección de alternativa

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingenieria Geológica ,Metalurgica,Minera y Geográfica
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Anexo 7: **Ficha Técnica del Indicador 4: Costo de análisis para la elección de alternativa**

Nombre del Indicador: Costo de análisis para la elección de alternativa

Descripción: Este indicador mide el costo necesarios para realizar el análisis comparativo de alternativas de reforzamiento estructural, utilizando tecnologías BIM versus la metodología tradicional. Evalúa la eficiencia del proceso de análisis en función del costo requerido para desarrollar al menos dos alternativas estructurales viables.

Unidad de Medida: Soles (S/)

Fuente de informacion: Presupuesto detallado del análisis estructural; valorizaciones de servicios de ingeniería; hoja de costos de personal y software utilizado en cada metodología.

Rango de Referencia: ≤S/ 5000: Costo óptimo de análisis (alta eficiencia en el uso de recursos económicos).
S/ 5001 a S/ 8000: Eficiencia media.
S/ 8000: Bajo nivel de eficiencia (alto costo).

Resultado del indicador: Método Tradicional: S/ 9,000
Método con tecnologias BIM: S/ 4,800

Validacion:

Alfaro Torres Roy Daniel	DNI:45668690	CIP:190711	PUNTAJE:0.9
Rojas Pintado Enrique Antonio	DNI:10741481	CIP:352465	PUNTAJE:0.9
Salazar Chinchilla Huber	DNI:07649711	CIP:033926	PUNTAJE:0.8

0.86 Conforme

ANEXO 8: Ficha Técnica del indicador 5:Costo de ejecución de obra por alternativa

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingenieria Geológica ,Metalurgica,Minera y Geográfica
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Anexo 8: **Ficha Técnica del Indicador 5: Costo de ejecución de obra por alternativa**

Nombre del Indicador: Costo de ejecución de obra por alternativa

Descripción: Este indicador evalúa el costo total estimado de ejecución de obra para cada alternativa de reforzamiento estructural generada con tecnologías BIM. Permite comparar económicamente las distintas soluciones planteadas, considerando los elementos estructurales, metrados y costos definidos mediante modelado BIM.

Unidad de Medida: Soles (S/)

Fuente de informacion: Presupuesto de obra obtenido mediante metrado automático en software BIM (Revit + presupuesto); partida de obra estructural por alternativa.

Rango de Referencia: (No aplica un valor de referencia universal, ya que depende de la magnitud de intervención. Se analiza comparativamente entre alternativas.)

Resultado del indicador: Alternativa 1 : S/ 80,346.10
Alternativa 2 : S/ 189,673.77

Validacion:

Alfaro Torres Roy Daniel	DNI:45668690	CIP:190711	PUNTAJE:0.8
Rojas Pintado Enrique Antonio	DNI:10741481	CIP:352465	PUNTAJE:0.7
Salazar Chinchilla Huber	DNI:07649711	CIP:033926	PUNTAJE:0.8

0.76 Conforme

ANEXO 9: Ficha Técnica del indicador 6:Tiempo de ejecución de obra por alternativa

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingenieria Geológica ,Metalurgica,Minera y Geográfica
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Anexo 9: **Ficha Técnica del Indicador 6: Tiempo de ejecución de obra por alternativa**

Nombre del Indicador: Tiempo de ejecución de obra por alternativa

Descripción: Este indicador evalúa el tiempo total estimado de ejecución de obra para cada alternativa de reforzamiento estructural generada con tecnologías BIM. Permite comparar la duración del proceso constructivo según el tipo y magnitud de intervención propuesta, optimizando la planificación del proyecto.

Unidad de Medida: Días calendario (d)

Fuente de informacion: Cronograma de obra elaborado con metodología BIM (Revit +Navisworks); análisis de duración de partidas según metrados y recursos asignados por alternativa.

Rango de Referencia: (No aplica un valor de referencia estándar; se evalúa comparativamente entre alternativas.)

Resultado del indicador: Alternativa 1 (Refuerzo Aporticado Parcial): 74 días
Alternativa 2 (Refuerzo Total con Encamisado y Confinamiento): 165 días

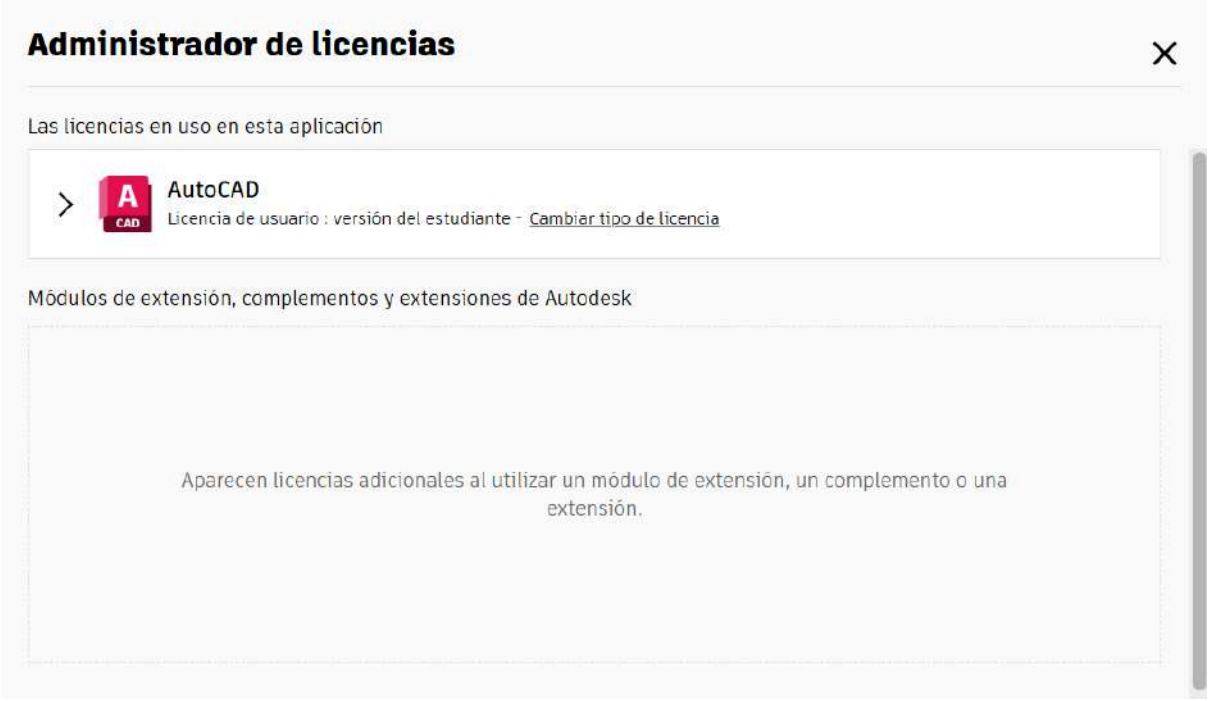
Validacion:

Alfaro Torres Roy Daniel	DNI:45668690	CIP:190711	PUNTAJE:0.7
Rojas Pintado Enrique Antonio	DNI:10741481	CIP:352465	PUNTAJE:0.8
Salazar Chinchilla Huber	DNI:07649711	CIP:033926	PUNTAJE:0.8
			0.76



Conforme

ANEXO 10: Licencia del Software Autocad



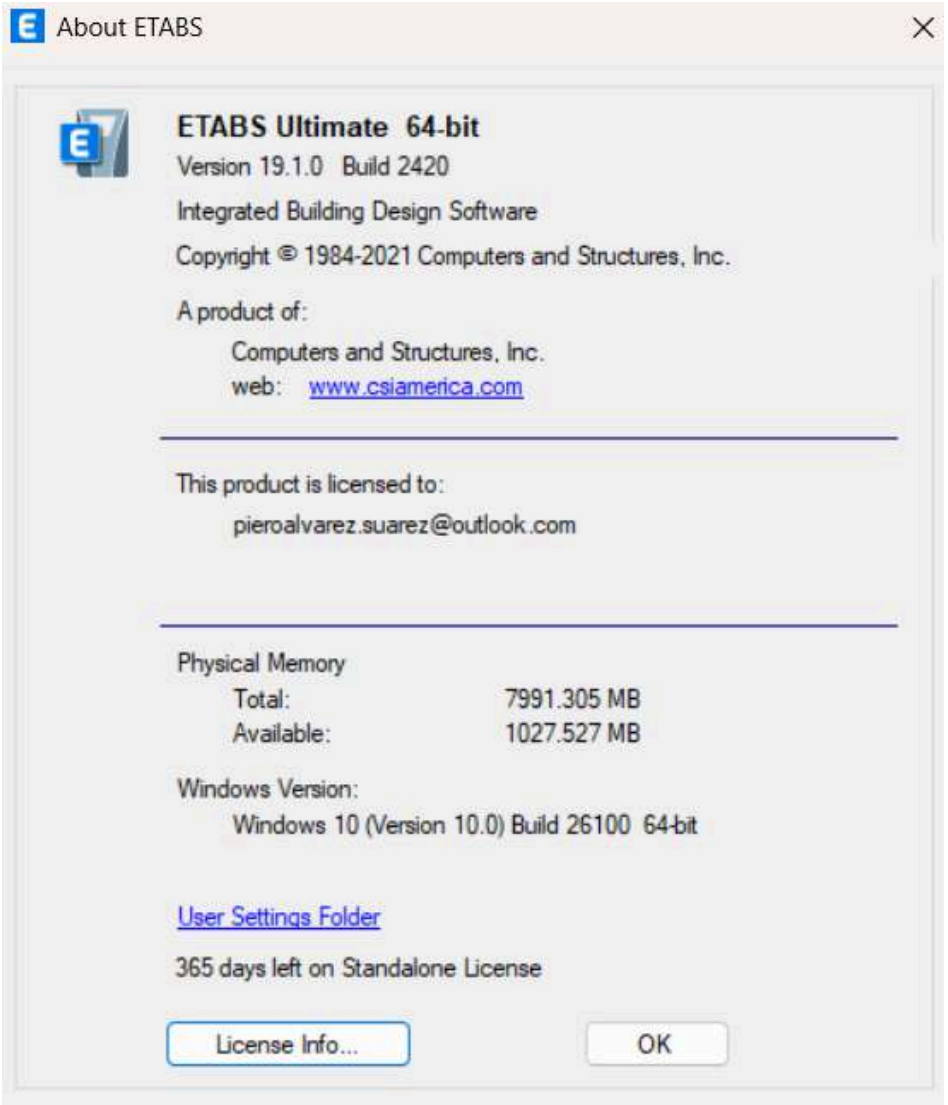
ANEXO 11: Licencia del Software Revit



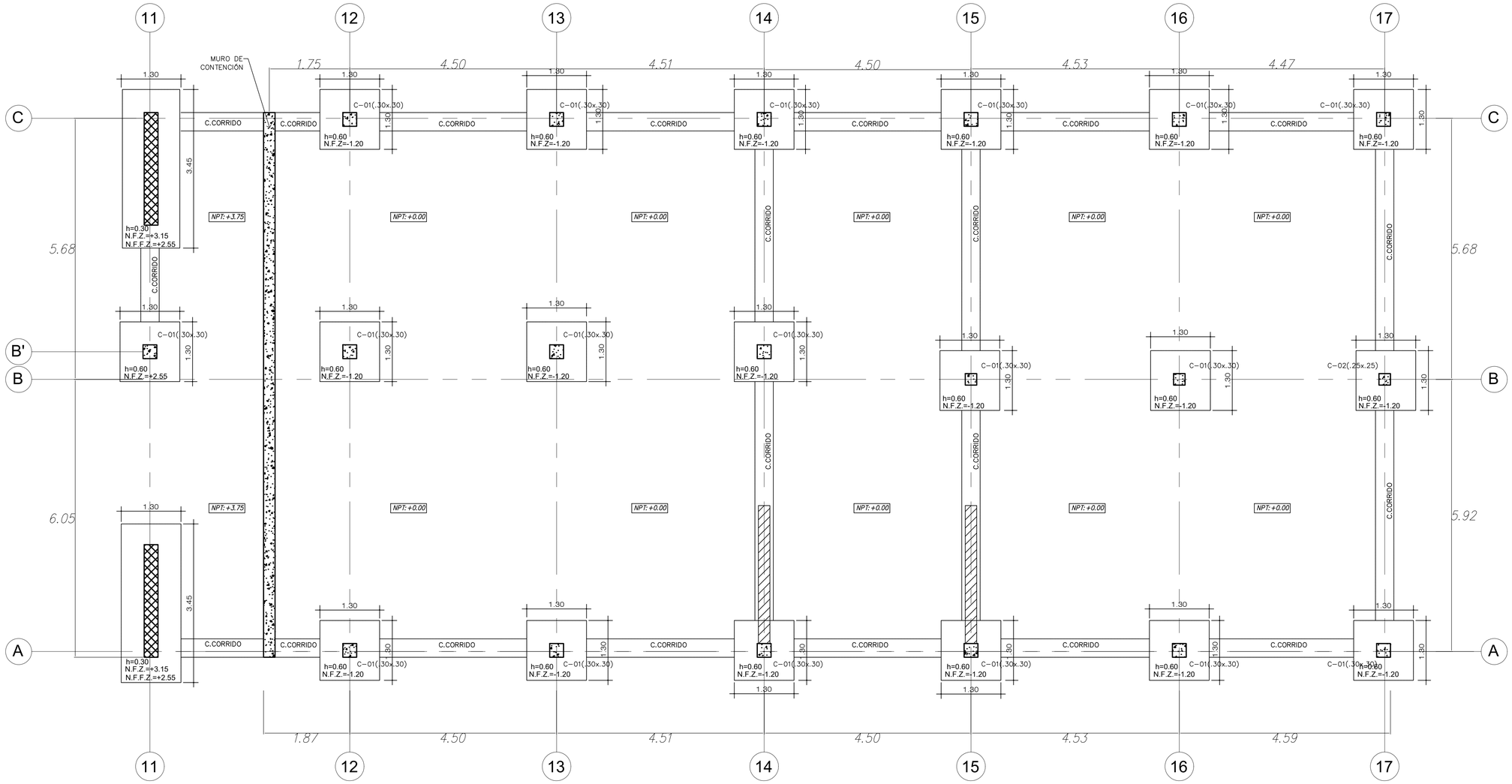
ANEXO 12: Licencia del Software Naviswork



ANEXO 13: Licencia del Software ETABS



ANEXO 14: Planos de Levantamiento

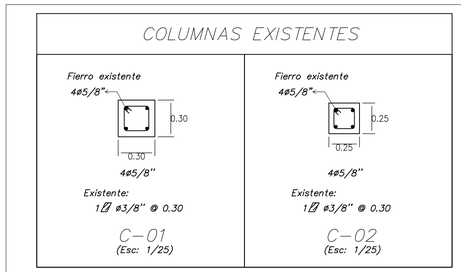


PLANTA DE CIMENTACIÓN

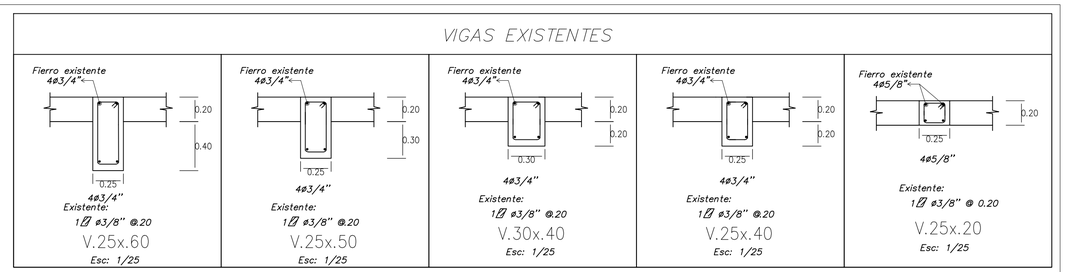
esc: 1/50

- Columnas
- Placas
- Muros de Albañilería
- Cimentación

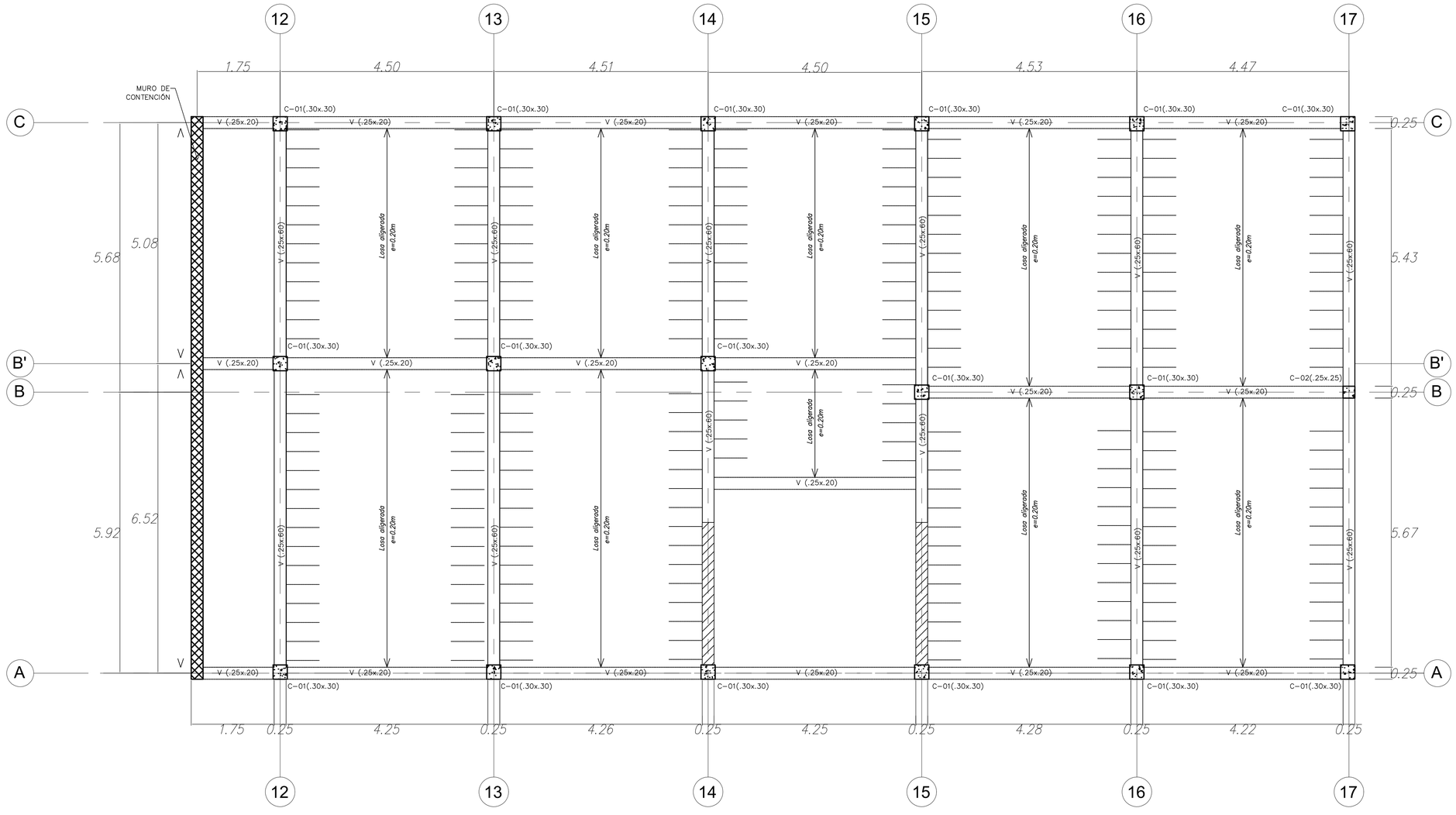
COLUMNAS EXISTENTES



VIGAS EXISTENTES



FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : VISTA EN PLANTA DE LEVANTAMIENTO - CIMENTACIÓN	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-14 DE: 14 DE 20	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA



ENCOFRADO DE TECHO
PLANTA NIVEL II

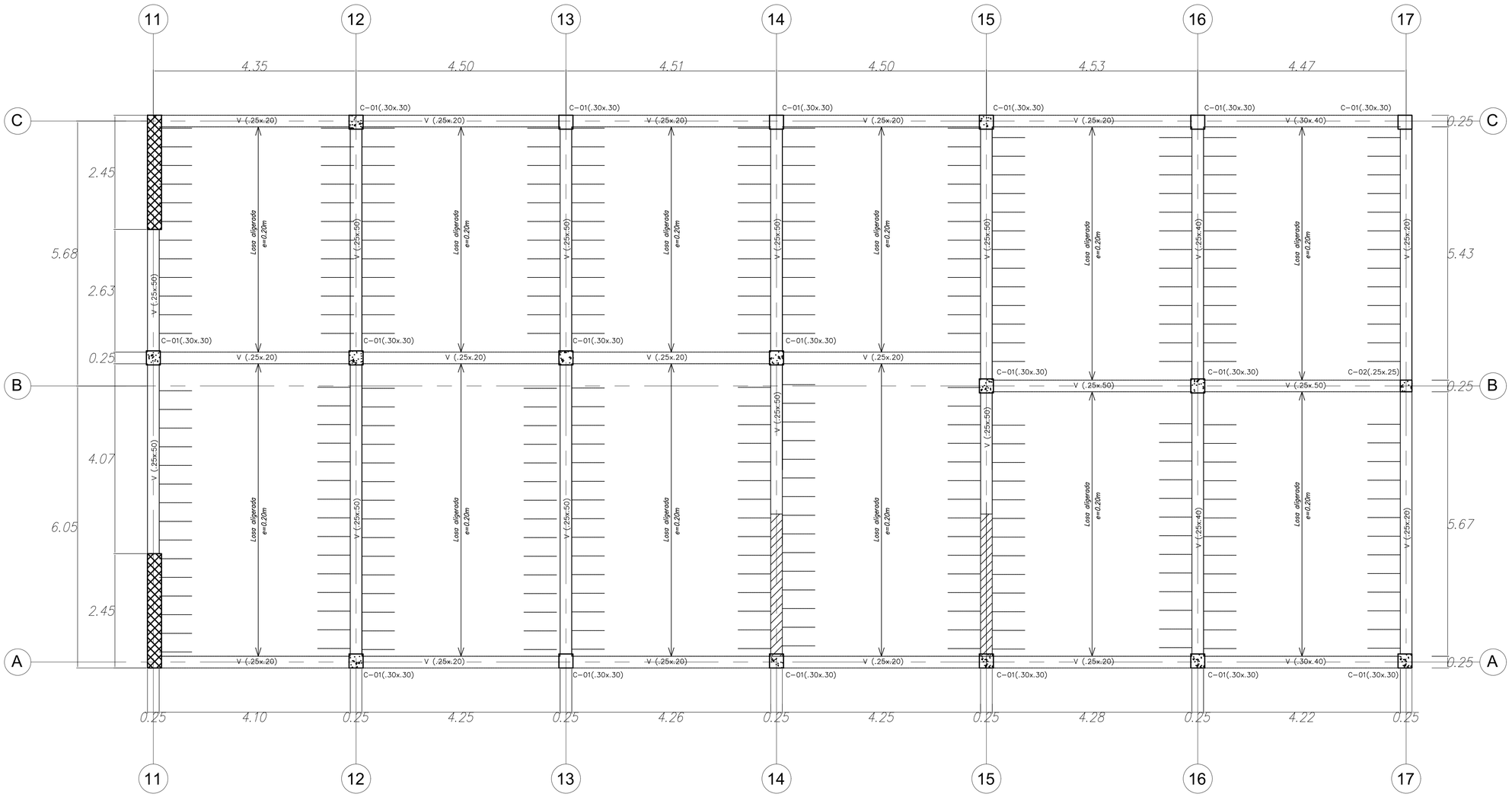
esc: 1/50

Columnas

Placas

Muros de Albañilería

FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : VISTA EN PLANTA DE LEVANTAMIENTO NIVEL II	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-15 DE: 15 DE 20	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA



ENCOFRADO DE TECHO
PLANTA NIVEL III

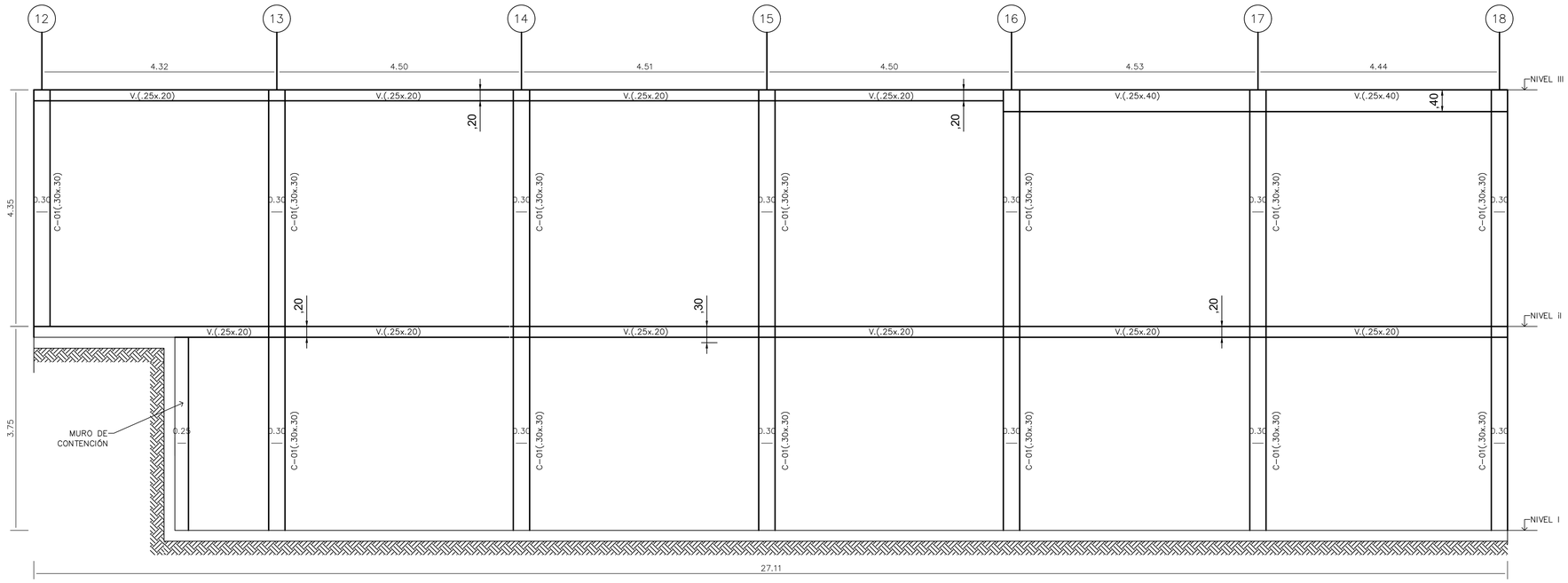
esc: 1/50

Columnas

Placas

Muros de Albañilería

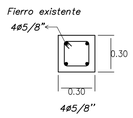
FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : VISTA EN PLANTA DE LEVANTAMIENTO NIVEL III	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-16 DE: 16 DE 20	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA



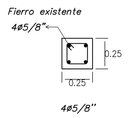
ELEVACION EJE A,C
EDIFICIO N°32

esc: 1/50

COLUMNAS EXISTENTES

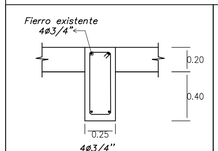


C-01
(Esc: 1/25)

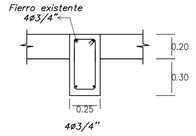


C-02
(Esc: 1/25)

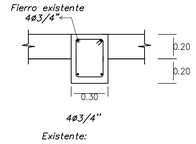
VIGAS EXISTENTES



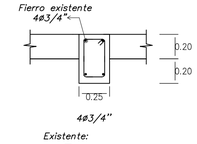
V.25x.60
Esc: 1/25



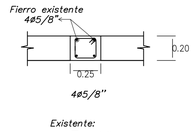
V.25x.50
Esc: 1/25



V.30x.40
Esc: 1/25

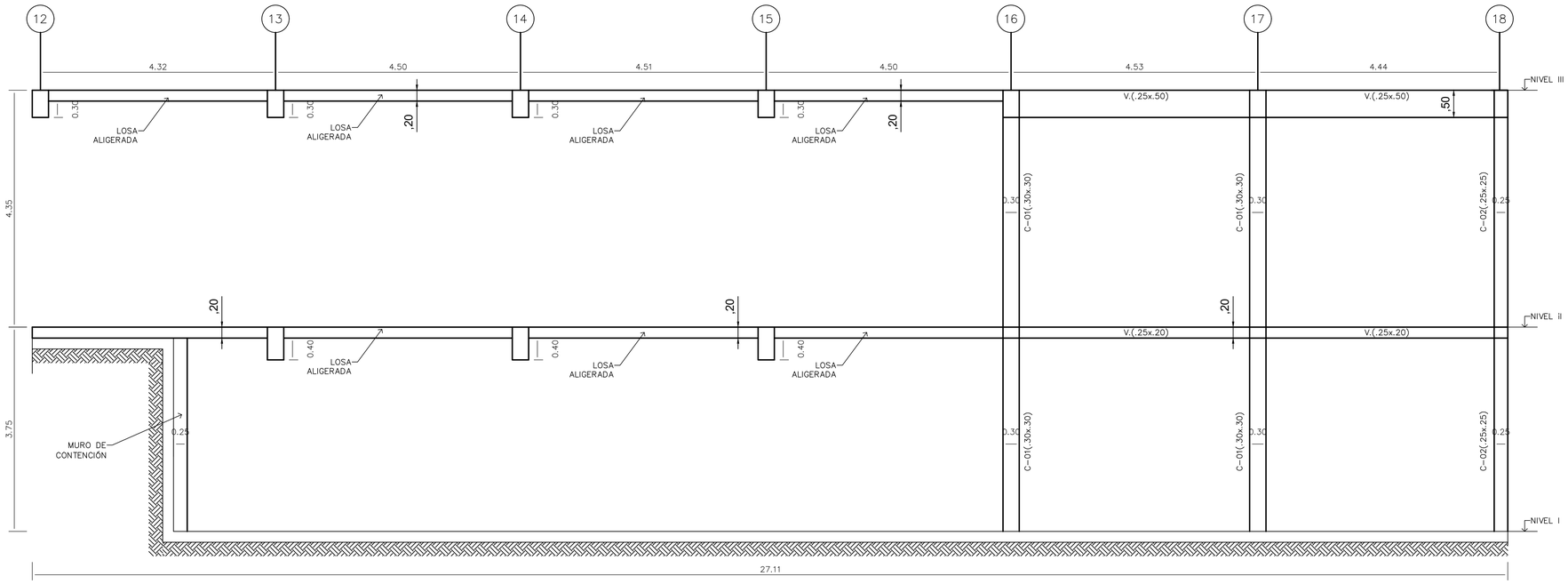


V.25x.40
Esc: 1/25



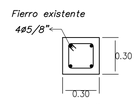
V.25x.20
Esc: 1/25

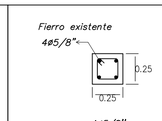
FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : ELEVACIONES EJE "A" y "C"	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-17 DE: 17 DE 20	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA



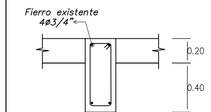
ELEVACION EJE B
EDIFICIO N°32
esc: 1/50

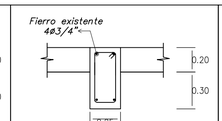
COLUMNAS EXISTENTES

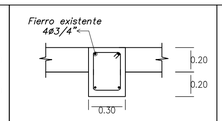


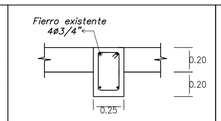


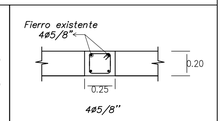
VIGAS EXISTENTES



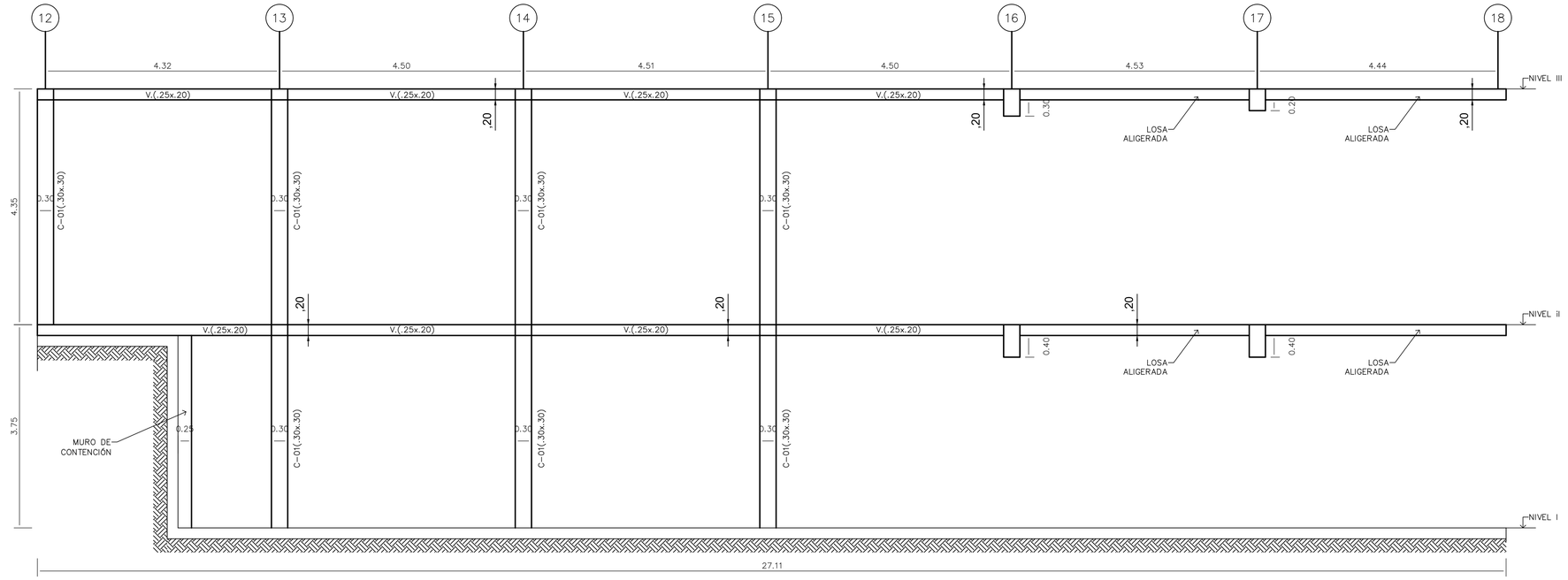




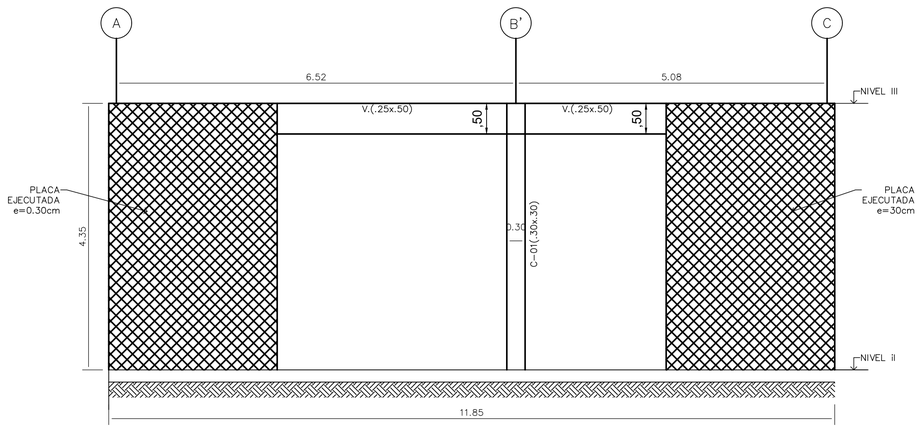




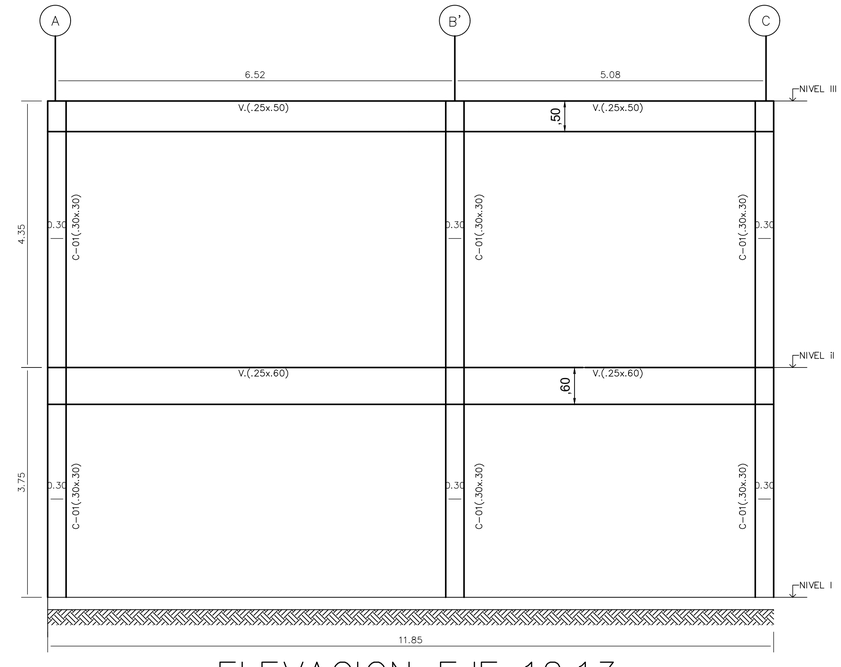
FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : ELEVACIONES EJE "B"	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-18 DE: 18 DE 20	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA



ELEVACION EJE B'
EDIFICIO N°32
esc: 1/50

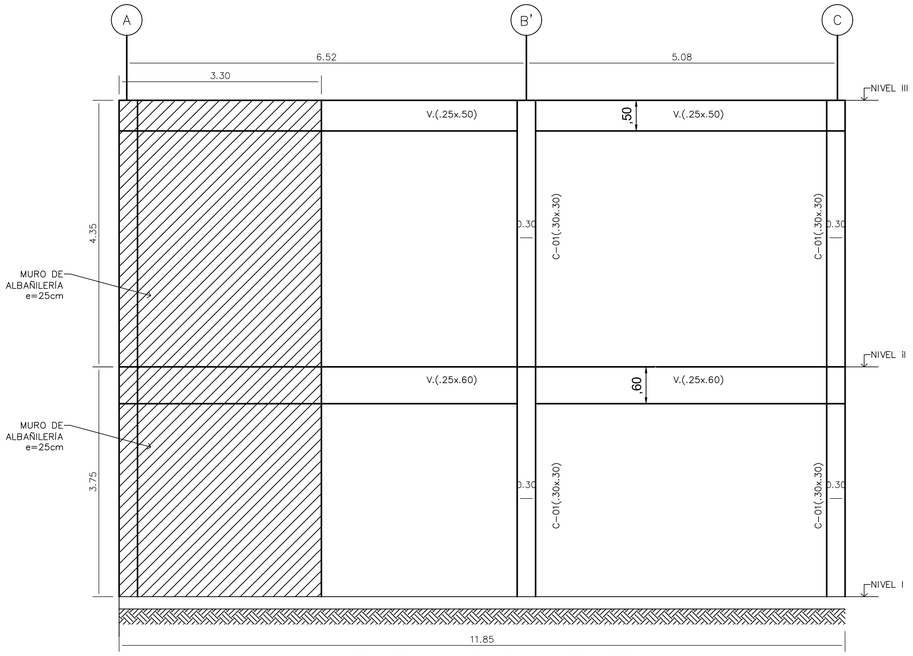


ELEVACION EJE 11
EDIFICIO N°32
esc: 1/50

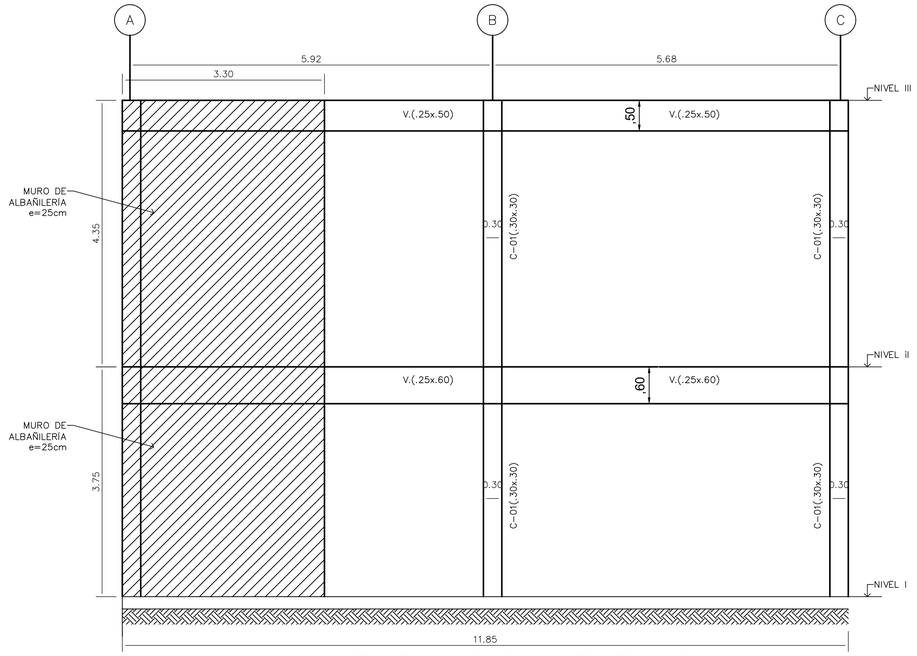


ELEVACION EJE 12,13
EDIFICIO N°32
esc: 1/50

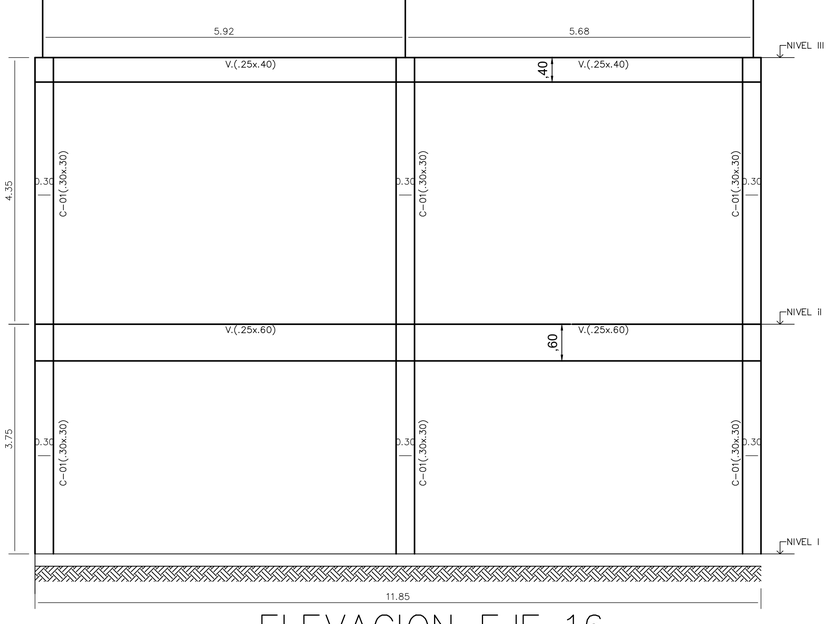
FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1. PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : ELEVACIONES EJE "B' ", "11", "12", "13"	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-19 DE: 19 DE 20	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA



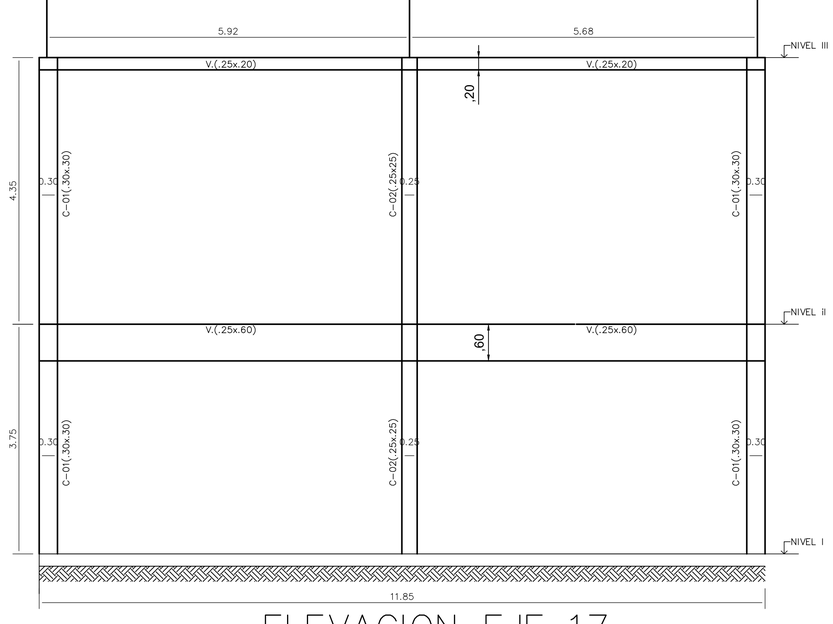
ELEVACION EJE 14
EDIFICIO N°32
esc: 1/50



ELEVACION EJE 15
EDIFICIO N°32
esc: 1/50



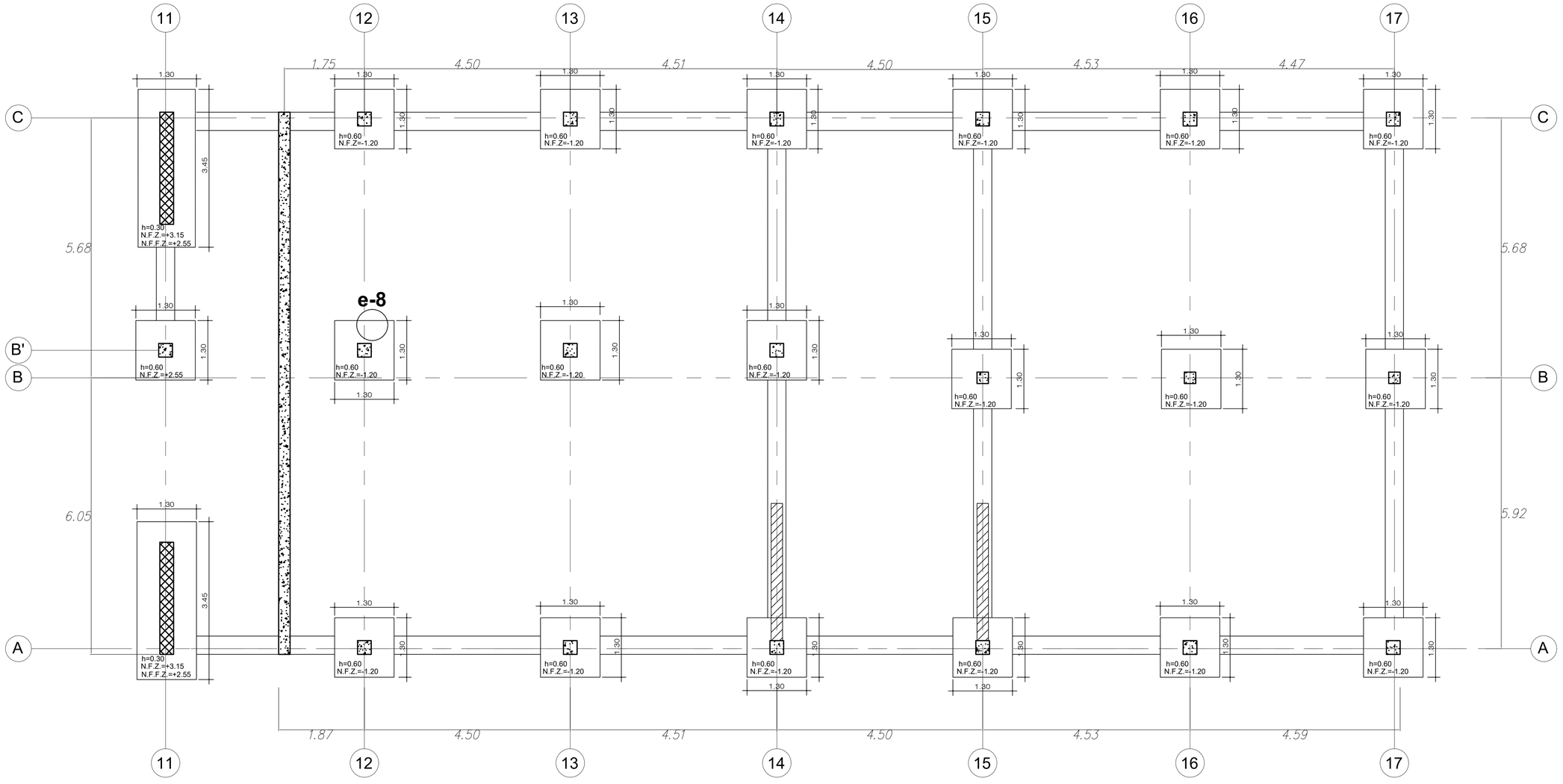
ELEVACION EJE 16
EDIFICIO N°32
esc: 1/50



ELEVACION EJE 17
EDIFICIO N°32
esc: 1/50

FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : ELEVACIONES EJES: "14", "15" EJES: "16", "17"	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-20 DE: 20 DE 20	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ULTRASONIDO Y ESCLEROMETRÍA



PLANTA DE CIMENTACIÓN

esc: 1/50

Columnas

Placas

Muros de Albañilería

Cimentación

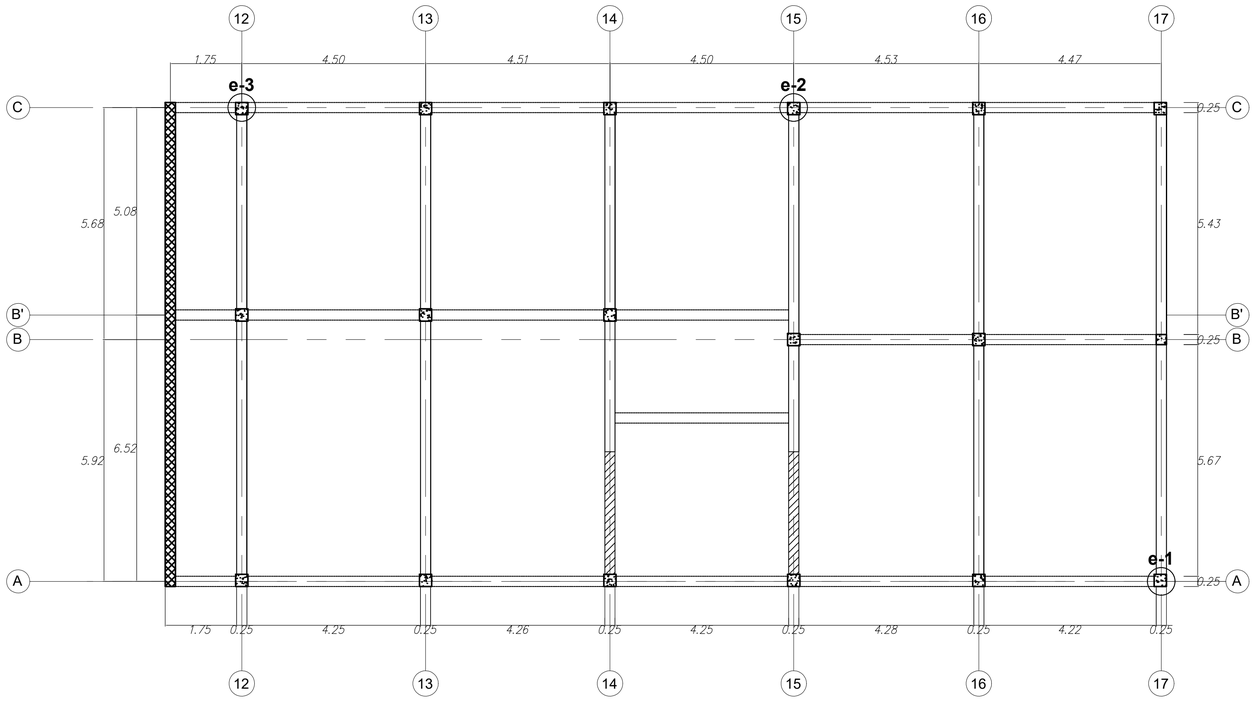
ELEMENTO	NOMENCLATURA	
ZAPATA	Z – 12B'	**e-8**

ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : VISTA EN PLANTA UBICACIÓN DE ENSAYOS - CIMENTACIÓN	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: S-03 DE: 03 DE 04	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ULTRASONIDO Y ESCLEROMETRÍA

EDIFICIO N°32



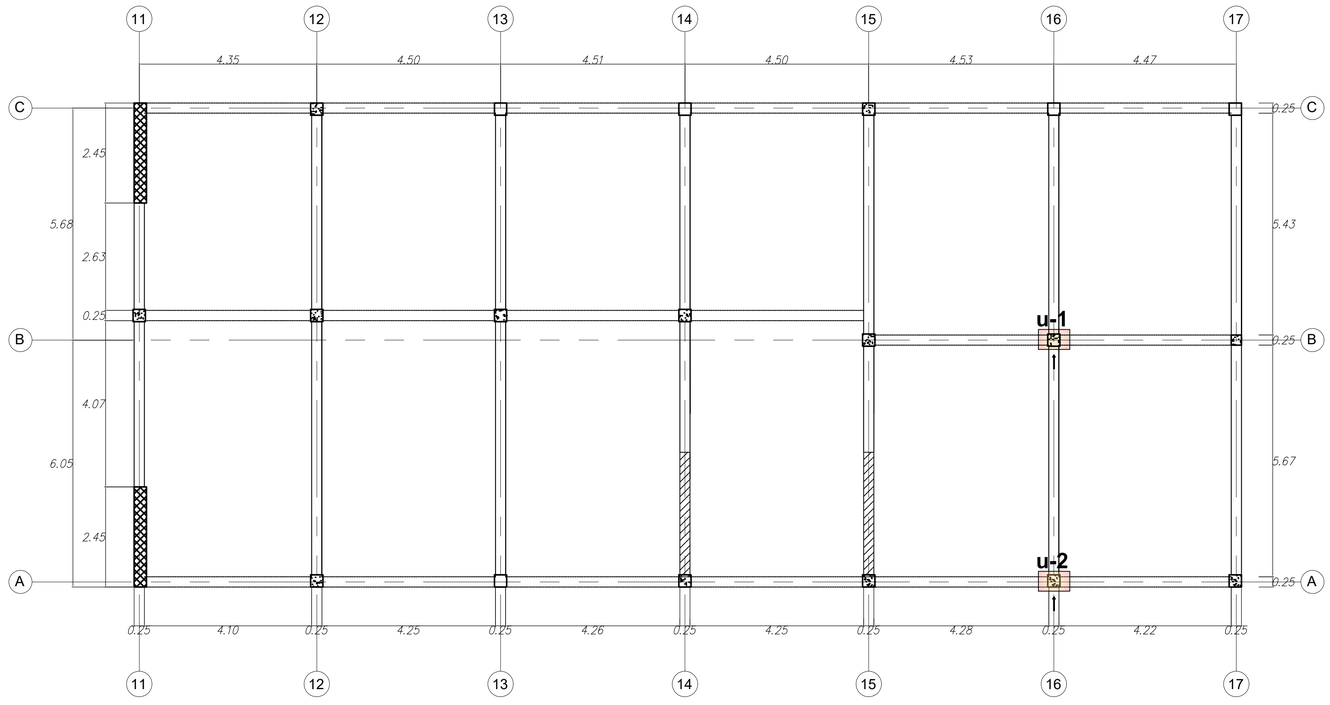
PLANTA NIVEL II
esc: 1/75

Columnas
Muro de contención
Muros de Albañilería

ELEMENTO	NOMENCLATURA	
COLUMNA	C – 17A	**e-1**
COLUMNA	C – 15C	**e-2**
COLUMNA	C – 12C	**e-2**
COLUMNA	C – 16B	**u-1**
COLUMNA	C – 16A	**u-2**

ENSAYO DE ULTRASONIDO
ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

EDIFICIO N°32



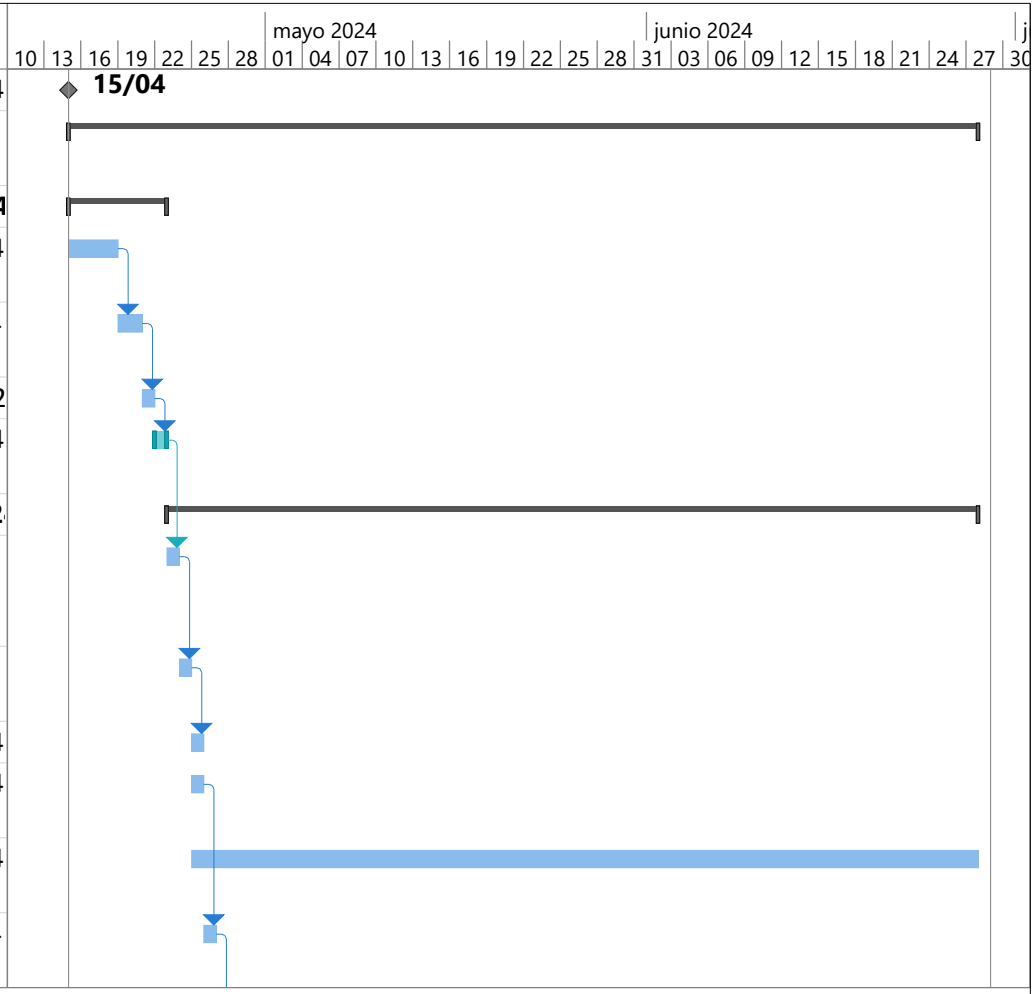
PLANTA NIVEL III
esc: 1/75

Columnas
Placas
Muros de Albañilería

FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1. PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : VISTA EN PLANTA UBICACIÓN DE ENSAYOS - NIVEL II Y III	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: S-04 DE: 04 DE 04	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA

ANEXO 15: Cronograma de Obra - Primera Opción de Reforzamiento

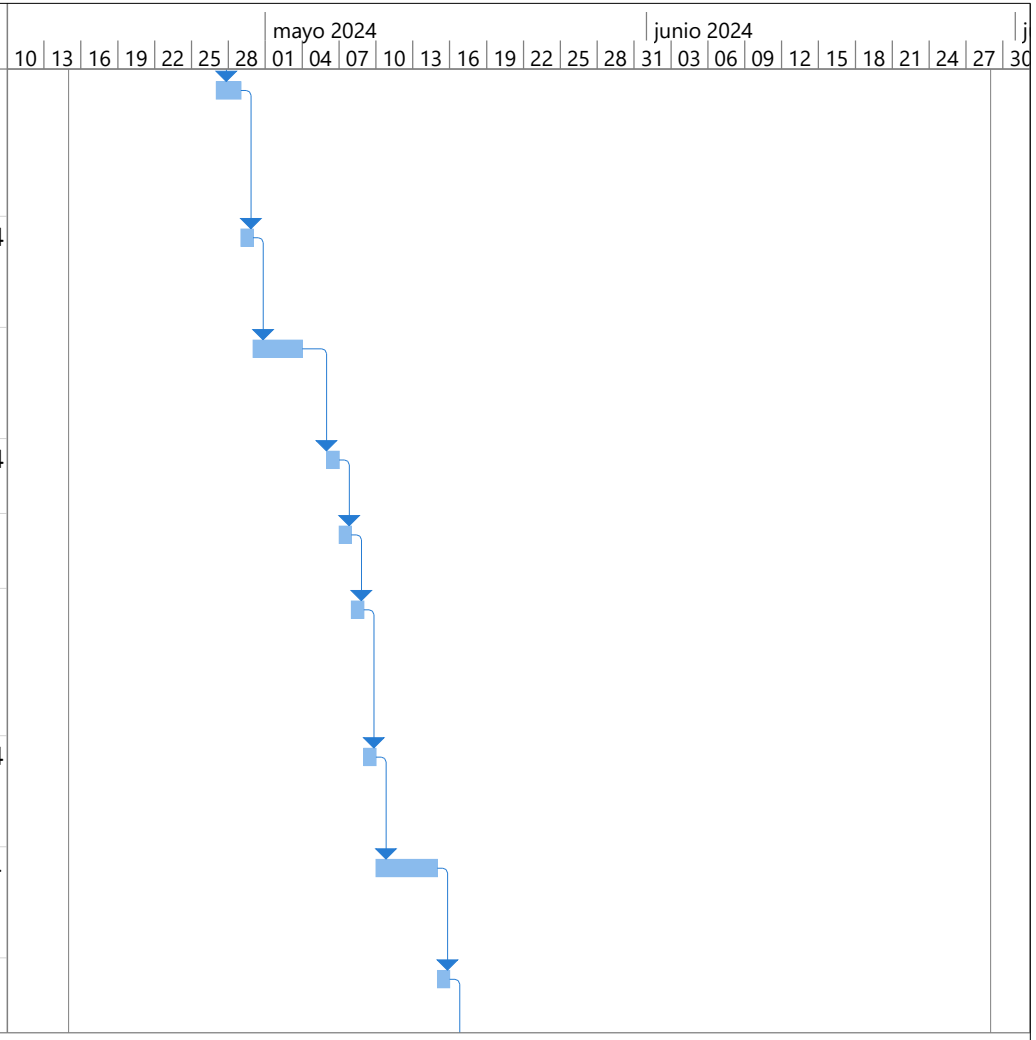
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1		INICIO	0 días	lun 15/04/24
2		**REFORZAMIENTO ALTERNATIVA A**	**74 días**	**lun 15/04/24**
3		**INGENIERIA**	**8 días**	**lun 15/04/24**
4		ANALISIS ESTRUCTURAL	4 días	lun 15/04/24
5		MODELAMIENTO EN REVIT Y PLANOS	2 días	vie 19/04/24
6		METRADOS	1 día	dom 21/04/2
7		PROGRAMACIÓN DE OBRA	1 día	lun 22/04/24
8		**EJECUCION**	**66 días**	**mar 23/04/2**
9		MOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	1 día	mar 23/04/24
10		LIMPIEZA DE LA ZONAS A	1 día	mié 24/04/24
11		TRAZO Y REPLANTE	1 día	jue 25/04/24
12		APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 1	1 día	jue 25/04/24
13		LIMPIEZA DE LA OBRA CONSTANTE	64 días	jue 25/04/24
14		PICADO DE ESTRUCTURAS	1 día	vie 26/04/24



Proyecto: PRIMERA OPCION DE
Fecha: lun 24/03/25

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

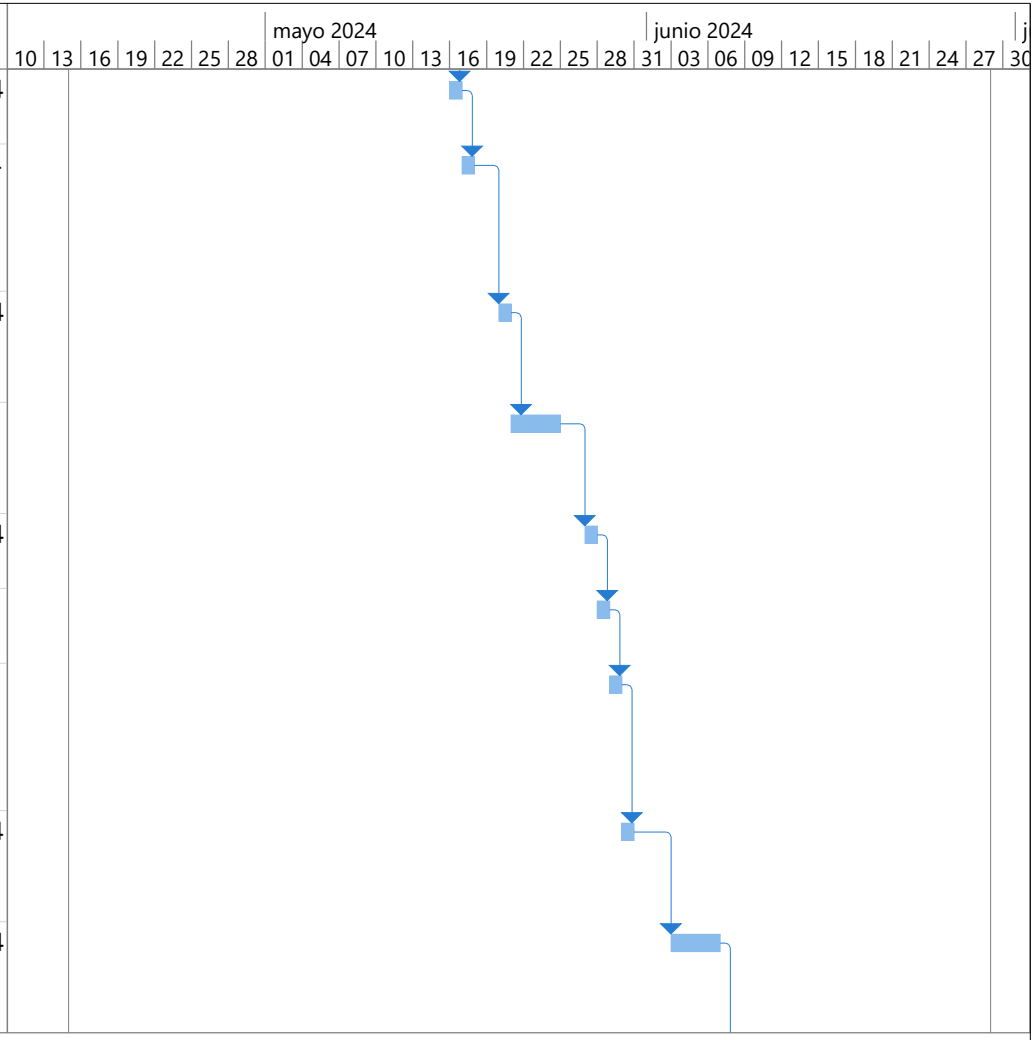
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
15		ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY=	2 días	sáb 27/04/24
16		ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS	1 día	lun 29/04/24
17		VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2	4 días	mar 30/04/24
18		APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 4	1 día	lun 06/05/24
19		PICADO DE ESTRUCTURAS	1 día	mar 07/05/24
20		ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY=	1 día	mié 08/05/24
21		ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS	1 día	jue 09/05/24
22		VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2	5 días	vie 10/05/24
23		APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 2	1 día	mié 15/05/24



Proyecto: PRIMERA OPCION DE
Fecha: lun 24/03/25

Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Progreso
Progreso manual

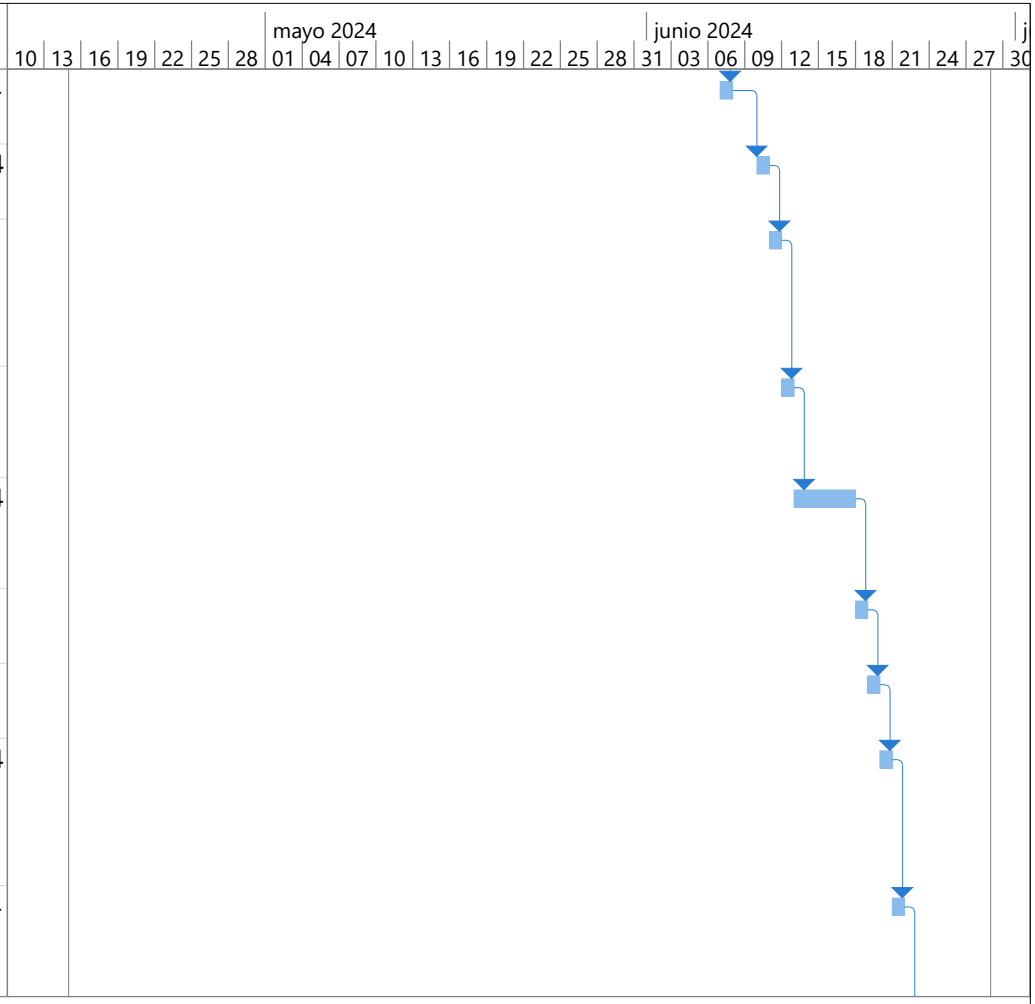
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
24		PICADO DE ESTRUCTURAS	1 día	jue 16/05/24
25		ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY=	1 día	vie 17/05/24
26		ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS	1 día	lun 20/05/24
27		VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2	4 días	mar 21/05/24
28		APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 3	1 día	lun 27/05/24
29		PICADO DE ESTRUCTURAS	1 día	mar 28/05/24
30		ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY=	1 día	mié 29/05/24
31		ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS	1 día	jue 30/05/24
32		VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2	4 días	lun 03/06/24



Proyecto: PRIMERA OPCION DE
Fecha: lun 24/03/25

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
33		APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 5	1 día	vie 07/06/24
34		PICADO DE ESTRUCTURAS	1 día	lun 10/06/24
35		ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY=	1 día	mar 11/06/24
36		ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS	1 día	mié 12/06/24
37		VACIADO DE CONCRETO F´C=280 KG/CM2	5 días	jue 13/06/24
38		APUNTALAMIENTO PARA LA PLACA N 6	1 día	mar 18/06/24
39		PICADO DE ESTRUCTURAS	1 día	mié 19/06/24
40		ARMADO DE ACERO Y ANCLAJES -ACERO CORRUGADO FY=	1 día	jue 20/06/24
41		ENCOFRADO Y CONFORMACION DE PLACAS	1 día	vie 21/06/24

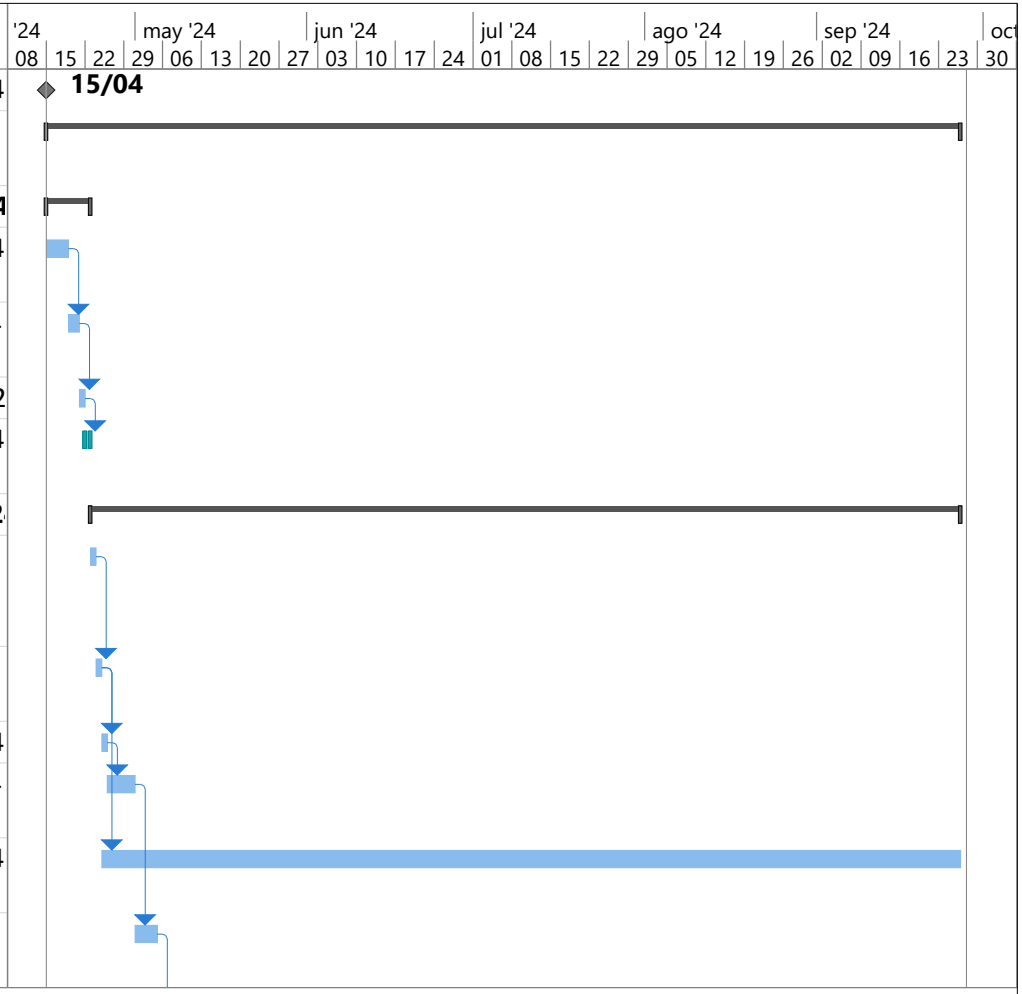


Proyecto: PRIMERA OPCION DE
Fecha: lun 24/03/25

Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Progreso
Progreso manual

ANEXO 16: Cronograma de Obra - Segunda Opción de Reforzamiento

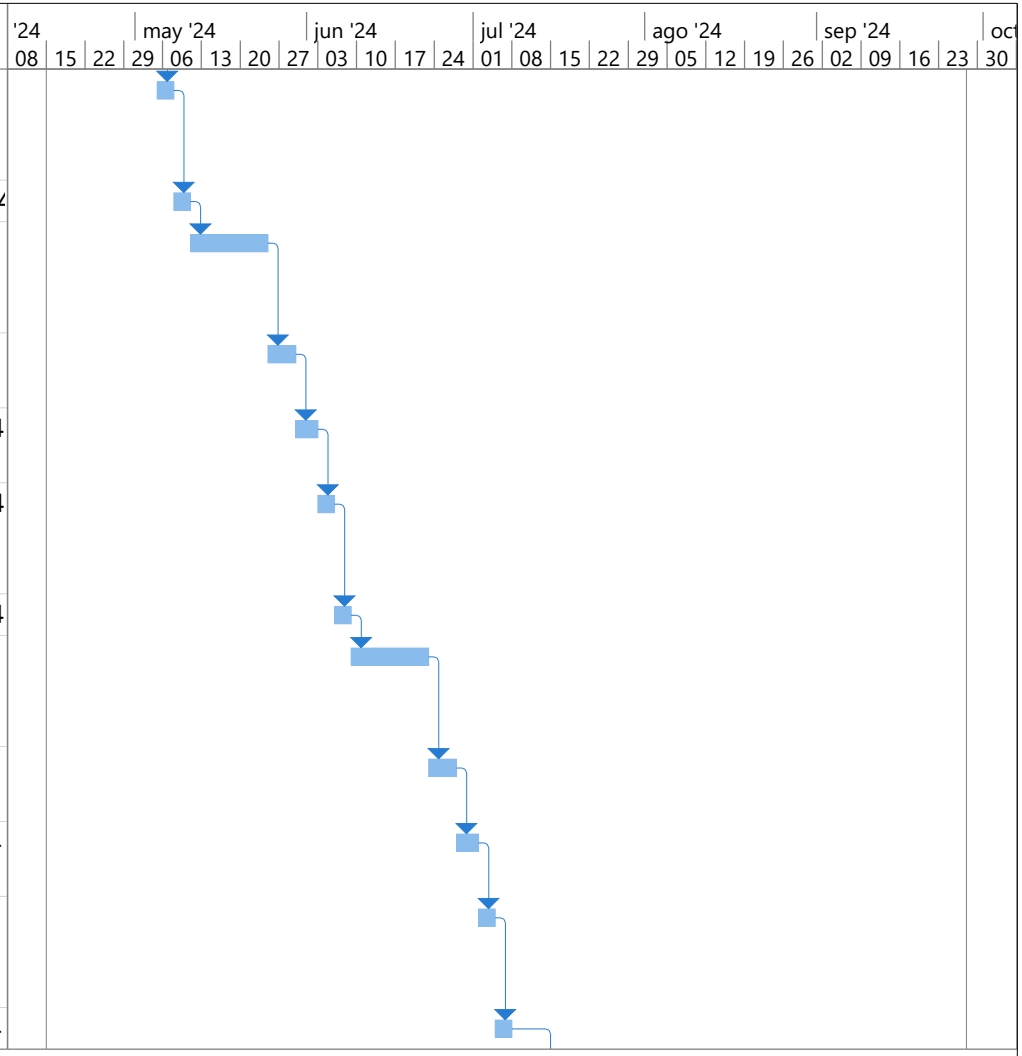
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
1		INICIO	0 días	lun 15/04/24
2		**REFORZAMIENTO ALTERNATIVA B**	**165 días**	**lun 15/04/24**
3		**INGENIERIA**	**8 días**	**lun 15/04/24**
4		ANALISIS ESTRUCTURAL	4 días	lun 15/04/24
5		MODELAMIENTO EN REVIT Y PLANOS	2 días	vie 19/04/24
6		METRADOS	1 día	dom 21/04/2
7		PROGRAMACION DE OBRA	1 día	lun 22/04/24
8		**EJECUCION**	**157 días**	**mar 23/04/2**
9		MOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	1 día	mar 23/04/24
10		LIMPIEZA DE ZONAS A REFORZAR	1 día	mié 24/04/24
11		TRAZO Y REPLANTEO	1 día	jue 25/04/24
12		APUNTALAMIENTO PARCIAL	5 días	vie 26/04/24
13		LIMPIEZA DE LA OBRA CONSTANTE	155 días	jue 25/04/24
14		DEMOLICION PARCIAL	4 días	mié 01/05/24



Proyecto: segunda opcion de re
Fecha: lun 24/03/25

Tarea	Resumen inactivo	Tareas externas
División	Tarea manual	Hito externo
Hito	solo duración	Fecha límite
Resumen	Informe de resumen manual	Progreso
Resumen del proyecto	Resumen manual	Progreso manual
Tarea inactiva	solo el comienzo	
Hito inactivo	solo fin	

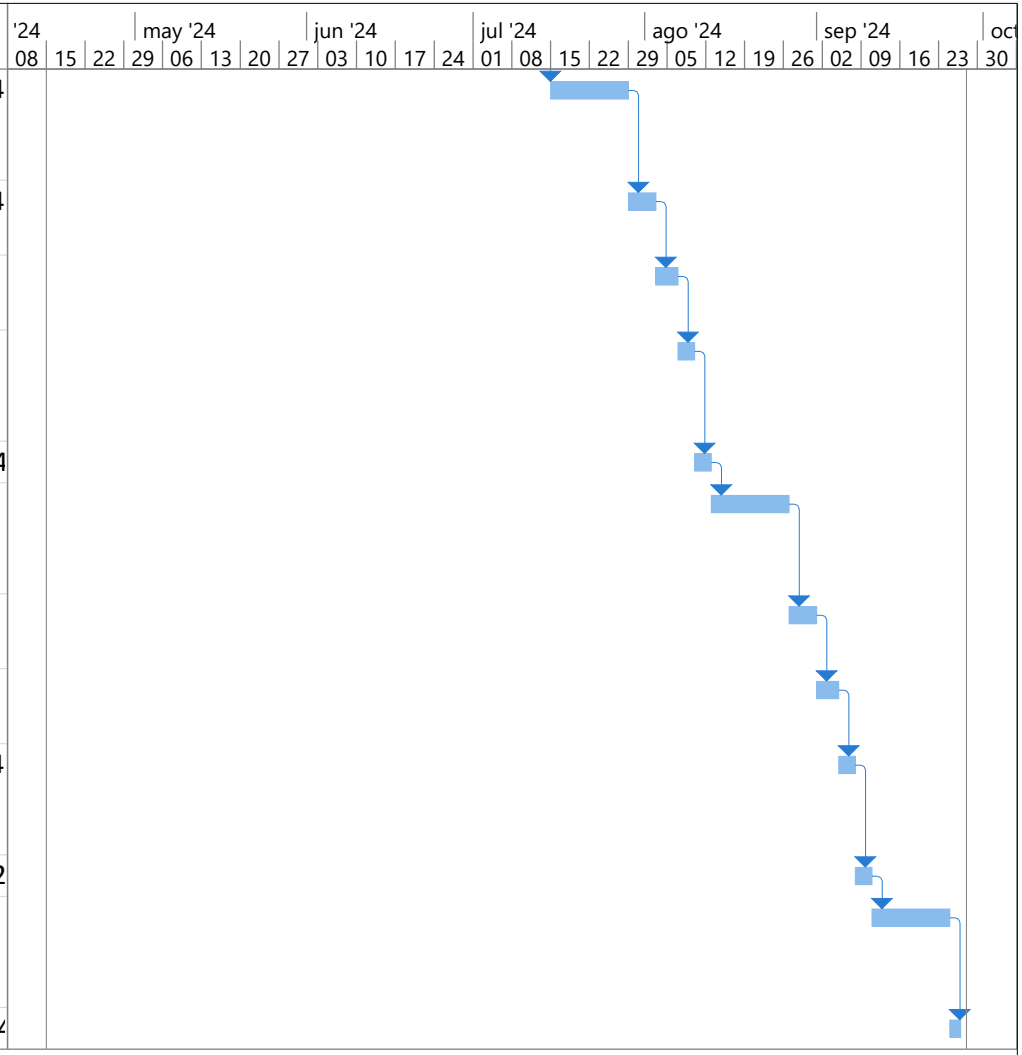
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
15		ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO	3 días	dom 05/05/24
16		ENCOFRADO	3 días	mié 08/05/24
17		VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO	14 días	sáb 11/05/24
18		APUNTALAMIENTO PARCIAL	5 días	sáb 25/05/24
19		DEMOLICION PARCIAL	4 días	jue 30/05/24
20		ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO	3 días	lun 03/06/24
21		ENCOFRADO	3 días	jue 06/06/24
22		VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO	14 días	dom 09/06/24
23		APUNTALAMIENTO PARCIAL	5 días	dom 23/06/24
24		DEMOLICION PARCIAL	4 días	vie 28/06/24
25		ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO	3 días	mar 02/07/24
26		ENCOFRADO	3 días	vie 05/07/24



Proyecto: segunda opcion de re
Fecha: lun 24/03/25

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo
27		VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO	14 días	lun 15/07/24
28		APUNTALAMIENTO PARCIAL	5 días	lun 29/07/24
29		DEMOLICION PARCIAL	4 días	sáb 03/08/24
30		ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO	3 días	mié 07/08/24
31		ENCOFRADO	3 días	sáb 10/08/24
32		VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO	14 días	mar 13/08/24
33		APUNTALAMIENTO PARCIAL	5 días	mar 27/08/24
34		DEMOLICION PARCIAL	4 días	dom 01/09/24
35		ARMADO DE ACEROS Y ANCLAJES ACERO	3 días	jue 05/09/24
36		ENCOFRADO	3 días	dom 08/09/2
37		VACIADO DE CONCRETO Y FRAGUADO	14 días	mié 11/09/24
38		DESENCOFRADO	2 días	mié 25/09/24



Proyecto: segunda opcion de re
Fecha: lun 24/03/25

Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
División		Tarea manual		Hito externo	
Hito		solo duración		Fecha límite	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin			

ANEXO 17: Informe del Estudio de Mecánica de Suelos

INFORME DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.

Ubicado en: Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.

CÓDIGO DE PROYECTO: EMS 004-2022- INGMON/HVS

COTIZACIÓN: N°079-2022-INGMON SAC

REV	FECHA	ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBACIÓN	CLIENTE
1	Noviembre 2022	FAS	SVF	SVF	HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC

Av Angélico N°145 – Urb. San Borja Sur, Distrito San Borja,Lima – Telf. 945037147.

atencionalcliente.ingmon@gmail.com

WWW.INGMON.COM.PE

HOJA DE RESUMEN DEL INFORME DE SUELOS

"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.

Ubicado: Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.

Solicitante: HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	
Profesional Responsable (PR): Silvia Mónica Villanueva Flores	**Ing. Civil CIP:** 77277
Tipo de Cimentación existente: Zapata cuadradas.	
Estrato de apoyo de la cimentación: Arena bien graduada con limo con grava (SW SM).	
Profundidad de la Napa Freática: No presenta	**Fecha:** Setiembre, 2022
Parámetros de Diseño de la Cimentación Profundidad de cimentación para una zapata existente (m): Df 1.00 m respecto al nivel actual del terreno natural (suelo). La presión admisible del DF 1.00 m para Zapata (2.10 x 2.10) es 2.58 kg/cm2, zapatas (1.30 x 1.30) es 2.14 kg/cm2 y zapatas rectangulares (3.50x 1.30) es 2.53 kg/cm2. Factor de seguridad por corte (estático, dinámico): 3.0 Asentamiento máximo aceptable: 2.54 cm	
Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la Norma E.030) Zona Sísmica: Zona 4, Z:0.45 Tipo de perfil del suelo: S2 (Suelo Intermedio) Factor del suelo (S): 1.05 Periodo TP (s): 0.6 Periodo TL (s): 2.0 U:1.3 **Problemas Especiales de cimentación** Licuación: No se ha analizado a solicitud del cliente. Colapso: No se ha analizado. Expansión: No presenta.	
Indicaciones Adicionales: El presente estudio es para verificación de capacidad portante. Indicadas en el Informe técnico del EMS.	

Lima, Noviembre del 2022

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Silvia Mónica Villanueva Flores
Ingeniero Civil CIP 77277

INDICE

1.0. GENERALIDADES 7

1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO 7

2.0. INFORMACIÓN GENERAL DE SITIO 8

2.1. UBICACIÓN Y ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO 8
2.2. GEOLOGÍA 9
2.2.1. GEOMORFOLOGIA 10
2.3. ESTRATIGRAFIA 11
2.4. CLIMA 14
2.5. SISMICIDAD 14

3.0. EXPLORACIONES DE CAMPO 15

3.1. TRABAJOS DE CAMPO 15
3.2. MUESTREO Y REGISTROS DE EXPLORACIÓN 15

4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO 16

5.0. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIMENTACIÓN 17

5.1. ESTRATIGRAFÍA 17
5.2. NIVEL FREÁTICO 18
5.3. PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACIÓN 18

6.0. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN 19

6.1. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE 19

7.0. PARÁMETROS DE RESISTENCIA 21

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

8.0. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR RESISTENCIA CORTANTE 22

8.1. ASENTAMIENTOS ADMISIBLES 23

9.0. PARÁMETROS ELÁSTICOS 26

10.0. ASENTAMIENTO ESPERADO 26

11.0. ANÁLISIS DE RESULTADOS CARGA ADMISIBLE – ASENTAMIENTO ESPERADO 28

12.0. ESTABILIDAD DE TALUDES DE CORTE TEMPORALES 28

12.1. TRABAJOS DE CORTE 28
12.2. RELLENOS CONTROLADOS 29

13.0. PARÁMETROS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE 30

13.1. PARÁMETROS DE SITIO 30

14.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32

15.0. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 35

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

LISTADO DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURAS:

Figura 01. Ubicación de Zona de estudio. 9

Figura 02. Zonas de estudio. Fuente: Google Earth. 9

Figura 03. Ubicación del tipo de geomorfología. 11

Figura 04. Leyenda del mapa geológico del cuadrángulo de Chosica – Hoja 24j3. 11

Figura 05. Columna Estratigráfica distribución de unidades Litoestratigráfica y litodémicas para el cuadrángulo de Chosica 24j. 13

Figura 06. Ubicación del tipo de formación en la geología, Mapa Geológico del cuadrángulo de Chosica – Hoja 24j3. 14

Figura 07. Zona Sísmica. 15

Figura 08. Asentamiento diferencial. Fuente: E.050 Suelos y Cimentaciones 24

Figura 09.Mapa de Microzonificación Sísmica 2010. Fuente Cismid. 31

Figura 10. Auscultación de zapata en los servicios administrativos, UNE. 50

Figura 11. Medición de zapata en los servicios administrativos, UNE. 50

Figura 12. Medición de zapata en los servicios administrativos, UNE. 51

Figura 13. Auscultación de zapata en los servicios administrativos, UNE. ... 51

Figura 14. Zapata “Z-01” intervenida en el estudio. 52

Figura 15. Medidas de zapata en los servicios administrativos, UNE. 53

Figura 16. Medidas de zapata en los servicios administrativos, UNE. 53

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

CUADROS:

Cuadro 01. Relación de Exploraciones 17

Cuadro 02. Ensayos Estándar para Clasificación de Suelos 18

Cuadro 03. Compresión Triaxial No Consolidada No Drenada 18

Cuadro 04. Parámetros de resistencia. 22

Cuadro 05. Capacidad de carga admisible por resistencia cortante sin considerar asentamientos. 23

Cuadro 06. Valores de distorsión angular máximos. 24

Cuadro 07. Asentamiento máximo tolerable según European Committee for Standardization 25

Cuadro 08: Asentamientos esperados 27

Cuadro 09.Carga admisible verificada por asentamientos 28

ANEXOS:

ANEXO 1. Perfil estratigráfico por punto investigado.

ANEXO 2. Ensayos de laboratorio.

ANEXO 3. Memoria de cálculo.

ANEXO 4. Panel fotográfico.

ANEXO 5. Plano Ubicación de exploraciones geotécnicas.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

INFORME TÉCNICO

1.0. GENERALIDADES

HVS Ingenieros Consultores contrató los servicios de INGMON S.A.C. para el ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.

Para la prestación de los servicios requeridos, El contratante proporcionó los datos de terreno, exploración y muestreo de las calicatas. La normatividad técnica peruana considerada para el desarrollo del servicio en referencia fue la NTP E-050 "Suelos y Cimentaciones" (2018) y NTP E-030 "Diseño Sismorresistente" (2018).

La Entidad contrató los servicios de consultoría de INGMON S.A.C. (en adelante El Consultor) para la elaboración del Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de verificación de capacidad portante, correspondiente a las dimensiones de la cimentación encontrada.

1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El objetivo del estudio es verificar la capacidad portante correspondiente a las dimensiones de las cimentaciones encontrada.

El presente informe resume los trabajos en campo y gabinete desarrollados en el presente estudio, desde la ejecución del programa de investigación en campo, ensayos de laboratorio ejecutados, hasta la caracterización geotécnica del terreno de fundación y el cálculo de la capacidad de carga admisible.

Finalmente se brindan los parámetros para el diseño geotécnico de para el diseño de la cimentación y de diseño sismo resistente.

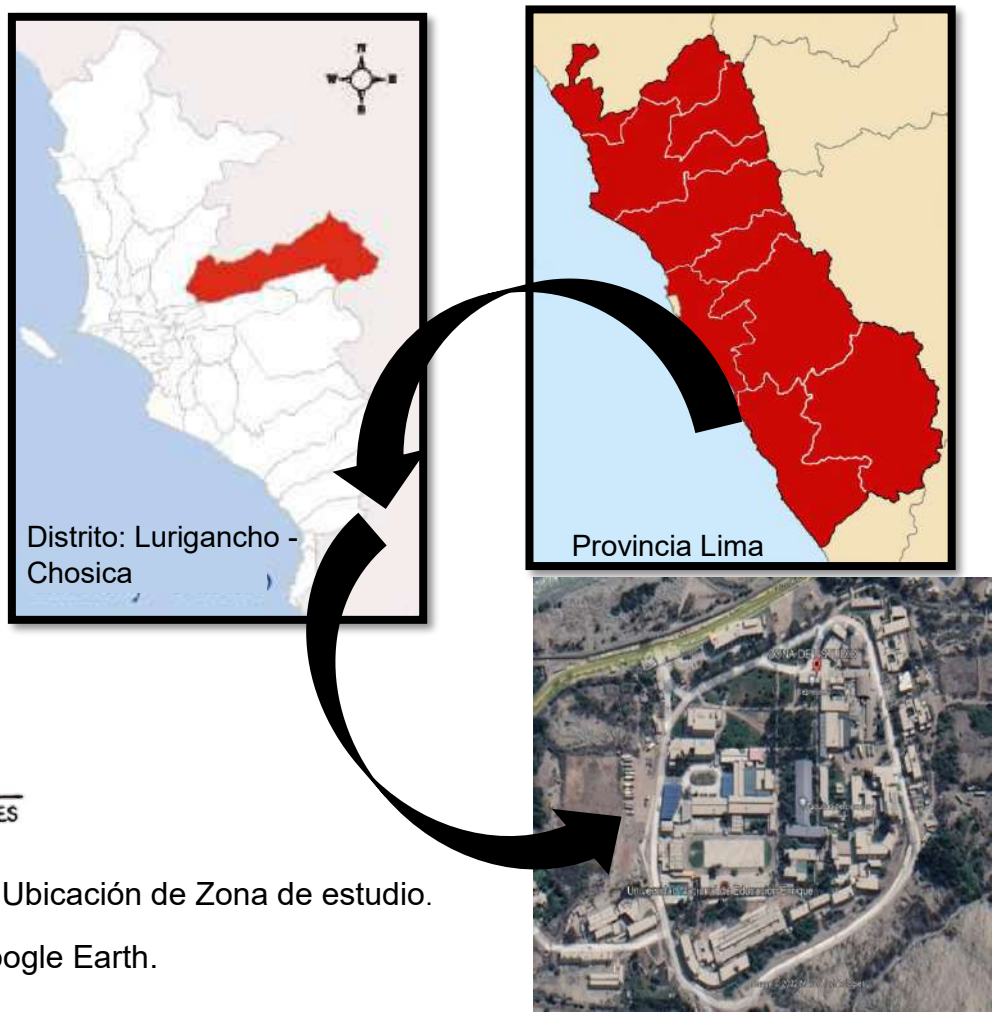
SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Finalmente se brindan los parámetros geotécnicos para la cimentación, parámetros de diseño sismorresistente, coeficientes para el cálculo del empuje lateral de suelos, tipo de cemento a utilizar y recomendaciones adicionales para los trabajos de corte y relleno.

2.0. INFORMACIÓN GENERAL DE SITIO

2.1. UBICACIÓN Y ACCESO A LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicado dentro de las oficinas del Edificio N°32 en las instalaciones de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle en la Av. Enrique Guzmán y Valle Nº 951, Distrito Lurigancho Chosica, Departamento Lima. Con coordenadas 11°56'48.29"S 76°42'4.07"O.



SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Figura 01. Ubicación de Zona de estudio.

Fuente: Google Earth.



Figura 02. Zonas de estudio. Fuente: Google Earth.

2.2. GEOLOGÍA

In situ, se procedió con el reconocimiento y cartografiado de las unidades litológicas aflorantes en el distrito de Lurigancho - Chosica. A continuación, se describen las principales características de estas unidades estratigráficas.

De acuerdo al INGEMMET, la ciudad de Lima, distrito de Lurigancho - Chosica se ubica en el cuadrángulo 24j, boletín Nº43 y boletín Serie L, de la Carta Geológica Nacional.

Los cuadrángulos de Mala, Lurín y Lima se ubican en la costa central del territorio peruano ocupando parte del departamento de Lima, con una extensión de 4 500 km2 aproximadamente.

L as coordenadas geográficas se ubican entre los paralelos 76°30’ - 77°30’ de longitud oeste y entre los 12°00’ - 13°00’ de latitud sur.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

2.2.1. GEOMORFOLOGIA

2.2.1.1. Vertiente o piedemonte aluvial (P-al)

Están conformadas por planicies inclinadas a ligeramente inclinadas, suelen ser amplias y se ubican al pie de las estibaciones andinas y sistemas montañosos.

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por tener una pendiente suave (menor a 5º). Este rasgo geomorfológico presente en el área de estudio ha sido modelado por eventos de geodinámica externa y/o interna y por la erosión del río Rímac y sus quebradas afluentes que bajan de la vertiente occidental andina cortando a las rocas terciarias, mesozoicas y Batolito Costanero, tapizando el piso de los valles, habiéndose depositado una parte en el trayecto y gran parte a lo largo y ancho de sus abanicos aluviales, dentro de ellos tenemos aluviales pleistocénico.

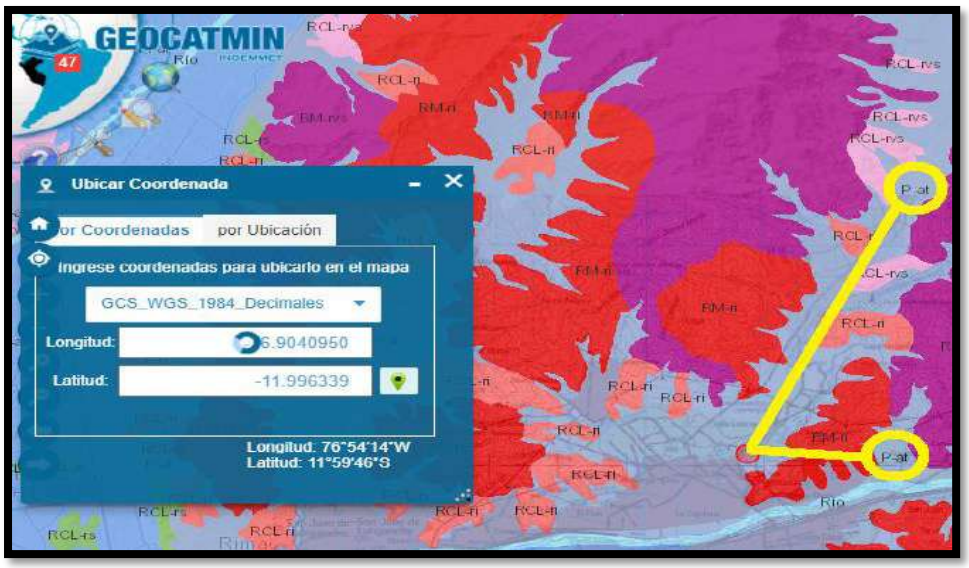


Figura 03. Ubicación del tipo de geomorfología.

Fuente: Pagina web geocatmin

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

2.3. ESTRATIGRAFIA

2.3.1. CENOZOICA

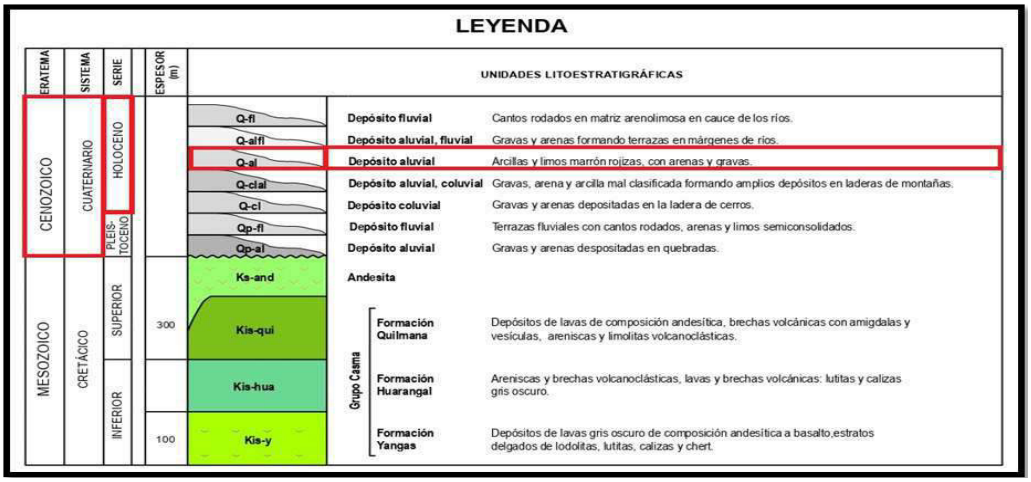


Figura 04. Leyenda del mapa geológico del cuadrángulo de Chosica – Hoja 24j3.

Fuente: Mapa Geológico de Chosica 24j3 del Ingemmet

2.3.1.1. Sistema Cuaternarios:

Los depósitos cuaternarios se cartografiaron como depósitos de acuerdo con su génesis en lo siguiente: fluviales, coluviales, glaciares, aluviales, proluviales y antropogénicos. Cuyos depósitos descritas corresponden a gravas, arcillas y arenas que conforman las terrazas fluviales y aluviales, conos coluviales, fondo de valles, morrenas y antrópico.

En los alrededores del sector de proyecto se han ubicado afloramientos ígneos del grupo Santa Rosa y Atocongo pertenecientes al Batolito de la Costa con rocas identificadas como Tonalitas, Granodioritas y Dioritas, como se observa en la columna estratigráfica del Ingemmet en la Figura 05.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

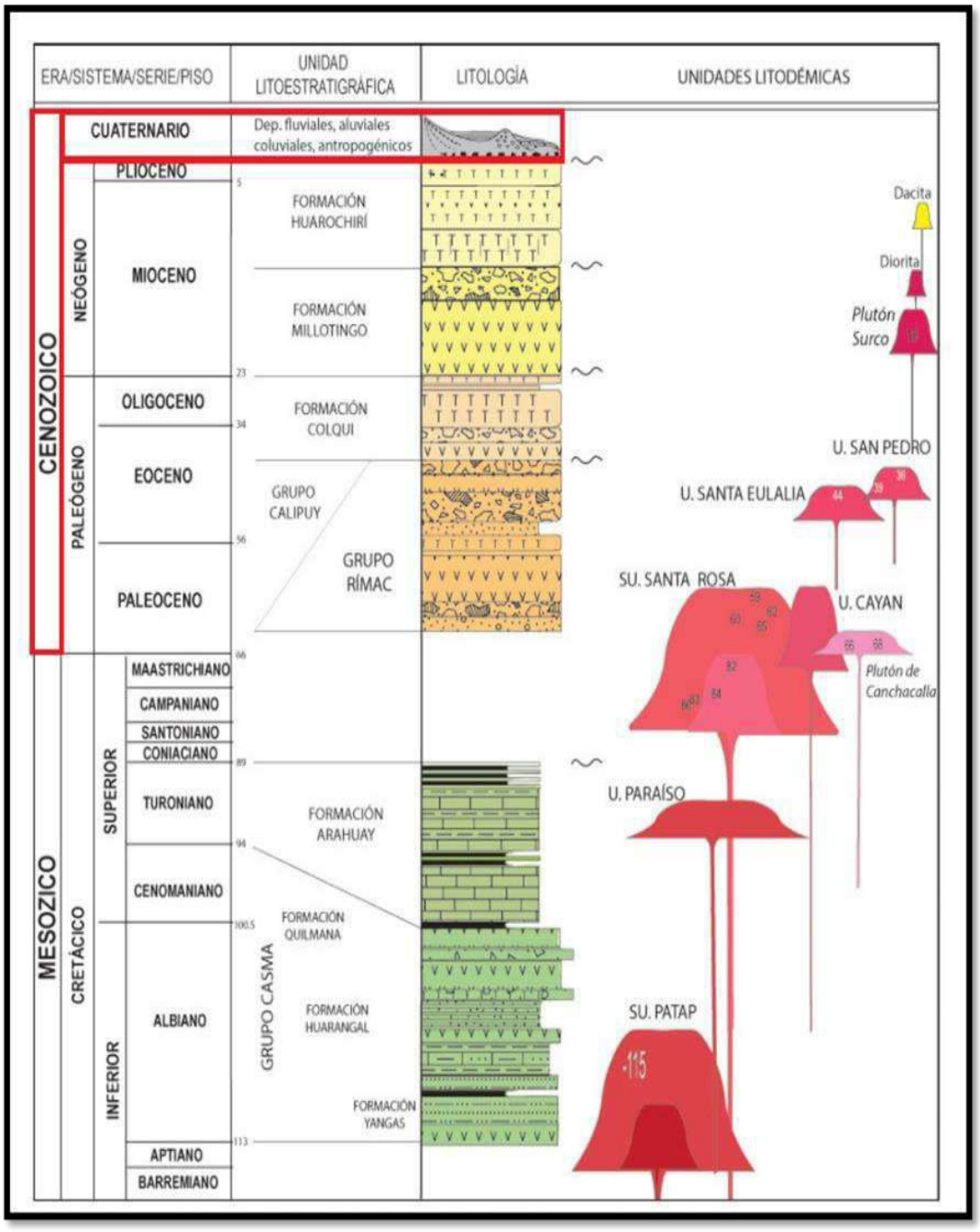


Figura 05. Columna Estratigráfica distribución de unidades Litoestratigráfica y litodémicas para el cuadrángulo de Chosica 24j

Fuente: Boletín Serie L - Actualización Carta Geológica Nacional

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Entre estos depósitos se tienen:

- **Depósitos aluviales (Qpl-al):**

El proyecto se ubicará sobre un manto de material depositado en el cuaternario reciente y el pleistoceno, el depósito es de origen aluvial originado por el río Rímac.

Se trata de materiales acumulados por las corrientes tractivas y pueden presentar una seudo estratificación muy difusa. Es posible que los clastos se ubiquen en la base, en la parte media o en la zona superior de la sucesión. Generalmente, se encuentran soportados en matriz arenosa o limosa. Asimismo, el diámetro de los clastos puede variar, bruscamente, al interior de un mismo nivel. En la zona de estudio, se extienden con amplitud a lo largo de quebradas, principalmente, con espesores que van desde unos pocos metros hasta 40 m.

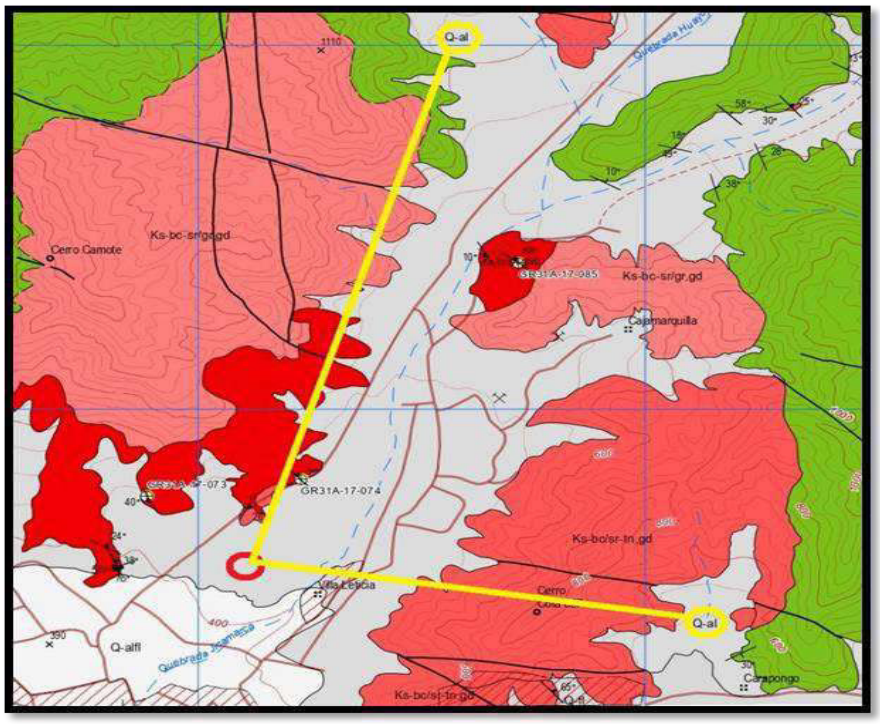


Figura 06. Ubicación del tipo de formación en la geología, Mapa Geológico del cuadrángulo de Chosica – Hoja 24j3.

Fuente: Mapa Geológico de Chosica 24j3 del Ingemmet

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

2.4. CLIMA

El clima de la zona es característico, se presenta con un clima templado con poca humedad, una temperatura cálida durante el día bajando un poco en la noche, las precipitaciones fluviales son escasas y esporádicas, la altitud promedio es de 800 m.s.n.m. Luego de analizar el periodo de medición se tiene lo siguiente: la temperatura máxima fluctúa entre 16.1 y 24.4 ºC la mínima entre 17.1 y 20.5 ºC.

2.5. SISMICIDAD

La norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" divide al territorio peruano en cuatro zonas sísmicas, como se muestra en la Figura 07. Zona Sísmica. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica.

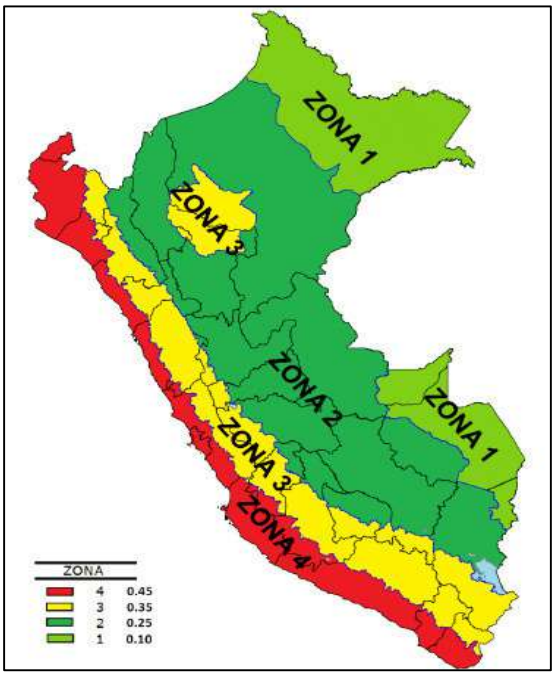


Figura 07. Zona Sísmica.

Fuente: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismo resistente"

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

La zona de estudio se ubica en la **Zona 04**, correspondiéndole un factor de zona (Z) igual a **0.45**. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años y se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

3.0. EXPLORACIONES DE CAMPO

3.1. TRABAJOS DE CAMPO

El programa de investigaciones geotécnicas ejecutado consistió en la auscultación de una zapata de la edificación, las cuales se realizaron por parte del cliente.

La auscultación de la zapata se realizó con la finalidad de hacer una observación directa de la estratigrafía del terreno superficial y obtener la cantidad de muestra necesaria para ensayos de laboratorio y para el cálculo de la capacidad portante.

3.2. MUESTREO Y REGISTROS DE EXPLORACIÓN

Durante la excavación de cada calicata se llevó a cabo una descripción detallada de los tipos de suelos encontrados, de acuerdo a la Norma ASTM D2488 (Description and Identification of Soils, Visual-Manual Procedure). Asimismo, se recuperaron muestras alteradas representativas de los estratos identificados en cada calicata, las cuales fueron identificadas y almacenadas en bolsas de plástico y sacos de polipropileno, a fin de conservar su humedad natural y realizar ensayos de laboratorio.

En el Cuadro 01 se muestra un resumen de las exploraciones del estudio ejecutados en campo, además se evidencias la profunda de la excavación para la auscultación.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Cuadro 01. Relación de Exploraciones

ZAPATA	Prof. exploración (m)	Nivel Freático (m)	Numero de muestras
Z-01	3.00	-	M-01

Fuente: Elaboración Propia.

La profundidad de desplante de la zapata Z-01 es 1.0 m desde el nivel de terreno natural (suelo), como se observa en la estratigrafía en los Anexos.

4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio programados fueron realizados en el Laboratorio de Ingmon S.A.C y en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, con la finalidad de clasificar las muestras de suelo, determinar las características físicas y mecánicas del suelo, así como la concentración de sustancias químicas potencialmente nocivas a la cimentación.

Los ensayos de laboratorio fueron ejecutados de acuerdo a las normas de la American Society for Testing and Material (ASTM), la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y Normas Técnicas Peruanas (NTP), los cuales son mencionados a continuación.

- Ensayos Estándar de Clasificación SUCS y AASHTO. — ASTM D2487/ NTP 339.134
- Granulometría por Tamizado — ASTM D 6913/ NTP 339.128
- Límites de consistencia. — ASTM D 4318/ NTP 339.129
- Ensayo de Contenido de Humedad — ASTM D2216 / NTP 339.127

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

- Triaxial no consolidado no drenado (UU) - (Realizado por el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería). ASTM – D2850

Los resultados de los ensayos de laboratorio se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 02. Ensayos Estándar para Clasificación de Suelos

ZAPATA	Muestra	Prof. (m)	Ensayos Estándar							
			SUCS	C.H	LL	LP	IP	Grava	Arena	Fino
				(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Z-01	M-01	3.00	SW SM	5.88	NP	NP	NP	36.0	53.0	11.0

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 03. Compresión Triaxial no consolidada no drenada.

ZAPATA	Muestra	Prof. (m.)	SUCS (Muestra global)	C (kPa)	Ø (º)
Z-01	M-01	1.30	SW SM	0.09	32.62

Fuente: Elaboración Propia.

5.0. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIMENTACIÓN

5.1. ESTRATIGRAFÍA

La evaluación del perfil estratigráfico del suelo de fundación se realizó con base en los registros de excavación de la zapata y los resultados de los ensayos de laboratorio.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

- **ZAPATA Z-01**

Presenta una capa de 0.20 m de losa de concreto.

Se tiene una capa de 0.40 m de profundidad conformado por afirmado compacto color marrón claro con compacidad alta y humedad baja, sin presencia de raíces ni bolonería.

La siguiente capa es la profundidad de la zapata la cual tiene una profundidad de 0.60 m.

El estrato subyacente, conformado por una matriz arenosa bien graduada, color marrón oscuro, alta humedad, con presencia de limos de baja plasticidad, compacidad media con presencia de grava en un 30% y sin presencia de boloneria. (Ver la estratigrafía en ANEXOS para un mayor detalle).

5.2. NIVEL FREÁTICO

No presenta Nivel Freático a la profundidad explorada por el cliente.

5.3. PROFUNDIDAD Y TIPO DE CIMENTACIÓN

De acuerdo a la estratigrafía del terreno, se ha verificado la cimentación superficial.

En el presente informe fueron verificados valores de capacidades de carga admisible para diversas dimensiones de zapatas cuadradas y zapatas rectangulares.

Las capacidades de carga admisible se han calculado con datos existentes de la zapata Z-01, (DF) 1.00 m respecto al nivel actual del terreno natural (suelo).

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

6.0. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

6.1. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

La capacidad de carga es la presión última o de falla por corte del suelo y se determina a partir de parámetros obtenidos de los ensayos de laboratorio.

La capacidad de carga última fue determinada mediante la ecuación de capacidad de carga propuesta por Meyerhof (1963) (recomendada en la Norma técnica E 050), cuya expresión es la siguiente:

Donde:

C : Cohesión del suelo de fundación

i_q : Coeficiente de corrección por inclinación de la carga correspondiente a la sobre carga ().

γ_1 : Peso unitario volumétrico de suelo ubicado sobre el nivel específico del suelo encima del nivel de cimentación.

γ_2 : Peso unitario volumétrico efectivo de suelo ubicado bajo el nivel de cimentación.

B : Ancho del “área efectiva”.

Nq : Coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la sobre carga ().

Nγ : Coeficiente de capacidad de carga correspondiente a la fricción.

El cálculo de los coeficientes que forman parte de la ecuación señalada se muestra a continuación:

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_q = \varepsilon^{(\pi \tan \phi')} \tan^2 \left[\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)\right]$$

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

$$N_\gamma = (N_q - 1)\tan(1{,}4\,\phi')$$

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN POR INCLINACIÓN

$$i_c = i_q = (1 - \frac{\alpha^\circ}{90^\circ})^2$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\alpha^\circ}{\phi^\circ})^2$$

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN POR LA FORMA

$$q_d = i_q\,\gamma_1\,D_f\,N_q + 0{,}5\,s_\gamma\,i_\gamma\,\gamma_2\,B'\,N_\gamma$$

La Norma E.050 Suelos y Cimentaciones (2018) recomienda emplear valores de cohesión igual a cero en suelos friccionantes (gravas, arenas y gravas arenosas) y valores de ángulo de fricción interna igual a cero en suelos cohesivos.

De acuerdo con los resultados de laboratorio, el estrato de cimentación está conformado por suelo predominantemente con presencia gravas pobremente gradadas. Por lo anterior, para la determinación de la capacidad de carga admisible, se consideró el aporte de la fricción del suelo.

La capacidad admisible de carga del suelo de cimentación fue determinada dividiendo la capacidad última de carga del suelo entre el factor de seguridad mínimos para cargas estáticos establecido por la norma.

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$

Donde:

F.S.: Factor de seguridad igual a 3.0

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

7.0. PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Durante las exploraciones geotécnicas se obtuvo muestras de determinadas calicatas, las cuales fueron enviadas al laboratorio para ser ensayadas. En base a los resultados de ensayos triaxiales y Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, se establecieron los parámetros de resistencia cortante necesarios para el diseño de las cimentaciones.

En el Cuadro 04. Presentamos los parámetros utilizados en el cálculo de la capacidad portante admisible.

Cuadro 04. Parámetros de resistencia.

Descripción	Peso Específico (t/m^3)	C (t/m^2)	Ø (º)
SW SM	1.70	0.09	32.62

Fuente: Elaboración Propia.

- Con los parámetros mostrados en el cuadro anterior y las dimensiones de las cimentaciones medidas durante la auscultación se realizó el cálculo de la capacidad de carga admisible por resistencia cortante.
- La presión admisible del DF 1.00 m para para Zapata (2.10 x 2.10) es 2.58 kg/cm2, zapatas (1.30 x 1.30) es 2.14 kg/cm2 y zapatas rectangulares (3.50 x 1.30) es 2.53 kg/cm2.
- El detalle se presenta en la memoria de cálculo correspondiente anexada al final del informe.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

8.0. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR RESISTENCIA CORTANTE

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de la capacidad de carga admisible, empleando un factor de seguridad de FS=3.0. El análisis se realiza considerando los parámetros elásticos estimados por el

Consultor y parámetros de resistencia cortante establecidos a partir de los resultados de laboratorio y datos existentes de la cimentación.

Cuadro 05. Capacidad de carga admisible por resistencia cortante sin considerar asentamientos.

ELEMENTO CIMIENTO	PROFUNDIDAD DE CIMIENTO	ANCHO CIMIENTO ZAPATA	LARGO CIMIENTO ZAPATA	CAPACIDAD DE CARGA	FACTOR DE SEGURIDAD	PRESIÓN ADMISIBLE	PRESIÓN ADMISIBLE
VARIABLES	Df (m)	B (m)	L (m)	Qu (Kg/c)	F.S 3	Pa (Kg/cm^2)	Pa (tn/m)
ZAPATA CUADRADA	1.00	1.30	1.30	6.41	3	2.14	21.06
ZAPATA CUADRADA	1.00	2.10	2.10	7.74	3	2.58	25.39
ZAPATA RECTANGULAR	1.00	3.50	1.30	7.60	3	2.53	24.90

Fuente: Elaboración Propia.

8.1. ASENTAMIENTOS ADMISIBLES

En todo análisis de diseño de cimentaciones se distinguen dos clases de asentamientos: asentamientos totales y asentamientos diferenciales, de los cuales son los asentamientos diferenciales los que podrían comprometer la seguridad de las estructuras.

De acuerdo con la norma “E.050 Suelos y Cimentaciones” (Cuadro 06), para el tipo de estructuras a construir, la distorsión angular deberá ser como máximo 1/500, para evitar que los asentamientos diferenciales registrados generen daños a la estructura. El especialista estructural será el responsable de restringir los asentamientos diferenciales (ver Figura 08) de acuerdo con la distancia entre los elementos de cimentación y sus correspondientes asentamientos esperados.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

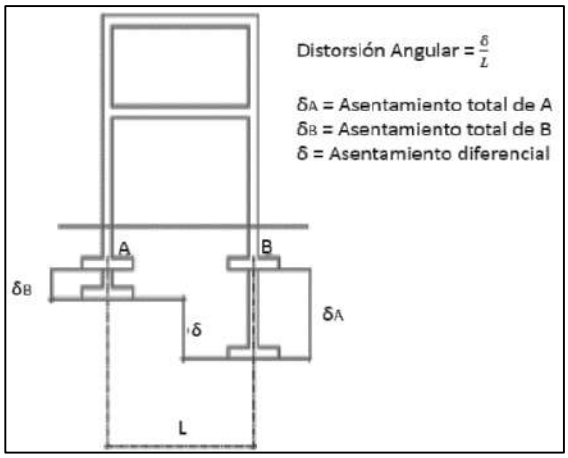


Figura 08. Asentamiento diferencial.

Fuente: E.050 Suelos y Cimentaciones

Además de controlar los asentamientos diferenciales, se deberá considerar un asentamiento total tolerable, el cual deberá ser a lo más de 1 pulgada (2.5 cm) para zapatas aisladas (Cuadro 07).

Cuadro 06. Valores de distorsión angular máximos.

Distorsión Angular = α	
α = δ/L	**Descripción**
1/150	Limite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales
1/250	Limites en que la perdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible
1/300	Limite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas
1/300	Limite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes
1/500	Limites seguro para edificios en los que no se permiten grietas
1/500	Límites para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentado sobre un solado con espesor aproximado de 1.20 m
1/750	Limite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos

Según la norma E050, en el caso de suelos granulares el asentamiento diferencial se puede estimar como el 75% del asentamiento total.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Si consideramos una distorsión angular máxima de 1/500, el límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas, podemos establecer un máximo asentamiento diferencial de 0.85 cm (75% del asentamiento total) y un asentamiento total de 1.13 cm. Es decir, un asentamiento total máximo de 1.13 cm garantiza que las distorsiones angulares serán menores a 1/500.

Cuadro 07. Asentamiento máximo tolerable según European Committee for Standardization

Descripción	Parámetro	Magnitud	Comentarios
Valores límite para calidad de servicio	ST	25 mm	Cimentación superficial aislada
		50 mm	Losa de cimentación
(European Committee for Standardization, 1994a)	ΔST	5 mm	Marcos con revestimiento rígido
		10 mm	Marcos con revestimiento flexible
		20 mm	Marcos abiertos
Máximo aceptable	B	1/500	------
Movimiento de la cimentación	ST	50	Cimentación superficial aislada
(European Committee for Standardization, 1994b)	ΔST	20	Cimentación superficial aislada

Fuente: Elaboración Propia.

En zonas donde el suelo de cimentación esté conformado por suelos granulares, se espera que los asentamientos generados debido a la aplicación de las cargas de la estructura sean predominantemente del tipo elástico. Se calculará el asentamiento de la cimentación del estrato granular en base a la teoría de elasticidad (Lambe y Whitman, 1969) considerando los tipos de cimentación recomendados. Para el cálculo de los asentamientos, se asume que los esfuerzos transmitidos por la cimentación serán iguales a la capacidad de carga admisible del terreno.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

El asentamiento elástico inicial será:

$$S_i = \frac{\Delta Q_s B(1-\mu^2)I_w}{E_S}$$

Donde:

S_i : Asentamiento Elástico (cm.)

$\otimes Q_S$: Esfuerzo permisible transmitido (Ton/m^2)

E_S : Módulo de Elasticidad del estrato base (t/m^2)

B : Ancho de la cimentación

μ : Relación de Poisson

I_w : Factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles, 1977)

Para el análisis de asentamiento de las estructuras que conforman el proyecto se usará el asentamiento inicial o instantáneo, debido a que el suelo de cimentación de las zonas de estudio está conformado principalmente por material granular.

9.0. PARÁMETROS ELÁSTICOS

La asignación de los parámetros se realizó en base experiencia y a bibliografía especializada (Cimentaciones superficiales, Dr. Alva Hurtado) y teniendo en cuenta la zonificación de acuerdo a los estudios de microzonificación sísmica de Lima.

Los parámetros elásticos recomendados para el tipo de material de cimentación con fines de diseño son: E = 6000 t/m^2 y μ = 0.25.

10.0. ASENTAMIENTO ESPERADO

Como se desconoce la magnitud de las cargas actuantes sobre la estructura, se asume que los esfuerzos transmitidos por la cimentación van a ser iguales a la capacidad de carga admisible del terreno.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Los parámetros utilizados para la estimación de asentamientos fueron establecidos en la sección anterior.

Es importante aclarar que las magnitudes de los asentamientos calculadas en el presente estudio corresponden a la condición actual del terreno y deberían ser menores a los asentamientos que ya sufrió el terreno producto de la aplicación de las cargas de la infraestructura.

Finalmente se realizó la verificación de capacidad de carga por asentamiento, considerando la capacidad de carga admisible por resistencia cortante y disminuyendo su magnitud hasta encontrar las cargas que generan el asentamiento máximo admisible que garantiza una distorsión angular menor a 1/500 (1.13 cm).

Cuadro 08: Asentamientos esperados

ELEMENTO CIMIENTO	PROF. CIMENT.	ANCHO	LARGO	PRESIÓN DE TRABAJO	MÓDULO DE ELASTICIDAD	RELACIÓN DE POISSON	ASENTAMIENTO ACEPTABLE	ASENTAMIENTO PROBABLE CIMENTACIÓN RÍGIDA	PRESIÓN ADMISIBLE
VARIABLE	**Df.**	**B**	**L**	**q**	**E**	**σ**	**So**	**Si**	**Pa**
	(m)	(m)	(m)	(Ton/m2)	(Ton/m2)		(cm)	(cm)	(Kg/cm2)
ZAPATA CUADRADA	1.00	1.30	1.30	21.40	6000	0.25	2.54	0.36	2.14
ZAPATA CUADRADA	1.00	2.10	2.10	25.80	6000	0.25	2.54	0.69	2.58
ZAPATA RECTANGULAR	1.00	3.50	1.30	25.30	6000	0.25	2.54	0.42	2.53

Fuente: Elaboración Propia.

En el Cuadro 09, se observa que, en todos los casos, la magnitud del asentamiento esperado es menor al máximo permisible (2.5 cm para zapatas).

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

11.0. ANÁLISIS DE RESULTADOS CARGA ADMISIBLE – ASENTAMIENTO ESPERADO

De acuerdo a lo mencionado en el acápite anterior se verificó que los asentamientos esperados no excedan los 25 mm para zapatas cuadradas y zapatas rectangulares.

Los resultados de capacidad de carga admisible por resistencia cortante (Cuadro 08) fueron comparados con los asentamientos esperados para cada tipo de cimentación propuesto (Cuadro 09), observando que en la mayoría de casos los asentamientos esperados no superan a los asentamientos admisibles.

Cuadro 09. Carga admisible verificada por asentamientos

ELEMENTO CIMIENTO	PROF. CIMENT.	ANCHO	LARGO	PRESIÓN DE TRABAJO	MÓDULO DE ELASTICIDAD	RELACIÓN DE POISSON	ASENTAMIENTO ACEPTABLE	ASENTAMIENTO PROBABLE CIMENTACIÓN RÍGIDA	PRESIÓN ADMISIBLE	CUMPLE
VARIABLE	**Df.**	**B**	**L**	**q**	**E**	**σ**	**So**	**Si**	**Pa**	**ASENT.**
	(m)	(m)	(m)	(Ton/m2)	(Ton/m2)		(cm)	(cm)	(Kg/cm2)	
ZAPATA CUADRADA	1.00	1.30	1.30	21.40	6000	0.25	2.54	0.36	2.14	SI
ZAPATA CUADRADA	1.00	2.10	2.10	25.80	6000	0.25	2.54	0.69	2.58	SI
ZAPATA RECTANGULAR	1.00	3.50	1.30	25.30	6000	0.25	2.54	0.42	2.53	SI

Fuente: Elaboración Propia.

12.0. ESTABILIDAD DE TALUDES DE CORTE TEMPORALES

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

12.1. TRABAJOS DE CORTE

En las zonas donde se requiera ejecutar trabajos de corte en el terreno natural se debe considerar lo siguiente:

- El material extraído de la excavación deberá eliminarse inmediatamente de la zona de trabajo, en su defecto, deberá ser depositado en lugares convenientes que no comprometan la estabilidad de los taludes en corte

temporales. No colocar montículos de material o circular maquinaria a menos de 3.00 m del hombro del talud.

- Todas las aguas producto de escorrentía, filtraciones, etc., deberán evacuarse y/o deprimirse totalmente del interior de la excavación, considerando el método más conveniente para que no se afecten tanto los trabajos de corte como de relleno.

Deberá garantizarse la celeridad del proceso de excavación y ejecución de rellenos masivos con material de préstamo, para evitar comprometer la estabilidad física de los taludes en corte temporales por la exposición de los materiales conformantes.

12.2. RELLENOS CONTROLADOS

El presente procedimiento corresponde estrictamente para la conformación de rellenos controlados dentro del área del proyecto.

El Material Seleccionado con el que se conformará el Relleno Controlado debe ser compactado de la siguiente manera:

Si tiene más de 12% de finos, se compacta a una densidad mayor o igual del 90% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141, en todo su espesor.

Si tiene igual o menos de 12% de finos, se compacta a una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca del método de ensayo Proctor Modificado, NTP 339.141, en todo su espesor.

Si la compactación se realiza con vibro-apisonador, deberá ser en capas de máximo 0.20m.

A nivel del corte final, se procederá a verificar la compactación del material conformante considerando los siguientes ensayos.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

En Laboratorio: Para tal fin se deberá extraer muestra representativa de campo. Para los siguientes ensayos:

Granulometría por Tamizado.

Límites de Consistencia.

Clasificación SUCS.

Contenido de Humedad.

Triaxial no consolidado no drenado (UU)

13.0. PARÁMETROS DE DISEÑO SISMORRESISTENTE

13.1. PARÁMETROS DE SITIO

Tomando como referencia la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”, geología local y a los resultados de la exploración geotécnica. A criterio del consultor y con base en los estudios de microzonificación sísmica geotécnica realizados en Lima, a la zona de estudio le corresponde los siguientes parámetros de sitio:

Factor de zona (Z) : 0.45 (Zona 04 de la Norma E.030)

Tipo de perfil de suelo : S2 (Suelo Intermedio)

Factor de suelo (S) : 1,05

Período T_P (s) : 0.6

Período T_L (s) : 2.0

Factor U : 1.3

Tomando como referencia el estudio de microzonificación de Lima, realizado por el CISMID. Zona cercana y de acuerdo a la exploración realizada.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

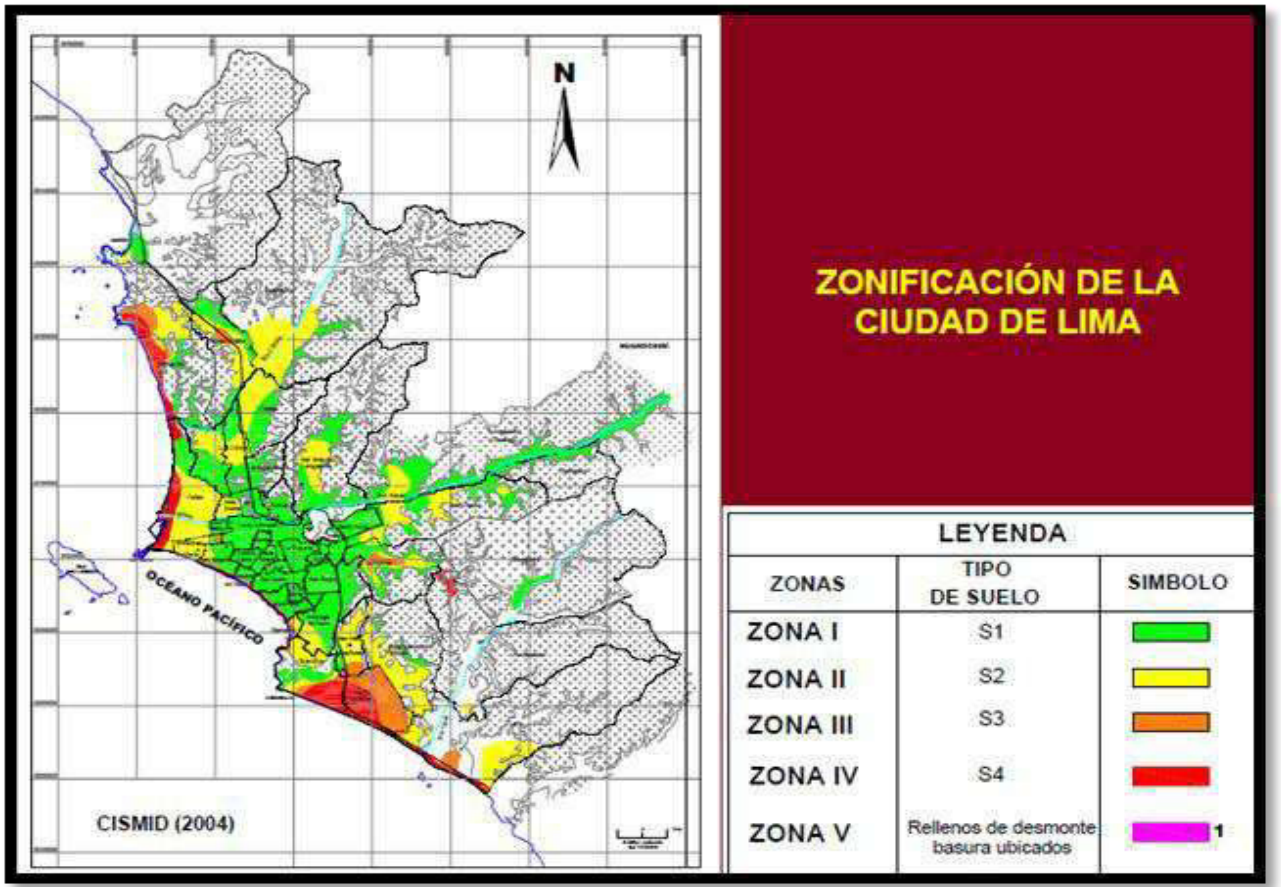


Figura 09. Mapa de Microzonificación Sísmica 2010. Fuente Cismid**.**

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

14.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El presente estudio de mecánica de suelos está destinado para proyecto: "ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.

  Ubicado en Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.

- De acuerdo a la Norma E.030 "Diseño Sismo Resistente" (2018), se recomienda considerar en el diseño sismorresistente un perfil de suelo tipo S2 (Suelo Intermedio) correspondiéndole un periodo predominante TP=0.6 s. y un TL=2.0 s. Asimismo, dado que el proyecto se encuentra ubicado geográficamente en el distrito de Lurigancho - Chosica, departamento de Lima, ésta pertenece a la Zona Sísmica 4 correspondiéndole un factor de Zona Z = 0.45 y un factor de amplificación de suelo S = 1.05 y factor U=1.3.

- Los parámetros de resistencia cortante y parámetros elásticos utilizados en la determinación de la capacidad de carga admisible del suelo (SW SM) de consistencia media son: Ø = 32.62º, C = 0.09 t/m^2, E = 6000 t/m2 y μ = 0.25.

- En el presente informe fueron calculados valores de capacidades de carga admisible para diversas dimensiones de zapatas cuadradas, zapatas rectangulares. Teniendo en cuenta la profundidad de desplante existente (DF) de 1.00 respecto del respecto al nivel actual del terreno natural (suelo).

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 77277

- Los resultados de capacidad de carga admisible por resistencia cortante fueron comparados con los asentamientos esperados para cada tipo de cimentación propuesto. Adicionalmente, el especialista estructural deberá verificar que la distorsión angular sea a lo más 1/500, con el cual se garantiza que los asentamientos diferenciales registrados no generarán daños a la estructura.

- Se ha calculado la capacidad portante con falla local.

- Las capacidades de carga admisible se han calculado con datos existentes, (DF) de 1.00m respecto al nivel actual del terreno natural (suelo).

- Se verifico la cimentación la cual es una zapata cuadrada, este apoyado sobre el suelo (SW-SM) Arena bien graduada con limo con grava.

- En ningún caso la presión de contacto o la carga trasmitida por la estructura excederá la capacidad de carga admisible del terreno.

- Es importante aclarar que las magnitudes de los asentamientos calculadas en el presente estudio corresponden a la condición actual del terreno y deberían ser menores a los asentamientos que ya sufrió el terreno producto de la aplicación de las cargas de la infraestructura.

- El ingeniero estructural debe verificar que no haya distorsión angular.

- Finalmente se realizó la verificación de capacidad de carga por asentamiento, considerando la capacidad de carga admisible por resistencia cortante y disminuyendo su magnitud hasta encontrar las cargas que generan el asentamiento máximo admisible que garantiza una distorsión angular menor a 1/500 (1.13 cm).

- La presión admisible del DF 1.00 m para Zapata (2.10 x 2.10) es 2.58 kg/cm2, zapatas (1.30 x 1.30) es 2.14 kg/cm2 y zapatas rectangulares (3.50x 1.30) es 2.53 kg/cm2.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

- Las conclusiones y recomendaciones del presente informe son aplicables sólo y exclusivamente para el área de estudio y con fines de verificación de la capacidad portante.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda realizar un control de la calidad de todos los materiales a utilizarse en la construcción.
- Se recomienda la utilización de concreto premezclado provenientes de plantas de concreto. El ingeniero estructural especificara la resistencia al concreto de acuerdo a cálculos y normas vigentes.
- Las instalaciones de agua y desagüe deberán construirse de tal manera que no se produzcan pérdidas de agua que afecten las características físicas mecánicas de los suelos de cimentación y por consiguiente disminuir su capacidad portante.
- Se debe observar las paredes de la excavación para evitar posibles desmoronamientos y la perdida por confinamiento. En caso que se observe deslizamientos continuos se de estabilizar con agua y cemento.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

15.0. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alva Hurtado J. (1992), “Mecánica de Suelos Aplicada a Cimentaciones”, Capítulo de Estudiantes ACI -UNI, Lima.
- Juárez Badillo – Rico Rodríguez: Mecánica de Suelos, Tomos I y II.
- Karl Terzaghi / Ralph B. Peck: Mecánica de Suelos en la ingeniería Práctica. Segunda Edición 1973.
- K.Terzaghi, R.Peck y G.Mesri: “Soil Mechanics in Engineering Practice”. Third Edition 1996.
- Braja M. Das / Fundamentos de Ingeniería Geotecnia. 7 Edición 2001
- Norma E-060, Concreto Armado (2009).
- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones (2018).
- Norma E-030, Diseño Sismo resistente (2016).
- Estudio de microzonificación de Lima, CISMID.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

ANEXOS

ANEXO 01

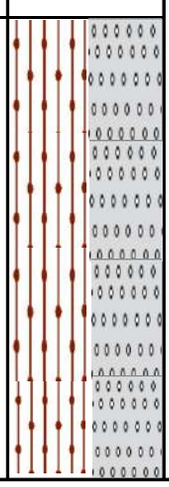
PERFIL ESTATIGRAFICO

Área: Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PROYECTO	:	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACION DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.
SOLICITANTE	:	HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC
UBICACIÓN	:	Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.

TRAMO	:	-	CALICATA	:	**Z-01**
PROGRESIVA	:	-	PROFUNDIDAD TOTAL	:	**3.00**
HECHO POR	:	**F.A.S**	PROFUNDIDAD NF	:	**N.P**
REVISADO POR	:	**S.V.F**	FECHA	:	**Nov-22**

Prof. (mt.)	Esp. Estr	Nº de Muest.	Descripción visual del Suelo	Clasif. SUCS	Simbologia Gráfica	Nombre
0.00 – 0.20	0.20	-	LOSA	-	-	Z-01
0.20 – 0.60	0.40	-	Capa de 0.40 de profundidad conformado por afirmado compacto color marrón claro con compacidad alta y humedad baja, sin presencia de raíces ni bolonería.	-	-	
0.60 – 1.20	0.60	ZAPATA	Zapata cuadrada.	-	-	
1.20 – 3.00	1.80	M-1	Capa , conformado por una matriz arenosa bien graduada, color marrón oscuro, alta humedad, con presencia de limos de baja plasticidad, compacidad media con presencia de grava en un 30% y sin presencia de boloneria. A la profundidad excavada no se encontró nivel freático.	**SW-SM**		

Croquis:

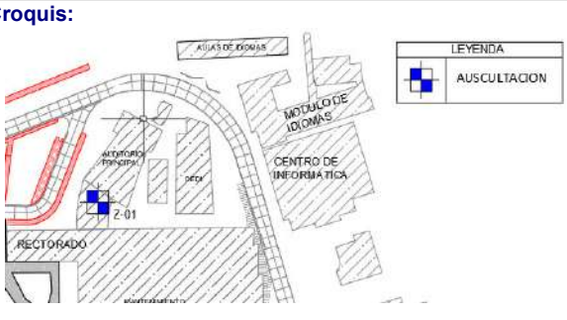


Foto:



SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

ANEXO 02

ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS DE ENSAYO DE CALICATA

	FORMATO	Código:	F01-ATE-PRO.08
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Versión:	1
	NORMA TÉCNICA: NTP 339.128 - MTC E 107, ASTM D 6913, AASHTO T 88	Fecha:	10/07/2020
		Página:	1 de 1

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO : "ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.

SOLICITA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC

CÓDIGO : ESY 004-02-Z1M1-2022-INGMON/HVS

UBICACIÓN : Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.

CALICATA : Z-01

N.F. : -

MUESTRA : M-01

FECHA : 16/09/22

PROF. (m) : 3.00

HECHO POR : FAS

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	86.2	8.3	8.3	91.7
3/8"	9.50	135.0	13.0	21.3	78.7
N° 4	4.75	152.0	14.7	36.0	64.0
N° 10	2.00	162.4	15.7	51.7	48.3
N° 20	0.84	165.4	16.0	67.6	32.4
N° 40	0.43	112.7	10.9	78.5	21.5
N° 60	0.25	42.5	4.1	82.6	17.4
N° 100	0.15	34.8	3.4	86.0	14.0
N° 200	0.08	31.4	3.0	89.0	11.0
< Nº 200	0.00	114.2	11.0	100.0	0.0

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Peso Total	:	1037	gr.			
Grava	373	gr.	36.0%	D60 =	4.05	mm.
Arena	549	gr.	53.0%	D30 =	0.75	mm.
< N° 200	114	gr.	11.0%	D10 =	0.07	mm.
Cu	59.45		Cc		2	

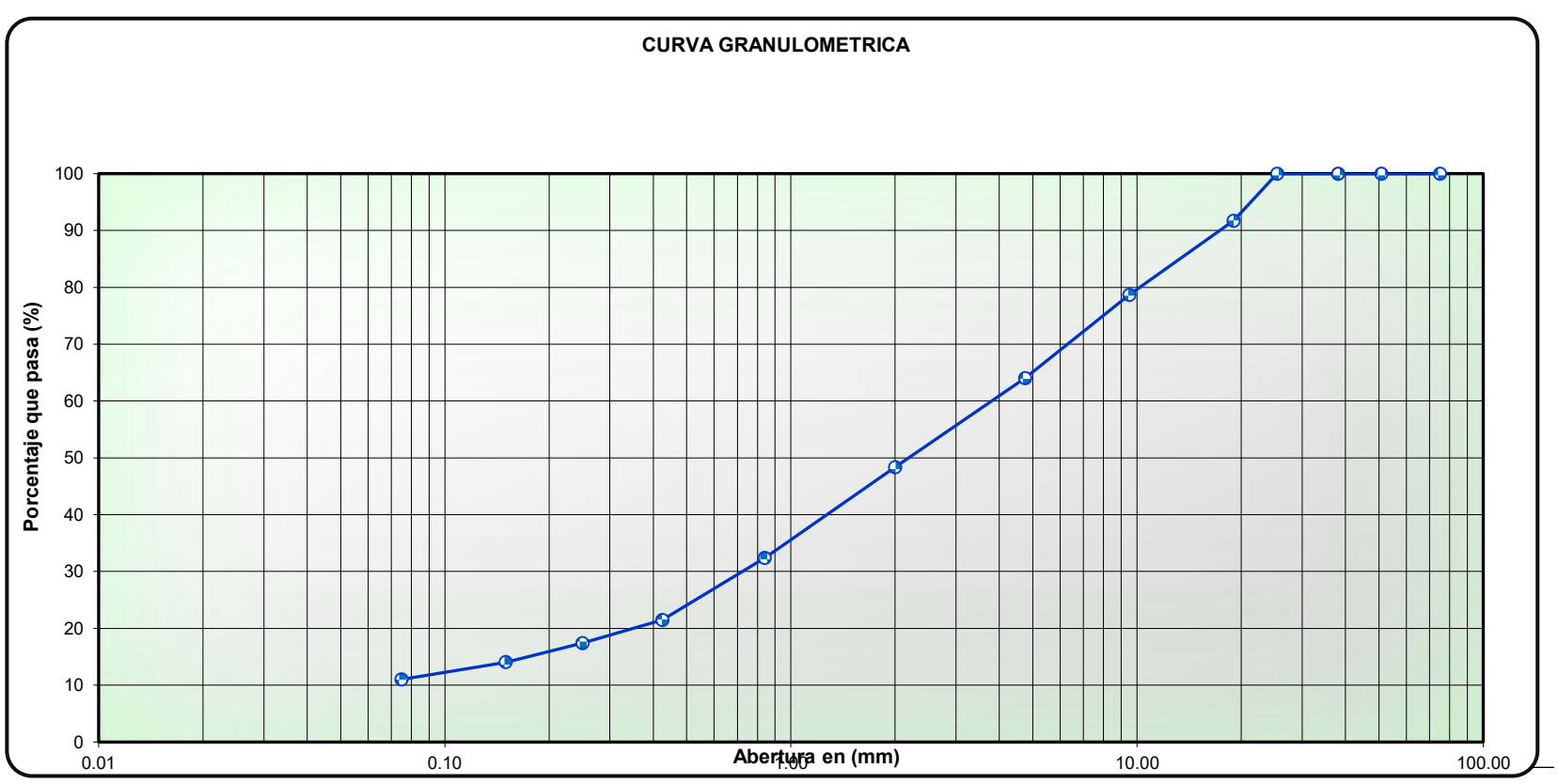
LIMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido	:	NL
Límite Plástico	:	NP
Indice Plástico	:	NP

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

A.A.S.H.T.O	A-1-a()
S.U.C.S.	SW SM
Arena bien graduada con limo con grava	

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

NOTAS:

1) Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente , sin la autorizacion del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo correspondena las muestras proporcionales por el solicitante .

	FORMATO	Código:	F01-ATE-PRO.09
	ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD	Versión:	1
		Fecha:	10/07/2020
	NORMA TÉCNICA: NTP 339.129 - MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90	Página:	1 de 1

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO	:	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.			
SOLICITA	:	HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC	CÓDIGO	:	ESY 004-03-Z1M1-2022-INGMON/HVS
UBICACIÓN	:	Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.			
CALICATA	:	Z-01	N.F.	:	-
MUESTRA	:	M-01	FECHA	:	16/09/22
PROF. (m)	:	3.00	HECHO POR	:	FAS

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		0	0	0	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	0.00	0.00	0.00	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	(gr.)				
PESO DE LA TARA	(gr.)	0.00	0.00	0.00	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)			0.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NL	NL	NL	
NUMERO DE GOLPES		0	0	0	

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		0	0		PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	0.00	0.00		
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	0.00	0.00		
PESO DE LA TARA	(gr.)	0.00	0.00		
PESO DEL AGUA	(gr.)				
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NP	NP		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO (%)	NL
LIMITE PLASTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Observaciones:

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

NOTAS:

1) Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente , sin la autorizacion del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo correspondena las muestras proporcionales por el solicitante .

	FORMATO	Código:	F01-AT-PR.07
		Versión:	1
	METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO	Fecha:	10/07/2020
	NORMA TÉCNICA: NTP 339.127 -ASTM D 2216	Página:	1 de 1

DATOS DE LA MUESTRA

PROYECTO	:	"ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACION ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878.			
SOLICITA	:	HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC	CÓDIGO	:	ESY 004-01-Z1M1-2022-INGMON/HVS
UBICACIÓN	:	Av. Enrique Guzmán Y Valle N° 951, Lurigancho-Chosica 15472, Departamento Lima.			
CALICATA	:	Z-01	N.F.	:	-
MUESTRA	:	M-01	FECHA	:	16/09/22
PROF. (m)	:	3.00	HECHO POR	:	FAS

Nº TARA		**36-A**
PESO TARA + SUELO HUMEDO	gr.	44.00
PESO TARA + SUELO SECO	gr.	42.30
PESO DE AGUA	gr.	1.70
PESO DE LA TARA	gr.	13.40
PESO DEL SUELO SECO	gr.	28.90
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	**5.88**

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

OBSERVACIONES

NOTAS:

1) Esta prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente , sin la autorizacion del laboratorio.

2) Los resultados de los ensayos solo correspondena las muestras proporcionales por el solicitante .

ENSAYO TRIAXIAL

INFORME N° S22 - 446

SOLICITANTE : **HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC**
PROYECTO : CONTRATACIÓN DEL SERVICIO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878
UBICACIÓN : ENRIQUE GUZMAN Y VALLE N° 951, LURIGANCHO - CHOSICA 15472
FECHA : 16 DE SETIEMBRE DEL 2022

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Tipo de Ensayo : ***No Consolidado No Drenado (UU) - REFERENCIA ASTM D2850***
Procedimiento interno AT-PR.11
Velocidad del ensayo : 0.50 mm/min

Datos de la Muestra
Estado : Remoldeado (material < tamiz N° 4)
Muestra : ZAPATA
Prof. (m.) : 1.30

		ESPECIMENES		
Condiciones Iniciales	**Und.**	**Nº 1**	**Nº 2**	**Nº 3**
Diámetro	cm	7.06	7.06	7.06
Altura	cm	14.21	14.21	14.21
Densidad Humeda	g/cm^3	1.804	1.804	1.804
Densidad seca	g/cm^3	1.700	1.700	1.700
Contenido de Humedad	%	6.1	6.1	6.1
L/D		2.01	2.01	2.01
Gravedad Especifica		2.75	2.75	2.75
Grado de Saturacion	%	27.3	27.3	27.3
Condiciones Finales				
Diámetro	cm	7.66	7.66	7.66
Altura	cm	12.08	12.08	12.32
Area	cm^2	46.06	46.06	45.15
Densidad Humeda	g/cm^3	1.804	1.804	1.804
Contenido de Humedad	%	6.1	6.1	6.1
Grado de Saturacion	%	27.3	27.3	27.3
Parámetros de Esfuerzos Totales				
Esf. Confinante ($\sigma 3$)	kg/cm^2	0.50	1.00	2.00
Esf. Principal ($\sigma 1$)	kg/cm^2	1.978	3.712	6.896
Cohesión (C)	kg/cm^2	**0.09**		
Angulo de Fricción (ϕ)	(°)	**32.62**		

Nota:
Los especímenes se remoldearon con la densidad proporcionada por el cliente.
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra que fueron proporcionadas por el cliente.
Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.
Ejecución : *Téc. R. Falcón S.*
Aprobación : *Ing. H. Espinoza C.*

ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (e) LABORATORIO Nº 02 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL JEFE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) - REFERENCIA ASTM D2850

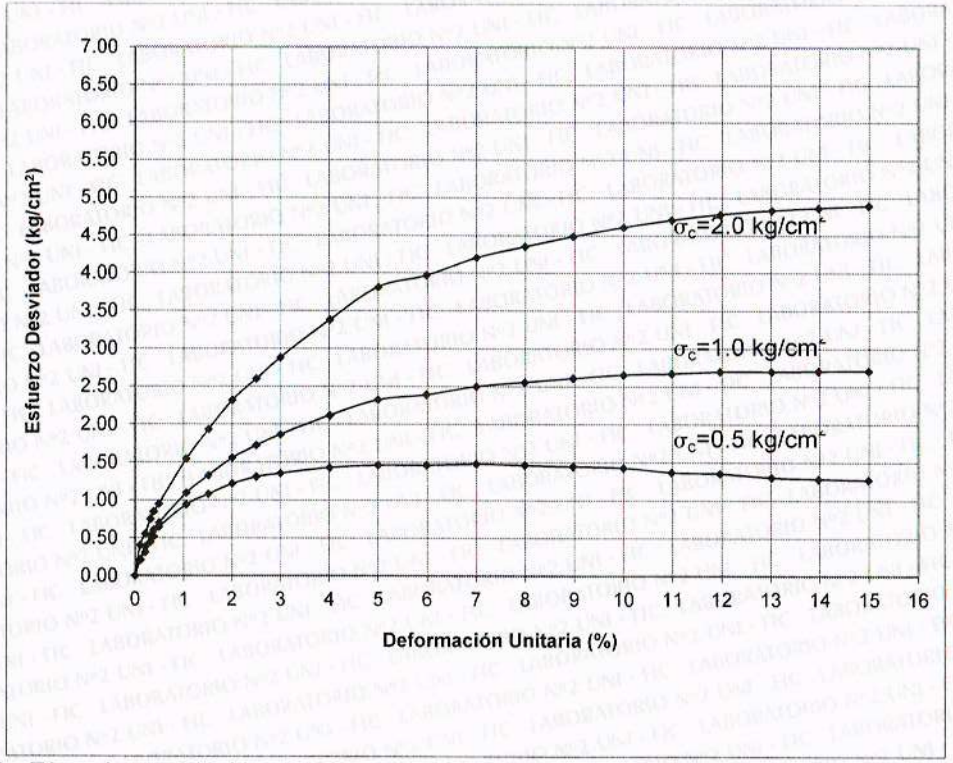
Procedimiento interno AT-PR.11

INFORME N° S22 - 446

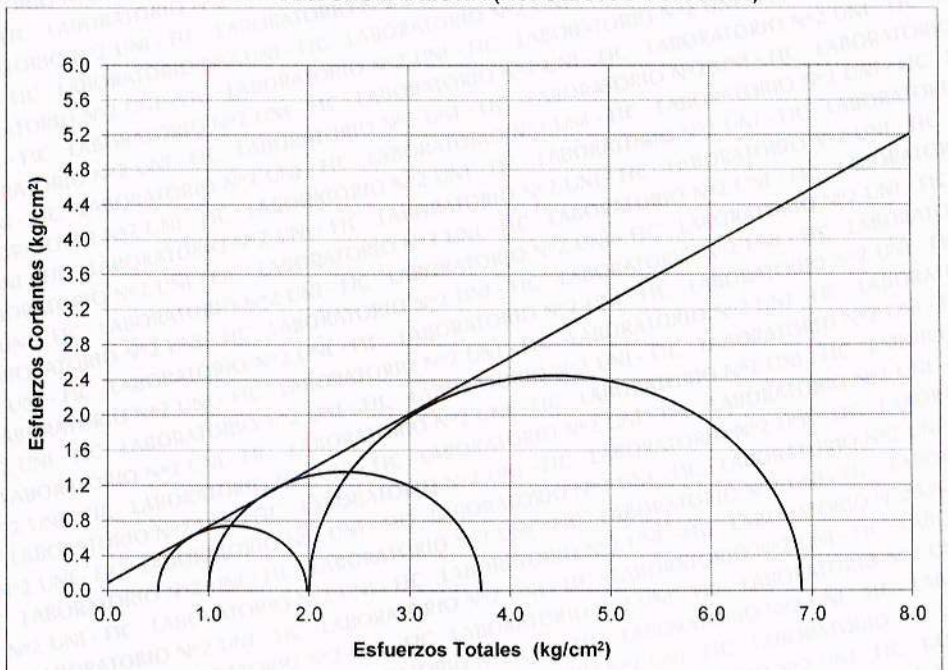
Estado	:	Remoldeado (material < tamiz N° 4)
Muestra	:	ZAPATA
Prof. (m.)	:	1.30

SOLICITANTE	:	**HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC**
PROYECTO	:	CONTRATACIÓN DEL SERVICIO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DE OBRA PARA EL REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS COMO APOYO A LA ACTIVIDAD ACADÉMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMAN Y VALLE, REMODELACIÓN"; CUI 2149878
UBICACIÓN	:	ENRIQUE GUZMAN Y VALLE N° 951, LURIGANCHO - CHOSICA 15472
FECHA	:	16 DE SETIEMBRE DEL 2022

DEFORMACION NORMAL VS. ESFUERZO DESVIADOR



CIRCULO DE MOHR (ESFUERZOS TOTALES)



Cohesión (C)	:	0.09	kg/cm2
Angulo de Fricción (ϕ) :		32.62	°

ING. HECTOR ESPINOZA CCENTE
JEFE (e) LABORATORIO N° 02 MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS UNI - FIC

JEFE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

ANEXO 03

MEMORIA DE CÁLCULO

MEMORIA DE CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE PARA UN DF: 1.00 m.

SUELOS FRICCIONANTES (GRAVA, ARENAS, GRAVAS-ARENOSAS)

DATOS DE LA MUESTRA

		N°1	N°2	N°3		
ZAPATAS	ANCHO	1.30	2.10	3.50		m
	LONGITUD	1.30	2.10	1.30		m
	ex	0	0	0		m
	ey	0	0	0		m
	PROF.	1.00	1.00	1.00		m
	B'	1.30	2.10	3.50		m
	L'	1.30	2.10	1.30		m
	α	0	0	0	0	°
	c	0	0	0		kg/cm3
	Φ'	32.62	32.62	32.62		°
	Y sobre Df	1.70	1.70	1.70		g/cm3
	Y bajo Df	1.70	1.70	1.70		g/cm3

COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_q = \varepsilon^{(\pi \tan \Phi')} * tan^2(45 + \frac{\Phi'}{2})$$

$$N_Y = (N_q - 1)\, tan\,(1.4\,\Phi')$$

		N°1	N°2	N°3
Nq	=	24.94	24.94	24.94
NY	=	24.50	24.50	24.50

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN POR INCLINACIÓN

$$i_c = i_q = (1 - \frac{\alpha'}{90°})^2$$

$$i_Y = (1 - \frac{\alpha'}{\Phi°})^2$$

		N°1	N°2	N°3
iq	=	1	1	1
iy	=	1	1	1

COEFICIENTE DE CORRECCIÓN POR LA FORMA

Sy	=	0.8	0.8	0.462

		N°1	N°2	N°3	
qd	=	6.41	7.74	7.6	kg/cm2
qadm	=	2.14	2.58	2.53	kg/cm2

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

ASENTAMIENTO ADMISIBLE Y PRESIÓN ADMISIBLE DEL SUELO

ASENTAMIENTO ADMISIBLE Y PRESIÓN ADMISIBLE DEL SUELO

ESTUDIO CON FINES DE CIMENTACIÓN

VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA POR ASENTAMIENTOS

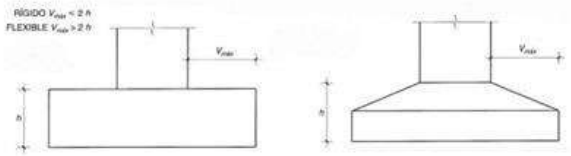
ELEMENTO CIMIENTO	PROF. CIMENT	ANCHO CIMIENTO ZAPATA	PRESIÓN DE TRABAJO	FACTOR DE FORMA ZAPATA	MODULO DE ELASTICIDAD	RELACIÓN DE POISSON	ASENTAMIENTO ACEPTABLE	ASENTAMIENTO PROBABLE ZAPATA	PRESIÓN ADMISIBLE
VARIABLES	**Df** (m)	**B** (m)	**q** (Ton/m2)	**If** (Cm/m)	**E** (Ton/m^2)	**μ**	**So** (Cm)	**Si** (Cm)	**Pa** (Kg/cm^2)
ZAPATA CUADRADA	1.25	1.30	24.90	82	6,000	0.25	1.91	0.41	2.49

Página 1

MODELO ELÁSTICO PARA EL CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS
PARA EL CASO DE CIMENTACION CUADRADA

$$S_i = \frac{qB(1-\mu^2)}{E_s} I_f$$

ESPECIFICACIONES
- Se consideró para los cálculos de asentamientos una cimentación rígida.



SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

ANEXO 04

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 10. Auscultación de zapata en los servicios administrativos, UNE.

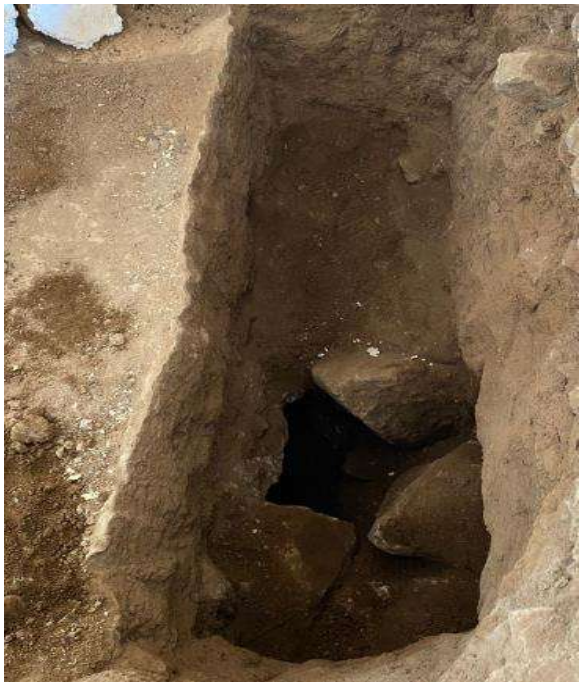


SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Figura 11. Medición de zapata en los servicios administrativos, UNE.



Figura 12. Medición de zapata en los servicios administrativos, UNE.



SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Figura 13. Auscultación de zapata en los servicios administrativos, UNE.



Figura 14. Zapata “Z-01” intervenida en el estudio.

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

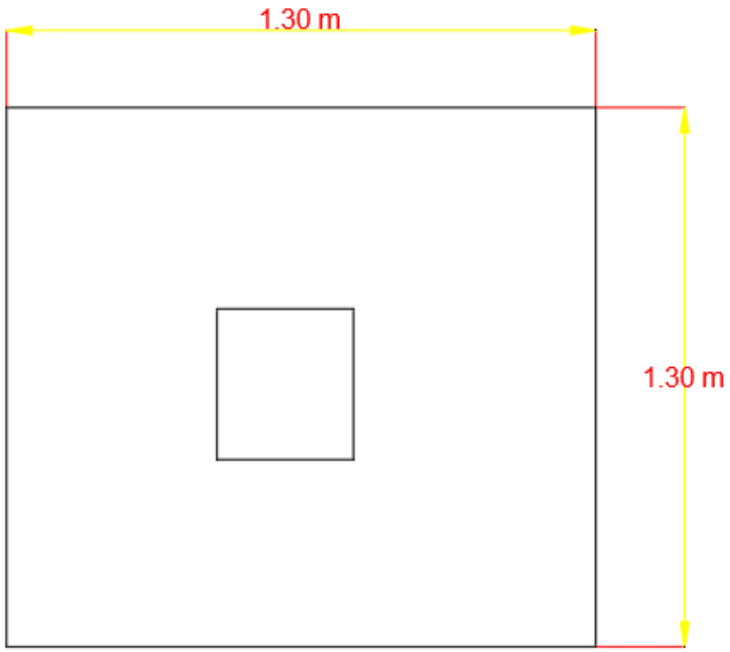
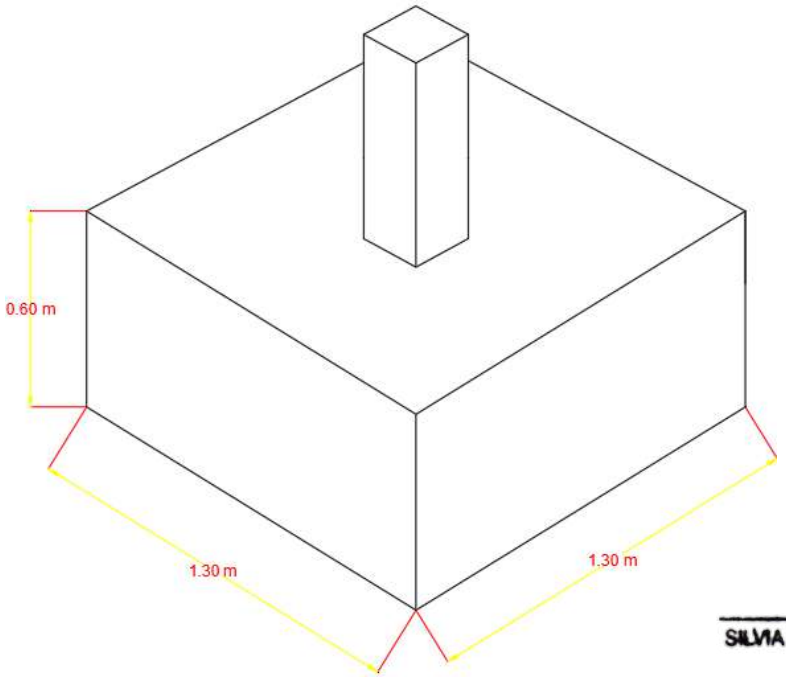


Figura 15. Medidas de zapata en los servicios administrativos, UNE.

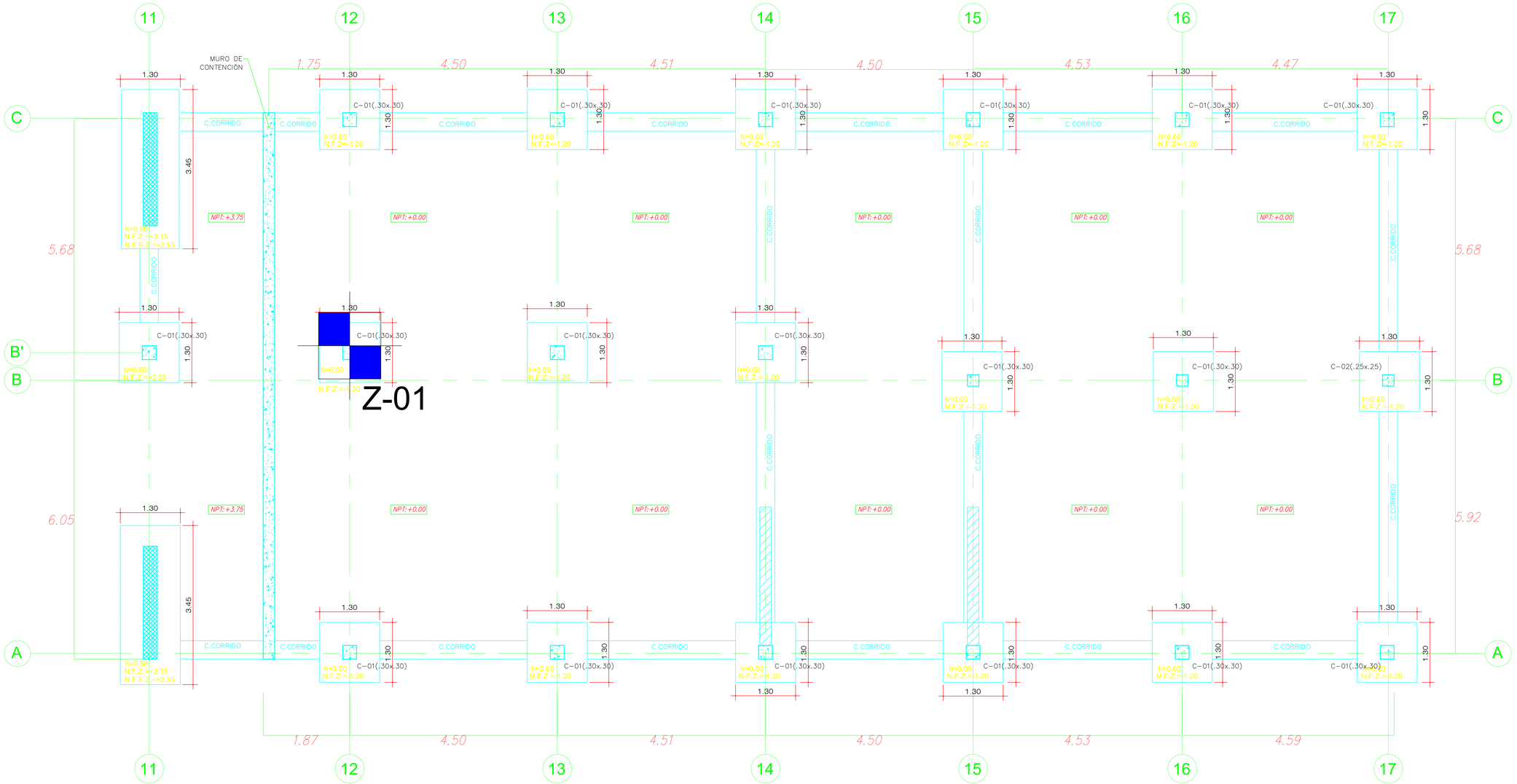


SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

Figura 16. Medidas de zapata en los servicios administrativos, UNE.

ANEXO 05

PLANO DE UBICACIÓN



PLANTA DE CIMENTACIÓN

esc: 1/50

- Columnas
- Placas
- Muros de Albañilería
- Cimentación

LEYENDA

AUSCULTACIÓN

Z-01

SILVIA MONICA VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N°77277

FIRMA DE PROFESIONALES :	ESPECIALISTA : HVS INGENIEROS CONSULTORES SAC www.hvs.com.pe	PROPIETARIO : UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	NOTAS : 1.PARA EL TRAZO EN OBRA, TODAS LAS COTAS Y NIVELES DEBERÁN VERIFICARSE CON LA ÚLTIMA VERSIÓN DE ARQUITECTURA O LO QUE CORRESPONDA SEGÚN EL CASO. 2. PARA UNA MEJOR VISUALIZACIÓN, LAS BARRAS DE REFUERZO NO ESTAN DIBUJADAS EN SU POSICIÓN REAL, POR TANTO SE DEBERÁ DETERMINAR SU UBICACIÓN SEGÚN LOS RECUBRIMIENTOS LIBRES Y ESPACIAMIENTOS MÁXIMOS INDICADOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	DISEÑO: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA HECHO: D. SOTELO REVISIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA APROBACIÓN: M.VILLANUEVA – C.VILLANUEVA	PROYECTO : EDIFICIO N°32	PLANO : VISTA EN PLANTA DE LEVANTAMIENTO - CIMENTACIÓN	ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS FECHA: OCTUBRE 2022	LAMINA: L-16 DE: 16 DE 22	REVISION: 0 ESCALA: INDICADA

ANEXO 18: Informe Técnico Ensayo no Destructible Esclerometria - Resistencia del Concreto

INFORME TÉCNICO

ENSAYO NO DESTRUCTIBLE

ESCLEROMETRÍA – RESISTENCIA DEL CONCRETO

Proyecto:

Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle

CLAUDIA DEL PILAR
VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 82722

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 4

1. ALCANCE 4
2. UBICACIÓN 4
3. ANTECEDENTES 5
4. ENSAYO DE ESCLEROMETRIA 5

4.1. Fundamento Teórico 5

4.2. Elección de los elementos a analizar 7

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS 8
6. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 9
8. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS 15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro Resumen de los ensayos de esclerometría en edificios. 8

INTRODUCCIÓN

1. ALCANCE

El alcance del presente informe está definido por las limitaciones de la técnica del ensayo de esclerometría para determinar la resistencia del concreto del Edificio N°30 Bloque A, Edificio N°30 Bloque B y Edificio N°32 de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle (columnas y una zapata). Se concluirá el informe brindando las conclusiones y recomendaciones basadas en la observación visual y resultados de las pruebas de esclerometría.

2. UBICACIÓN

Instalaciones de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle que se encuentra ubicado en enrique guzmán y valle N° 951, distrito de Lurigancho - Chosica, Lima.

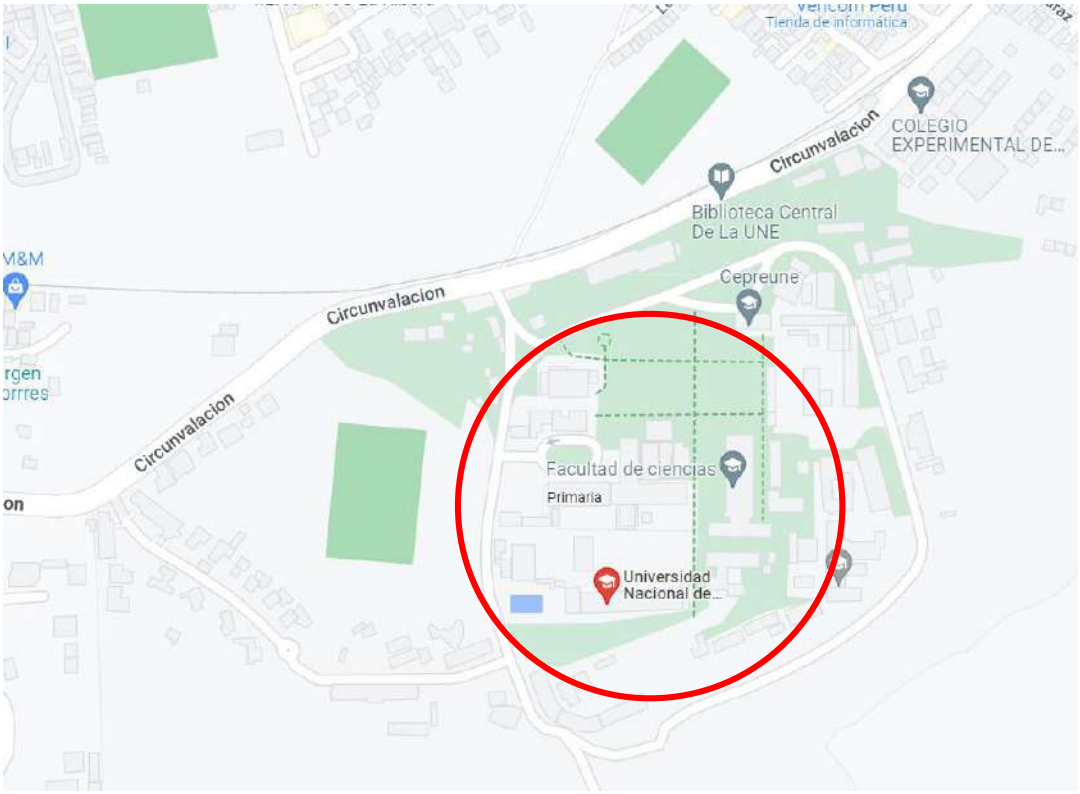


Ilustración 1. Ubicación del proyecto "Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la UNE".

3. ANTECEDENTES

El cliente requiere hacer un estudio del estado actual del Edificio N°30 Bloque A, Edificio N°30 Bloque B y Edificio N°32 de los servicios administrativos de la UNE, para ello se realizó pruebas no destructivas en columnas y zapata de concreto armado que conforma el edificio N°30 Bloque A, edificio N°30 Bloque B y edificio N°32, con el fin de conocer el estado actual de este material, conocer la resistencia del concreto por medio del rebote del equipo (esclerómetro) y realizar la evaluación estructural respectiva.

4. ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

Los ensayos de resistencia de concreto por el método del esclerómetro se han constituido en un método no destructivo rápido para estimar las resistencias de estructuras de concreto. Siendo un aparato sólido, de funcionamiento seguro, manejo muy sencillo que permite realizar ensayos no destructivos.

En 1950 se diseñó el primer esclerómetro para la medición no destructiva del hormigón. Patentado con el nombre Schmidt, su valor de rebote "R" permite medir la dureza de este material. Se ha convertido en el procedimiento más utilizado, a nivel mundial, para el control no destructivo en concreto. Además, se emplean para evaluar la uniformidad del concreto in situ, delinear zonas de hormigón deteriorado o de baja calidad o estimar el desarrollo de resistencias in situ.

4.1. Fundamento Teórico

Debido a su simplicidad, velocidad y bajo costo el ensayo de número de rebote es el ensayo no destructivo para concreto armado más utilizado. El esclerómetro mide la dureza superficial del hormigón. Más específicamente, se evalúa la resistencia del material, es decir su habilidad para absorber energía cuando es deformado elásticamente y liberar esa energía tras ser descargado. El número de rebote es afectado por el ángulo que forma el punzón con la superficie en contacto que determina la influencia de la gravedad en el rebote.

El martillo recibe la energía potencial almacenada en el resorte calibrado y se desliza por una barra guía hasta golpear al punzón de impacto en contacto con el hormigón que rebota proporcionalmente a la rigidez del espécimen. Un indicador se desplaza en una escala graduada debido al movimiento de rebote.

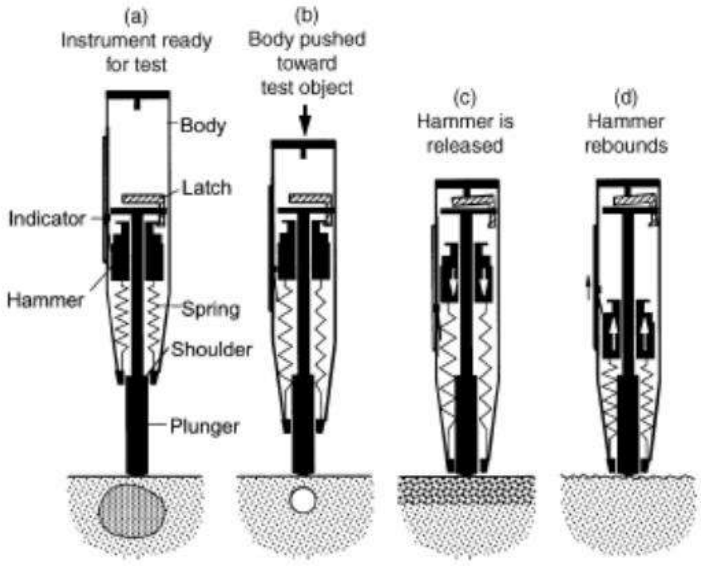


Ilustración 2. Esquema de la operación del esclerómetro (ACI Committee 228, 2003).

El número de rebote R corresponde a la energía del impacto no absorbida por el hormigón. Se calcula según la raíz de la razón entre la energía potencial elástica de rebote y la 13 energía inicial:

$$R = \sqrt{\frac{e_{rebote}}{e_{inicial}}} \times 100 = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}Kx_R{}^2}{\frac{1}{2}Kx_0{}^2}} \times 100 = \frac{x_R}{x_0} \times 100$$

donde K es la constante del resorte, Xo es el desplazamiento al inicio del impacto y X_R es el desplazamiento de rebote.

La energía absorbida depende de la relación esfuerzo-deformación del concreto en el rango elástico, es decir su rigidez. Un hormigón de baja resistencia y rigidez absorberá una mayor cantidad de energía que un hormigón de alta resistencia y rigidez, resultando en un número

de rebote menor. El principal factor para considerar es que el número de rebote es muy sensible a las propiedades locales del concreto.

El ensayo refleja las propiedades superficiales del hormigón (alrededor de 3 cm).

Con referencia a la ilustración 2:

- Cuando el punzón se ubica sobre agregado fuerte se obtendrá un número de rebote inusualmente alto (a).
- Cuando el punzón se ubica sobre vacíos o sobre agregado débil se obtendrá un número de rebote inusualmente bajo (b).
- El número de rebote depende de las características superficiales del hormigón por lo que puede no ser representativo de todo el elemento (c).
- Cuando el ensayo es realizado en una superficie rugosa puede ocurrir fisuración local que conlleva a obtener un número de rebote menor (d).

De ser necesario es recomendable alisar la superficie con una piedra abrasiva o una amoladora. Se debe tener especial atención cuando se utilicen elementos fundidos con encofrado de materiales distintos que dejan acabados diferentes.

Durante el ensayo se debe asegurar que los especímenes sean lo suficientemente pesados o de preferencia deben estar empotrados para evitar cualquier movimiento debido al impacto que causa lecturas menores. Un esclerómetro estándar puede ser usado en superficies de elementos de al menos 100 mm de espesor.

Los resultados son afectados por varios factores que deben ser considerados para la interpretación de los resultados. La humedad superficial tiene un impacto importante en el número de rebote obtenido en relación inversa con la predicción de la resistencia a la compresión del hormigón.

4.2. Elección de los elementos a analizar

Se realizó los ensayos según lo indicado en la descripción del servicio. Los ensayos se realizaron en espacios de accesibilidad es por ello que se analizó las columnas de cada

edificio y en una zapata del edificio N°32. Adicionalmente al ensayo de esclerometría se complementa con el ensayo de ultrasonido.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizó ensayos a columnas de cada edificio y una zapata en el edificio N°32, debido al fácil acceso y a lo analizado previamente en los otros ensayos para poder determinar la resistencia del concreto.

Tabla 1: Cuadro Resumen de los ensayos de esclerometría en edificios.

ELEMENTO	F'c (kg/cm2) de diseño	F'c (kg/cm2) admisible (85%)	F'c (kg/cm2) ensayo	CONDICIÓN
EDIFICIO N°32				
COLUMNA 1	170	145	378	OK
			386	OK
			360	OK
COLUMNA 2	170	145	322	OK
			378	OK
			314	OK
COLUMNA 3	170	145	271	OK
			221	OK
			182	OK
EDIFICIO N°30-A				
COLUMNA 1	170	145	230	OK
			152	OK
			160	OK
COLUMNA 2	170	145	323	OK
			206.5	OK
			238.5	OK
EDIFICIO N°30-B				
COLUMNA 1	170	145	160	OK
			174	OK
			160	OK
COLUMNA 2	170	145	176	OK
			176	OK
			168	OK

EDIFICIO N°32				
ZAPATA 1	210	179	336	OK
			327	OK
			370	OK

6. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

- Los resultados de la resistencia de concreto nos dieron valores que se encuentran por encima del f'c admisible que equivale al 85% del f'c del diseño que se estipula en la Norma E-060 – Concreto.

- Los resultados obtenidos para el caso de las columnas del edificio N°32, cumplen satisfactoriamente con el f'c de diseño ya que los resultados superaron los 170 kg/cm2 que se usó en el análisis estructural, cabe resaltar que se tomó 3 ensayos en diferentes zonas del elemento estructural para poder obtener un certero resultado. En este caso, se puede definir al concreto como bueno.

- Los resultados obtenidos para el caso de las columnas del edificio N°30 A, cumplen satisfactoriamente con el f'c de diseño ya que los resultados superaron los 170 kg/cm2 que se usó en el análisis estructural, cabe resaltar que se tomó 3 ensayos en diferentes zonas del elemento estructural para poder obtener un certero resultado. En este caso, se puede definir al concreto como regular ya que los valores son por debajo de 210 kg/cm2.

- Los resultados obtenidos para el caso de las columnas del edificio N°30 B, cumplen con el f'c admisible de diseño ya que los resultados superaron los 145 kg/cm2 que es el 85% del f´c de diseño que se ha usado (170 kg/cm2), cabe resaltar que se tomó 3 ensayos en diferentes zonas del elemento estructural para poder obtener un certero resultado. En este caso, se puede definir al concreto como malo ya que los valores oscilan en 170 kg/cm2.

- Los resultados obtenidos para el caso de la zapata del edificio N°32, cumplen satisfactoriamente con el f'c de diseño ya que los resultados superaron los 210 kg/cm2

que se usó en el análisis estructural, cabe resaltar que se tomó 3 ensayos en diferentes zonas del elemento estructural para poder obtener un certero resultado. En este caso, se puede definir al concreto como “bueno” ya que los valores superan notablemente los 210 kg/cm2.

- Adicionalmente al ensayo realizado, se realizó ensayo de ultrasonido y diamantinas, para poder corroborar los ensayos y correlacionados, es por ello que en los 3 ensayos la resistencia de concreto supera los 170 kg/cm2 en el caso de las columnas y 210 kg/cm2 en el caso de zapata. Concluyendo que la estructura presenta un concreto de alta resistencia para el edificio N°32 y baja resistencia para el edificio N°30 A y B, a pesar de ello, cumple con lo mínimo permitido que especifica en la norma.

- Los ensayos de esclerometría han sido complementados con los ensayos de ultrasonido (ver planos del levantamiento S-01, S-02, S-03, S-04)

7. PANEL FOTOGRÁFICO



Ilustración 3. Ensayo de Esclerometría C1 – Edificio N°32.



Ilustración 4. Ensayo de Esclerometría C2 – Edificio N°32.



Ilustración 5. Ensayo de Esclerometría C3 – Edificio N°32.



Ilustración 6. Ensayo de Esclerometría C1 – Edificio N°30-A.



Ilustración 7. Ensayo de Esclerometría C2 – Edificio N°30-A.



Ilustración 8. Ensayo de Esclerometría C1 – Edificio N°30-B.



Ilustración 9. Ensayo de Esclerometría C2 – Edificio N°30-B.



Ilustración 10. Ensayo de Esclerometría Zapata – Edificio N°32.

8. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS

EDIFICIO N°30 – BLOQUE A

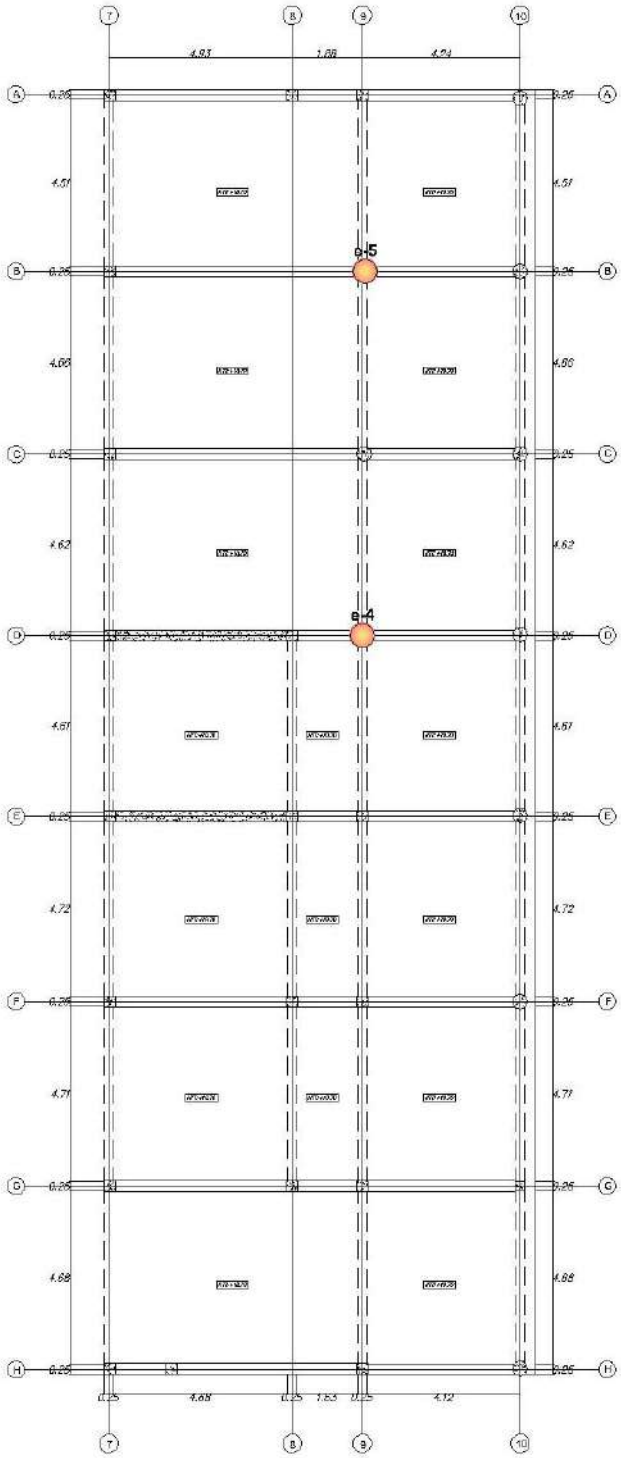


Ilustración 11. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Techo Piso 2 – Edificio N°30 – BLOQUE A.

EDIFICIO N°30 – BLOQUE B

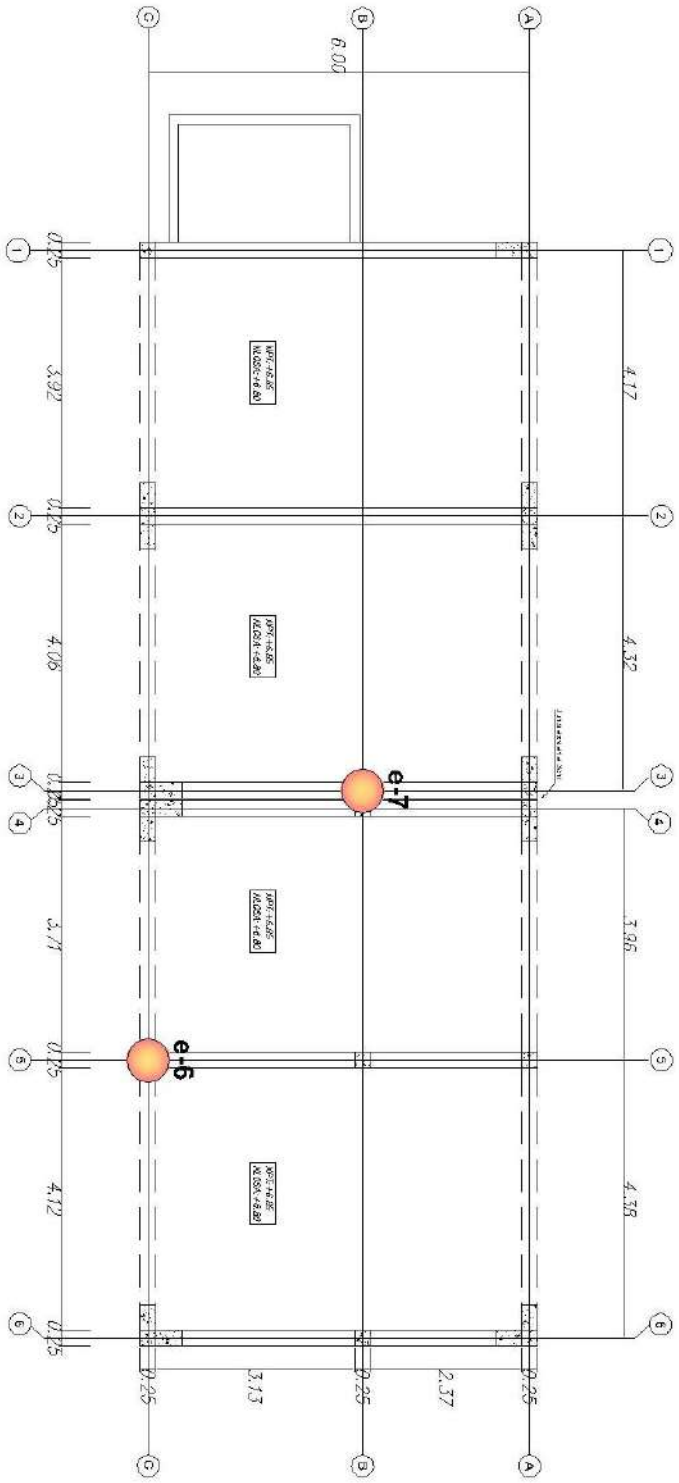


Ilustración 12. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Techo Piso 1 – Edificio N°30 – BLOQUE B.

EDIFICIO 32

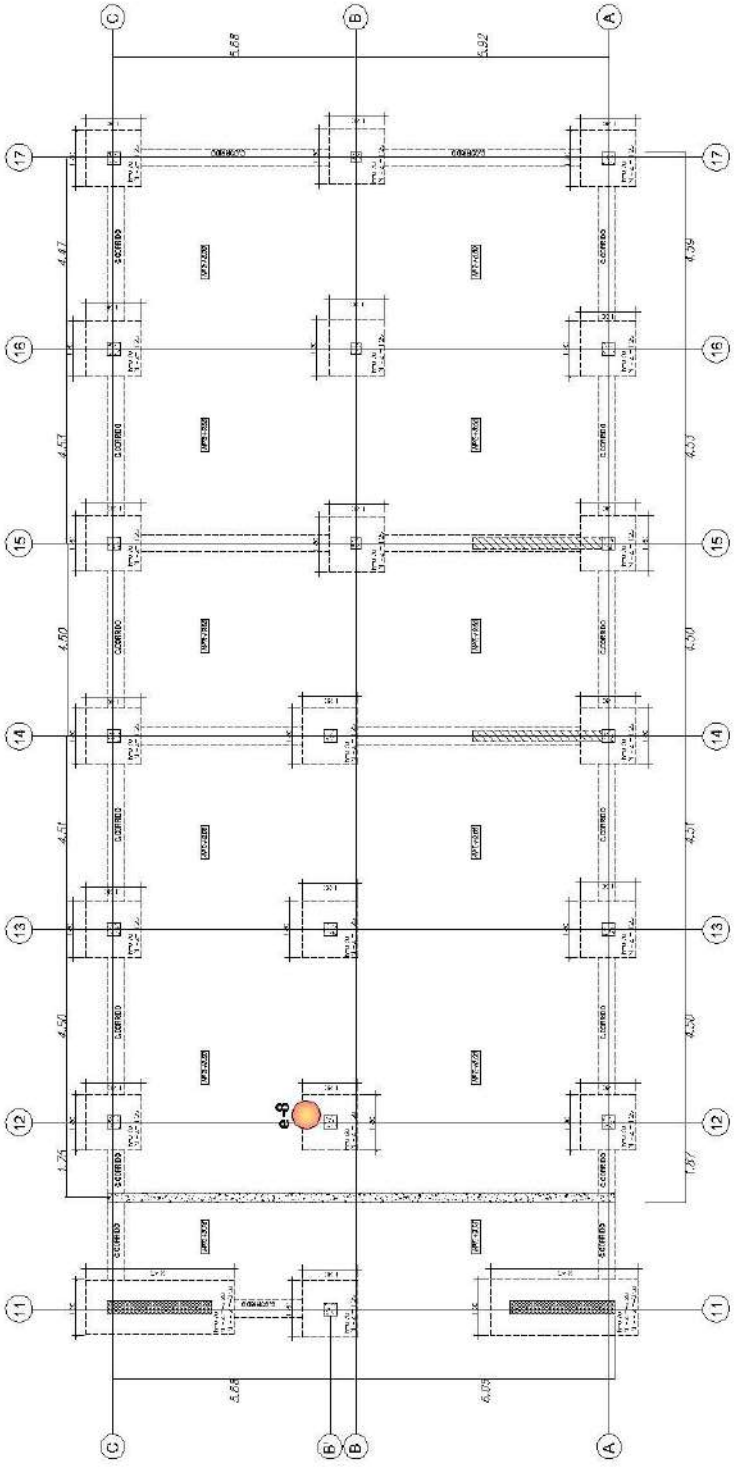


Ilustración 13. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Cimentación – Edificio N°32.

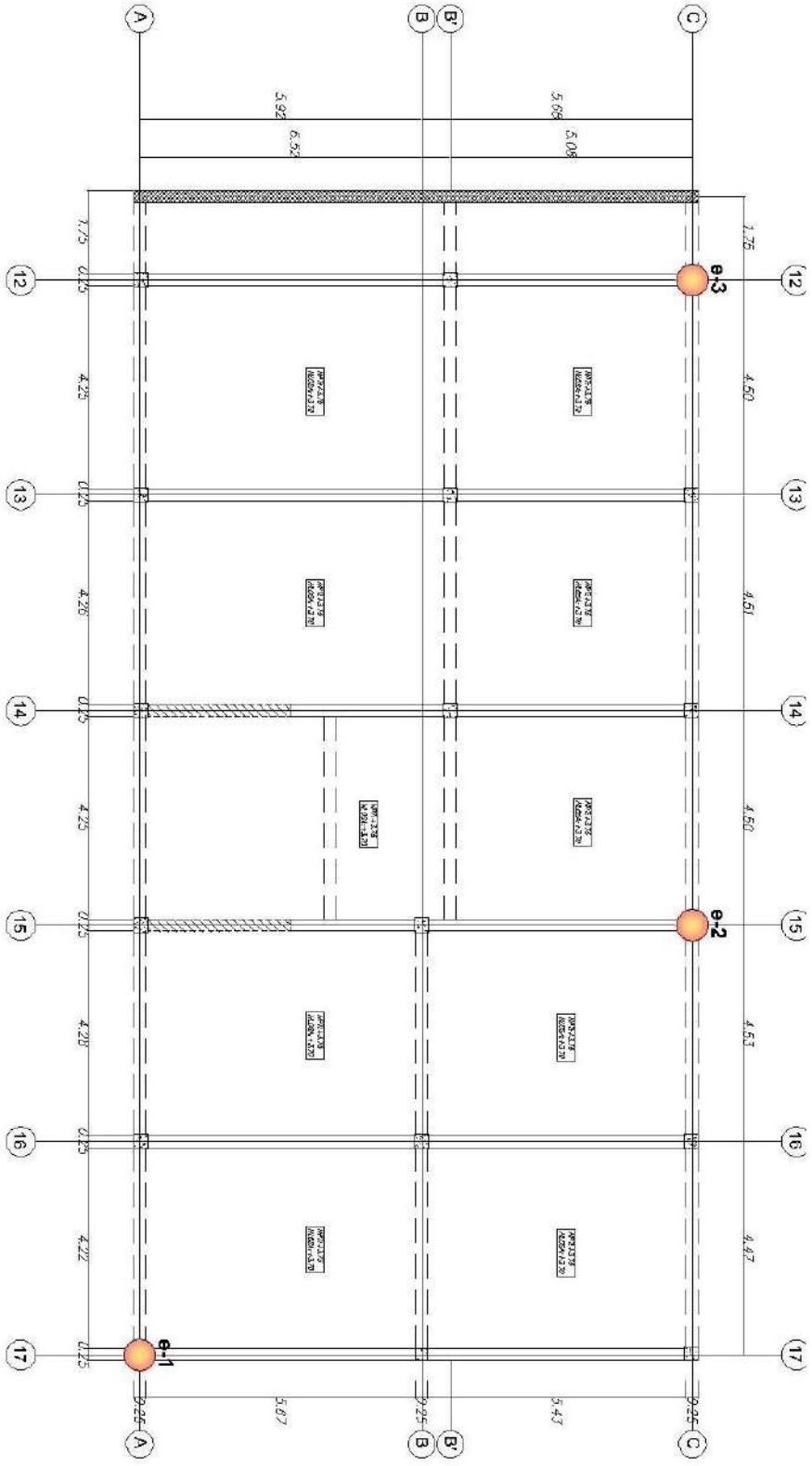


Ilustración 14. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Techo del Piso 1 – Edificio N°32.

ANEXO 19: Informe Técnico Ensayo de Ultrasonido Resistencia del Concreto

HVS
INGENIEROS CONSULTORES S A C

INFORME TÉCNICO
ENSAYO DE ULTRASONIDO
RESISTENCIA DEL CONCRETO

Proyecto:

Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle

CLAUDIA DEL PILAR
VILLANUEVA FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 82722

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 4

1. ALCANCE 4

2. UBICACIÓN 4

3. ANTECEDENTES 5

4. ENSAYO DE ULTRASONIDO 5

4.1. Aplicación para determinar el módulo de elasticidad dinámico 5

4.2. Fundamento Teórico 6

4.3. Relación de la velocidad ultrasónica con las propiedades del material 8

4.4. Elección de los elementos a analizar 11

5. TOMA DE DATOS 12

6. ANALISIS DE RESULTADOS 18

7. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES 21

8. PANEL FOTOGRAFICO 23

9. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS 26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación cualitativa del material en base a la velocidad de pulso. 8
Tabla 2: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C1 18
Tabla 3: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C2 18
Tabla 4: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C3 18
Tabla 5: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C4 18
Tabla 6: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C5 19
Tabla 7: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C6 19
Tabla 8: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna Intermedia 19
Tabla 9: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Viga V1 19
Tabla 10: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Viga V2 20
Tabla 11: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Viga V3 20

INTRODUCCIÓN

1. ALCANCE

El alcance del presente informe está definido por las limitaciones de la técnica de ultrasonido para determinar la resistencia a la compresión (f’c) y la calidad del concreto en el Edificio N°30 Bloque A, Edificio N°30 Bloque B y Edificio N°32 de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle (vigas y columnas). Se concluirá el informe brindando las conclusiones y recomendaciones basadas en la observación visual y resultados de las pruebas de ultrasonido en los elementos de concreto armado.

2. UBICACIÓN

Instalaciones de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle que se encuentra ubicado en enrique guzmán y valle N° 951, distrito de Lurigancho - Chosica, Lima.

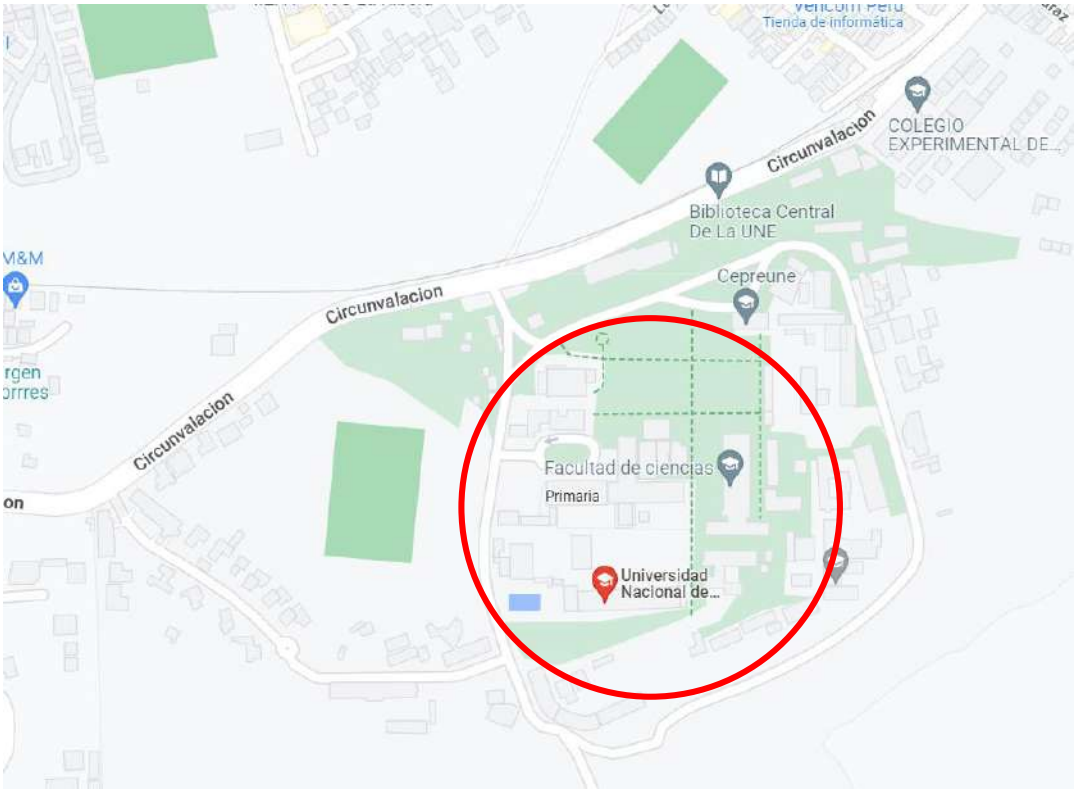


Ilustración 1. Ubicación del proyecto “Mejoramiento de los servicios administrativos como apoyo a la actividad académica de la UNE".

3. ANTECEDENTES

El cliente requiere hacer un estudio del estado actual del Edificio N°30 Bloque A, Edificio N°30 Bloque B y Edificio N°32 de los servicios administrativos de la UNE, para ello se realizó pruebas no destructivas en columnas y vigas del concreto armado que los conforman, con el fin de conocer el estado actual de este material, conocer la resistencia a la compresión actual y realizar la evaluación estructural respectiva.

4. ENSAYO DE ULTRASONIDO

4.1. Aplicación para determinar el módulo de elasticidad dinámico

Una de las propiedades del concreto en zona de alta sismicidad, resulta ser el módulo de elasticidad; en general el módulo de elasticidad de un material resulta ser una constante elástica, que relaciona los esfuerzos a los que está sometido el material con las deformaciones unitarias en el rango de comportamiento elástico; y representa la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el mismo.

En general, cuando la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria a la que está sometido el material es lineal, constante y los esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de proporcionalidad, el material tiene un comportamiento elástico que cumple con la Ley de Hooke. El concreto para bajos niveles de carga, podría considerarse que cumple con la Ley de Hooke.

Los materiales elásticos isótropos quedan caracterizados por un módulo y un coeficiente elásticos (o razón entre dos deformaciones). Es decir, conocido el valor de uno de los módulos elásticos y el coeficiente de Poisson se puede determinar los otros módulos elásticos. Los materiales ortótropos o anisotrópicos requieren un número de constantes elásticas mayor.

El módulo de elasticidad es uno de los valores más importantes en el diseño de estructuras de concreto reforzado, puesto que este influye de manera determinante en las deflexiones, las distorsiones de entrepiso y en rigidez de una estructura; así mismo, el uso masivo de concreto como principal material de construcción hacen indispensable conocer todas sus propiedades mecánicas para tener diseños acertados de los proyectos de construcción.

En general, un punto importante del análisis y diseño de estructuras está asociado con las deformaciones que causan las cargas aplicadas a la estructura; de ahí que resulta importante evitar las deformaciones grandes que puedan impedir que la estructura cumpla con el propósito para el cuál se concibió, pero el análisis de deformaciones puede emplearse también para el cálculo de los esfuerzos asociados a cualquier tipo de acciones, lo que resulta especialmente importante en estructuras hiperestáticas.

4.2. Fundamento Teórico

Los ensayos de ultrasonido realizados en el edificio N°30 A, B y Bloque 32 de los servicios administrativos de la UNE están basados en el principio que la velocidad de propagación de onda de tipo compresional en un medio determinado depende de las propiedades elásticas y de la densidad de dicho medio. Para un medio sólido, homogéneo y de comportamiento elástico la velocidad de propagación de una onda compresional es dada por la siguiente expresión:

$$V = \sqrt{\frac{KE}{\rho}}$$

Donde:

V: *Velocidad de onda compresional.*

K: $\frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}$

E: *Módulo de elasticidad dinámico.*

ρ: *Densidad.*

μ: *Relación de Poisson dinámica.*

El transmisor del equipo de ultrasonido emite una onda al interior de la masa de concreto al estar en contacto con la superficie de elemento estructural, la onda viaja a través del material y es recibida por el receptor que se encuentra a cierta distancia (L) del transmisor; el

instrumento de medición registra el tiempo de viaje de la onda a través del concreto (Δt). Por lo que la velocidad, de la onda compresional, será dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{L}{\Delta t}$$

La onda de compresión transmitida a través del concreto sufre dispersión de numerosas zonas de contacto entre agregado y pasta de cemento, con el transcurso del pulso de onda que llega al receptor está transformado en una forma compleja de onda que contiene múltiples ondas de compresión reflejadas y ondas de cortante, por supuesto, considerando que la velocidad de propagación de las ondas de compresión es mayor a las ondas de cortante, son las primeras quienes llegan más rápido al receptor.

Existen tres métodos para realizar el ensayo de ultrasonido, dependiendo de la posición del transmisor y receptor: método directo, método semidirecto y método indirecto. A continuación, se muestra los tres métodos y la posición del transmisor y receptor para cada uno de ellos.

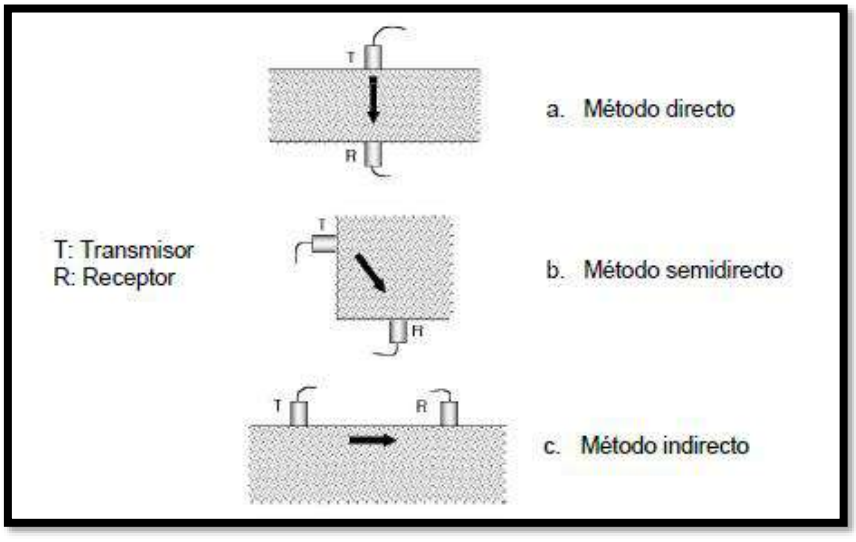


Ilustración 2: Métodos de ensayo de ultrasonido.

El método directo es el más apropiado y confiable ya que se transmite la máxima energía de pulso de onda. El método semidirecto es menos confiable que el método directo, y la distancia entre el transmisor y receptor no debe ser grande ya que el pulso transmitido puede atenuarse

y la señal no llega a ser detectada por el receptor. Este método puede usarse para evitar la concentración de barras de reforzamiento. El método indirecto es el menos confiable y preciso debido a que la amplitud de la señal recibida es mucho menor que la medida en el método directo.

Tabla 1: Clasificación cualitativa del material en base a la velocidad de pulso.

Condición General	Velocidad de Pulso V (m/s)
Excelente	V>4570
Bueno	3650<V<4570
Cuestionable	3050<V<3650
Pobre	2130<V<3050
Muy Pobre	V<2130

4.3. Relación de la velocidad ultrasónica con las propiedades del material

La velocidad del sonido es usualmente el parámetro ultrasónico más fácil de medir en un medio homogéneo, está directamente relacionado con el módulo de elasticidad, densidad del material, módulo de Poisson, y el grado de homogeneidad. Según el tipo de onda la velocidad también es diferente. La velocidad se relaciona con la longitud y frecuencia de onda de la siguiente manera:

$$V = f$$

$$V = \frac{1}{f}$$

$$Entonces: f = \frac{1}{T}$$

Según la velocidad del sonido, la distancia recorrida por éste es:

$$s = \frac{VT}{2}$$

Las velocidades de las ondas longitudinales y transversales también están influenciadas por las propiedades de los materiales, así por ejemplo en el acero SAE 1020 la velocidad de la onda longitudinal es 5,89 x10^5 cm/s y la transversal 3,24x10^5 cm/s; en el acero AISI 430 la longitudinal es 6,01x10^5 cm/s y transversal 3,36x10^5 cm/s. De lo mencionado las constantes más importantes del material como módulo de elasticidad, cizallamiento y de Poisson están relacionadas con la velocidad de onda de la siguiente manera:

$$E = \frac{(3V_L^2 - 4V_T^2)V_T^2 d}{V_L^2 - V_T^2}$$

$$G = V_T^2 d$$

$$m = \frac{V_L^2 - 2V_T^2}{2(V_L^2 - V_T^2)}$$

ATENUACIÓN

Es la reducción del nivel de una señal, cuando pasa a través de un elemento; la intensidad de la energía aplicada disminuye con el espesor del material, siendo amortiguada en tasas diferentes según el tipo de material, la amortiguación se debe a los efectos interactivos de la densidad, dureza, viscosidad y estructura molecular. La atenuación en un material dado, normalmente, aumenta con la frecuencia y se mide en decibeles, pero también se puede medir en porcentajes. El principal mecanismo de la atenuación de la onda es la absorción, que retiene y convierte en calor a la energía, la relación entre estas dos variables se expresa de la siguiente manera.

$$E_x = E_0 e^{-kx}$$

$$k = \frac{16\rho^2 f^2 h}{3V^3 d}$$

DISPERSIÓN

Las ondas acústicas rebotan según el material que se examina. Los cambios son disímiles dependiendo de la concentración, estructura, orientación de las fibras, porosidad, tamaño de la partícula, y otras variaciones microestructurales que afectan la amplitud, la dirección, y la frecuencia de las señales de onda. Los efectos de dispersión también pueden ser monitoreados indirectamente observando los cambios de la amplitud del eco o una señal de onda de transmisión directa.

FRECUENCIA

Todos los materiales tienden a actuar hasta cierto punto como filtro al paso de la onda, atenuando o dispersándolo. Las ondas del sonido oscilan a una frecuencia específica, esto es, número de vibraciones o ciclos por segundo. El oído humano percibe hasta una frecuencia máxima de aproximadamente 20 000 ciclos por segundo (20 KHz), mientras la mayoría de las aplicaciones ultrasónicas utilizan frecuencias entre 500 000 y 1 000 000 de ciclos por segundo (500 KHz a 10 MHz).

Las frecuencias altas son menos eficientes en el aire y otros gases, en la mayoría de los líquidos y los materiales de ingeniería viajan libremente.

LONGITUD DE ONDA

Cualquier tipo de onda tendrá una longitud de onda asociada a la distancia entre dos puntos correspondientes de un ciclo de onda. La longitud de onda se relaciona con su frecuencia y

su velocidad por una ecuación simple. En la siguiente imagen se puede apreciar la longitud y periodo de una onda.

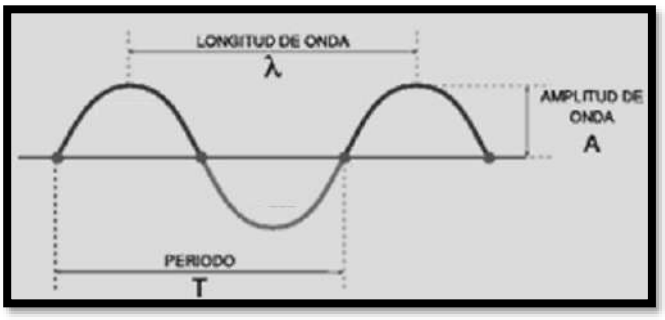


Ilustración 3: Periodo, longitud y amplitud de onda.

4.4. Elección de los elementos a analizar

Se realizó los ensayos según lo indicado en la descripción del servicio, pero adicionalmente a ello, se añadió mayor número de ensayos en los diferentes elementos estructurales (columna y viga). Los ensayos se realizaron en espacios de accesibilidad tanto a nivel de piso como a nivel de altura para el caso de las vigas.

5. TOMA DE DATOS

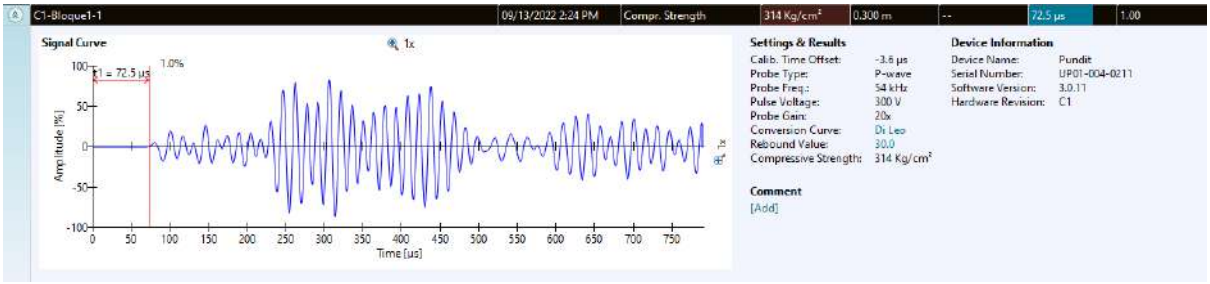


Ilustración 4. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C1.

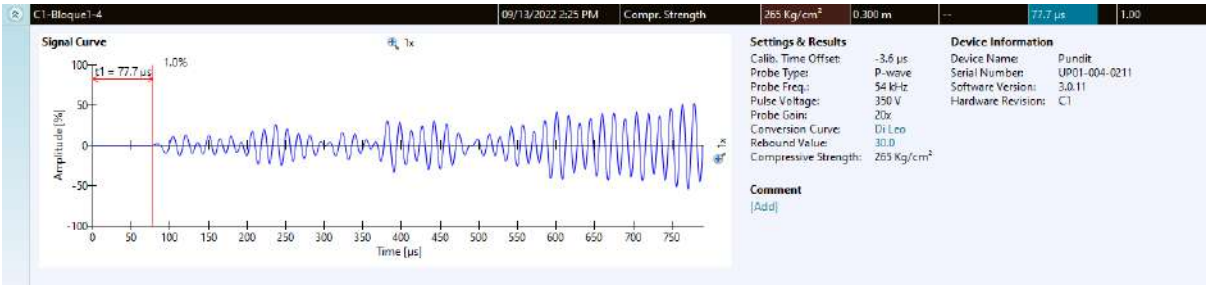


Ilustración 5. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C1.

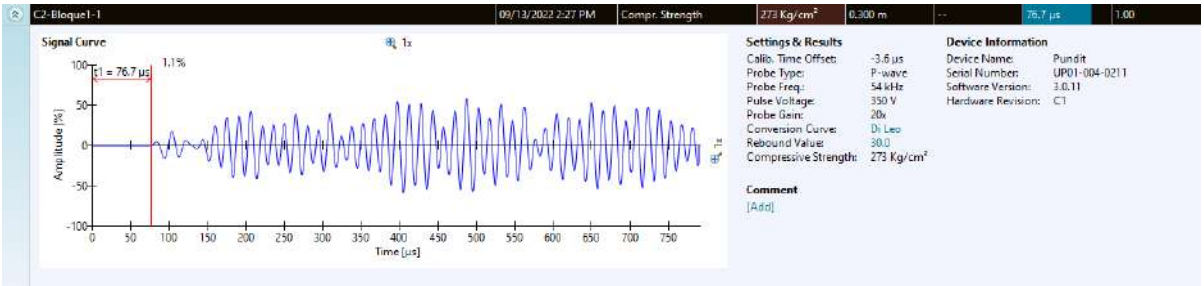


Ilustración 6. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C2.

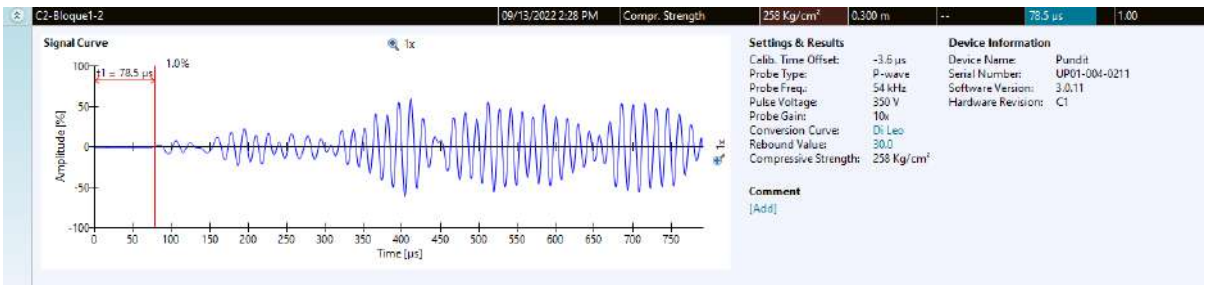


Ilustración 7. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C2.

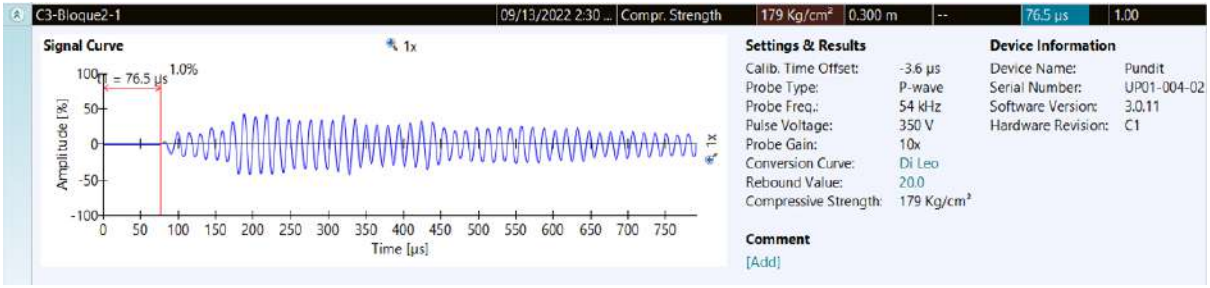


Ilustración 8. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C3.

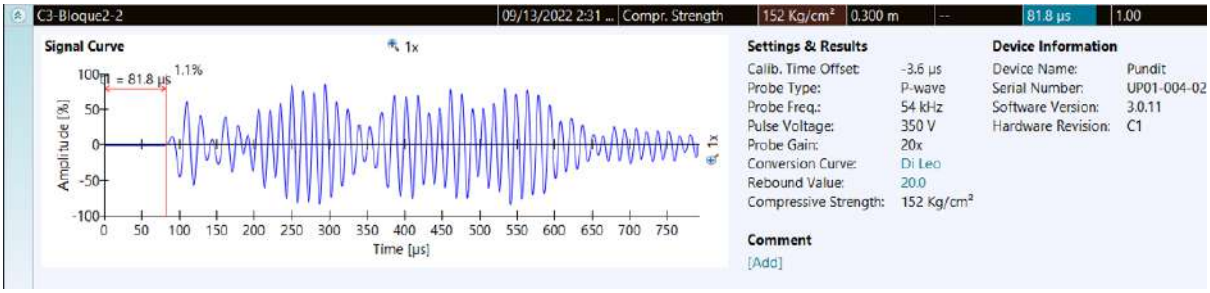


Ilustración 9. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Velocidad por pulso) – columna C3.

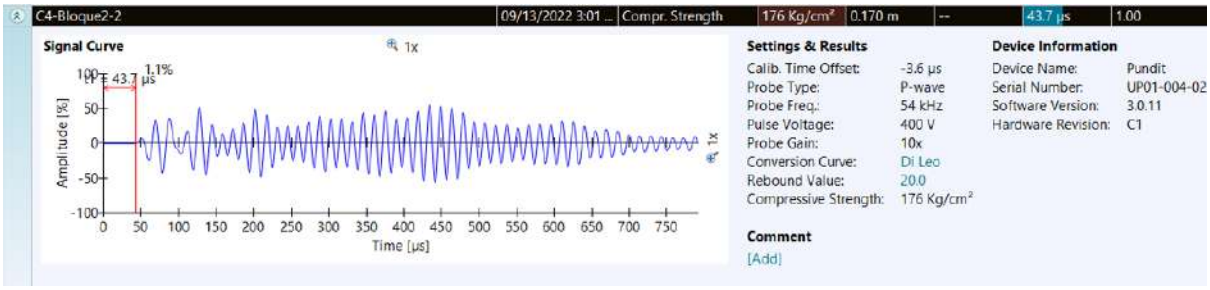


Ilustración 10. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C4.

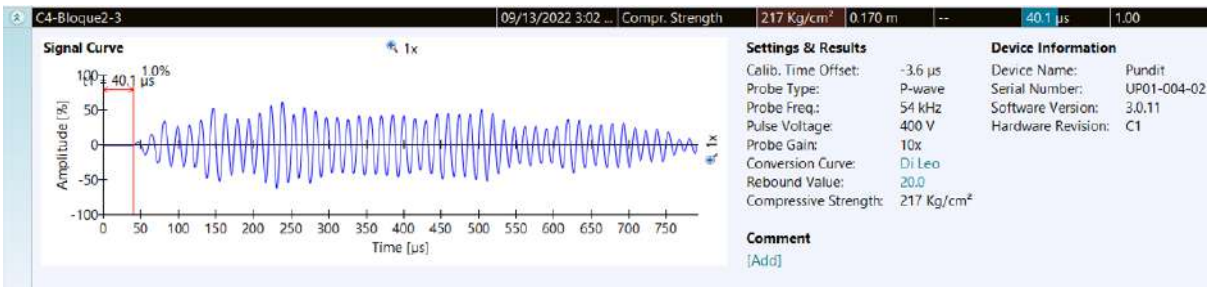


Ilustración 11. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C4.

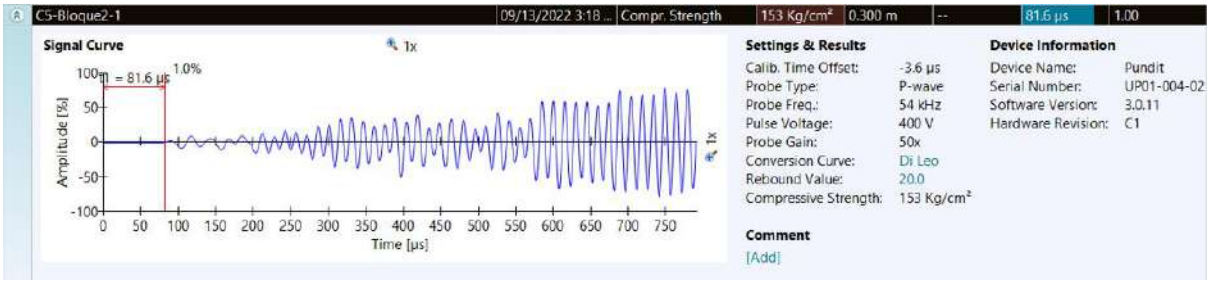


Ilustración 12. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C5.

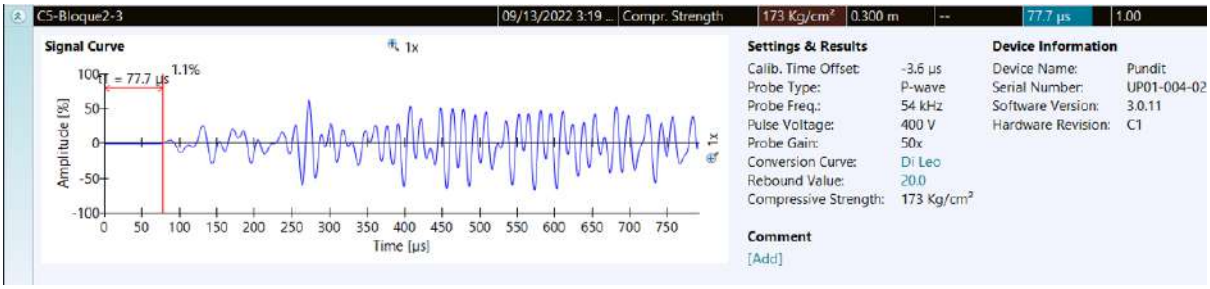


Ilustración 13. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C5.

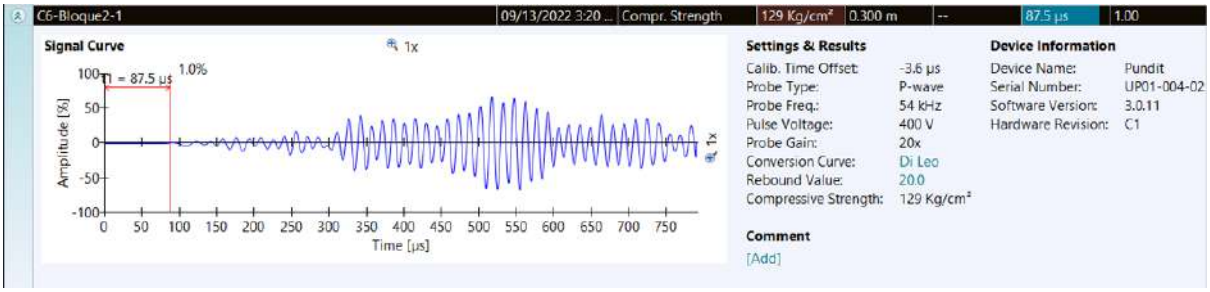


Ilustración 14. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C6.

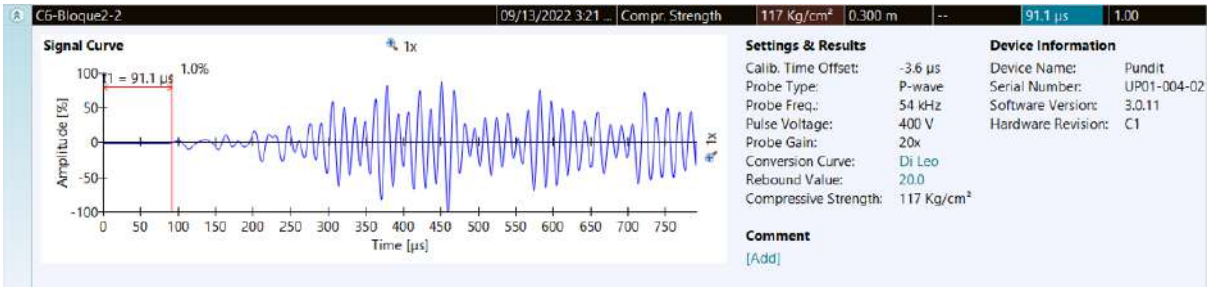


Ilustración 15. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna C6.

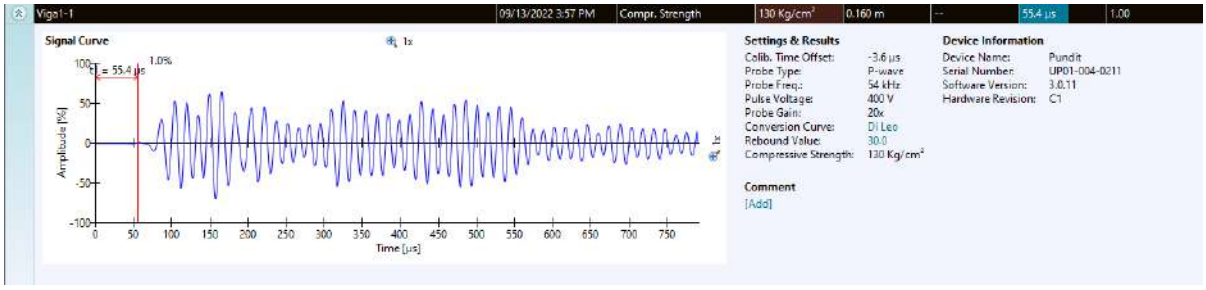


Ilustración 16. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – viga V1.

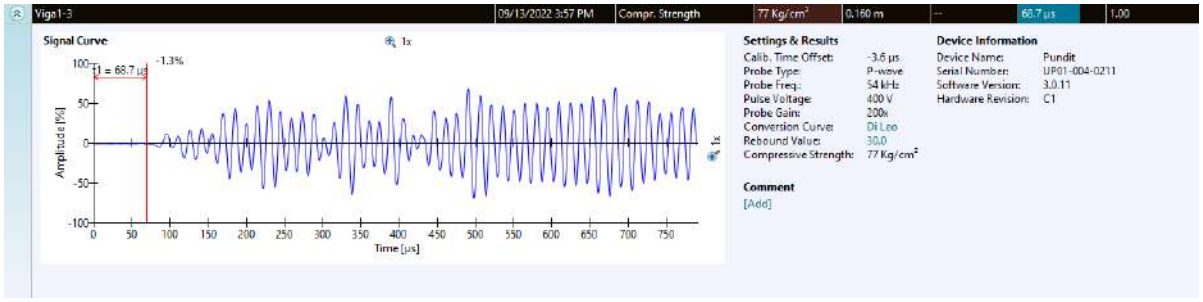


Ilustración 17. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – viga V1.

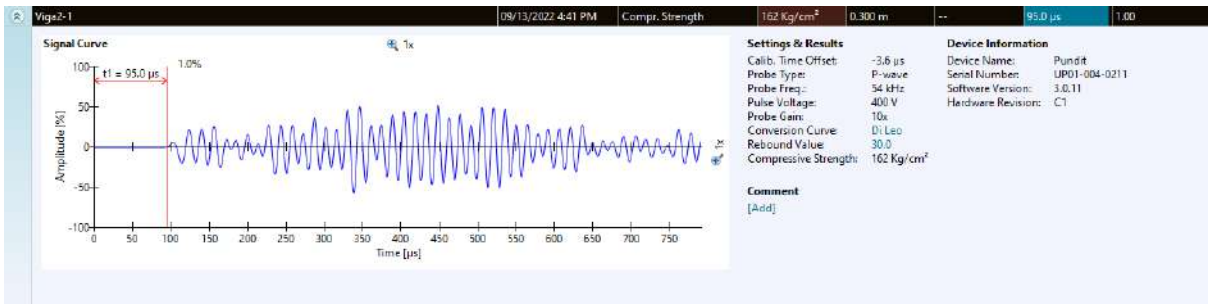


Ilustración 18. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – viga V2.

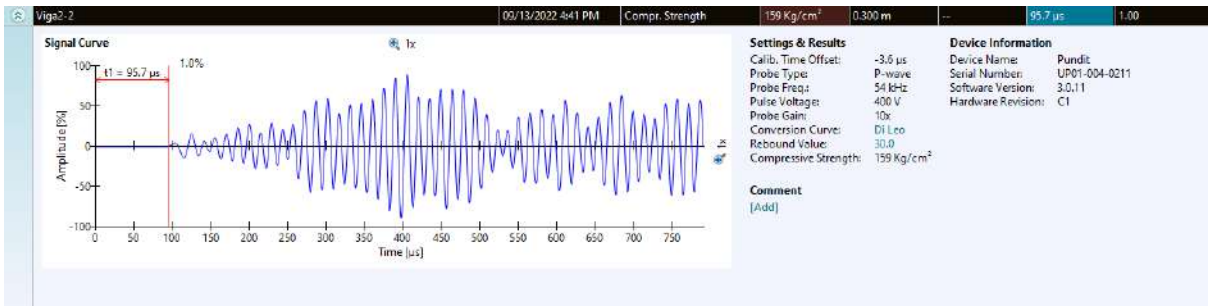


Ilustración 19. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – viga V2.

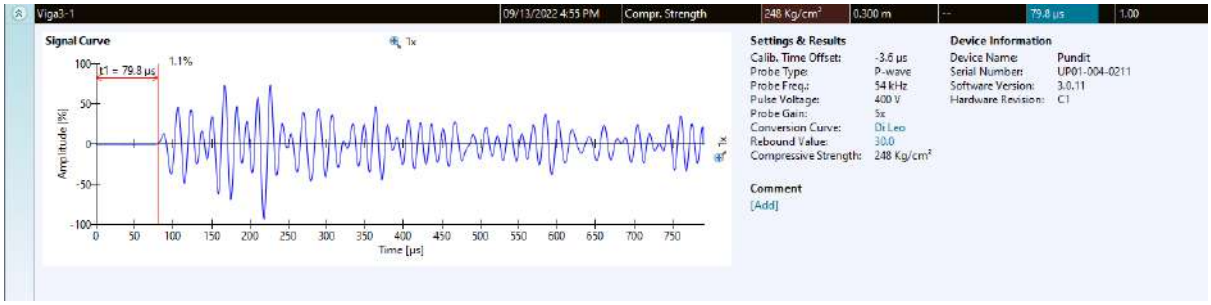


Ilustración 20. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – viga V3.

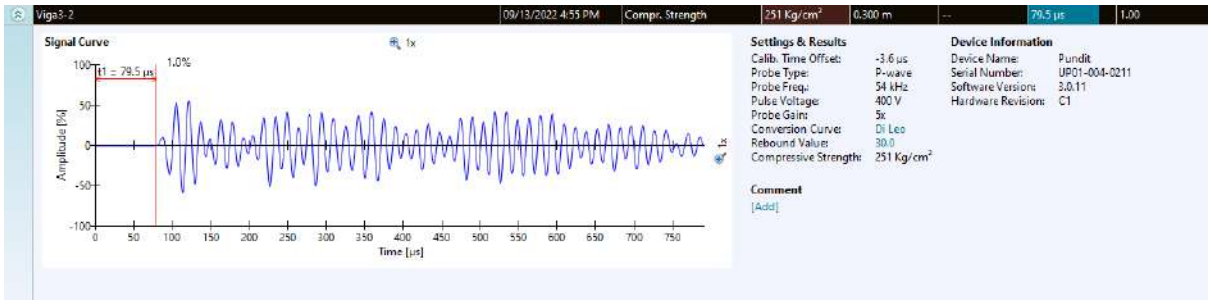


Ilustración 21. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – viga V3.

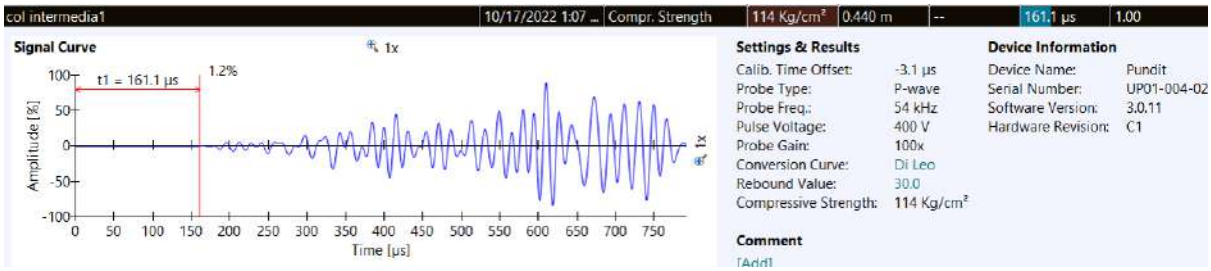


Ilustración 22. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna CIntermedia-1.

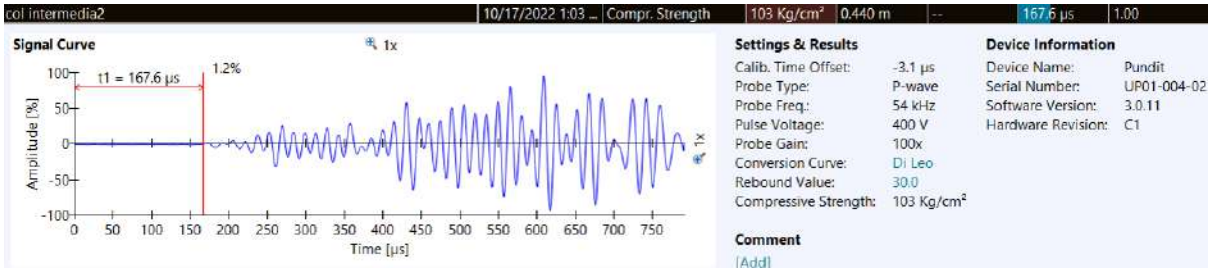


Ilustración 23. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna CIntermedia-2.

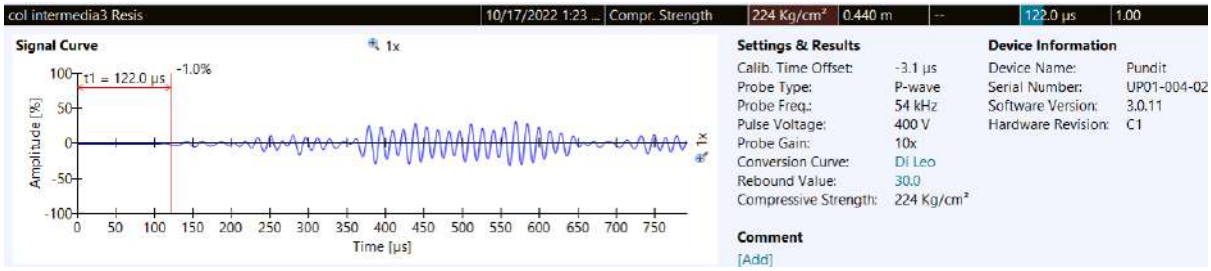


Ilustración 24. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna CIntermedia-3.

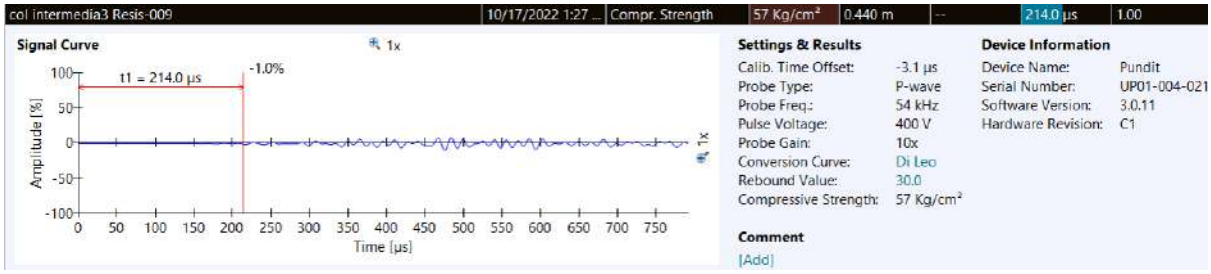


Ilustración 25. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna CIntermedia-4.

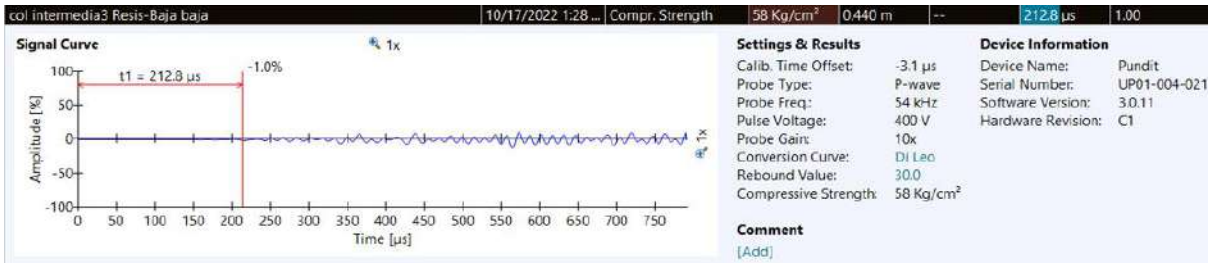


Ilustración 26. Resultados de las pruebas de ultrasonido (Resistencia a la compresión) – columna CIntermedia-5.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

Se realizó ensayos a columnas y vigas del edificio N°30-A, N°30-B y edificio N°32, para ello se analizó la resistencia del concreto, con el fin de conocer el estado del concreto.

Resultados del Edificio N°32:

Tabla 2: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C1

Columna C1			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	314	289.5
Punto 2		265	

Tabla 3: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C2

Columna C2			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	273	265.5
Punto 2		258	

Resultados del Edificio N°30-A:

Tabla 4: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C3

Columna C3			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	179	165.5
Punto 2		152	

Tabla 5: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C4

Columna C4			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	178	173
Punto 2		168	

Tabla 6: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C5

Columna C5			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	153	163
Punto 2		173	

Tabla 7: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna C6

Columna C6			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	129	123
Punto 2		117	

Tabla 8: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Columna Intermedia

Columna Intermedia			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	114	103
Punto 2		103	
Punto 3		224	
Punto 4		57	
Punto 5		58	

Tabla 9: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Viga V1

Viga V1			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	130	103.5
Punto 2		77	

Resultados del Edificio N°30-B:

Viga ubicada en el edificio N°30 B (B1)

Tabla 10: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Viga V2

Viga V2			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	162	160.5
Punto 2		159	

Viga ubicada en el edificio N°30 B (B2)

Tabla 11: Cuadro Resumen de los ensayos de ultrasonido Resistencia de Concreto Viga V3

Viga V3			
Elemento	**Distancia**	**Ri (kg/cm2)**	**R (kg/cm2)**
Punto 1	0.30 m.	248	249.5
Punto 2		251	

7. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

- Para poder dar una acertada opinión sobre la calidad del concreto armado, es importante identificar la ubicación exacta de las barras de refuerzo y hacer las mediciones de la velocidad en el concreto libre de influencia del acero.

- La resistencia a la compresión de las columnas del Edificio N°32 nos da un promedio de 277.5 kg/cm2, esto nos hace concluir que el concreto es de buena resistencia. Para comprobar si la resistencia cumple, debemos saber el f'c (**esfuerzo máximo de compresión)** del diseño. Ya que no se tiene ese dato, igual consideramos un f'c de diseño de 170 kg/cm2 para ser conservadores.

- La resistencia a la compresión de las columnas del Edificio N°30-A nos da una mediana de 164.25 kg/cm2, esto nos hace concluir que el concreto es de baja resistencia. Para comprobar si la resistencia cumple, debemos saber el f'c (**esfuerzo máximo de compresión)** del diseño. Ya que no se tiene ese dato, igual consideramos un f'c de diseño de 170 kg/cm2 de manera conservadora ya que el resultado obtenido y junto con los ensayos de esclerometria oscila en ese valor. En este caso hemos obtenido la mediana como un valor representativo de la columna del edificio N°30 - A ya que había un resultado alejado a los demás valores obtenidos por columna.

- La resistencia a la compresión de las vigas del edificio N°30 A y B, oscila entre los 100 a 250 kg/cm2 esto nos hace concluir que el concreto es de baja resistencia. Para comprobar si la resistencia cumple, debemos saber el f'c (**esfuerzo máximo de compresión)** del diseño. Ya que no se tiene ese dato, igual consideramos un f'c de diseño de baja resistencia de 120 kg/cm2 de manera conservadora ya que la mediana obtenida de los 3 ensayos nos salió 160 kg/cm2 como valor representativo de vigas más que el f'c que usaremos en el diseño.

- Por columna se realizó 2 tomas de resistencia de concreto el cual se promedió y obtuvimos un valor representativo por cada elemento analizado, como se analizaron varias columnas por edificio se obtuvo el promedio o mediana según la cantidad de elementos analizados que representaría la resistencia de la columna por edificio

analizado. Para el caso de las vigas se analizó de la misma manera, al final solo obtuvimos un valor representativo de las vigas en general.

- Hay casos donde los valores no son homogéneos esto se debe a la manera puntual de realizar los ensayos y que este puede ubicarse en zonas donde existan vacíos lo cual genera este tipo de resultados. Esto no significa que sea erróneo simplemente nos indica que localmente la zona presenta un material de vacíos.

8. PANEL FOTOGRAFICO



Ilustración 27. Identificando el acero longitudinal en la columna C2 – Edificio N°32.



Ilustración 28. Identificando el acero longitudinal en la columna C1 – Edificio N°32.



Ilustración 29. Ensayo de ultrasonido (Resistencia de Concreto) Columna C2 – Edificio N°30A.



Ilustración 30. Ensayo de ultrasonido (Resistencia de Concreto) Viga V1 – Edificio N°30B.



Ilustración 31. Ensayo de ultrasonido (Resistencia de Concreto) Columna C2 – Edificio N°32.

9. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS

EDIFICIO N°30 – BLOQUE A

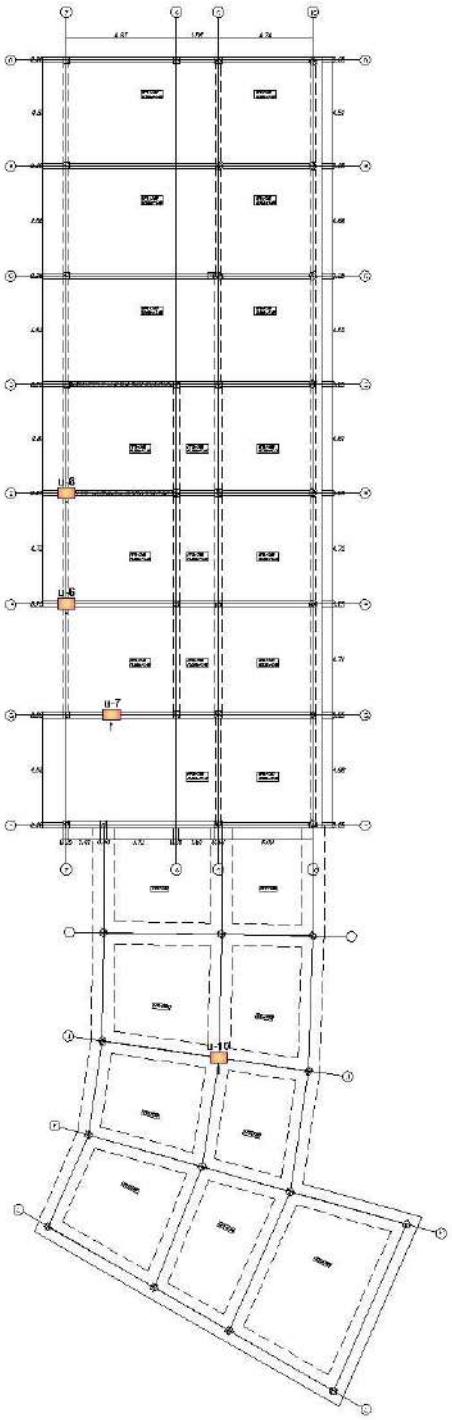


Ilustración 32. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Techo Piso 1 – Edificio N°30 – BLOQUE A.

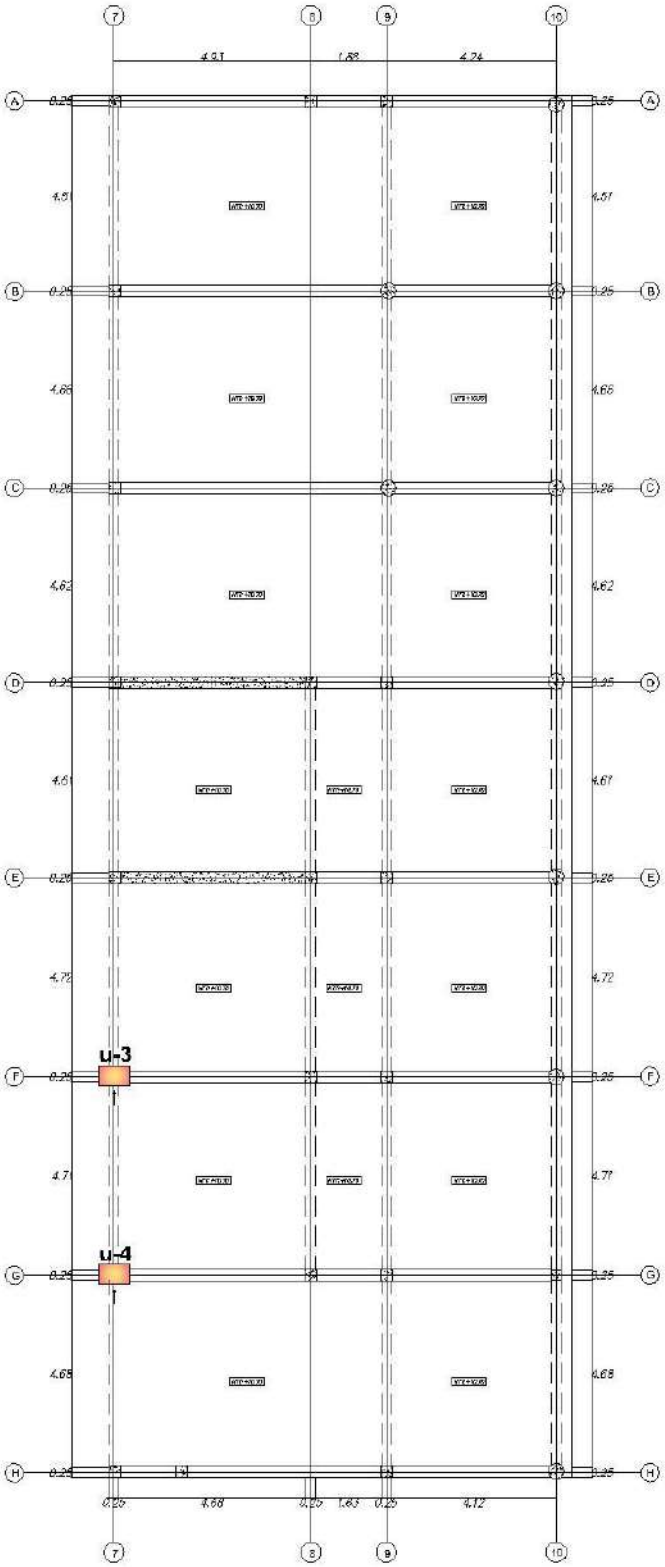


Ilustración 33. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Techo Piso 2 – Edificio N°30 – BLOQUE A.

EDIFICIO N°30 – BLOQUE B

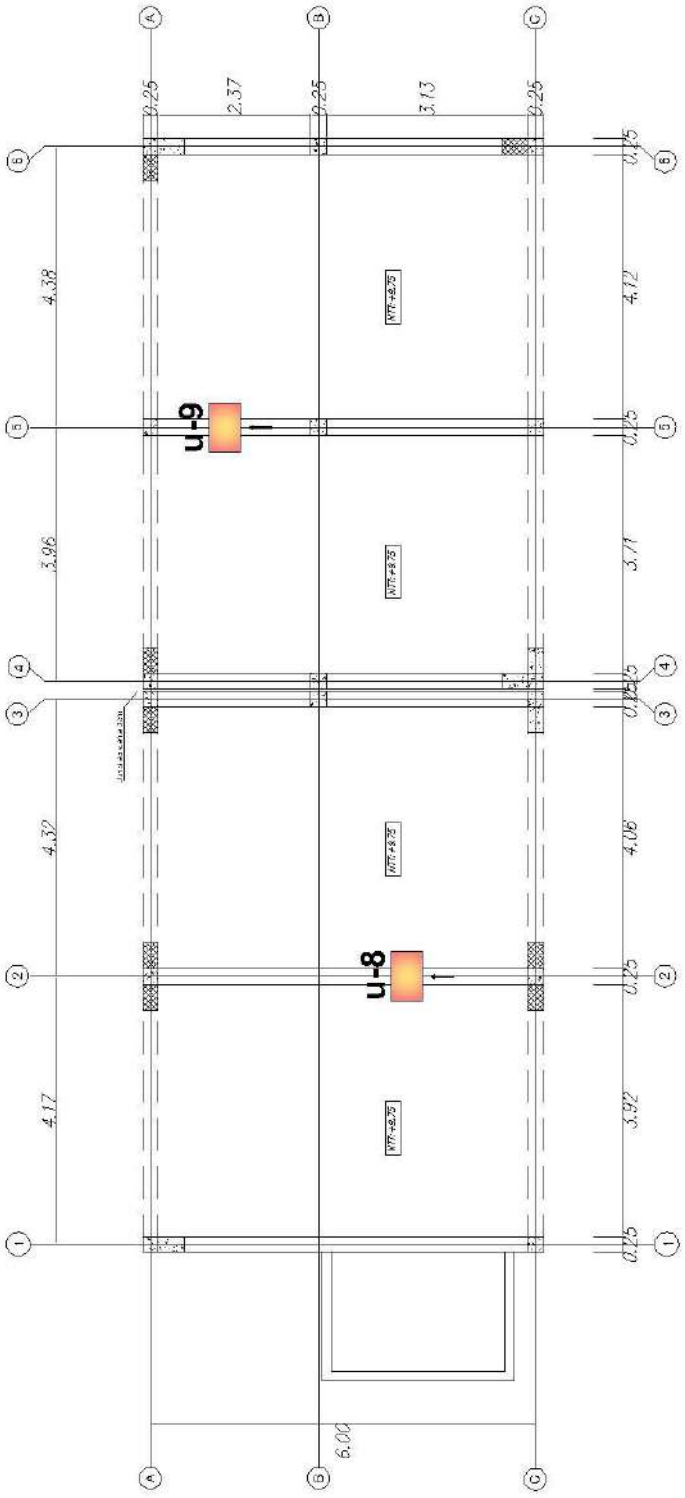


Ilustración 34. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Techo Piso 2 – Edificio N°30 – BLOQUE B.

EDIFICIO 32

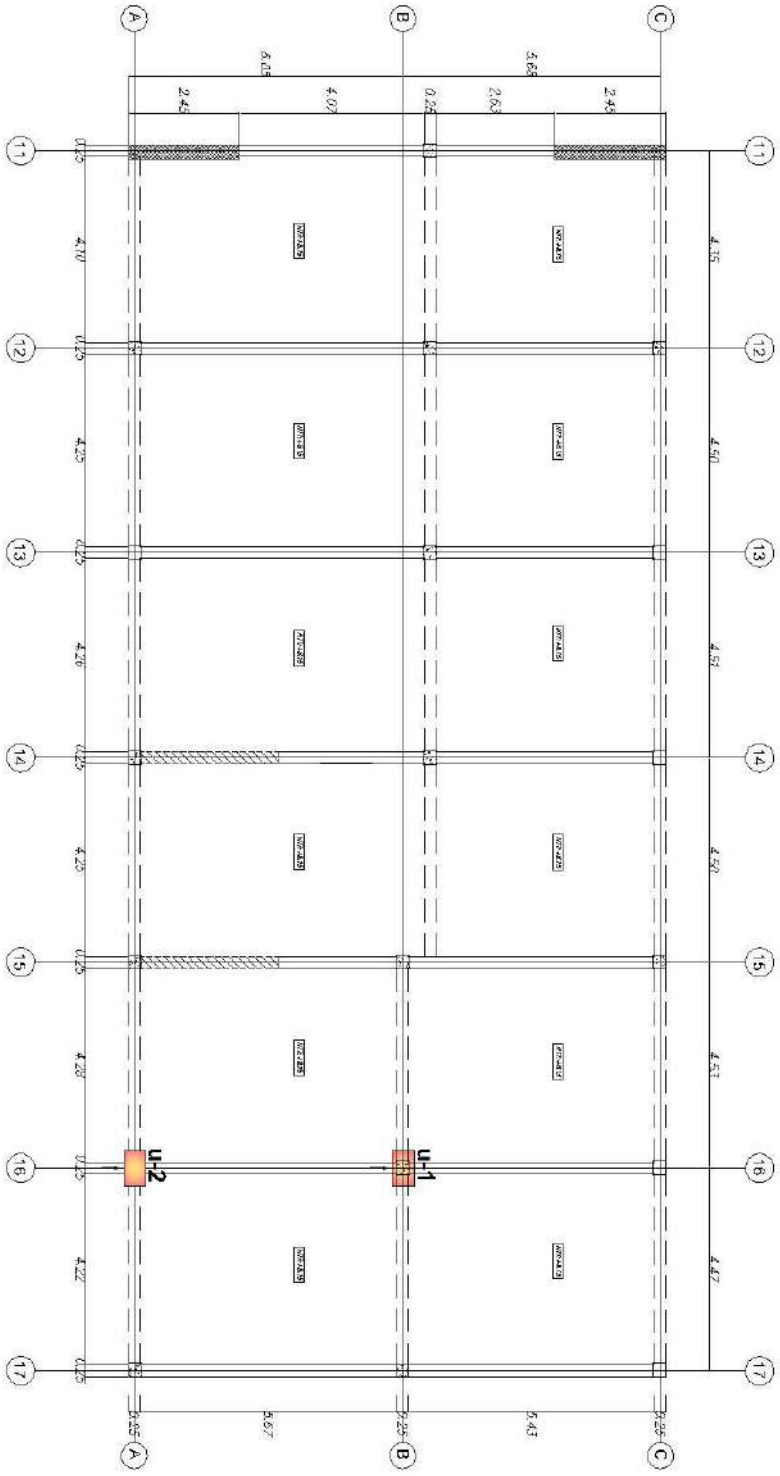


Ilustración 35. Ubicación de Ensayo de Esclerometría, Techo del Piso 2 – Edificio N°32.