

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA

TESIS

**ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA
ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE
MINERALES Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO**

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

Autor: Bachiller: Bueno Cordova Koki Henderson

Asesora: Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza

Línea de investigación institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

Huancayo - Perú

2024

ASESOR:

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

Hoja de Conformidad de miembros del Jurado

**Doctor. Tapia silguera Rubén Darío
PRESIDENTE**

**Ingeniero. Muñico Casas Edmundo
JURADO**

**Maestro. Gonzales Rojas Carlos Alberto
JURADO**

**Ingeniero. Mallaupoma Reyes Christian
JURADO**

**Mg. Untiveros Peñaloza Leonel
Secretario docente**

Dedicatoria

A mi hijo Anderson Bástian, a mis padres Osias y Genoveva, a mis abuelos Q.E.P.D Cirilo y Francisca, gracias al apoyo constante para ser cada vez mejor persona y profesional, cultivando siempre los mejores valores.

Bachiller: Bueno Córdova Koki Henderson

Agradecimiento

Primeramente, agradecer al señor decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

A los Jurados: Ing. Edmundo Muñico Casas, Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas, Ing. Christian Mallaupoma Reyes, Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza por su aporte, orientación y dedicación para complementar mi aprendizaje y reflejarlos en el presente informe.

Bachiller: Bueno Córdova Koki Henderson

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0334 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. BUENO CORDOVA KOKI HENDERSON**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Ing. FLORES ESPINOZA CARLOS GERARDO**

Fue analizado con fecha **30/09/2024**; con **175 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **19** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 30 de septiembre del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I	19
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.1. Planteamiento del problema	19
1.2. Delimitación del problema	20
1.2.1. Espacial	20
1.2.2. Temporal	20
1.2.3. Económica	20
1.3. Formulación y sistematización del problema	20
1.3.1. Problema general	20
1.3.2. Problemas específicos	20
1.4. Justificación	21
1.4.1. Práctica o social	21
1.4.2. Científica o teórica	21
1.4.3. Metodológica	21
1.5. Limitaciones	22
1.5.1. Limitaciones por el Covid-19	22
1.6. Objetivos	22
1.6.1. Objetivo general	22
1.6.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. Antecedentes internacionales	24
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.2. Marco conceptual	26
	vi

2.2.1. Concepción estructural sismorresistente	26
2.2.2. Sistemas Estructurales	29
2.2.3. Criterios de estructuración.	30
2.2.4. Resistencia y ductilidad	32
2.2.5. Hiperestaticidad y monolitismo	34
2.2.6. Uniformidad y continuidad de la estructura	35
2.2.7. Rigidez lateral	37
2.2.8. Diafragmas rígidos (losas)	39
2.2.9. Elementos no estructurales	40
2.2.10. Problemas de configuración en planta	42
2.2.11. Excesiva flexibilidad estructural	48
2.2.12. Torsión	52
2.3. Definición de términos:	55
2.4. Hipótesis	56
2.4.1. Hipótesis general	56
2.4.2. Hipótesis específicas	56
2.5. Variables	56
2.5.1. Definición conceptual de la variable	56
2.5.2. Definición operacional de la variable	57
2.5.3. Operacionalización de variables	57
CAPITULO III	58
METODOLOGÍA	58
3.1. Método de investigación	58
3.2. Tipo de investigación	58
3.3. Nivel de investigación	58
3.4. Diseño de investigación	59
3.5. Población y muestra	59
3.5.1. Población	59
3.5.2. Muestra	59
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.7. Procesamiento de la información	61
3.8. Técnicas y análisis de datos	62

CAPÍTULO IV	64
RESULTADOS	64
4.1. Generalidades:	64
4.1.1. Características de la estructura existente:	64
4.1.2. Normas aplicadas:	64
4.1.3. Criterios de la evaluación estructural:	64
4.1.4. Elementos estructurales existentes:	65
4.1.5. Propiedades de los materiales:	67
4.1.6. Metrado de cargas:	68
4.2. Análisis sísmico dinámico de la estructura existente:	68
4.2.1. Consideraciones sísmicas:	68
4.2.2. Espectro pseudo – aceleraciones:	87
4.2.3. Modelamiento de la estructura existente en el software sap2000:	88
4.2.4. Resultados del análisis sísmico de la estructura existente:	102
4.3. Análisis de la cimentación existente:	104
4.3.1. Consideraciones específicas:	104
4.3.2. Modelamiento en el software Safe:	105
4.3.3. Resultados del análisis de la cimentación existente:	113
4.4. Análisis sísmico dinámico de la estructura reforzada:	114
4.4.1. Propuesta de reforzamiento:	114
4.4.2. Modelamiento de la estructura reforzada en el software Sap2000:	115
4.4.3. Resultados del análisis sísmico de la estructura reforzada:	116
4.4.4. Diseño de los elementos estructurales reforzados:	121
4.5. Análisis de la cimentación reforzada:	126
4.5.1. Consideraciones específicas:	126
4.5.2. Modelamiento en el software Safe:	128
4.5.3. Resultados del análisis de la cimentación reforzada:	129
4.5.4. Diseño de la cimentación reforzada:	133
CAPÍTULO V	137
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	137
5.1. Análisis de la estructura existente:	137
5.1.1. Análisis de las derivas de piso:	137

5.2. Análisis de la cimentación existente:	138
5.2.1. Verificación de las presiones:	138
5.3. Propuesta de reforzamiento de la estructura y cimentación:	138
5.3.1. Reforzamiento de la estructura:	138
5.3.2. Reforzamiento de la cimentación:	139
5.4. Análisis de la estructura reforzada:	139
5.4.1. Análisis de las derivas de piso:	139
5.4.2. Análisis de la cortante basal:	140
5.4.3. Diseño de los elementos estructurales reforzados:	141
5.5. Análisis de la cimentación reforzada:	142
5.5.1. Verificaciones de las presiones:	142
5.5.2. Verificación de las fuerzas cortantes:	143
5.5.3. Verificación del esfuerzo por punzonamiento:	143
5.5.4. Diseño de la cimentación reforzada:	144
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES	147
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
ANEXOS	150
Anexo 01: Matriz de consistencia	151
Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables	155
Anexo 03: Panel fotográfico	157
Anexo 04: Ensayos	160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Reforzamiento de los elementos estructurales.....	57
Tabla 2 Factores de zona Z.....	75
Tabla 3 Clasificación de los perfiles de suelo.....	78
Tabla 4 Factor de suelo (S).....	79
Tabla 5 Periodos “Tp” y “TL”.....	80
Tabla 6 Categoría de la edificaciones y factor U.....	82
Tabla 7 Coeficiente básico de reducción sísmica.....	83
Tabla 8 Irregularidad estructural en altura.....	84
Tabla 9 Irregularidad estructural en planta.....	85
Tabla 10 Parámetros de diseño de la estructura.....	86
Tabla 11 Peso de la estructura existente.....	102
Tabla 12 Modos y periodos de vibración de la estructura existente.....	103
Tabla 13 Deriva de piso en el eje X – X de la estructura existente.....	104
Tabla 14 Deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura existente.....	104
Tabla 15 Cimentación de la estructura existente.....	104
Tabla 16 Datos para la Zapata Z1 existente.....	105
Tabla 17 Datos para la Zapata Z2 existente.....	105
Tabla 18 Elementos estructurales reforzados.....	115
Tabla 19 Peso de la estructura reforzada.....	116
Tabla 20 Modos y periodo fundamental de vibración de la estructura reforzada.....	117
Tabla 21 Deriva de piso en el eje X – X de la estructura reforzada.....	117
Tabla 22 Deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura reforzada.....	118
Tabla 23 Parámetros para el cálculo de la cortante basal estática.....	119
Tabla 24 Cortante basal dinámico en el Eje X - X.....	120
Tabla 25 Cortante basal dinámico en el eje Y - Y.....	121
Tabla 26 Carga positiva y negativa en el eje X – X de la columna C1.....	122
Tabla 27 Carga positiva y negativa en el eje Y – Y de la columna C1.....	123
Tabla 28 Cimentación de la estructura reforzada.....	127
Tabla 29 Datos para la Zapata Z1 reforzada.....	127
Tabla 30 Datos para la Zapata Z2 reforzada.....	127

Tabla 31 Comprobación de la deriva de piso en el eje X – X de la estructura existente	137
Tabla 32 Comprobación de la deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura existente	137
Tabla 33 Comprobación de las presiones de la zapata Z1 existente.....	138
Tabla 34 Propuesta de reforzamiento de la columna C1 y viga V1	138
Tabla 35 Propuesta de reforzamiento de la zapata Z1	139
Tabla 36 Comprobación de la deriva de piso en el eje X – X de la estructura reforzada	139
Tabla 37 Comprobación de la deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura reforzada	139
Tabla 38 Comprobación de la cortante basal en el eje X – X de la estructura reforzada	140
Tabla 39 Comprobación de la cortante basal en el eje Y – Y de la estructura reforzada	141
Tabla 40 Cálculo del acero de refuerzo de la columna C1	141
Tabla 41 Cálculo del acero de refuerzo de la viga V1	142
Tabla 42 Comprobación de las presiones de la zapata Z1 reforzada.....	142
Tabla 43 Comprobación de las fuerzas cortantes de la zapata Z1 reforzada	143
Tabla 44 Comprobación de los esfuerzos por punzonamiento de la zapata Z1 reforzada	143
Tabla 45 Cálculo del acero de refuerzo de la zapata Z1 en el eje X - X.....	144
Tabla 46 Cálculo del acero de refuerzo de la zapata Z1 en el eje Y - Y.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de gran longitud.....	44
Figura 2 Recomendaciones: insertar juntas totales.....	45
Figura 3 Ejemplo de piso débil.....	47
Figura 4 Colapso del quinto piso por piso débil.....	47
Figura 5 Desplazamiento lateral y ruptura columnas.....	47
Figura 6 Ejemplos de discontinuidad vertical.....	49
Figura 7 Colapso de cornisa en Hotel Radisson. Terremoto de Quillahua Chile (2007)	49
Figura 8 Ejemplos de plantas de forma irregular y sus correcciones.....	50
Figura 9 Alternativas con rigizadores para plantas en forma H y U.....	50
Figura 10 Angulo modificado en la zona de quiebre en plantas de forma irregular.....	51
Figura 11 Núcleo de muros excéntricos posible deformación por torsión debida a la excentricidad.....	52
Figura 12 Torsión: problema- posible solución.....	53
Figura 13 Edificio Miramar-cumana antes del terremoto de 1997.....	54
Figura 14 Planta del edificio miramar.....	54
Figura 15 Edificio Miramar-Cumana. Después del terremoto de 1997.....	55
Figura 16 Dimensiones y refuerzo de columnas.....	65
Figura 17 Dimensiones y refuerzo de vigas.....	66
Figura 18 Muros de albañilería confinada.....	66
Figura 19 Detalle de acero estructural.....	67
Figura 20 Zonas sísmicas del territorio nacional.....	69
Figura 21 Factor de ampliación sísmica.....	80
Figura 22 Espectro pseudo – aceleraciones en X – X.....	87
Figura 23 Espectro pseudo – aceleraciones en Y – Y.....	88
Figura 24 Definiendo el concreto $F'c= 210Kg/cm^2$	89
Figura 25 Definiendo el refuerzo $Fy= 4200Kg/cm^2$	89
Figura 26 Definiendo la albañilería $Fm= 65Kg/cm^2$	90
Figura 27 Definiendo la columna C1 – 25x35cm.....	90
Figura 28 Definiendo la Columna C2 – 25x25cm.....	91

Figura 29 Definiendo la viga V1 – 25x35cm	91
Figura 30 Definiendo la viga V2 – 25x25cm	92
Figura 31 Definiendo el tubo circular de 1 ½	92
Figura 32 el tubo circular de ¾	93
Figura 33 Definiendo el RHS de 100x50x30.....	93
Figura 34 Definiendo el muro de albañilería de 15cm	94
Figura 35 Definiendo la cubierta liviana	94
Figura 36 Definiendo de los casos de carga	95
Figura 37 Definiendo las masas.....	96
Figura 38 Asignando el brazo rígido a las vigas.....	96
Figura 39 Asignación de la carga de acabados	97
Figura 40 Asignación de la carga de viento.....	97
Figura 41 Asignación de la carga de granizo.....	98
Figura 42 Asignación de la carga viva.....	98
Figura 43 Asignación del Espectro en el eje X - X	99
Figura 44 Asignación del Espectro en el eje Y - Y	99
Figura 45 Carga sísmica en el eje X - X.....	100
Figura 46 Carga sísmica en el eje Y - Y	101
Figura 47 Restringiendo desplazamiento en columnas.....	101
Figura 48 Estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., en 3D	102
Figura 49 Definiendo el concreto $F_c=210\text{Kg/cm}^2$	106
Figura 50 Definiendo el refuerzo $F_y=4200\text{Kg/cm}^2$	106
Figura 51 Definiendo la zapata Z1 existente de 0.60m	107
Figura 52 Definiendo la columna de 0.60m	107
Figura 53 Definiendo las varillas de acero comerciales	108
Figura 54 Definiendo el suelo de 4.60Kg/cm^3	108
Figura 55 Definiendo la carga de servicio	109
Figura 56 Definiendo la carga de diseño	109
Figura 57 Definiendo los códigos de diseño.....	110
Figura 58 Modelamiento de la zapata Z1 y columna existente	110
Figura 59 Asignando el suelo en la zapata Z1 y columna existente	111

Figura 60 Restringiendo los desplazamientos	111
Figura 61 Asignando la carga muerta de relleno	112
Figura 62 Asignando la carga viva de relleno	112
Figura 63 Asignando las cargas actuantes	113
Figura 64 Presiones sobre la zapata Z1 existente	114
Figura 65 Definiendo la columna C1 – 25x50cm.....	115
Figura 66 Definiendo la columna V1 – 25x45cm.....	116
Figura 67 Reforzamiento de la columna C1	122
Figura 68 Diagrama de interacción en el eje X – X de la columna C1	123
Figura 69 Diagrama de interacción en el eje Y – Y de la columna C1	123
Figura 70 Reforzamiento de la viga V1	125
Figura 71 Definición de la zapata Z1 reforzada	128
Figura 72 Definición de la zapata Z1 reforzada	129
Figura 73 Presiones sobre la zapata Z1 reforzada	130
Figura 74 Fuerza cortante sobre la zapata Z1 reforzada	131
Figura 75 Esfuerzo por punzonamiento sobre la zapata Z1 reforzada	133
Figura 76 Cuantilla de diseño en el eje X – X de la zapata Z1 reforzada.....	134
Figura 77 Cuantilla de diseño en el eje Y – Y de la zapata Z1 reforzada.....	134

RESUMEN

En la presente investigación que tuvo de título: “Análisis sismorresistente de una estructura destinada para laboratorio de minerales y propuesta de reforzamiento” tuvo como problema general fue: ¿Cómo identificar y evaluar la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región Junín?, de la misma manera se propuso el objetivo general fue: Analizar la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región Junín., y consecuentemente la hipótesis general fue: Un adecuado análisis de la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región Junín. El método general fue el método científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel fue descriptivo y el diseño fue no experimental, la población para el caso de esta investigación se definió la población: por todas las estructuras destinadas para ambientes de laboratorios de minerales de la región de Junin y la muestra estuvo basada en una muestra dirigida por conveniencia al tener acceso a la información de análisis sismorresistente con fines de reforzamiento para la estructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks con su sede en Jauja.

Con lo detallado se llegó a la conclusión general: al analizar la estructura y cimentación existente bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales Target - Rocks sede Jauja, de la cual se concluye que requieren reforzamiento en la columna C1 y viga V1 debido a que las derivas de piso en ambos ejes superan los máximos admisibles, de igual manera requiere reforzamiento la zapata Z1 debido a que la presión máxima actuante es mayor a la presión máxima admisible.

Palabras Claves: análisis sismorresistente, propuesta de reforzamiento estructural

ABSTRACT

In the present investigation, which had the title: “Seismic-resistant analysis of a structure intended for a mineral laboratory and reinforcement proposal,” the general problem was: How to identify and evaluate the structure and foundation under standard E.030 of the RNE of the construction work of the infrastructure of the Target Minerals Laboratory - Rocks in the Junín region, in the same way the general objective was proposed: Analyze the structure and foundation under standard E.030 of the RNE of the construction work of the infrastructure of the Target Minerals Laboratory - Rocks in the Junín region, and consequently the general hypothesis was: An adequate analysis of the structure and foundation under standard E.030 of the RNE will contribute to the construction of the infrastructure of the Target Minerals Laboratory - Rocks in the Junín region. The general method was the scientific method, the type of research was applied, the level was descriptive and the design was non-experimental, the population for the case of this research was defined: by all the structures intended for mineral laboratory environments. from the Junin region and the sample was based on ours conducted for convenience in having access to seismic analysis information for reinforcement purposes for the structure of the Target Minerals Laboratory - Rocks with its headquarters in Jauja.

With the details, the general conclusion was reached: by analyzing the existing structure and foundation under standard E.030 of the RNE of the construction work of the infrastructure of the Target mineral laboratory - Rocks Jauja headquarters, from which it is concluded that they require reinforcement in column C1 and beam V1 because the floor drifts in both axes exceed the maximum admissible, likewise, the footing Z1 requires reinforcement because the maximum acting pressure is greater than the maximum admissible pressure.

key words: earthquake resistant analysis, structural reinforcement proposal

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enfocó con el fin de realizar un adecuado análisis sismorresistente de una estructura destinada para laboratorio de minerales y propuesta de reforzamiento, la misma que debe contar con ambiente seguro para los trabajos que realiza dentro de sus ambientes, porque los estudios ensayos lo ameritan, como parte de la ingeniería civil se enfocó a la interacción sísmica suelo-estructura, con el objetivo de evaluar sus parámetros para establecer su implicancia en los resultados y una adecuada propuesta de diseño sísmico resistente, esta investigación se dividió en 5 capítulos para una mejor comprensión de la misma se dividió en los siguientes capítulos:

- **El Capítulo I:** Se centró en la exposición del problema de investigación. Este segmento abarcó diversos elementos cruciales: inicialmente, se presentó una descripción detallada del problema en cuestión. Posteriormente, se procedió a la formulación precisa del problema y su correspondiente sistematización. El capítulo también incluyó una sección dedicada a la justificación del estudio, seguida por un análisis de las delimitaciones inherentes a la investigación. Adicionalmente, se abordaron las limitaciones encontradas durante el proceso. Como cierre de esta sección, se establecieron los objetivos de la investigación, desglosados en un objetivo general y varios objetivos específicos.
- **El Capítulo II:** Este apartado comenzó con una revisión exhaustiva de los antecedentes de la investigación, considerando tanto el contexto internacional como el nacional. Subsecuentemente, se desarrolló el marco conceptual, proporcionando una base teórica sólida para el estudio. El capítulo prosiguió con una sección destinada a la definición precisa de los términos clave utilizados en la investigación. Finalmente, se presentaron las hipótesis formuladas y se identificaron las variables relevantes para el estudio.
- **El Capítulo III:** abordó los aspectos metodológicos, detallando el enfoque investigativo, la categoría y el nivel del estudio, así como el esquema de investigación empleado. Además, especificó la población objetivo y la muestra seleccionada, junto

con los métodos e instrumentos utilizados para recopilar datos. Finalmente, describió los procedimientos para procesar la información obtenida y las técnicas aplicadas en el análisis de los datos.

- **El Capítulo IV:** Este apartado se dedica íntegramente a la presentación de los resultados obtenidos. Este segmento se construyó de manera metódica, tomando como ejes centrales los problemas identificados inicialmente, los objetivos establecidos y las hipótesis formuladas. La exposición de los hallazgos se realizó de forma sistemática, estableciendo conexiones claras con estos elementos fundamentales de la investigación.
- **El Capítulo V:** Este apartado constituye la sección conclusiva de la tesis. Este apartado comienza con un análisis crítico y una discusión profunda de los resultados obtenidos. En este proceso, se contrastaron los hallazgos de la investigación con los antecedentes previamente revisados, permitiendo una contextualización y una interpretación más rica de los datos. Posteriormente, se presentaron las conclusiones derivadas del estudio, ofreciendo una síntesis de los principales descubrimientos y sus implicaciones. El capítulo también incluyó una serie de recomendaciones basadas en los resultados y conclusiones, proporcionando orientaciones para futuras investigaciones o aplicaciones prácticas. Finalmente, se incluyeron las referencias bibliográficas, detallando todas las fuentes consultadas durante la investigación, y se adjuntaron los anexos pertinentes, que contenían información complementaria y relevante para el estudio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La ingeniería sísmica moderna está aprovechando los progresos en computación y tecnología para desarrollar métodos de cálculo más avanzados. El objetivo de estos nuevos modelos es reproducir con mayor precisión la respuesta de las edificaciones durante los sismos, reflejando de manera más fiel las condiciones que enfrentan las estructuras en terremotos reales. Este cambio pretende resolver los problemas tradicionales de la construcción mediante el uso de técnicas de cálculo más seguras y potentes, la búsqueda y aplicación de nuevos métodos de análisis y la aplicación más frecuente de construcciones sismorresistentes. Todos estos pasos darán como resultado un diseño estructural y financiero más óptimo.

Las construcciones informales en muchas naciones no siguen las reglas de diseño sismorresistente, lo que hace que las estructuras sean más vulnerables. Al examinar cómo se comportan los edificios después de un evento sísmico, se puede concluir que los daños son significativamente menores cuando no se cumplen los requisitos mínimos necesarios para este propósito, la construcción se supervisa adecuadamente y el terremoto de diseño representa con precisión la amenaza sísmica en el área.

Debido a los importantes movimientos telúricos provocados por la convergencia de las placas Sudamericana y Nazca, el Perú es una nación altamente sísmicamente activa. Por este motivo, es fundamental diseñar edificios sismorresistentes que puedan soportar las fuerzas laterales que se les aplican, dándoles suficiente seguridad contra fallas. Una de las causas más comunes de problemas a los que se enfrentan los expertos en ingeniería civil son los terremotos.

Debido a los importantes movimientos telúricos provocados por la convergencia de las placas Sudamericana y Nazca, el Perú es una nación altamente sísmicamente activa. Por este motivo, es fundamental diseñar edificios sismorresistentes que puedan soportar las fuerzas laterales que se les aplican,

dándoles suficiente seguridad contra fallas. Una de las causas más comunes de problemas a los que se enfrentan los expertos en ingeniería civil son los terremotos, en cualquier momento.

Provocará pérdidas materiales, financieras y humanas; sin embargo, la existencia de este tipo de fenómeno natural es muy beneficiosa para el estudio y la creación de estructuras resistentes a terremotos.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

La delimitación espacial donde se realizó la presente investigación del Laboratorio de Minerales Target - Rocks sede de Jauja, ubicado en el departamento: Jauja ubicado en el jr. Junín Nro. 2017.

1.2.2. Temporal

La presente investigación se realizará entre los meses de diciembre de 2021 y mayo del 2022.

1.2.3. Económica

Los costos de la presente investigación, serán asumidos por el tesista en su totalidad.

1.3. Formulación y sistematización del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo identificar y evaluar la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región Junín?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo reforzar en la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín?

- b) ¿Cómo identificar los datos resultantes de la evaluación de la estructura reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín?

- c) ¿Cómo identificar los datos resultantes de la evaluación de la cimentación reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín?

1.4. Justificación

1.4.1. Práctica o social

De la misma manera que los estudiantes de ingeniería y otras personas interesadas en el tema se beneficiarán de la investigación, las empresas y contratistas que deseen estos análisis y pruebas también se beneficiarán de ella al evaluar el cumplimiento de las normas por parte de un edificio..

1.4.2. Científica o teórica

Bernal (2010) sostiene que un estudio se justifica teóricamente cuando su propósito es estimular la discusión académica, poner a prueba supuestos, corroborar hallazgos o expandir el conocimiento teórico en una disciplina. La presente investigación se valida al ofrecer un análisis minucioso de los aspectos técnicos involucrados en el diseño y análisis estructural de un edificio que se ajusta a las normas peruanas de construcción. Además, se fortalece su relevancia al emplear sofisticadas herramientas de simulación para evaluar el comportamiento de la estructura bajo diversas condiciones.

1.4.3. Metodológica

La investigación se desarrolló siguiendo los lineamientos metodológicos de la norma E.030. Se argumenta que un estudio tiene base teórica cuando busca estimular la discusión académica, poner a prueba

hipótesis, validar resultados o ampliar el conocimiento en una disciplina determinada. La relevancia de este trabajo se evidencia al proporcionar un análisis exhaustivo de los elementos técnicos involucrados en el diseño y análisis estructural de un edificio que se ajusta a las regulaciones peruanas de construcción. La evaluación del comportamiento de la estructura mediante simulaciones avanzadas refuerza la validez del estudio. Adicionalmente, la investigación se sustenta en una justificación metodológica sólida.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitaciones por el Covid-19

Debido a las limitaciones sociales y a la pandemia de COVID-19, la presente investigación experimentó retrasos y contratiempos que impidieron un trabajo más profundo. Además, no hubo expertos en la materia disponibles para brindar retroalimentación sobre el análisis del edificio evaluado.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Analizar la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Proponer un reforzamiento en la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín.
- b) Analizar la estructura reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín.

- c) Analizar la cimentación reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

- a) Valderrama y Meza (2014), examinó cómo la consideración de la interacción entre el suelo y la estructura afecta los esfuerzos internos en edificios. Su investigación se basó en la premisa de que los modelos que incorporan ISE producirían esfuerzos menores comparados con aquellos que asumen una base fija. Empleando el enfoque de Barkan-Savinov, desarrollaron diversos escenarios de modelado, modificando factores como la sismicidad de la zona, las propiedades de amortiguamiento del concreto y las metodologías de análisis sísmico. Los análisis computacionales realizados con SAP 2000 V.15 respaldaron su teoría, evidenciando reducciones en los esfuerzos internos, incrementos en los periodos de vibración y amplificaciones en los desplazamientos cuando se incluye la ISE. El estudio validó la hipótesis de que considerar la interacción suelo-estructura en el análisis y diseño de edificaciones conduce a esfuerzos internos menores que los obtenidos con modelos de base rígida, sugiriendo que incorporar la ISE puede llevar a diseños más económicos y realistas en ciertos casos.

- b) León (2016) examinó el impacto de considerar la elasticidad del terreno de fundación en el análisis de una edificación de concreto armado. Utilizando el modelo de Barkan-Savinov y el software ETABS 2015, se comparó el método convencional de base rígida con el enfoque de interacción suelo-estructura en un edificio de cuatro niveles. El análisis abarcó diversos parámetros estructurales, incluyendo deformaciones, periodos y fuerzas internas. Los hallazgos indicaron que la inclusión de la interacción suelo-estructura tiende a incrementar los desplazamientos y periodos de vibración, pero

disminuye los esfuerzos internos. La investigación sugiere que este enfoque podría conducir a diseños más eficientes y realistas en ciertos escenarios de construcción.

- c) El estudio de Toapanta (2016) examinó cómo la interacción entre el suelo y la estructura afecta el comportamiento sísmico de un edificio de 6 pisos de hormigón armado con cimentación de zapatas aisladas en Ambato. Empleando ETABS, se contrastaron los resultados de un modelo con base fija contra modelos que integran la elasticidad del suelo, como el método de Barkan-Savinov y la normativa rusa SNIP 2.02.05-87. El análisis reveló que la consideración de la interacción suelo-estructura provocaba incrementos en los movimientos laterales, las derivas entre pisos y los periodos de oscilación de la edificación, al tiempo que reducía las fuerzas internas en los componentes estructurales. La investigación sugiere que incorporar esta interacción en el proceso de análisis y diseño podría conducir a soluciones más precisas y potencialmente más eficientes en términos económicos, en comparación con el método convencional de base rígida.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- a) La tesis de Orosco Chinchá (2018) examinó el análisis y diseño estructural de una edificación de cuatro niveles en la zona de El Álamo, Callao. Este estudio cuantitativo aplicado y pre-experimental se centró en un inmueble de 160 m², cuya estructura integraba diversos elementos como columnas, vigas de concreto armado, muros de corte y losas aligeradas unidireccionales. Empleando el software Etabs v.17 y siguiendo los lineamientos de la norma E030, se realizó un análisis sísmico en un suelo con capacidad portante de 2 kg/cm². La investigación subrayó la importancia de la configuración estructural y la respuesta de sus componentes ante eventos sísmicos significativos, contribuyendo así al entendimiento del diseño estructural en construcciones de mediana altura en entornos urbanos del Callao.

- b) El estudio de Anyaipoma (2019) examinó cómo la consideración de la interacción entre el suelo y la estructura afecta el análisis y diseño de edificaciones multifamiliares de concreto armado. Empleando un enfoque aplicado y correlacional, se evaluó un edificio de 4 niveles en Huancayo, contrastando los resultados con y sin la inclusión de esta interacción. La investigación reveló que este factor tiene una influencia notable, modificando en un 10% diversos aspectos estructurales como movimientos, esfuerzos internos y características dinámicas. El trabajo sugiere que incorporar la interacción suelo-estructura en el proceso de diseño podría conducir a soluciones más precisas y potencialmente más rentables que el método tradicional que asume una base completamente rígida.
- c) El estudio de Fernández y Valdiviezo (2019) abordó el diseño estructural de un área ambulatoria para un hospital de alta complejidad en Trujillo, adhiriéndose a las normativas peruanas vigentes. La investigación abarcó desde la elección del sitio y su análisis topográfico hasta la propuesta arquitectónica inicial y estudios geotécnicos. Se efectuaron análisis estructurales preliminares y se sugirió la implementación de aisladores sísmicos HDR para cumplir con los requerimientos normativos. La estructura se concibió con un sistema dual para optimizar su rigidez. Utilizando SAP-2000, se llevaron a cabo análisis sísmicos estáticos y dinámicos. Tras confirmar la adecuada rigidez bidireccional, se procedió al diseño detallado de los componentes estructurales conforme a la norma E060 de concreto armado.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Concepción estructural sismorresistente

La concepción estructural sismorresistente es un enfoque fundamental en el diseño de edificaciones ubicadas en zonas propensas a actividad sísmica. Este concepto se basa en la premisa de crear estructuras

que no solo resistan las fuerzas sísmicas, sino que también minimicen los daños y garanticen la seguridad de sus ocupantes durante y después de un evento sísmico. El proceso comienza desde las etapas iniciales del diseño arquitectónico y se extiende a través de todo el proceso de ingeniería estructural. Los principios clave de la concepción estructural sismorresistente incluyen la simplicidad y simetría en la configuración del edificio, la continuidad y regularidad tanto en planta como en elevación, la redundancia estructural, y la distribución adecuada de masa y rigidez. Se busca evitar irregularidades significativas que puedan concentrar esfuerzos o causar torsiones excesivas durante un sismo. Además, se considera la ductilidad de los elementos estructurales, permitiendo que la estructura disipe energía a través de deformaciones controladas sin colapsar. La selección de materiales y sistemas estructurales apropiados juega un papel crucial, optando por aquellos que ofrezcan un balance óptimo entre resistencia, rigidez y capacidad de deformación. Se presta especial atención a las conexiones entre elementos estructurales, asegurando que puedan transmitir efectivamente las fuerzas sísmicas. La concepción estructural sismorresistente también implica considerar la interacción suelo-estructura, especialmente en terrenos blandos o propensos a licuefacción. Se incorporan estrategias como el aislamiento sísmico o la disipación de energía en estructuras más complejas o críticas. Este enfoque holístico no solo se centra en la resistencia estructural, sino también en la funcionalidad post-sismo, buscando minimizar daños no estructurales y asegurar que las instalaciones vitales permanezcan operativas. La implementación efectiva de estos principios requiere una colaboración estrecha entre arquitectos e ingenieros desde las primeras etapas del proyecto, asegurando que las consideraciones sísmicas se integren seamlessly en el diseño global del edificio.

La mayor parte de nuestro tiempo normalmente se dedica a pre dimensionar todos los elementos estructurales, como vigas, columnas, losas aligeradas o sólidas, muros estructurales y toda la parte de cimentación, así como análisis estáticos o dinámicos, e incluso análisis

más sofisticados como Análisis de historia del tiempo y diseño de desempeño. Prestamos atención a estas cosas, pero ignoramos o subestimamos el diseño estructural y la estructura. El proceso de reunir componentes separados para crear un solo organismo con la intención de resolver una disputa civil se conoce como estructuración. Presentar un análisis estructural sólido del edificio bajo investigación es esencial para un diseño resistente a terremotos, ya que no lo será. Aunque la mayor complejidad hace que sea más difícil pronosticar el comportamiento de un edificio, es concebible que un edificio mal organizado responda bien a las demandas. hechos sobre él durante su vida útil y para las cuales fue construido, tales como presiones sísmicas.

Por lo anterior, se sugieren ciertos elementos o normas que deben ser considerados en cualquier diseño estructural, tanto en altura como en planta; algunos de estos están mencionados en la Norma Peruana E030 de Diseño Sísmico Resistente.

Según las directrices del Ministerio de Vivienda (2016), los principios fundamentales para un diseño resistente a sismos incluyen:

- Armonía en la distribución de rigidez y masa
- Optimización del peso estructural, especialmente en pisos altos
- Selección idónea de materiales y técnicas de construcción
- Suficiente capacidad para resistir esfuerzos horizontales
- Coherencia estructural tanto en plano como en altura
- Habilidad de la estructura para deformarse más allá de su rango elástico
- Limitación efectiva de movimientos laterales
- Implementación de mecanismos de protección escalonados
- Adaptación a las condiciones específicas del sitio
- Supervisión estructural minuciosa y aplicación de métodos constructivos de calidad.

2.2.2. **Sistemas Estructurales**

Los sistemas estructurales son configuraciones específicas de elementos estructurales diseñados para resistir cargas y proporcionar estabilidad a una edificación. En el contexto del diseño sismorresistente, la elección del sistema estructural es crucial para determinar cómo la estructura responderá ante las fuerzas sísmicas. Los principales sistemas estructurales utilizados en construcciones sismorresistentes incluyen: pórticos, muros estructurales, sistemas duales, y sistemas de arriostramiento. Los pórticos consisten en vigas y columnas interconectadas, proporcionando flexibilidad y ductilidad. Los muros estructurales, también conocidos como muros de corte, ofrecen gran rigidez lateral y son eficaces para controlar los desplazamientos. Los sistemas duales combinan pórticos y muros estructurales, aprovechando las ventajas de ambos. Los sistemas de arriostramiento, comunes en estructuras de acero, utilizan elementos diagonales para aumentar la rigidez lateral. Cada sistema tiene sus propias características en términos de distribución de fuerzas, capacidad de disipación de energía, y comportamiento bajo cargas sísmicas. La selección del sistema estructural depende de varios factores, incluyendo la altura del edificio, las condiciones del suelo, los requisitos arquitectónicos, y las normativas locales. En zonas de alta sismicidad, se prefieren sistemas que ofrezcan mayor ductilidad y capacidad de disipación de energía. Los códigos de construcción sismorresistente suelen especificar factores de reducción de fuerza sísmica (R) para cada tipo de sistema, reflejando su capacidad para resistir fuerzas sísmicas más allá del rango elástico. Además de estos sistemas básicos, existen variantes y combinaciones, como los pórticos arriostrados excéntricamente o los sistemas de muros acoplados, que ofrecen soluciones específicas para diferentes requisitos de diseño. La innovación en sistemas estructurales continúa, con el desarrollo de nuevas tecnologías como el aislamiento sísmico y los sistemas de disipación de energía, que pueden integrarse con los sistemas estructurales tradicionales para mejorar aún más el rendimiento sísmico de las edificaciones.

Según Ministerio de Vivienda, (2016). Los Sistemas Estructurales:

a. Estructuras de Concreto Armado

Dentro de ellos tenemos:

- Pórticos
 - Muros Estructurales
- b. Dual**
- Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL)
- c. Estructuras de Acero**
- Dentro de ellos tenemos:
- Pórticos Especiales Resistentes a Momentos
 - Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos
 - Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos
 - Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados
 - Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados
 - Pórticos Excéntricamente Arriostrados
- d. Estructuras de Albañilería**
- Pudiendo se estas de albañilería armada o confinada.
- e. Estructuras de Madera**
- El material predominante de los elementos resistentes es de madera.

2.2.3. Criterios de estructuración

Los criterios de estructuración son fundamentales en el diseño sismorresistente, y entre ellos, la simplicidad y simetría ocupan un lugar primordial. Estos principios buscan crear estructuras que se comporten de manera predecible y uniforme durante un evento sísmico, minimizando la concentración de esfuerzos y reduciendo la complejidad del análisis y diseño.

a. Simplicidad y simetría

La simplicidad en la estructuración se refiere a la utilización de configuraciones y sistemas estructurales claros y directos. Una estructura simple es más fácil de analizar, modelar y predecir en su comportamiento sísmico. Además, la simplicidad en el diseño facilita la construcción, reduciendo la probabilidad de errores de ejecución que podrían comprometer el desempeño sísmico. Las estructuras simples

tienden a distribuir las fuerzas sísmicas de manera más uniforme, evitando concentraciones de esfuerzos en puntos específicos que podrían llevar a fallas localizadas.

La simetría, por su parte, es crucial para evitar efectos torsionales indeseados durante un sismo. Una estructura simétrica, tanto en planta como en elevación, experimenta menos torsión cuando es sometida a fuerzas laterales. La torsión puede causar deformaciones excesivas y concentración de daños en ciertas partes de la estructura. La simetría en la distribución de masa y rigidez es particularmente importante. Cuando hay simetría, el centro de masa y el centro de rigidez tienden a coincidir o estar muy próximos, lo que reduce significativamente los momentos torsionales.

Según Blanco Blasco, (1994) señala en su libro “Diseño y Estructuración de Estructuras de Hormigón Armado”: El comportamiento de una edificación básica frente a fuerzas sísmicas es superior. Esto se debe principalmente a dos factores. En primer lugar, en el caso de estructuras básicas, somos significativamente mejores a la hora de predecir su comportamiento sísmico que en el caso de estructuras complejas; en segundo lugar, para estructuras simples, somos mejores idealizando partes estructurales. Por las mismas razones, es preferible que la construcción sea simétrica en ambas direcciones; Los efectos de torsión, difíciles de evaluar y que pueden resultar muy perjudiciales, se producen por una falta de simetría.

En la práctica, lograr una simetría perfecta puede ser desafiante debido a requisitos arquitectónicos o funcionales. En estos casos, se busca al menos una aproximación razonable a la simetría, o se implementan estrategias de diseño para compensar las asimetrías inevitables. Esto puede incluir la adición de elementos estructurales para balancear la rigidez o la incorporación de juntas sísmicas para separar partes de la estructura con comportamientos diferentes.

La aplicación de estos principios no solo mejora el comportamiento sísmico, sino que también puede llevar a diseños más económicos y eficientes. Estructuras simples y simétricas generalmente requieren menos material y son más fáciles de mantener a largo plazo. Sin embargo, es importante equilibrar estos criterios con otros requisitos de diseño, como la funcionalidad y la estética del edificio.

2.2.4. **Resistencia y ductilidad**

La resistencia y ductilidad son dos conceptos fundamentales en el diseño sismorresistente, cada uno desempeñando un papel crucial en la capacidad de una estructura para soportar y responder adecuadamente a las fuerzas sísmicas.

La resistencia se refiere a la capacidad de la estructura para soportar las cargas sísmicas sin fallar. Implica diseñar elementos estructurales con suficiente fuerza para resistir las fuerzas laterales y verticales generadas durante un terremoto. La resistencia se logra mediante la selección adecuada de materiales, dimensiones de los elementos estructurales y detalles de refuerzo. Sin embargo, diseñar una estructura para resistir elásticamente los sismos más severos sería económicamente inviable y no necesariamente más seguro.

La ductilidad, por otro lado, es la capacidad de la estructura para deformarse más allá del límite elástico sin perder significativamente su resistencia. En el contexto sísmico, la ductilidad permite a la estructura disipar energía a través de deformaciones plásticas controladas, reduciendo así las fuerzas sísmicas que debe soportar. Una estructura dúctil puede experimentar grandes deformaciones sin colapsar, proporcionando tiempo crucial para la evacuación y previniendo fallas catastróficas.

Así, según Blanco Blasco, (1994): Las estructuras deben proporcionar suficiente resistencia sísmica en todas las direcciones. Para garantizar la integridad estructural y la estabilidad de cada componente, el

sistema de resistencia sísmica debe estar presente en al menos dos orientaciones ortogonales o casi ortogonales. La ubicación de las bisagras de plástico es una condición previa crucial que debe tenerse en cuenta al diseñar construcciones con marcos. Los componentes que sustentan la estabilidad de la estructura deben tender a tener el diseño.

La combinación de resistencia y ductilidad es esencial en el diseño sismorresistente. Una estructura debe tener suficiente resistencia para soportar sismos moderados sin daños significativos, pero también debe poseer la ductilidad necesaria para sobrevivir a eventos sísmicos más severos, aunque pueda sufrir daños controlados.

Para lograr un balance adecuado entre resistencia y ductilidad, los ingenieros emplean varias estrategias:

- **Diseño por capacidad:** Se asegura que los elementos no dúctiles sean más fuertes que los elementos dúctiles, controlando así dónde ocurrirán las deformaciones plásticas.
- **Detallado sísmico:** Se utilizan técnicas específicas de refuerzo, como el confinamiento del concreto, para mejorar la ductilidad de los elementos estructurales.
- **Selección de materiales:** Se prefieren materiales con propiedades dúctiles, como el acero estructural o el concreto reforzado adecuadamente detallado.
- **Sistemas de disipación de energía:** En estructuras más avanzadas, se pueden incorporar dispositivos específicos para aumentar la capacidad de disipación de energía.
- **Redundancia estructural:** Se diseñan múltiples líneas de defensa para que la falla de un elemento no conduzca al colapso de toda la estructura.

El concepto de "diseño basado en desempeño" ha ganado popularidad, donde se definen diferentes niveles de desempeño (como operacional, ocupación inmediata, seguridad de vida, y prevención de colapso) para diferentes intensidades sísmicas, permitiendo un enfoque más matizado en el balance entre resistencia y ductilidad.

2.2.5. **Hiperestaticidad y monolitismo**

La hiperestaticidad y el monolitismo son conceptos cruciales en el diseño sismorresistente, contribuyendo significativamente a la seguridad y estabilidad de las estructuras durante eventos sísmicos. La hiperestaticidad, también conocida como redundancia estructural, se refiere a la presencia de más elementos o conexiones de los mínimos necesarios para mantener la estabilidad de la estructura. Este exceso de restricciones o apoyos proporciona múltiples rutas para la transferencia de cargas, lo que es particularmente beneficioso durante un terremoto. Si un elemento o conexión falla o se daña, la carga puede redistribuirse a otros elementos, previniendo así el colapso total de la estructura. La hiperestaticidad también contribuye a una mayor disipación de energía sísmica, ya que permite que más elementos participen en la respuesta dinámica de la estructura. Por otro lado, el monolitismo se refiere a la capacidad de una estructura para actuar como una unidad integral, con conexiones rígidas entre sus elementos. En estructuras monolíticas, las juntas y conexiones entre elementos como vigas, columnas y losas se diseñan para transmitir eficazmente momentos y fuerzas cortantes, asegurando un comportamiento unificado de la estructura. Este comportamiento monolítico es especialmente importante en zonas sísmicas, ya que permite una distribución más uniforme de las fuerzas sísmicas a través de toda la estructura, reduciendo la concentración de esfuerzos en puntos específicos. Además, el monolitismo mejora la rigidez global de la estructura, lo que puede ayudar a controlar los desplazamientos laterales durante un sismo.

Según Blanco Blasco, (1994): Una arquitectura hiperestática para una estructura puede ser una forma conveniente de construir una construcción resistente a terremotos como concepto general. Al permitir la creación de bisagras de plástico para disipar mejor la energía sísmica, se aumenta la capacidad resistente. Por el contrario, al aumentar la capacidad resistente, se proporciona a la estructura un mayor grado de seguridad.

La combinación de hiperestaticidad y monolitismo en el diseño estructural resulta en edificaciones más robustas y resilientes ante cargas sísmicas. Estas características permiten que la estructura tenga una mayor capacidad de absorción y disipación de energía, así como una mejor redistribución de fuerzas en caso de daño localizado. Sin embargo, es importante notar que un exceso de rigidez puede llevar a mayores fuerzas sísmicas, por lo que se debe buscar un equilibrio adecuado entre rigidez y flexibilidad. En la práctica, la implementación de estos conceptos se logra a través de técnicas como el uso de marcos continuos, conexiones rígidas, y la integración adecuada de elementos estructurales. El diseño de detalles de conexión es particularmente crucial para asegurar el comportamiento monolítico. En conclusión, la hiperestaticidad y el monolitismo son principios fundamentales en el diseño sismorresistente que, cuando se aplican adecuadamente, contribuyen significativamente a la seguridad y durabilidad de las estructuras en zonas sísmicas.

2.2.6. Uniformidad y continuidad de la estructura

La uniformidad y continuidad de la estructura son principios fundamentales en el diseño sismorresistente, cruciales para garantizar un comportamiento predecible y eficiente de la edificación durante eventos sísmicos. Estos conceptos se aplican tanto en la configuración en planta como en elevación de la estructura.

La uniformidad se refiere a la distribución equilibrada de masa, rigidez y resistencia a lo largo de toda la estructura. Una distribución uniforme ayuda a evitar concentraciones de esfuerzos y reduce la

probabilidad de fallas localizadas durante un sismo. En planta, la uniformidad implica una disposición simétrica o casi simétrica de los elementos estructurales, minimizando así los efectos de torsión. En elevación, se busca mantener una consistencia en la altura de los pisos, en la sección de las columnas y en la disposición de los elementos resistentes a cargas laterales.

La continuidad, por su parte, asegura que los elementos estructurales y los sistemas resistentes a fuerzas laterales se extiendan de manera ininterrumpida desde la cimentación hasta el nivel superior de la estructura. Esto permite una transmisión eficiente de las fuerzas sísmicas a través de toda la edificación hasta la cimentación. La continuidad es particularmente importante en elementos como columnas, muros estructurales y sistemas de arriostramiento.

La implementación de estos principios conlleva varios beneficios:

- Distribución más uniforme de las fuerzas sísmicas: Evita la concentración de esfuerzos en zonas específicas de la estructura.
- Reducción de irregularidades: Minimiza las discontinuidades que pueden causar cambios abruptos en la rigidez o resistencia.
- Mejor comportamiento dinámico: Una estructura uniforme y continua tiende a tener un comportamiento más predecible durante un sismo.
- Disminución de efectos torsionales: La uniformidad en planta ayuda a reducir la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez.
- Facilita el análisis y diseño: Estructuras más uniformes y continuas son más fáciles de modelar y analizar con precisión.

Asimismo, según Blanco Blasco, (1994): Para evitar la concentración de tensiones, la estructura debe ser continua tanto en planta como en alzado, con componentes que no cambien abruptamente en

rigidez. Si se utilizan placas (muros de hormigón armado) y es necesario retirarlas en algún momento, se debe realizar una reducción progresiva de su uso en lugar de una reducción repentina para crear una transición. Cabe destacar que las irregularidades que presentan Piso Blando y Piso Débil, las cuales son causadas específicamente por la discontinuidad de elementos verticales o cambios bruscos en sus secciones transversales, difieren según nuestro estándar peruano tanto en planta como en altura.

Sin embargo, lograr una perfecta uniformidad y continuidad puede ser desafiante debido a requisitos arquitectónicos o funcionales. En estos casos, los ingenieros deben implementar estrategias para mitigar los efectos de las irregularidades inevitables. Estas pueden incluir:

- Uso de juntas sísmicas para separar partes de la estructura con comportamientos diferentes.
- Refuerzo adicional en zonas de transición o discontinuidad.
- Implementación de sistemas de aislamiento sísmico o disipación de energía en estructuras más complejas.

Es importante notar que la búsqueda de uniformidad y continuidad no debe comprometer otros aspectos del diseño, como la funcionalidad o la estética del edificio. Se debe buscar un equilibrio entre estos principios y otros requisitos de diseño.

En la práctica, la aplicación de estos conceptos requiere una estrecha colaboración entre arquitectos e ingenieros desde las etapas iniciales del proyecto. Esto permite integrar las consideraciones de uniformidad y continuidad en el diseño arquitectónico desde el principio, facilitando así la creación de estructuras más eficientes y seguras ante eventos sísmicos.

2.2.7. **Rigidez lateral**

La rigidez lateral es un concepto fundamental en el diseño sismorresistente, refiriéndose a la capacidad de una estructura para resistir deformaciones horizontales cuando está sometida a fuerzas laterales, como

las generadas por sismos o vientos. Una adecuada rigidez lateral es crucial para controlar los desplazamientos de la estructura durante un evento sísmico, lo que a su vez ayuda a prevenir daños excesivos y garantizar la seguridad de los ocupantes. La rigidez lateral de un edificio depende de varios factores, incluyendo la configuración estructural, las propiedades de los materiales utilizados, y las dimensiones y disposición de los elementos resistentes a cargas laterales. Los sistemas comúnmente utilizados para proporcionar rigidez lateral incluyen muros de corte, pórticos arriostrados, y núcleos rígidos. La elección del sistema depende de factores como la altura del edificio, los requisitos arquitectónicos, y las condiciones sísmicas locales. Es importante encontrar un equilibrio adecuado en la rigidez lateral, ya que una estructura demasiado rígida puede atraer fuerzas sísmicas mayores, mientras que una estructura excesivamente flexible puede experimentar desplazamientos excesivos y daños no estructurales significativos. El diseño para rigidez lateral también debe considerar la distribución uniforme de la rigidez tanto en planta como en elevación para evitar concentraciones de esfuerzos y efectos torsionales indeseados. En edificios altos, la rigidez lateral se vuelve particularmente crítica, y se pueden emplear estrategias como el uso de outriggers o sistemas de fachada estructural para mejorar el rendimiento. Además, la rigidez lateral debe ser considerada en conjunto con la ductilidad de la estructura, ya que ambas características juegan roles complementarios en el comportamiento sísmico global. Los códigos de diseño sísmico suelen especificar límites de deriva (desplazamiento relativo entre pisos) para asegurar una rigidez lateral adecuada. El análisis de la rigidez lateral generalmente implica el uso de modelos computacionales avanzados para evaluar el comportamiento dinámico de la estructura bajo diferentes escenarios sísmicos.

En este sentido, según Blanco Blasco, (1994): Una estructura debe tener componentes estructurales que le proporcionen rigidez lateral en sus direcciones primarias para que pueda soportar fuerzas horizontales sin experimentar deformaciones apreciables. Entre los inconvenientes del

proceso de construcción de marcos flexibles se encuentran la posibilidad de una importante congestión de refuerzo en los nodos, la posibilidad de que elementos no estructurales invaliden el análisis debido a su difícil separación de la estructura, la posibilidad de introducir una distribución de tensiones alternativa y las deformaciones laterales importantes y frecuentemente excesivas.

Los muros de corte son una adición común a los edificios con estructura hoy en día para proporcionar una combinación de componentes flexibles y rígidos.

2.2.8. **Diafragmas rígidos (losas)**

Los diafragmas rígidos, comúnmente representados por las losas de piso en edificios, desempeñan un papel crucial en el comportamiento sísmico de las estructuras. Estos elementos horizontales actúan como componentes integrales del sistema de resistencia lateral, distribuyendo las fuerzas sísmicas entre los elementos verticales resistentes, como columnas, muros de corte y pórticos. La principal función de un diafragma rígido es transferir las fuerzas inerciales generadas por la masa del edificio durante un sismo a los elementos verticales del sistema resistente a cargas laterales. Esta acción de diafragma asegura que todos los elementos verticales en un nivel dado se muevan juntos lateralmente, lo que es fundamental para la estabilidad global de la estructura. Un diafragma efectivo debe poseer suficiente rigidez en su plano para minimizar las deformaciones relativas entre los elementos verticales, actuando esencialmente como una viga horizontal de gran peralte. La rigidez del diafragma es particularmente importante en edificios con sistemas de resistencia lateral asimétricos o en estructuras con grandes aberturas en los pisos. En el diseño sismorresistente, se asume generalmente que los diafragmas de piso son infinitamente rígidos en su plano, lo que simplifica el análisis estructural. Sin embargo, esta suposición debe verificarse, especialmente en edificios con geometrías complejas o grandes luces. Los diafragmas rígidos también contribuyen a la distribución uniforme de las

fuerzas sísmicas entre los elementos verticales, ayudando a prevenir la sobrecarga de elementos individuales. Además, los diafragmas juegan un papel importante en la resistencia a los efectos torsionales causados por excentricidades entre el centro de masa y el centro de rigidez del edificio. El diseño de diafragmas rígidos implica consideraciones como el espesor adecuado de la losa, el refuerzo necesario para resistir las fuerzas en el plano, y la correcta conexión con los elementos verticales. En estructuras de concreto, esto puede incluir el uso de refuerzo adicional en las zonas de altos esfuerzos cortantes y la provisión de conexiones adecuadas en los bordes del diafragma. En edificios de acero, se pueden utilizar losas compuestas o sistemas de arriostramiento horizontal para lograr la acción de diafragma. Es importante también considerar las aberturas en los diafragmas, como escaleras o ductos, que pueden afectar su rigidez y capacidad de transferencia de carga.

Además, según Blanco Blasco, (1994): Normalmente, la existencia de una losa rígida en el plano de la estructura se tiene en cuenta como hipótesis básica en los análisis. Esto permite idealizar la estructura como una unidad, distribuyéndose las fuerzas horizontales aplicadas en las columnas y muros (placas) en función de su rigidez lateral, manteniendo para un nivel específico todas las mismas deformaciones laterales. Otra cosa que enfatiza la norma peruana es que se deben eliminar los edificios cuya relación de longitud en planta entre su longitud más larga y su más corta sea mayor a cuatro.

2.2.9. Elementos no estructurales

Los elementos no estructurales, aunque no forman parte del sistema principal de soporte de cargas de un edificio, juegan un papel significativo en el comportamiento sísmico global de la estructura y son cruciales para la seguridad y funcionalidad post-sismo. Estos elementos incluyen componentes arquitectónicos como fachadas, particiones interiores, cielos rasos, y elementos de servicio como sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería. Durante un evento sísmico, los elementos no estructurales

pueden representar un riesgo considerable si no están adecuadamente diseñados y anclados. El daño o falla de estos componentes puede causar lesiones, bloquear rutas de evacuación, y resultar en pérdidas económicas significativas, a menudo superando el costo de los daños estructurales. Además, el mal comportamiento de elementos no estructurales puede comprometer la funcionalidad de instalaciones críticas como hospitales o centros de emergencia, incluso cuando la estructura principal permanece intacta. El diseño sismorresistente de elementos no estructurales implica considerar su interacción con la estructura principal, asegurando que puedan acomodar los desplazamientos y aceleraciones sísmicas sin sufrir daños excesivos o desprendimientos. Esto puede incluir el uso de conexiones flexibles, aislamiento sísmico para equipos sensibles, y sistemas de anclaje y arriostramiento adecuados. La selección y diseño de estos elementos también deben tener en cuenta su masa, ya que pueden influir significativamente en la respuesta dinámica del edificio, especialmente en estructuras ligeras. Los códigos de construcción modernos han incrementado su énfasis en el diseño sismorresistente de elementos no estructurales, requiriendo análisis específicos y detalles de anclaje para componentes críticos. Se presta especial atención a elementos como fachadas pesadas, particiones de mampostería, y equipos mecánicos grandes, que pueden representar riesgos significativos durante un sismo. El enfoque de "diseño basado en desempeño" también se ha extendido a los elementos no estructurales, definiendo niveles de rendimiento esperados para diferentes intensidades sísmicas. Esto es particularmente importante en edificios esenciales como hospitales, donde la continuidad operativa post-sismo es crucial. La coordinación entre arquitectos, ingenieros estructurales y especialistas en sistemas de construcción es esencial para integrar eficazmente las consideraciones sísmicas en el diseño de elementos no estructurales. Esta colaboración debe comenzar en las etapas iniciales del proyecto para asegurar que las decisiones arquitectónicas y de diseño de sistemas sean compatibles con los requisitos de desempeño sísmico.

Por otro lado, según Blanco Blasco, (1994): La influencia de elementos secundarios es otro factor en una estructura que debe ser considerado. Estos son ventajosos porque aumentan la amortiguación dinámica, principalmente a través del aumento de la fricción que resulta de las fisuras interiores. En caso de fuertes terremotos, alivian los componentes resistentes disipando la energía sísmica mediante su considerable rotura. Sin embargo, también tienen inconvenientes importantes, principalmente por el hecho de que alteran la distribución anticipada de fuerzas al tener en cuenta fuerzas que no se incluyeron durante el cálculo.

2.2.10. Problemas de configuración en planta

Los problemas de configuración en planta son aspectos críticos en el diseño sismorresistente, ya que pueden afectar significativamente el comportamiento de una estructura durante un evento sísmico. Una configuración inadecuada en planta puede llevar a respuestas estructurales no deseadas, como torsión excesiva, concentración de esfuerzos y distribución desigual de fuerzas sísmicas. Entre los problemas más comunes de configuración en planta se encuentran las irregularidades geométricas, como formas en L, T, U o H, que pueden causar concentraciones de esfuerzos en las esquinas interiores y comportamientos diferenciales entre las distintas alas del edificio. La asimetría en la distribución de masa o rigidez es otro problema frecuente, que puede resultar en una excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez, generando efectos torsionales significativos durante un sismo. Edificios con grandes aberturas en los diafragmas de piso o con alas muy largas y estrechas también pueden presentar problemas de comportamiento sísmico. Las discontinuidades en los sistemas de resistencia lateral, como la interrupción de muros de corte o la presencia de columnas que no llegan hasta la cimentación, pueden crear zonas de debilidad en la estructura. Además, la presencia de esquinas reentrantes o formas muy alargadas puede llevar a respuestas dinámicas complejas y difíciles de predecir. Para

mitigar estos problemas, los ingenieros emplean diversas estrategias. Una solución común es el uso de juntas sísmicas para separar partes de la estructura con comportamientos diferentes, efectivamente creando edificios más simples y regulares. La distribución cuidadosa de elementos de rigidez, como muros de corte o pórticos arriostrados, puede ayudar a balancear la respuesta torsional. En algunos casos, se pueden utilizar técnicas de análisis avanzadas, como el análisis dinámico no lineal, para evaluar y diseñar estructuras con configuraciones complejas. El refuerzo adicional en zonas críticas, como las esquinas interiores de formas en L o T, puede ayudar a manejar las concentraciones de esfuerzos. En edificios con grandes aberturas en los diafragmas, se pueden implementar vigas de borde o sistemas de arriostramiento horizontal para mantener la integridad del diafragma. Es importante destacar que la mejor solución a los problemas de configuración en planta es evitarlos desde la etapa de diseño conceptual. Esto requiere una estrecha colaboración entre arquitectos e ingenieros estructurales desde las primeras etapas del proyecto. Cuando las irregularidades son inevitables debido a requisitos funcionales o estéticos, se deben implementar medidas compensatorias en el diseño estructural.

a. Longitud en planta

La longitud en planta de una edificación es un factor crucial que influye significativamente en su comportamiento sísmico. En edificios muy largos, las ondas sísmicas pueden llegar en diferentes momentos a distintos puntos de la estructura, generando respuestas desfasadas que aumentan los esfuerzos internos. Además, estas estructuras son más susceptibles a efectos torsionales debido a la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez, especialmente si hay irregularidades en planta. La flexibilidad de las estructuras muy largas tiende a amplificar los desplazamientos laterales (Grases et al. 1987). Para mitigar estos problemas, se recomienda el uso de juntas sísmicas en edificios muy largos, dividiéndolos en bloques más cortos y

regulares. Se sugiere que la relación entre el lado largo ($L2$) y el lado corto ($L1$) no exceda 2.3. En edificios largos pueden activarse modos de vibración superiores que complican la respuesta dinámica, por lo que es importante mantener una distribución uniforme de la rigidez a lo largo de la planta para evitar concentraciones de esfuerzos. Además, en plantas muy alargadas, los diafragmas de piso pueden perder rigidez y no transmitir adecuadamente las fuerzas horizontales. Así, limitar la longitud en planta y mantener proporciones adecuadas ayuda a mejorar el comportamiento sísmico global de la estructura, reduciendo efectos adversos como torsión excesiva y respuestas (Cardona, 2004).

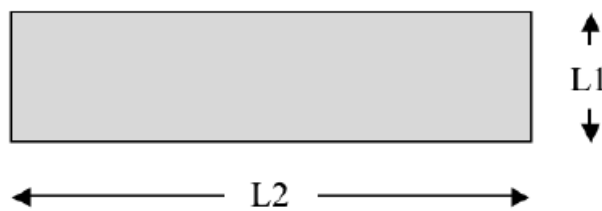


Figura 1 Planta de gran longitud

Fuente: Grases et al.87

Según la propuesta de Grases et al. (1987), la estrategia para mejorar la respuesta sísmica de estructuras extensas consiste en incorporar juntas integrales. Esta técnica permite considerar cada porción separada como una entidad estructural más pequeña y manejable. El diseño meticuloso de estas juntas es crucial para evitar el impacto entre los segmentos durante un sismo, dado que cada sección experimentará movimientos independientes en el evento de un terremoto. Al dividir el edificio en secciones más pequeñas, se reduce la complejidad del comportamiento sísmico y se permite que cada sección oscile a su propia frecuencia natural. Esto disminuye la probabilidad de resonancia en toda la estructura y, por ende, las fuerzas sísmicas globales que actúan sobre ella.

El diseño adecuado de estas juntas es fundamental; deben ser lo suficientemente amplias para permitir el movimiento sin causar colisiones entre las secciones. Además, es esencial que mantengan la

integridad estructural y funcional del edificio. Este enfoque requiere un análisis detallado del comportamiento sísmico esperado, considerando los desplazamientos máximos probables y planificando cuidadosamente los sistemas mecánicos y eléctricos que cruzan las juntas. En resumen, la implementación de juntas totales no solo mejora la resistencia sísmica de estructuras grandes, sino que también permite un comportamiento más predecible y controlable durante eventos sísmicos.



Figura 2 Recomendaciones: insertar juntas totales

Fuente: Grases et al.87

Recomendaciones prácticas:

Estas recomendaciones prácticas son importantes guías para el diseño sísmico de estructuras, especialmente en lo que respecta a la implementación de juntas totales. Vamos a explicar cada una de ellas en detalle:

a) $L_{MAX} = 40$ metros:

Esta recomendación establece que la longitud máxima de una estructura o sección de estructura sin juntas totales no debe exceder los 40 metros. Este límite ayuda a controlar la respuesta sísmica del edificio, reduciendo la probabilidad de que se generen fuerzas sísmicas excesivas o movimientos incontrolables durante un terremoto.

b) $L_2/L_1 \leq 2.3$:

Esta relación se refiere a las proporciones entre las dimensiones de la estructura. L_2 representa la dimensión más larga del edificio, mientras que L_1 es la dimensión más corta. La recomendación sugiere que la relación entre estas dimensiones no debe ser mayor que 2.3. Esta proporción ayuda

a mantener una forma más regular y simétrica del edificio, lo cual es beneficioso para su comportamiento sísmico.

c) Si $L2/L1 > 2.3$, se recomienda insertar al menos una junta total:

En caso de que la relación entre la dimensión más larga y la más corta del edificio supere 2.3, se aconseja la inserción de al menos una junta total. Esta recomendación busca dividir estructuras muy alargadas en secciones más compactas y regulares, mejorando así su respuesta ante eventos sísmicos.

b. Forma de la planta

La forma del plan afecta cómo reacciona la estructura a las concentraciones de tensión causadas por el movimiento sísmico en ciertas áreas de la estructura. Los lugares más susceptibles son los ángulos de rotura entre elementos estructurales.

c. pisos débiles

Ciertos métodos arquitectónicos dan como resultado la construcción de pisos que son más vulnerables debido a su rigidez y/o resistencia mucho más débil en comparación con los otros niveles. Esto puede explicarse por la diferencia de altura entre los niveles uno y dos o por la falta de un componente estructural. Muchos colapsos de construcciones con tendencia sísmica se han atribuido a la ausencia o discontinuidad de columnas. (Grases et al. 1987; Arnold & Reitherman, 1982)

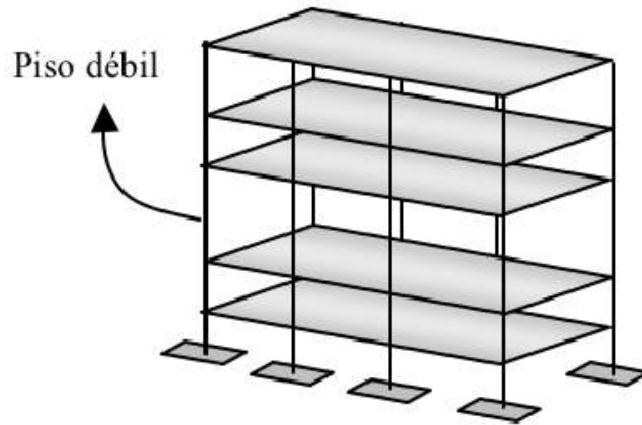


Figura 3 Ejemplo de piso débil

Fuente: Grases et al.87



Figura 4 Colapso del quinto piso por piso débil

Fuente: Grases et al.87



Figura 5 Desplazamiento lateral y ruptura columnas

Fuente: arlasn & kormaz, 2006

2.2.11. Excesiva flexibilidad estructural

Además de garantizar que el edificio pueda resistir los efectos del movimiento sísmico, el diseño debe reducir la probabilidad de que los desplazamientos laterales dañen componentes no estructurales como juntas y escaleras. Los edificios con flexibilidad excesiva tienen más probabilidades de experimentar desplazamientos laterales significativos entre niveles como resultado del movimiento de fuerzas sísmicas. Estos desplazamientos relativos, conocidos como "deriva", deben gestionarse en el diseño de acuerdo con los requisitos reglamentarios. (Grases et al. 1987; Arnold & Reitherman, 1982).

Las causas de flexibilidad estructural mencionadas son factores críticos en el diseño sísmico de edificios. Cada una de ellas contribuye a la vulnerabilidad de una estructura frente a cargas sísmicas. Analicemos cada causa en detalle:

a) Excesiva distancia libre entre elementos verticales (luces o vanos):

Cuando los elementos verticales (como columnas o muros) están muy separados, se crean grandes espacios abiertos en la estructura. Esto puede resultar en:

- Mayor flexibilidad horizontal del edificio
- Aumento de los desplazamientos laterales durante un sismo
- Incremento de las fuerzas sísmicas en los elementos estructurales
- Posible amplificación de efectos de torsión

b) Altura libre entre niveles consecutivos:

Una altura excesiva entre pisos puede causar:

- Mayor esbeltez de las columnas, haciéndolas más susceptibles al pandeo
- Aumento de la flexibilidad global de la estructura
- Incremento de los momentos flectores en las columnas
- Posible formación de un "piso blando" si un nivel es significativamente más alto que los demás

c) Poca rigidez de elementos verticales:

Elementos verticales con baja rigidez (ya sea por su diseño o por los materiales utilizados) pueden provocar:

- Excesiva deformación lateral de la estructura
- Aumento de los daños no estructurales durante un sismo
- Mayor probabilidad de efectos P-Delta (efectos de segundo orden)
- Reducción de la capacidad de disipación de energía sísmica

d) Discontinuidad de elementos verticales (Figuras 6 y 7):

La interrupción o cambio brusco en la disposición de elementos verticales entre pisos puede resultar en:

- Concentración de esfuerzos en ciertos puntos de la estructura
- Creación de pisos débiles o blandos
- Irregularidad en la distribución de rigidez y masa
- Posible torsión excesiva debido a la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez

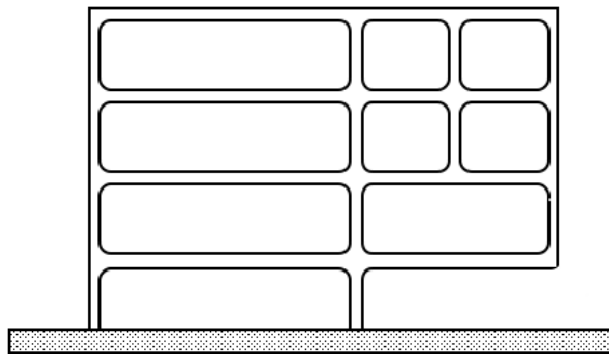


Figura 6 Ejemplos de discontinuidad vertical



Figura 7 Colapso de cornisa en Hotel Radisson. Terremoto de Quillahuá Chile (2007)

(Fuente: <https://listas.us.es/mailman/listinfo/enciclo>)

d. Plantas de forma irregular y su posible solución

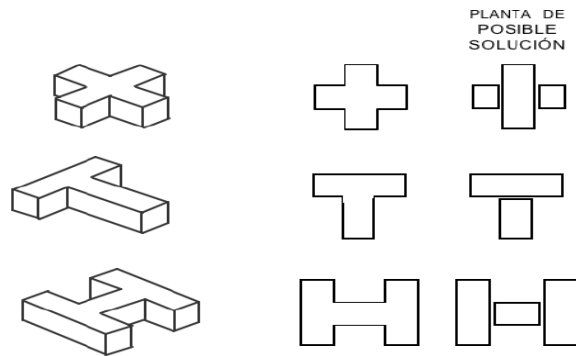


Figura 8 Ejemplos de plantas de forma irregular y sus correcciones

Fuente: Arnold & Reithman 1982

Para abordar los desafíos relacionados con el comportamiento sísmico de las edificaciones, se puede optar por integrar componentes estructurales que incrementen la rigidez en cada nivel. Estos elementos, diseñados con geometrías en "H" y "U" según se muestra en la ilustración, cumplen una función crucial. Su disposición particular permite una distribución más eficiente de las cargas sísmicas, contribuyendo así a optimizar la resistencia y estabilidad global de la estructura frente a eventos sísmicos.



Figura 9 Alternativas con rigizadores para plantas en forma H y U

Fuente: Grases et al 1987

Para optimizar el desempeño estructural, se puede implementar una estrategia que implica ligeras alteraciones en el perfil del edificio. En particular, se enfoca en la atenuación de los ángulos agudos en los puntos de inflexión de la estructura, tal como se muestra en la figura adjunta. Esta sutil modificación geométrica tiene como objetivo disminuir la acumulación de tensiones en estas zonas críticas, lo que a su vez

contribuye a mejorar la capacidad de la edificación para resistir y distribuir las fuerzas generadas durante eventos sísmicos.



Figura 10 Angulo modificado en la zona de quiebre en plantas de forma irregular

Fuente: Arnold & Reitherman, 1982

La determinación de la regularidad en planta de una estructura se basa en una variedad de criterios establecidos por normativas internacionales. Estos criterios pueden diferir entre países, abarcando aspectos como proporciones dimensionales, simetría y distribución de elementos estructurales. Sin embargo, la interpretación y aplicación de estas normas recae en el ingeniero estructural, quien debe decidir el nivel de conservadurismo a adoptar en el diseño.

El profesional a cargo debe considerar múltiples factores al tomar estas decisiones, incluyendo las características específicas del proyecto, el entorno local, y su propia experiencia. Elementos como el uso previsto del edificio, los riesgos asociados a un posible fallo, la información sísmica y geotécnica disponible, así como las limitaciones presupuestarias y de diseño, influyen en el grado de conservadurismo aplicado.

Optar por un enfoque más conservador puede incrementar la seguridad estructural, pero también puede elevar los costos de construcción. Por lo tanto, el ingeniero debe encontrar un equilibrio óptimo entre seguridad, economía, funcionalidad y estética, sin dejar de cumplir con las normativas vigentes.

Es importante tener en cuenta que los criterios de diseño sísmico están en constante evolución, influenciados por nuevas investigaciones, la experiencia adquirida en terremotos recientes y los avances tecnológicos.

Independientemente del enfoque elegido, es fundamental que el ingeniero documente minuciosamente sus decisiones, justifique cualquier desviación de las normas y comunique claramente los riesgos y beneficios asociados al cliente.

2.2.12. Torsión

Grases et al. (1987) señalan que los efectos torsionales han sido identificados como una causa principal de daños severos y derrumbes en edificaciones durante sismos de gran magnitud. Este fenómeno se atribuye a la diferencia de posición entre el centro de rigidez y el centro de masa de la estructura. Se considera que existe simetría estructural óptima cuando estos dos puntos coinciden. Una mayor simetría en el diseño reduce la probabilidad de concentraciones de esfuerzos y efectos torsionales, permitiendo un comportamiento más predecible y analizable bajo cargas sísmicas. La simetría debe considerarse tanto en la geometría exterior como en la disposición interna de elementos estructurales y no estructurales. La colocación asimétrica de elementos como muros, núcleos de ascensores o divisiones internas altera la posición del centro de rigidez, lo que puede resultar en deformaciones no anticipadas en el análisis estructural original.

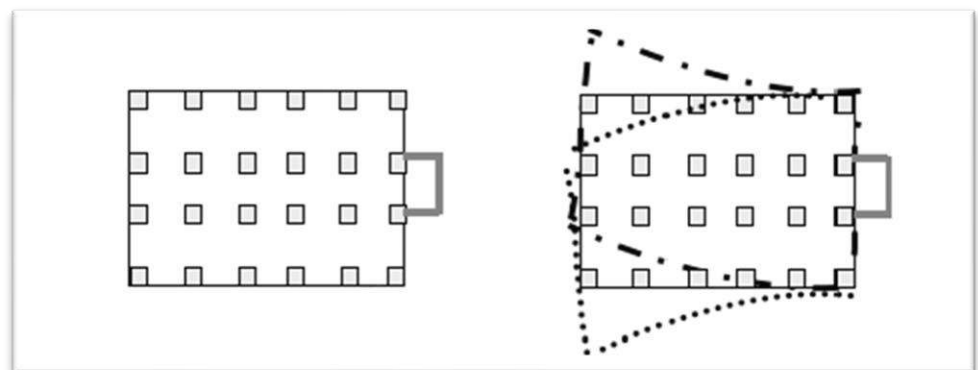


Figura 11 Núcleo de muros excéntricos posible deformación por torsión debida a la excentricidad

La Figura 12, que se fundamenta en las investigaciones de Bachmann (2003) y Grases et al. (1987), ofrece una serie de ilustraciones que

demuestran situaciones típicas en el diseño estructural y sus correspondientes medidas correctivas.

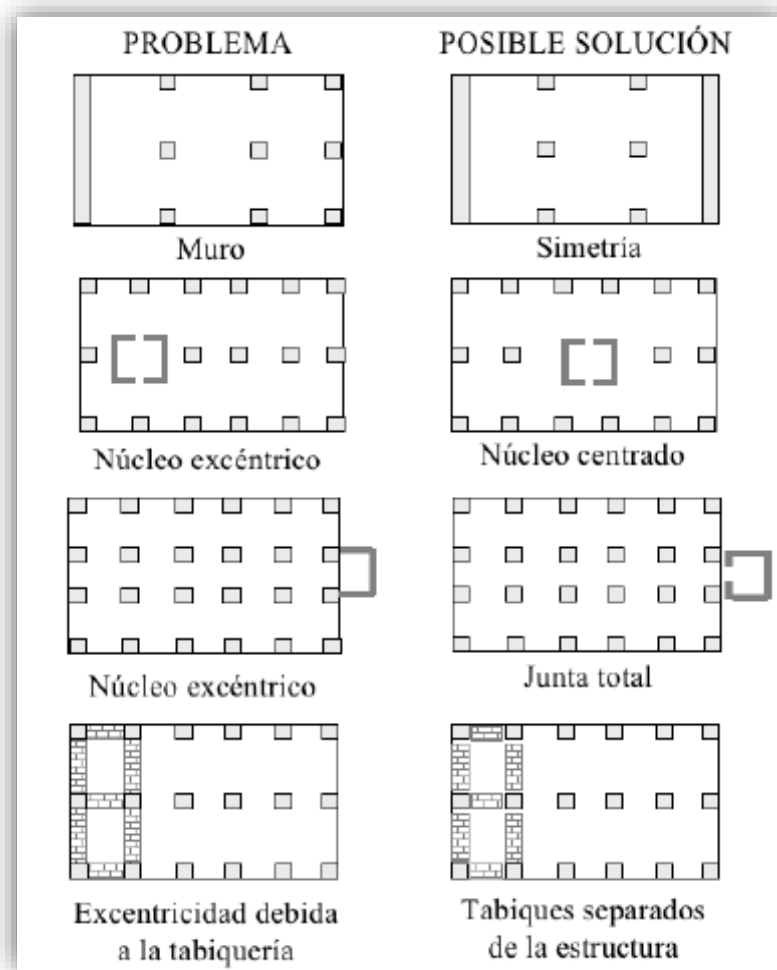


Figura 12 Torsión: problema- posible solución

Fuente: Bachmann, 2003- posible solución

Esta representación gráfica sirve como una herramienta práctica para comprender y resolver desafíos frecuentes en la ingeniería sísmica, brindando orientación visual para optimizar la resistencia de las estructuras frente a eventos sísmicos.

La figura 13 Representa Cumaná, el edificio Miramar de Venezuela. Rascacielos de hormigón armado de ocho plantas con ascensor y escaleras en un lateral del edificio y paredes extremadamente resistentes en el centro. La figura 14 muestra el plano. El edificio se derrumbó durante la

construcción debido a un efecto de torsión creado por la excentricidad entre la rigidez y el centro de masa, lo que agravó otros problemas en la estructura. Terremoto en Cariaco, 1997 (Figura 15), (Hernández & López, 2007).



Figura 13 Edificio Miramar-cumana antes del terremoto de 1997
Fuente Hernández & López 2007

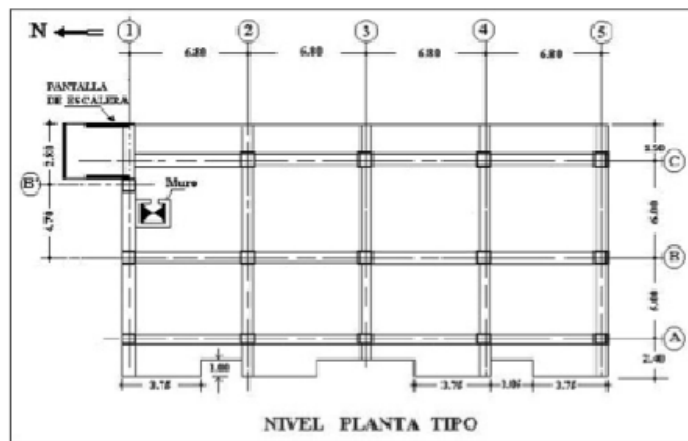


Figura 14 Planta del edificio miramar
Fuente del edificio Miramar, 2007



Figura 15 Edificio Miramar-Cumana. Después del terremoto de 1997

Fuente Hernández & López, 2007

2.3. Definición de términos:

- **Configuración antisísmica:** Enfoque integral que va más allá del mero dimensionamiento, según Bazán y Meli (2002).
- **Losas sólidas:** Elementos de concreto armado sin aligeramientos (NTE E.030).
- **Losas reticulares:** Estructuras con cavidades entre nervios, unificadas por una capa superior delgada (NTE E.030).
- **Losas alivianadas:** Versión económica de losa reticular con elementos de relleno (NTE E.030).
- **Pilares:** Elementos verticales que soportan diversas fuerzas, principalmente compresión.
- **Análisis de respuesta sísmica:** Evaluación del desempeño estructural ante terremotos según normas como NTE E.030.
- **Tipologías estructurales:** En edificaciones de concreto armado, determinan la capacidad de resistencia sísmica (NTE E.030).
- **Sistemas de muros:** Configuración donde los muros resisten la mayor parte del esfuerzo cortante.
- **Sistema mixto:** Integra pórticos y muros con distribución específica de resistencia al corte.

- **Carga sísmica de diseño:** Suma de cargas permanentes y fracción de sobrecargas para cálculos sísmicos (NTE E.030).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Un adecuado análisis de la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región Junín.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Un adecuado reforzamiento en la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín.
- b) Un adecuado análisis de la estructura reforzada bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín.
- c) Un correcto análisis de la cimentación reforzada bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks en la región de Junín.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable: Reforzamiento de los elementos estructurales

Desempeño del edificio que tenga en cuenta en el diseño el daño de los componentes estructurales durante el terremoto, de modo que: (a) haya al menos cierto margen antes de un colapso parcial o completo de la estructura; y (b) pueden ocurrir lesiones, pero generalmente hay pocas posibilidades de que se produzcan lesiones fatales como resultado de daños estructurales.

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable: Reforzamiento de los elementos estructurales: el aumento de sección: Consiste en aumentar las dimensiones de un elemento estructural, como incrementar el grosor de una pared o la sección transversal de una viga, para mejorar su capacidad de carga, la adición de refuerzos: Esto puede incluir agregar refuerzos metálicos, como placas de acero o perfiles, para aumentar la resistencia a la tracción o compresión de un elemento estructural así como la inyección de resinas: Se utiliza para rellenar grietas o huecos en elementos de concreto o mampostería, mejorando así su integridad estructural y resistencia y el refuerzo de fibras: Consiste en agregar fibras de materiales como fibra de vidrio, carbono o polímeros reforzados con fibra para mejorar la resistencia y ductilidad de un material.

2.5.3. Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de Reforzamiento de los elementos estructurales

Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Capacidad del suelo	Kg/cm ²	Ensayo de laboratorio
Materiales de construcción	Adobe Ladrillo de arcilla Lebrillo Cemento Agregado	Esclerómetro
Licencia de construcción	Resolución y autorización para los niveles	Tiene 1 No tiene 3
Asesoramiento técnico	Capacidad del profesional (especialista)	Bueno: 1 Regular: 2 Malo: 3

Fuente propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El enfoque metodológico de esta investigación se basa en el método científico, tal como lo describe Borja (2016). Este método se emplea para abordar y resolver interrogantes relacionadas con fenómenos naturales y sociales relevantes para el estudio en cuestión. Su aplicación permite una aproximación sistemática y rigurosa a los problemas de investigación planteados.

3.2. Tipo de investigación

En cuanto a la tipología del estudio, se clasifica como investigación aplicada, siguiendo la definición propuesta por Sierra (2002). Este tipo de investigación se caracteriza por un proceso estructurado que comienza con la identificación y definición precisa de las variables de estudio. Posteriormente, se formulan hipótesis que serán sometidas a prueba mediante cálculos y procesos iterativos. Los resultados obtenidos se organizan y presentan en formatos estadísticos, trabajando con una muestra específicamente seleccionada. El proceso culmina con la elaboración de conclusiones basadas en el análisis de los datos recopilados y procesados.

Esta metodología permite una aproximación práctica y orientada a resultados, buscando aplicar el conocimiento teórico a situaciones concretas y generar soluciones o respuestas a problemas específicos en el campo de estudio.

3.3. Nivel de investigación

La investigación se enmarca en el nivel descriptivo. Este enfoque, como lo explican Hernández, Fernández y Baptista (2010), se centra en detallar de manera precisa las propiedades, características y aspectos relevantes del objeto de estudio. El objetivo principal es proporcionar una imagen clara y detallada del

fenómeno investigado, sin necesariamente buscar explicaciones o relaciones causales.

3.4. Diseño de investigación

En cuanto al diseño, la investigación se clasifica como no experimental, siguiendo la definición propuesta por Arias (2012). Este tipo de diseño se caracteriza por la ausencia de manipulación deliberada de las variables. En lugar de intentar medir el impacto directo de una variable sobre otra, el estudio se enfoca en observar y analizar la relación existente entre las variables en su contexto natural. Este enfoque permite examinar los fenómenos tal como se presentan en la realidad, sin intervención del investigador en las condiciones o circunstancias del estudio.

Este diseño no experimental es particularmente útil para estudiar fenómenos que no pueden ser manipulados por razones éticas, prácticas o logísticas, y permite obtener una visión más realista de las relaciones entre variables en situaciones cotidianas o naturales.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

En el contexto de esta investigación, la población de estudio se define como el conjunto completo de elementos que comparten características específicas relevantes para el estudio. Siguiendo la definición de Hernández Sampieri (2014), la población abarca todos los casos que cumplen con ciertos criterios predefinidos. En este estudio particular, la población está constituida por todas las estructuras destinadas a albergar laboratorios de minerales ubicadas en la región de Junín. Esta delimitación geográfica y funcional permite enfocar el estudio en un grupo específico de edificaciones con características y propósitos similares.

3.5.2. Muestra

La selección de la muestra para este estudio se realizó mediante un método no probabilístico, específicamente a través de un muestreo por conveniencia. Este enfoque, como lo describe Carrasco (2005), permite al

investigador elegir las unidades de análisis basándose en su propio criterio y juicio. En este caso concreto, la muestra seleccionada se compone de la estructura del Laboratorio de Minerales Target - Rocks, ubicado en Jauja. Esta elección se basa en la accesibilidad, relevancia y representatividad de esta estructura particular dentro del conjunto más amplio de laboratorios de minerales en la región.

Este método de muestreo, aunque no permite generalizaciones estadísticas a toda la población, ofrece la ventaja de facilitar un estudio en profundidad de un caso específico que puede proporcionar insights valiosos sobre las características y desafíos de estructuras similares en la región.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El enfoque metodológico para la recopilación de información se diseñó con el propósito de obtener datos de manera eficiente y no intrusiva. Esta estrategia permitió documentar características relevantes y establecer los límites de las áreas de estudio para futuras investigaciones del suelo, manteniendo las variables en su estado natural.

El proceso de recolección de datos se organizó en tres etapas principales:

A. Excavación de calicatas:

Tras identificar las ubicaciones óptimas, se realizó la excavación de tres calicatas. Esta técnica facilita la observación directa de la estratigrafía del suelo y la obtención de muestras representativas a distintas profundidades.

B. Extracción de muestras:

Se llevó a cabo una extracción minuciosa de muestras representativas de cada estrato identificado en las excavaciones. Este paso es crucial para obtener material que, al ser analizado en laboratorio, proporcionará datos detallados sobre la composición y propiedades del terreno.

C. Análisis de laboratorio:

Las muestras recolectadas fueron sometidos a una serie de pruebas estandarizadas, incluyendo:

- Evaluación del contenido hídrico (según ASTM D2216-71), que cuantifica la presencia de agua en el suelo.

- Cálculo de la densidad específica (conforme a ASTM D854), esencial para comprender la compactación y estructura del suelo.

- Estudio de la composición granular (siguiendo ASTM D421-58 y ASTM D422-63), que detalla la distribución de tamaños de las partículas del suelo.

Estos análisis generan información cuantitativa precisa sobre las características físicas y mecánicas del terreno, elementos fundamentales para el diseño y análisis estructural del proyecto.

Esta metodología integral de recolección de datos combina técnicas de campo y laboratorio, asegurando una caracterización completa y precisa de las condiciones del suelo en el área de estudio, sin alterar el estado natural del terreno.

3.7. Procesamiento de la información

En este estudio, el análisis de los datos fue llevado a cabo siguiendo métodos específicos para el diseño de pórticos en estructuras metálicas. Para facilitar este proceso, se empleó software especializado en Excel, permitiendo un manejo eficiente de la información recolectada. Los resultados obtenidos a través de este procesamiento se presentan detalladamente en el capítulo correspondiente del estudio.

El enfoque adoptado para el respectivo procesamiento tuvo como base la aplicación de relaciones matemáticas específicas. Estas fórmulas permitieron transformar los datos de entrada, registrados inicialmente en hojas de cálculo, en valores de deducción cruciales para el análisis. Este método facilitó el procesamiento sistemático de los datos obtenidos a través de los diversos instrumentos de recolección utilizados en el estudio.

Cabe destacar que todo el proceso de análisis se realizó desde una perspectiva cuantitativa. Para organizar eficientemente la información recopilada, se utilizaron matrices de tabulación. Además, se complementó el análisis con la creación de esquemas gráficos, los cuales jugaron un papel fundamental en la visualización y posterior interpretación de los datos.

Esta combinación de herramientas analíticas y representaciones visuales no solo permitió un procesamiento riguroso de la información, sino que también facilitó una comprensión más profunda y clara de los resultados obtenidos. Este enfoque integral aseguró que los datos fueran analizados de manera exhaustiva y presentados de forma accesible y significativa.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas utilizadas en este estudio constituyeron el fundamento para la organización, descripción y análisis sistemático de los datos recolectados mediante los diversos instrumentos de investigación.

Estadística: Monje (2011) destaca la importancia de la estadística como una herramienta integral en el proceso de investigación. Su aplicación abarca desde la recolección inicial de datos hasta su análisis final, interpretación y presentación. Este enfoque estadístico proporciona un marco metodológico robusto para manejar la información obtenida durante el estudio.

Un aspecto crucial del proceso es la evaluación crítica de los datos antes de su utilización. Este paso, conocido como "crítica del dato", implica un examen minucioso de cada conjunto de información recolectada. Se evalúan aspectos clave como la exactitud, precisión y representatividad de los datos, asegurando así la calidad y fiabilidad de la información que se utilizará en el análisis posterior.

Tras completar la fase de recolección, el siguiente paso implica la organización y resumen de los datos. Este proceso es esencial para extraer información significativa del conjunto de datos brutos. Para lograr este objetivo, se emplea la estadística descriptiva, que proporciona herramientas y métodos para condensar y presentar los datos de manera clara y concisa.

La aplicación de la estadística descriptiva permite identificar patrones, tendencias y características relevantes en los datos. Este análisis no solo facilita la comprensión de la información recolectada, sino que también sienta las bases para interpretaciones más profundas y la formulación de conclusiones fundamentadas en evidencia empírica.

Así, el uso de estas técnicas estadísticas asegura un tratamiento riguroso y sistemático de los datos, desde su recolección inicial hasta su análisis final, garantizando así la solidez y confiabilidad de los resultados de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Generalidades:

4.1.1. Características de la estructura existente:

- **Uso actual:** Almacén logístico del Laboratorio de Minerales Target - Rocks.
- **Edad de la edificación:** 8 años.
- **Numero de niveles:** 1 nivel.
- **Sistema estructural predominante:** Pórticos de concreto armado en el eje X – X y muros de albañilería confinada en el eje Y – Y.

4.1.2. Normas aplicadas:

Se considera en la evaluación estructural los criterios sugeridos en:

- RNE - Capítulo E.020 (Norma de Cargas).
- RNE - Capítulo E.0.0 (Norma Sismo Resistente).
- RNE - Capítulo E.070 (Norma de Albañilería).
- RNE - Capítulo E.060 (Norma de Concreto Armado).
- RNE - Capítulo E.090 (Norma de Estructuras Metálicas).
- ACI 318-08 (American Concrete Institute).
- ANSI/AISC 360-16 (American Institute of Steel Construction).

4.1.3. Criterios de la evaluación estructural:

- La estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A será evaluada mediante un análisis lineal dinámico para determinar la capacidad de la estructura para resistir fuerzas sísmicas. Paralelamente, se examinó el sistema de cimentación, con especial atención a las zapatas, para verificar si sus dimensiones son suficientes para soportar eficazmente las cargas impuestas. Estos estudios son fundamentales para asegurar que la edificación mantenga su integridad estructural tanto en condiciones normales como durante

eventos sísmicos, garantizando así la seguridad de sus ocupantes y la durabilidad de la construcción.

- El método de análisis utilizado será el modal espectral en el cual se verificará que las derivas de piso no superen los máximos admisibles de 0.007 y 0.005 para los ejes X – X e Y – Y respectivamente, de igual manera realizaremos la evaluación de la cimentación mediante las presiones, resistencia al corte y punzonamiento para la cual se tendrá en cuenta las especificaciones técnicas de las normas correspondientes.

4.1.4. Elementos estructurales existentes:

A. Columnas de concreto armado existentes:

La estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A cuenta con dos tipos de columnas los cuales se pueden observar en la siguiente figura:

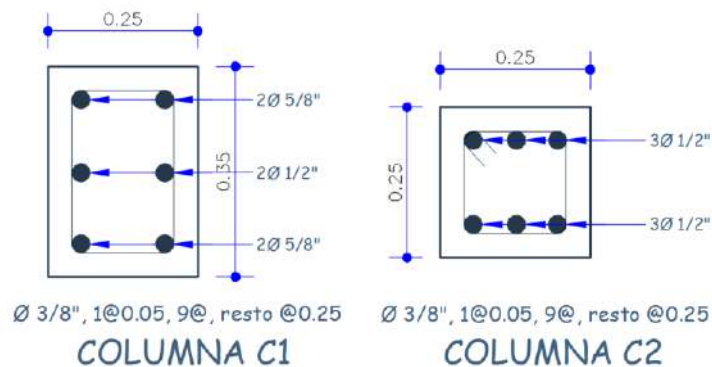


Figura 16 Dimensiones y refuerzo de columnas

Fuente: Elaboración propia.

B. Vigas de concreto armado existentes:

La estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A cuenta con dos tipos de vigas tal como se muestra a continuación:

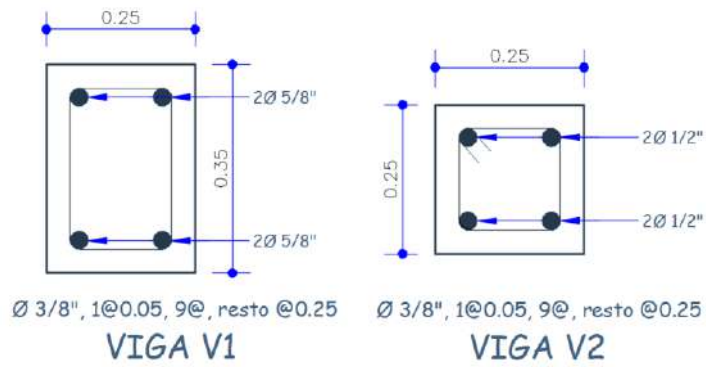


Figura 17 Dimensiones y refuerzo de vigas

Fuente: Elaboración propia.

C. Muros de albañilería existente:

Los muros de albañilería confinada están elaborados con ladrillos KK y cuentan con un espesor de 15cm, así, se observa en la figura siguiente:

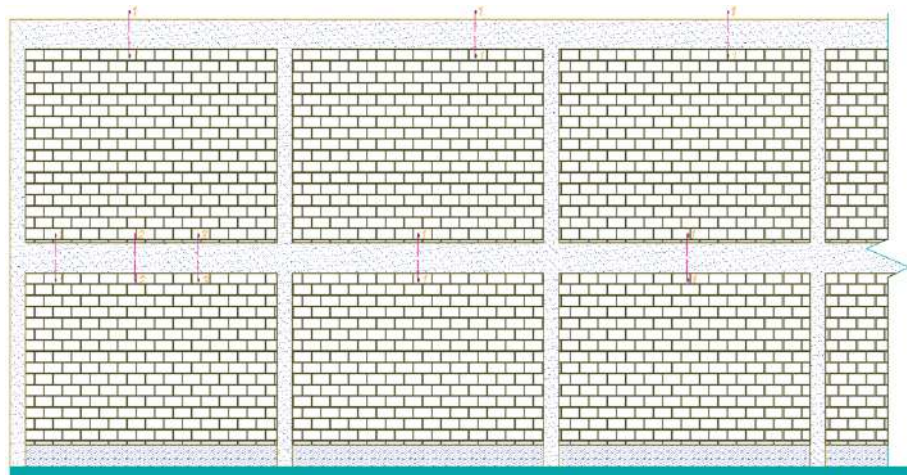


Figura 18 Muros de albañilería confinada

Fuente: Elaboración propia.

D. Acero estructural existente:

El arco de acero existente del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A:

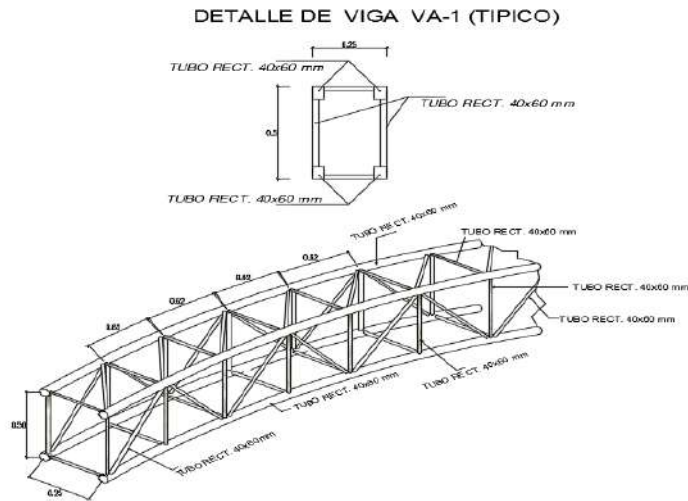


Figura 19 Detalle de acero estructural

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Propiedades de los materiales:

A. Propiedades del Concreto ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$):

- Resistencia compresiva: 210 kg/cm^2
- Elasticidad: $217,370.65 \text{ kg/cm}^2$
- Densidad: $2,400 \text{ kg/m}^3$
- Coeficiente de Poisson: 0.20

B. Características del Acero ($f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$):

- Punto de fluencia: $4,200 \text{ kg/cm}^2$
- Elasticidad: $2,100,000 \text{ kg/cm}^2$
- Densidad: $78,450 \text{ kg/m}^3$
- Coeficiente de Poisson: 0.30

C. Especificaciones de Albañilería ($f'm = 65 \text{ kg/cm}^2$):

- Resistencia del ladrillo: 65 kg/cm^2
- Elasticidad: $32,500 \text{ kg/cm}^2$
- Densidad: $1,800 \text{ kg/cm}^2$
- Coeficiente de Poisson: 0.25

4.1.6. Medrado de cargas:

A. Carga muerta (D):

➤ Peso de los acabados: 3.6Kg/m²

B. Cargas vivas (L):

➤ Peso de carga viva: 30Kg/m²

C. Cargas de viento (W):

➤ Eje X (barlovento): 30.47Kg/m²

➤ Eje X (sotavento): -30.47Kg/m²

➤ Eje Y (barlovento): -30.47Kg/m²

➤ Eje Y (sotavento): -30.47Kg/m²

D. Carga de granizo (S):

➤ Peso del granizo: 32.00Kg/m²

4.2. Análisis sísmico dinámico de la estructura existente:

4.2.1. Consideraciones sísmicas:

El enfoque adoptado para el análisis dinámico de la estructura se basa en el método de superposición espectral, una técnica avanzada que se fundamenta en el estudio de los movimientos de la edificación utilizando sus periodos naturales y modos de vibración característicos. Para determinar estos elementos cruciales, se emplea un procedimiento analítico específico que toma en consideración dos aspectos fundamentales de la estructura: las características de rigidez y la distribución de las masas. El análisis de la rigidez implica evaluar cómo los diferentes componentes de la estructura resisten la deformación bajo cargas dinámicas, mientras que el estudio de la distribución de masas examina cómo está repartido el peso a lo largo de toda la estructura, un factor que influye significativamente en su respuesta ante fuerzas sísmicas. Este enfoque permite una representación más precisa y realista del

comportamiento dinámico de la estructura, capturando de manera más efectiva cómo la edificación responderá a las complejas fuerzas generadas durante un evento sísmico. La superposición espectral, como método de análisis, ofrece la ventaja de combinar las respuestas de diferentes modos de vibración, resultando en una evaluación más completa de cómo la estructura en su conjunto reaccionará ante un terremoto, considerando múltiples frecuencias de movimiento simultáneamente.

El Reglamento Nacional de Edificaciones, en su norma E.030, define diversos criterios específicos para cada ubicación:

A. Factor de zona (Z):

Uno de los más relevantes es el Factor de Zona, denominado Z. Este parámetro clasifica el territorio nacional en cuatro regiones diferenciadas, tal como se puede observar en la representación gráfica proporcionada. Esta categorización geográfica tiene como objetivo reflejar la variación en la intensidad sísmica esperada a lo largo de las diferentes regiones del país, permitiendo así un diseño estructural más adecuado a las condiciones sísmicas locales:



Figura 20 Zonas sísmicas del territorio nacional

Fuente: Norma E.030 del RNE.

El concepto de zonificación sísmica es un elemento crucial en el diseño sismorresistente de estructuras. Esta zonificación se fundamenta en un análisis exhaustivo de tres factores principales:

Distribución espacial de la sismicidad observada: La distribución espacial de la sismicidad observada es un tema fundamental en el campo de la sismología y la geofísica, que proporciona información crucial sobre la actividad tectónica de la Tierra y los patrones de liberación de energía sísmica. Este fenómeno se refiere a cómo los terremotos se distribuyen geográficamente en la superficie terrestre y en profundidad, revelando importantes características sobre la estructura y dinámica de la corteza y el manto superior. La mayoría de los sismos se concentran en zonas bien definidas que coinciden con los límites de las placas tectónicas, formando lo que se conoce como el "Cinturón de Fuego del Pacífico" y otras regiones sísmicamente activas. Estas áreas incluyen zonas de subducción, donde una placa oceánica se hunde bajo otra placa, dorsales oceánicas, donde se crea nueva corteza, y fallas transformantes, donde las placas se deslizan lateralmente entre sí. Sin embargo, también se observa actividad sísmica intraplaca, aunque generalmente de menor intensidad y frecuencia. La profundidad de los focos sísmicos varía considerablemente, desde terremotos superficiales (0-70 km) hasta sismos de profundidad intermedia (70-300 km) y profunda (300-700 km), cada uno asociado con diferentes procesos geológicos y tectónicos. El estudio de esta distribución espacial se ha visto enormemente beneficiado por el desarrollo de redes sísmicas globales y regionales, que permiten una detección y localización precisa de eventos sísmicos. Estas observaciones han sido fundamentales para el desarrollo de modelos tectónicos, la evaluación del riesgo sísmico y la comprensión de la dinámica interna de nuestro planeta. Además, el análisis de la distribución

espacial de la sismicidad a lo largo del tiempo ha permitido identificar patrones de migración sísmica, clusters de terremotos y zonas de quietud sísmica, proporcionando valiosas perspectivas sobre el comportamiento a largo plazo de las fallas y los sistemas tectónicos. Esta información es crucial para la planificación urbana, el diseño de estructuras resistentes a sismos y el desarrollo de sistemas de alerta temprana, contribuyendo significativamente a la mitigación del riesgo sísmico en poblaciones vulnerables alrededor del mundo.

Características generales de los movimientos sísmicos: Los movimientos sísmicos son fenómenos naturales que se manifiestan como vibraciones o sacudidas de la corteza terrestre, producto de la liberación súbita de energía acumulada en el interior de la Tierra. Estas perturbaciones se originan principalmente por la interacción entre las placas tectónicas, aunque también pueden ser causadas por actividad volcánica, colapsos subterráneos o incluso por actividades humanas como explosiones o la extracción de recursos naturales. La naturaleza de estos movimientos es compleja y multifacética, caracterizándose por una serie de atributos distintivos que influyen en su impacto y percepción.

Una de las características fundamentales de los movimientos sísmicos es su variabilidad en términos de intensidad y duración. Los sismos pueden oscilar desde imperceptibles microtemores hasta devastadores megaterremotos, con duraciones que van desde unos pocos segundos hasta varios minutos en casos extremos. La intensidad se mide típicamente en escalas como la de Richter o la de magnitud de momento, mientras que los efectos observables se cuantifican mediante escalas de intensidad como la de Mercalli modificada.

Otro aspecto crucial es la propagación de las ondas sísmicas, que se dividen principalmente en ondas de cuerpo (P y S) y ondas

superficiales (Love y Rayleigh). Estas ondas viajan a diferentes velocidades y tienen distintos patrones de movimiento, lo que resulta en una secuencia característica de sacudidas durante un terremoto. Las ondas P, siendo las más rápidas, son las primeras en llegar, seguidas por las ondas S más destructivas, y finalmente las ondas superficiales de período más largo.

La frecuencia de las ondas sísmicas es otra característica importante, ya que afecta directamente cómo las estructuras y el suelo responden al movimiento. Los sismos pueden generar una amplia gama de frecuencias, desde vibraciones de alta frecuencia que afectan principalmente a estructuras pequeñas y rígidas, hasta oscilaciones de baja frecuencia que pueden resonar con edificios altos y puentes.

El contenido energético de un sismo es una característica fundamental que determina su potencial destructivo. Esta energía se libera en forma de ondas sísmicas y calor, y su magnitud puede variar enormemente, desde el equivalente a unos pocos gramos de TNT en microsismos hasta el equivalente a miles de bombas atómicas en los terremotos más grandes registrados.

La directividad es otra característica notable de los movimientos sísmicos, donde la energía se propaga de manera no uniforme desde la fuente, resultando en patrones de daño asimétricos en la superficie. Este fenómeno puede amplificar significativamente los efectos del terremoto en ciertas direcciones.

Los efectos de sitio son también una característica importante, donde las condiciones geológicas locales pueden amplificar o atenuar las ondas sísmicas. Suelos blandos o saturados pueden amplificar las vibraciones, mientras que los afloramientos rocosos tienden a experimentar menos amplificación. Finalmente, los movimientos sísmicos a menudo vienen acompañados de fenómenos secundarios como licuefacción del suelo, deslizamientos de tierra, tsunamis en zonas costeras, y réplicas que

pueden extenderse por días o incluso meses después del evento principal. Comprender estas características generales es crucial para el diseño de estructuras resistentes a sismos, la planificación urbana, y el desarrollo de sistemas de alerta temprana, contribuyendo así a la mitigación del riesgo sísmico y la protección de vidas y propiedades en regiones propensas a terremotos.

Atenuación de los movimientos sísmicos con la distancia epicentral: La atenuación de los movimientos sísmicos con la distancia epicentral es un fenómeno crucial en la sismología y la ingeniería sísmica, que describe cómo la intensidad de las ondas sísmicas disminuye a medida que se alejan de su punto de origen. Este proceso es fundamental para comprender y predecir los efectos de los terremotos en diferentes ubicaciones geográficas, así como para el diseño de estructuras resistentes a sismos y la evaluación del riesgo sísmico.

Cuando ocurre un terremoto, la energía liberada se propaga en forma de ondas sísmicas a través de la corteza terrestre. A medida que estas ondas viajan, experimentan una reducción gradual en su amplitud y energía debido a varios factores. El principal mecanismo de atenuación es la expansión geométrica de las ondas. A medida que el frente de onda se expande desde la fuente, la energía se distribuye sobre un área cada vez mayor, resultando en una disminución de la intensidad proporcional al cuadrado de la distancia en el caso de ondas de cuerpo, y proporcional a la distancia para ondas superficiales.

Además de la expansión geométrica, la atenuación también se debe a la absorción de energía por el medio a través del cual se propagan las ondas. Este fenómeno, conocido como atenuación anelástica, ocurre cuando parte de la energía sísmica se convierte en calor debido a la fricción interna y otros procesos de disipación en los materiales de la corteza y el manto. La magnitud de esta atenuación

depende de las propiedades físicas de las rocas y sedimentos, como su composición, temperatura, presión y contenido de fluidos.

La tasa de atenuación no es uniforme para todas las frecuencias de las ondas sísmicas. Generalmente, las ondas de alta frecuencia se atenúan más rápidamente que las de baja frecuencia. Esto resulta en un cambio en el contenido espectral de la señal sísmica a medida que se propaga, con las frecuencias más altas desapareciendo más rápidamente con la distancia. Este fenómeno tiene implicaciones importantes para el diseño sísmico, ya que diferentes estructuras son sensibles a diferentes rangos de frecuencia.

La heterogeneidad de la corteza terrestre también juega un papel importante en la atenuación. Las ondas sísmicas pueden encontrar discontinuidades, fallas, o cambios en las propiedades del material que causan reflexiones, refracciones y dispersión de la energía. Estos efectos pueden resultar en patrones de atenuación complejos y no uniformes, especialmente en regiones con geología complicada.

Los sismólogos e ingenieros utilizan modelos matemáticos, conocidos como relaciones de atenuación o ecuaciones de predicción del movimiento del suelo, para describir cómo la amplitud del movimiento sísmico disminuye con la distancia. Estos modelos típicamente incluyen términos que representan la magnitud del terremoto, la distancia epicentral, y factores que describen las condiciones del sitio y las características de la fuente sísmica.

Es importante notar que la atenuación no siempre resulta en una disminución monótona de la intensidad con la distancia. Fenómenos como la focalización de ondas debido a estructuras geológicas profundas, efectos de sitio locales, o la directividad de la ruptura pueden causar amplificaciones localizadas del movimiento del suelo, incluso a distancias considerables del epicentro.

El estudio de la atenuación sísmica es un campo activo de investigación, con implicaciones significativas para la evaluación del peligro sísmico y el diseño de infraestructuras críticas. Los avances en la instrumentación sísmica y las técnicas de modelado numérico continúan mejorando nuestra comprensión de este fenómeno complejo, permitiendo predicciones más precisas de los movimientos del suelo y contribuyendo a estrategias más efectivas de mitigación del riesgo sísmico en regiones propensas a terremotos.

Así, basándose en estos criterios, el territorio se divide en diferentes zonas sísmicas. Cada zona se caracteriza por un nivel específico de peligro sísmico, que se cuantifica mediante un factor denominado Z. El factor Z constituye un elemento cuantitativo crucial en el análisis y diseño sismorresistente, representando de manera precisa la máxima aceleración horizontal que se espera experimente el suelo rígido en una ubicación específica. Este parámetro se determina mediante un riguroso análisis probabilístico, estableciendo un umbral de riesgo aceptable que se define como una probabilidad del 10% de que dicha aceleración sea superada en un período de 50 años. Esta definición implica un equilibrio cuidadosamente considerado entre la seguridad estructural y la viabilidad económica de las construcciones (ver Tabla 2):

Tabla 2
Factores de zona Z

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	FACTOR “Z”
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E.030 del RNE.

El almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se localiza en la tercera zona del territorio nacional, por lo tanto, se le asigna un factor de zona (Z) de 0.35.

B. Factor de ampliación de suelo:

La propuesta de zonificación sísmica se fundamenta en un análisis meticuloso y exhaustivo de tres componentes fundamentales cruciales para comprender y cuantificar el riesgo sísmico en diversas regiones geográficas. Estos componentes son la distribución espacial de la actividad sísmica observada, las características generales de los movimientos sísmicos, y la atenuación de estos movimientos con la distancia epicentral. El primer factor considera la ubicación, frecuencia e intensidad de los eventos sísmicos registrados históricamente en diferentes áreas, proporcionando una imagen clara de las zonas más propensas a experimentar terremotos. El segundo aspecto abarca la naturaleza de las ondas sísmicas, incluyendo sus tipos, frecuencias predominantes, y cómo estas características pueden variar según la geología local y regional. El tercer elemento analiza cómo la intensidad de las ondas sísmicas disminuye a medida que se alejan de su punto de origen, considerando factores como la expansión geométrica de las ondas y la absorción de energía por el medio de propagación. La integración de estos tres elementos permite una categorización más precisa y matizada del riesgo sísmico en diferentes áreas geográficas, reconociendo que el peligro sísmico no es uniforme y varía significativamente según la ubicación geográfica y las condiciones geológicas locales. En este sistema de zonificación, cada zona identificada se caracteriza por un factor Z específico, detallado meticulosamente en una tabla de referencia. Este factor Z es de vital importancia en los cálculos de diseño sismorresistente, ya que proporciona una cuantificación numérica del nivel de peligro sísmico en cada zona, actuando como un coeficiente que modula las fuerzas sísmicas de diseño. La importancia de esta zonificación trasciende el

ámbito del diseño estructural individual, siendo un componente crítico en la planificación urbana a gran escala, influyendo en decisiones sobre el uso del suelo, la ubicación de infraestructuras críticas y el desarrollo de planes de evacuación y respuesta a emergencias. A nivel regional y nacional, la zonificación sísmica es fundamental para la gestión integral del riesgo, informando políticas de desarrollo, asignación de recursos para la mitigación de riesgos y estrategias de resiliencia ante desastres. Complementando la zonificación sísmica, la clasificación del perfil del suelo según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones añade otra capa de complejidad y precisión al análisis del riesgo sísmico. Esta clasificación se basa en tres parámetros principales: la velocidad promedio de propagación de las ondas cortantes (VS), el promedio ponderado de los N60 obtenidos mediante pruebas estándar de penetración (SPT) para suelos granulares, y el promedio ponderado de la resistencia al corte en condiciones no drenadas (Su) para suelos cohesivos. Estos parámetros proporcionan información crucial sobre la rigidez del suelo, su densidad y resistencia, y su comportamiento durante un evento sísmico. La clasificación resultante es fundamental para determinar cómo el tipo de suelo puede amplificar o atenuar las ondas sísmicas, influyendo significativamente en el comportamiento estructural durante un terremoto. Esta información sobre el perfil del suelo permite que las estructuras se diseñen no solo considerando la intensidad sísmica de la zona, sino también las características específicas del suelo en el que se construirán, lo que puede implicar ajustes en el diseño de las cimentaciones, la elección de sistemas estructurales más apropiados, o la implementación de técnicas de mejoramiento del suelo. La consideración minuciosa de todos estos factores - zonificación sísmica, factor Z, y clasificación del perfil del suelo - permite un diseño más preciso y adaptado a las condiciones específicas del sitio de construcción, mejorando significativamente la resiliencia sísmica de las estructuras y, por extensión, la seguridad de las comunidades en áreas propensas a terremotos. La tabla que resume los

valores típicos para los diferentes tipos de perfiles del suelo es una herramienta valiosa para ingenieros y diseñadores, proporcionando una referencia rápida para clasificar el suelo basándose en sus propiedades medidas y facilitando la toma de decisiones iniciales en el proceso de diseño. Sin embargo, es importante recordar que esta tabla es una guía general, y en proyectos críticos o en situaciones geológicas complejas, pueden ser necesarios estudios de sitio más detallados y específicos. En conclusión, este enfoque multifacético para la evaluación del riesgo sísmico, que combina la zonificación a gran escala con el análisis detallado de las condiciones locales del suelo, representa un avance significativo en la ingeniería sísmica y la planificación urbana, proporcionando una base sólida para el diseño de estructuras más seguras y resilientes en regiones sísmicamente activas.

Tabla 3
Clasificación de los perfiles de suelo

Perfil	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u (kPa)
S0	> 1500	-	-
S1	500 a 1500	> 50	> 100
S2	180 a 500	15 a 50	50 a 100
S3	< 180	< 15	25 a 50
S4	Clasificación basada en el EMS	-	-

Fuente: Norma E.030 del RNE.

Una vez clasificado el tipo de suelo, se procede a determinar el factor de suelo:

Tabla 4
Factor de suelo (S)

Clasificación de Zona Sísmica	Tipo de Suelo Roca Dura (S0)	Tipo de Suelo Roca o Suelos Muy Rígidos (S1)	Tipo de Suelo Intermedio (S2)	Tipo de Suelo Blando (S3)
Zona de Alto Riesgo (Z4)	0.8	1.0	1.05	1.1
Zona de Riesgo Elevado (Z3)	0.8	1.0	1.15	1.2
Zona de Riesgo Moderado (Z2)	0.8	1.0	1.2	1.4
Zona de Bajo Riesgo (Z1)	0.8	1.0	1.6	2.0

Fuente: Adaptado de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

En el proceso de diseño sismorresistente para el almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se han seguido rigurosamente los procedimientos establecidos por la normativa vigente. Los resultados del estudio de mecánica de suelos han sido fundamentales para determinar los parámetros de diseño sísmico.

El análisis geotécnico reveló una capacidad portante del suelo de 2.30 kg/cm². Este valor es significativo, ya que indica un suelo con buena resistencia. Basándose en esta característica, y siguiendo los criterios de clasificación de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, se ha determinado que el perfil de suelo corresponde a la categoría S1. Esta clasificación típicamente se asocia con suelos rígidos, lo cual es favorable para el comportamiento sísmico de la estructura.

En cuanto a la ubicación geográfica, el almacén se encuentra en la zona 3 del mapa de zonificación sísmica del Perú. Esta zona se caracteriza por tener un nivel de sismicidad considerable, lo que implica la necesidad de un diseño estructural cuidadoso y adaptado a estas condiciones.

Considerando tanto el perfil de suelo S1 como la ubicación en la zona sísmica 3, se ha determinado que el factor de suelo (S) aplicable es 1.00. Este factor es un parámetro crucial en los cálculos de diseño

sísmico, ya que influye directamente en la magnitud de las fuerzas sísmicas que se considerarán para el diseño de la estructura.

El valor de $S=1.00$ indica que no se requiere una amplificación adicional de las fuerzas sísmicas debido a las condiciones del suelo. Esto sugiere que el suelo en el sitio de construcción no tiende a amplificar significativamente las ondas sísmicas, lo cual es generalmente favorable para el comportamiento de la estructura durante un terremoto.

C. Periodo largo (TL) y periodo de plataforma (Tp):

Los determinamos aplicando la siguiente figura:

Tabla 5
Periodos “Tp” y “TL”

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Norma E.030 del RNE.

El almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., va disponer de un periodo de plataforma y periodo largo será igual a 0.40 y 2.50 respectivamente.

D. Factor de ampliación sísmica (C):

El coeficiente en cuestión se calcula mediante la aplicación de fórmulas específicas. Estas ecuaciones se presentan de manera visual en el siguiente diagrama:

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

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

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

Figura 21 Factor de ampliación sísmica

Fuente: La información gráfica proviene de la normativa E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

El cálculo del factor de ampliación sísmica es un paso crucial en el análisis sísmico de una estructura, y depende fundamentalmente del periodo fundamental de vibración (T) de la misma. Este periodo es una característica intrínseca de la estructura que refleja cómo responderá ante movimientos sísmicos.

Para determinar el espectro de respuesta, que es una representación gráfica de la respuesta máxima de un sistema de un grado de libertad a una excitación sísmica, se adopta un enfoque sistemático y exhaustivo. Este método implica realizar un proceso iterativo de cálculos para un amplio rango de periodos de vibración.

El procedimiento consiste en:

1. Establecer un rango de periodos: En este caso, se ha decidido abarcar desde 0.020 segundos hasta 10.00 segundos. Este rango es bastante amplio y cubre la mayoría de las estructuras típicas, desde las más rígidas (periodos cortos) hasta las más flexibles (periodos largos).
2. Realizar cálculos iterativos: Para cada valor de periodo dentro de este rango, se calcula el factor de ampliación sísmica correspondiente. Esto implica aplicar las fórmulas y criterios establecidos en la norma sísmica pertinente.
3. Generar el espectro de respuesta: Con los resultados obtenidos para cada periodo, se construye una gráfica que muestra cómo varía la respuesta sísmica (generalmente en términos de aceleración) en función del periodo de vibración.

Este enfoque de "tanteo" o iteración permite:

- Obtener una visión completa del comportamiento sísmico potencial de la estructura para diferentes periodos de vibración.
- Identificar los periodos críticos donde la amplificación sísmica es máxima.
- Proporcionar datos para el diseño de estructuras con diferentes características dinámicas.

La generación de este espectro de respuesta es fundamental para el diseño sismorresistente, ya que permite:

- Determinar las fuerzas sísmicas de diseño para la estructura específica.
- Evaluar la respuesta de la estructura para diferentes modos de vibración.
- Realizar análisis dinámicos más precisos, como el análisis modal espectral.

E. Factor de uso (U):

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 6
Categoría de la edificaciones y factor U

Nivel de Importancia	Caracterización	Coefficiente U
Primordial	Infraestructuras críticas: centros médicos, nodos de transporte, sedes gubernamentales locales, centros de comunicación, estaciones de emergencia, instalaciones militares y policiales. Plantas energéticas, sistemas de tratamiento de agua. Estructuras potenciales para refugio post desastre como instituciones educativas de todos los niveles.	1.5
Significativo	Estructuras de alta ocupación: espacios de entretenimiento masivo, complejos deportivos, centros comerciales, terminales de transporte, instituciones penitenciarias. También incluye edificios que albergan patrimonio cultural valioso.	1.3
Estándar	Edificaciones de uso común: residencias, espacios de oficinas, establecimientos de hospedaje y restauración, almacenes e instalaciones industriales cuyo fallo no implique riesgos secundarios como incendios o contaminación.	1.0
Temporal	Estructuras no permanentes: almacenes provisionales, casetas y construcciones similares de carácter transitorio.	Según criterio profesional

Fuente: Norma E.030 del RNE.

El factor de uso o importancia (U), definido en la tabla se usará según la clasificación que se haga.

Debido a que la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., es de tipo industrial, la

norma establece un factor de importancia U igual a 1.00, que es el que se tomará para esta evaluación.

F. Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R):

El Para calcular el factor que disminuye la intensidad de las fuerzas generadas por un sismo, se emplea la siguiente expresión matemática:

$$R = R_0 \times I_a \times I_p \dots \text{(Ecuación 1)}$$

En esta fórmula:

R representa el factor de mitigación de las fuerzas sísmicas.

R₀ es el valor fundamental de reducción sísmica.

I_a indica el coeficiente de irregularidad vertical en la estructura.

I_p denota el coeficiente de irregularidad horizontal en la edificación.

Para establecer el valor fundamental de reducción sísmica (R₀) y los coeficientes de irregularidad vertical y horizontal, es necesario consultar las tablas de referencia que se presentan a continuación:

Tabla 7
Coeficiente básico de reducción sísmica

Sistemas Estructurales	Coeficiente reducción R ₀
Acero:	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	7
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	6
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	8
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	6
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
Concreto armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería armada o confinada	3
Madera	7

Fuente: Adaptado de la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

La edificación del almacén logístico del laboratorio de minerales de la compañía Target Rock Perú S.A. incorpora dos sistemas estructurales distintos. A lo largo del eje X-X, el sistema está compuesto por marcos estructurales, los cuales tienen asignado un factor de reducción sísmica R_0 de 8.00. Por otro lado, a lo largo del eje Y-Y, el sistema estructural está formado por mampostería confinada, con un factor de reducción sísmica R_0 de 3.00.

Tabla 8
Irregularidad estructural en altura

Anomalías Estructurales Verticales	Coefficiente de Irregularidad I_a
<p>Variación de Rigidez - Nivel Flexible Ocurre cuando el desplazamiento relativo de un piso excede en 1.4 veces al del piso superior inmediato, o supera en 1.25 veces el promedio de los tres niveles superiores contiguos. El desplazamiento relativo se calcula como la media de los desplazamientos en los extremos del piso.</p> <p>Variación de Resistencia - Nivel Débil Se presenta cuando la capacidad de resistencia a fuerzas cortantes de un piso es menor al 80% de la del piso inmediatamente superior, en cualquier dirección de análisis.</p>	0.75
<p>Variación Crítica de Rigidez Se considera cuando el desplazamiento relativo de un piso supera en 1.6 veces al del piso superior inmediato, o excede en 1.4 veces el promedio de los tres niveles superiores contiguos, en cualquier dirección de análisis. El desplazamiento relativo se calcula como la media de los desplazamientos en los extremos del piso.</p> <p>Variación Crítica de Resistencia Ocurre cuando la capacidad de resistencia a fuerzas cortantes de un piso es inferior al 65% de la del piso inmediatamente superior, en cualquier dirección de análisis.</p>	0.50
<p>Variación de Masa o Peso Se presenta cuando la masa de un piso, determinada según la sección 4.3, excede en 1.5 veces la de un piso adyacente. No aplica a azoteas ni sótanos.</p>	0.90
<p>Asimetría Geométrica Vertical Existe cuando la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales en una dirección supera en 1.3 veces la dimensión correspondiente en un piso adyacente. No aplica a azoteas ni sótanos.</p>	0.90

Anomalías Estructurales Verticales	Coeficiente de Irregularidad I_a
<p>Discontinuidad en Sistemas de Resistencia Se considera cuando cualquier elemento que resiste más del 10% de la fuerza cortante presenta un desalineamiento vertical, ya sea por cambio de orientación o por desplazamiento del eje, superior al 25% de la dimensión del elemento.</p>	0.80
<p>Discontinuidad Crítica en Sistemas de Resistencia Ocurre cuando la fuerza cortante soportada por los elementos discontinuos, como se describe anteriormente, supera el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0.60

Fuente: Norma E.030 del RNE.

Tabla 9
Irregularidad estructural en planta

Anomalías Estructurales Horizontales	Coeficiente de Irregularidad I_p
<p>Asimetría Rotacional Se presenta cuando, en cualquier dirección de análisis, el desplazamiento relativo máximo de un piso en un extremo del edificio ($\Delta_{\text{máx}}$), incluyendo excentricidad no intencional, supera en 1.2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo piso (Δ_{CM}), bajo idénticas condiciones de carga.</p>	0.75
<p>Asimetría Rotacional Crítica Ocurre cuando, en cualquier dirección de análisis, el desplazamiento relativo máximo de un piso en un extremo del edificio ($\Delta_{\text{máx}}$), incluyendo excentricidad no intencional, excede en 1.5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo piso (Δ_{CM}), bajo idénticas condiciones de carga.</p>	0.60
<p>Retranqueos La estructura se considera irregular cuando presenta retranqueos cuyas dimensiones en ambas direcciones superan el 20% de la dimensión total correspondiente en planta.</p>	0.90
<p>Interrupción del Diafragma Se califica como irregular cuando los diafragmas presentan discontinuidades abruptas o variaciones significativas en rigidez, incluyendo aberturas que superan el 50% del área bruta del diafragma. También se considera irregular si, en cualquier piso y dirección de análisis, existe alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente inferior al 25% del área de la sección transversal total en la misma dirección, calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0.85

Anomalías Estructurales Horizontales	Coefficiente de Irregularidad I_p
Elementos No Alineados Se considera irregular cuando, en cualquier dirección de análisis, los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores a 30° o cuando los elementos no paralelos resisten menos del 10% de la fuerza cortante del piso.	0.90

Fuente: Norma E.030 del RNE.

De las tablas de irregularidades se pudo determinar que la estructura de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., no cuenta con ningún tipo de irregularidad mostrado en las tablas anteriores, por lo tanto, los coeficientes de reducción de fuerzas sísmicas son iguales a 8.00 y 3.00 para el eje X – X e Y – Y respectivamente.

G. Resumen de los parámetros de diseño:

Los parámetros de diseño se pueden observar de forma reducida en la siguiente tabla:

Tabla 10

Parámetros de diseño de la estructura

Criterios de Diseño Estructural	Magnitud
Coeficiente de Zonificación Sísmica (Z)	0.35
Coeficiente de Importancia Estructural (U)	1.00
Coeficiente de Amplificación del Terreno (S)	1.00
Periodo de Vibración de Larga Duración (TL)	2.50
Periodo de Vibración del Suelo (Tp)	0.40
Factor de Mitigación Sísmica en Dirección X	8.00
Factor de Mitigación Sísmica en Dirección Y	3.00

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Espectro pseudo – aceleraciones:

Para construir el espectro de respuesta, empleamos los parámetros de diseño previamente establecidos y aplicamos la siguiente fórmula:

$$S_a = (Z \times U \times C \times S) / (R \times g) \dots \text{(Ecuación 2)}$$

En esta expresión:

S_a representa la aceleración espectral.

g denota la aceleración gravitacional.

El espectro de pseudo aceleraciones se generó utilizando una hoja de cálculo en Excel. En este proceso, se realizaron iteraciones del período fundamental de vibración (T), abarcando un rango desde 0.020 segundos hasta 10.00 segundos.

Esta metodología permite obtener una representación gráfica de cómo la estructura responde a diferentes frecuencias de excitación sísmica, proporcionando información crucial para el diseño sísmico de la edificación.

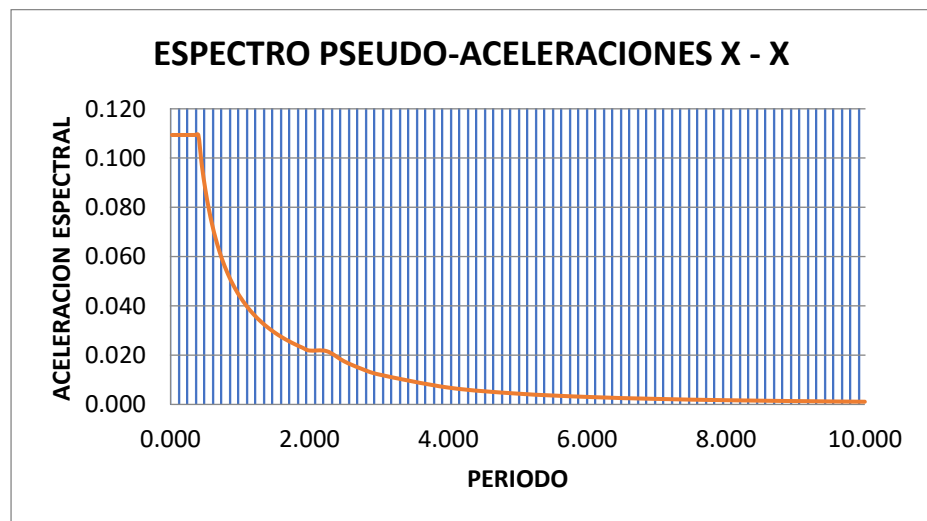


Figura 22 Espectro pseudo – aceleraciones en X – X

Fuente: Elaboración propia.

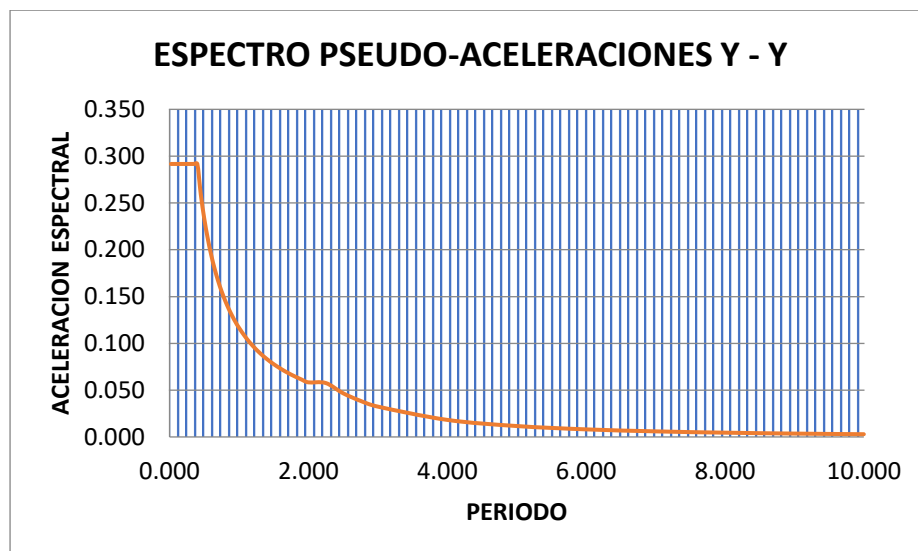


Figura 23 Espectro pseudo – aceleraciones en Y – Y

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Modelamiento de la estructura existente en el software sap2000:

La estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., fue modulada en el software sap2000 teniendo en consideración las normas mencionadas en el ítem 4.1.2., y los datos determinados anteriormente.

A. Definición de materiales:

Para el diseño estructural del almacén logístico destinado al laboratorio de minerales de la compañía Target Rock Perú S.A., se seleccionaron diversos materiales de construcción. Entre estos se incluyó concreto con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², acero con un límite de fluencia de 4200 kg/cm², mampostería con una resistencia a la compresión de 65 kg/cm², y tejas para el techado. La elección y especificación de estos materiales se puede apreciar visualmente en las imágenes que acompañan esta descripción, las cuales ilustran cómo estos elementos se integran en el modelamiento de la estructura, tal como se ve a continuación:



Figura 24 Definiendo el concreto $F'c= 210\text{Kg/cm}^2$
Fuente: Elaboración propia.



Figura 25 Definiendo el refuerzo $Fy= 4200\text{Kg/cm}^2$
Fuente: Elaboración propia.



Figura 26 Definiendo la albañilería Fm= 65Kg/cm2”

Fuente: Elaboración propia.

B. Definición de elementos estructurales:

Los elementos estructurales serán definidos son columna C1 – 25x35, columnas C2 – 25x25, V1 – 25x35, V2 – 25x25, tubos circulares de 1 ½”, tubo circular de ¾”, RHS 100x50x30, muros de albañilería de 15cm y cubierta liviana de 0.50cm.

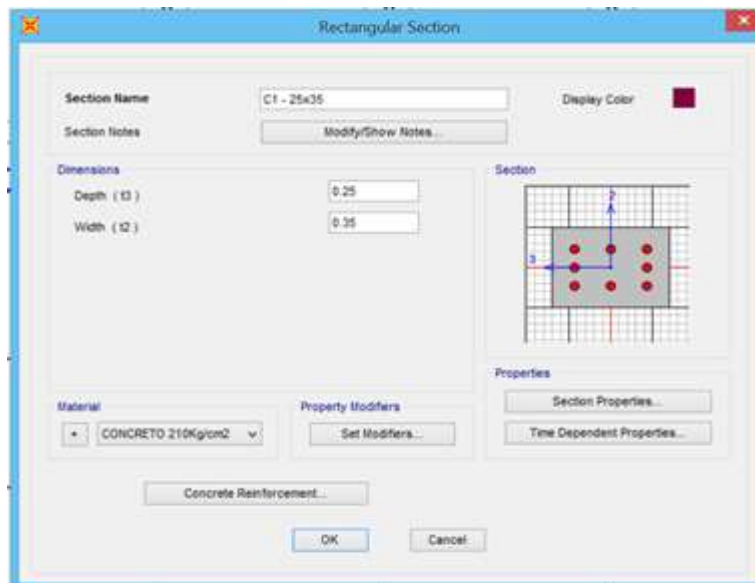


Figura 27 Definiendo la columna C1 – 25x35cm

Fuente: Elaboración propia.

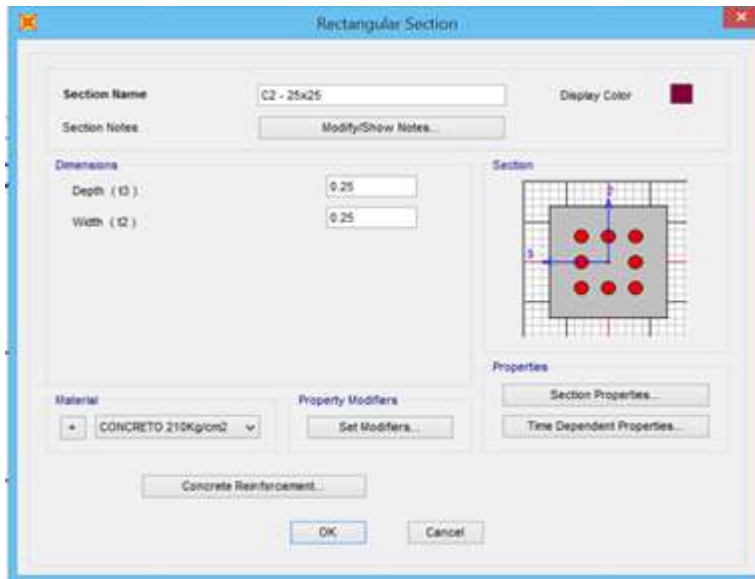


Figura 28 Definiendo la Columna C2 – 25x25cm
Fuente: Elaboración propia.

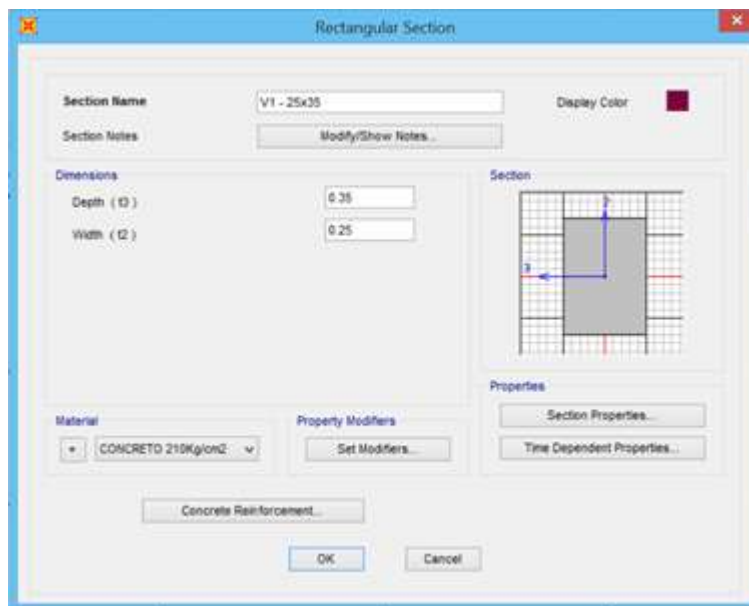


Figura 29 Definiendo la viga V1 – 25x35cm
Fuente: Elaboración propia.

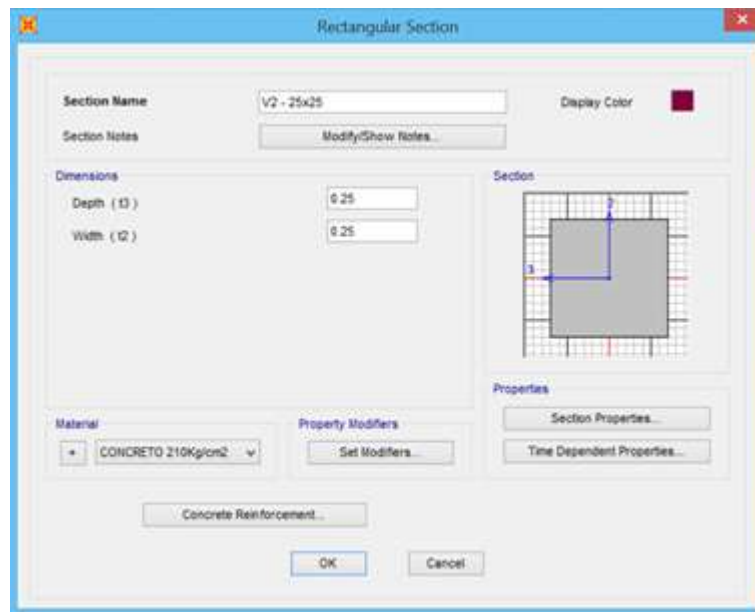


Figura 30 Definiendo la viga V2 – 25x25cm

Fuente: Elaboración propia.

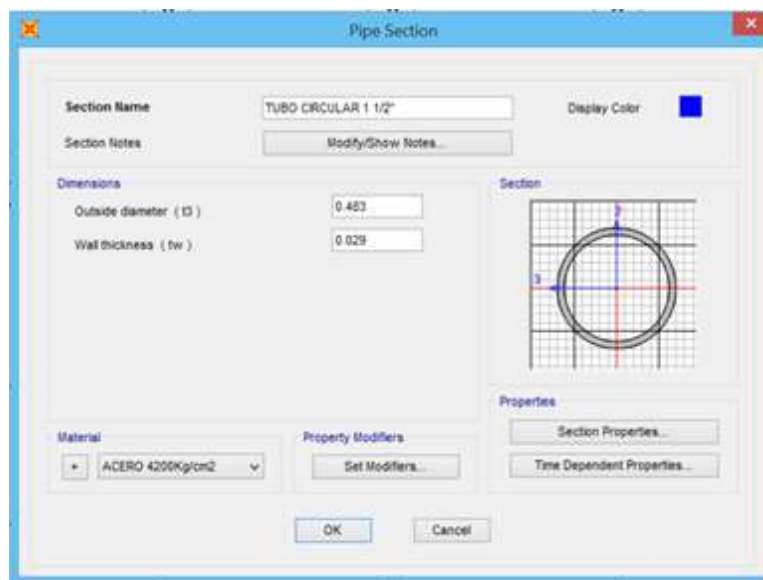


Figura 31 Definiendo el tubo circular de 1 ½

Fuente: Elaboración propia.

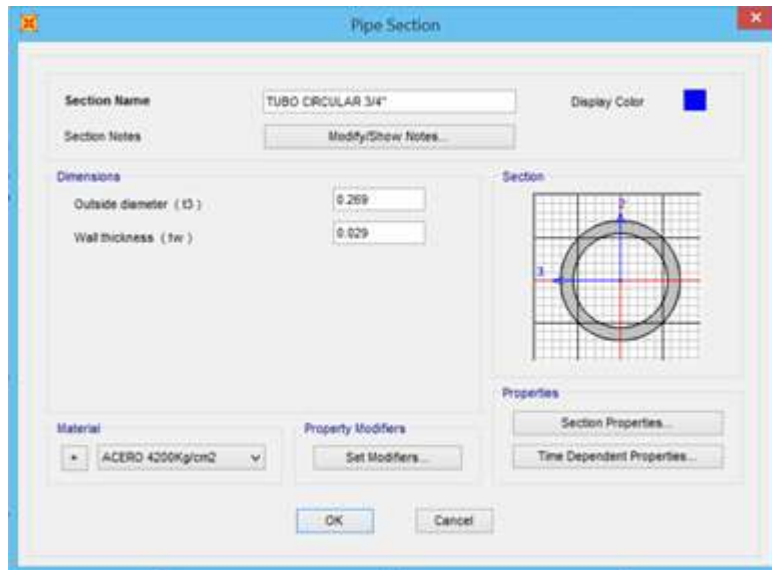


Figura 32 el tubo circular de $\frac{3}{4}$
 Fuente: Elaboración propia



Figura 33 Definiendo el RHS de 100x50x30
 Fuente: Elaboración propia.

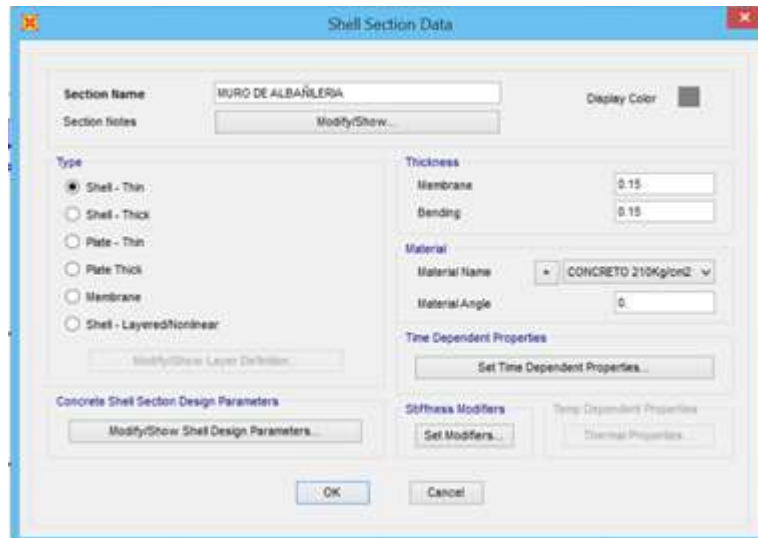


Figura 34 Definiendo el muro de albañilería de 15cm

Fuente: Elaboración propia.

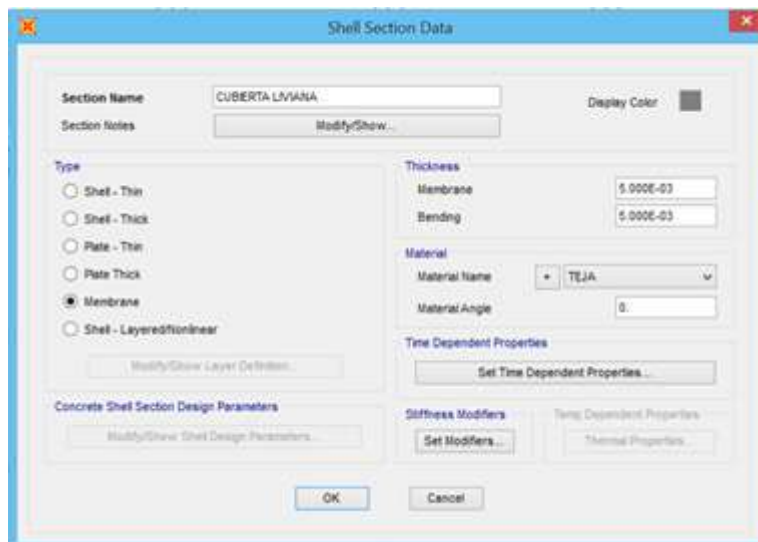


Figura 35 Definiendo la cubierta liviana

Fuente: Elaboración propia.

C. Definiendo los casos de carga:

En la definición de los escenarios de carga para el análisis estructural, se consideraron diversos tipos. El programa SAP2000 incorpora automáticamente la carga muerta asociada a los elementos estructurales. Para la carga viva, se aplicó un valor de 30 kg/m² conforme a lo estipulado en la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones. En cuanto a los acabados, se estimó una

carga adicional de 3.60 kg/m² basándose en las especificaciones proporcionadas por fabricantes nacionales. La presión del viento se estableció en 30.47 kg/m² para todas las direcciones consideradas. Finalmente, se incluyó una carga de granizo calculada en 32 kg/m². Estos parámetros de carga fueron integrados en el modelo para realizar un análisis estructural comprensivo.

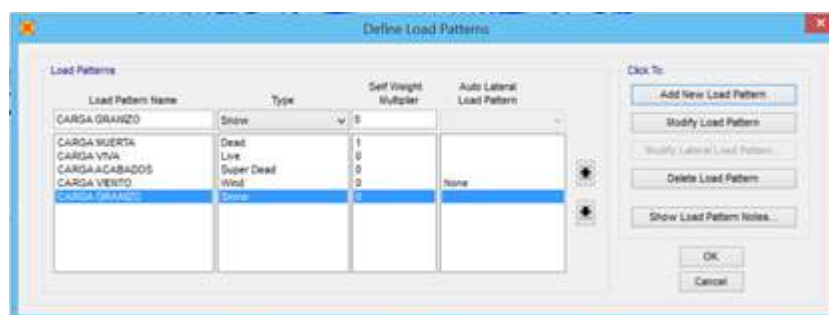


Figura 36 Definiendo de los casos de carga

Fuente: Elaboración propia.

D. Definición de las masas:

Según la clasificación establecida en la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, el almacén logístico destinado al laboratorio de minerales de la compañía Target Rock Perú S.A. se encuadra dentro de la categoría C, que corresponde a edificaciones de uso común. En consecuencia, para el análisis estructural se aplica la totalidad de la carga muerta (100%) junto con una fracción del 25% de la carga viva. Esta distribución de cargas se ilustra claramente en la imagen adjunta, que muestra la aplicación de estos criterios en el diseño estructural del edificio:

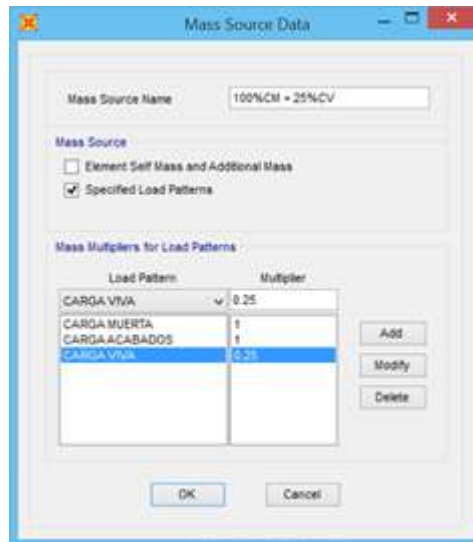


Figura 37 Definiendo las masas
Fuente: Elaboración propia.

E. Asignación de brazo rígido:

El brazo rígido fue asignado a las vigas de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., con un factor igual a 75% por estar ubicado en la zona 3 del territorio nacional.

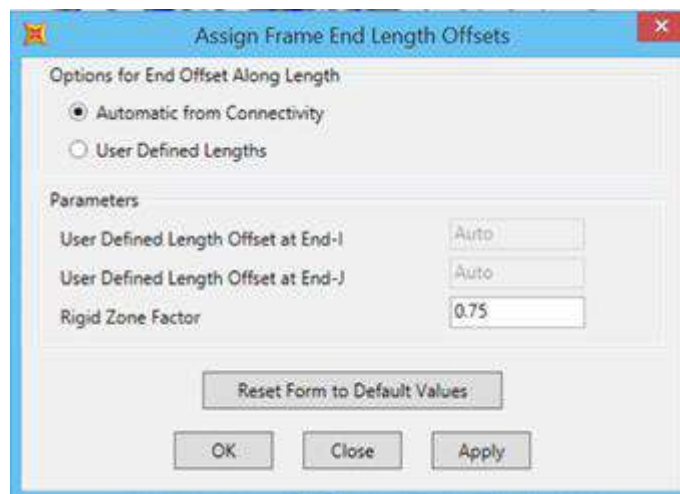


Figura 38 Asignando el brazo rígido a las vigas
Fuente: Elaboración propia.

F. Asignación de cargas:

Se asigna una carga de acabados igual a 3.60Kg/m^2 , carga de viento igual a 30.47Kg/m^2 , carga de granizo igual a 32.00Kg/m^2 y carga viva igual a 30Kg/m^2 .

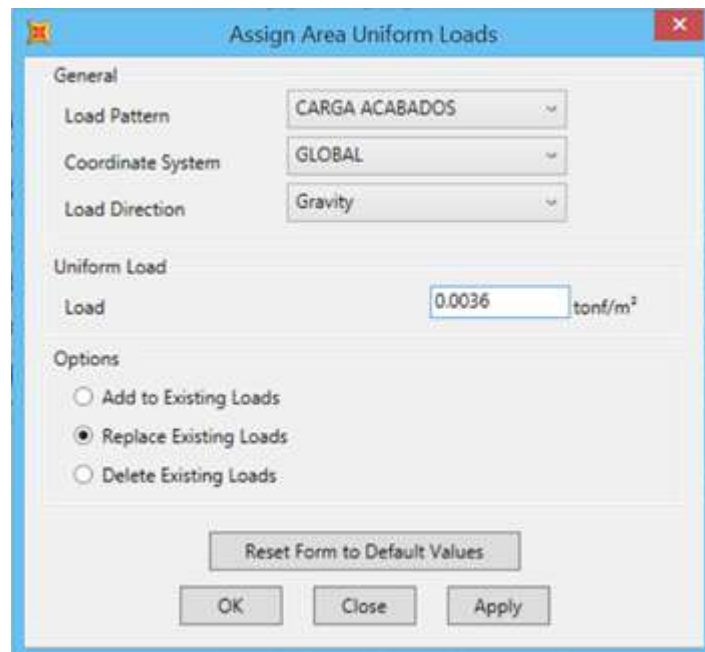


Figura 39 Asignación de la carga de acabados

Fuente: Elaboración propia.

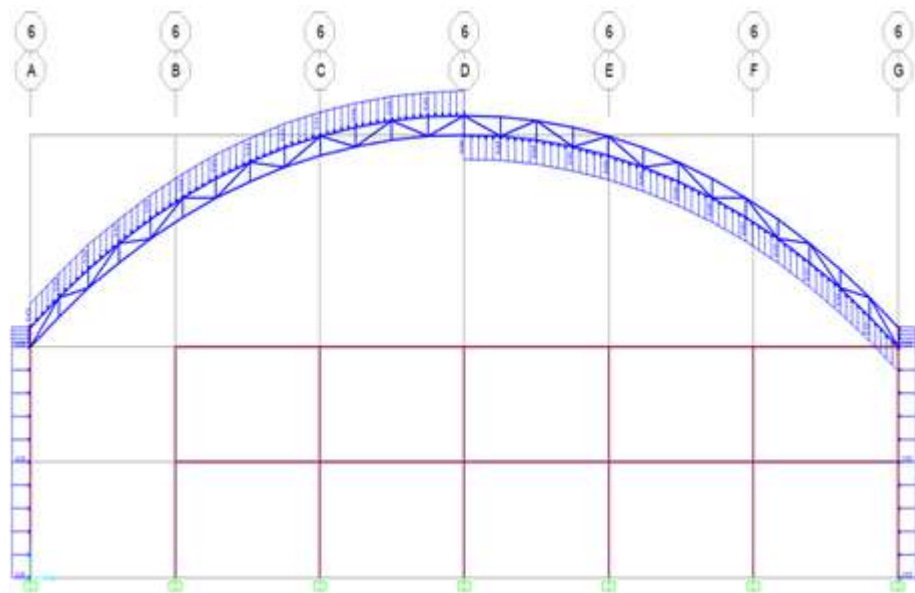


Figura 40 Asignación de la carga de viento

Fuente: Elaboración propia.

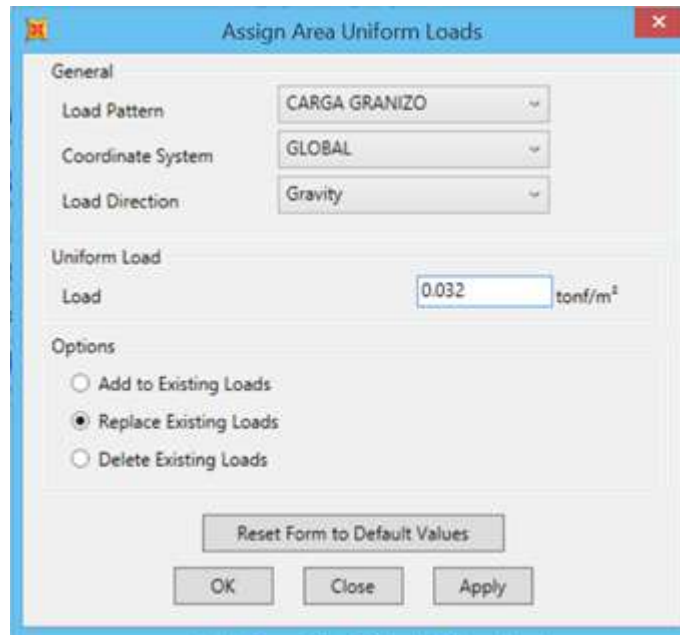


Figura 41 Asignación de la carga de granizo

Fuente: Elaboración propia.

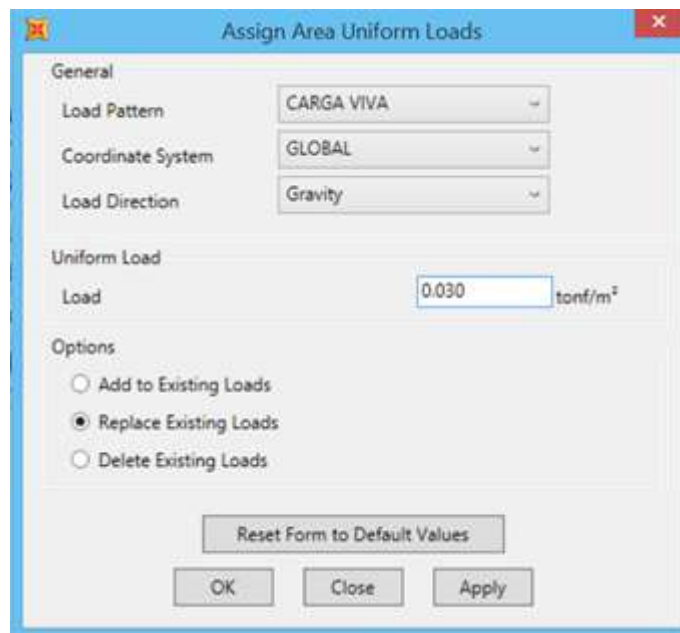


Figura 42 Asignación de la carga viva

Fuente: Elaboración propia.

G. Definiendo el espectro Pseudo – Aceleraciones:

Los espectros Pseudo – Aceleraciones la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú

S.A., fueron determinados en el ítem 4.1.9, los cuales fueron asignados directamente al software sap2000.

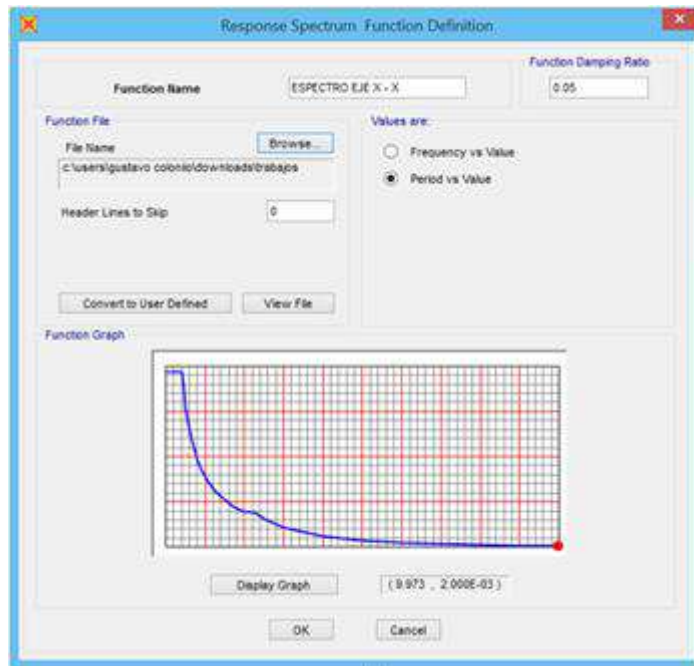


Figura 43 Asignación del Espectro en el eje X - X
Fuente: Elaboración propia.

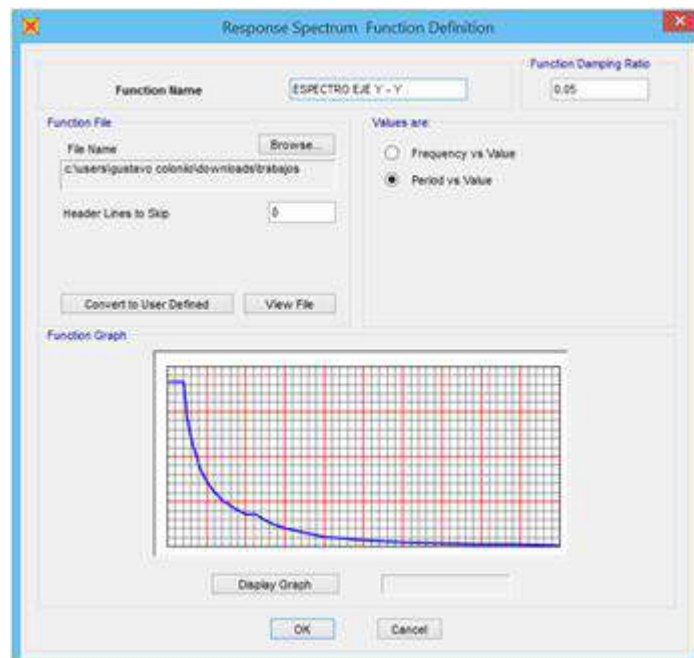


Figura 44 Asignación del Espectro en el eje Y - Y
Fuente: Elaboración propia.

H. Definiendo cargas sísmicas:

De acuerdo con las especificaciones de la norma E.030, se establecen los siguientes parámetros para el análisis sísmico: El coeficiente de amortiguamiento se fija en 0.05, representando el 5% del amortiguamiento crítico, valor típico para estructuras convencionales. La excentricidad accidental mínima se establece en 0.05, equivalente al 5% de la dimensión del edificio perpendicular a la dirección de análisis, considerando las incertidumbres en la ubicación del centro de masa. Para el análisis en dirección vertical, se utiliza un espectro equivalente a 2/3 del espectro empleado en las direcciones horizontales, reflejando la menor intensidad típica de los movimientos verticales en comparación con los horizontales durante un sismo. Se aplica un factor de escala de 9.81 m/s^2 , correspondiente a la aceleración de la gravedad, debido a que el espectro de respuesta original no incorporaba este valor en su elaboración. Estos parámetros son fundamentales para realizar un análisis sísmico preciso y conforme a la normativa, asegurando que se consideren adecuadamente los efectos de amortiguamiento, excentricidad y componentes verticales del movimiento sísmico en el diseño estructural.

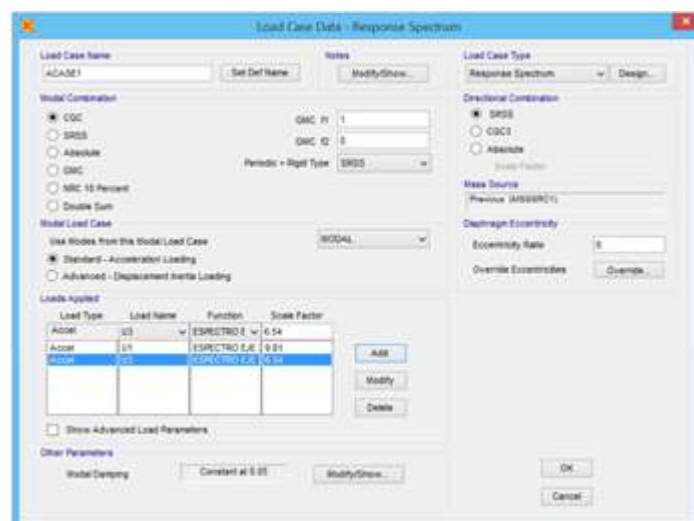


Figura 45 Carga sísmica en el eje X - X

Fuente: Elaboración propia.

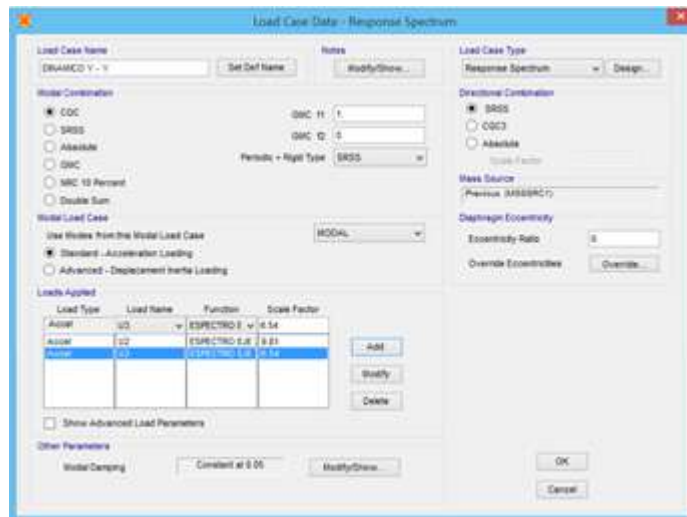


Figura 46 Carga sísmica en el eje Y - Y

Fuente: Elaboración propia.

I. Restricción de desplazamientos en columnas:

Se asigno apoyos fijos en la base de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., con la finalidad de restringir los desplazamientos de las columnas.

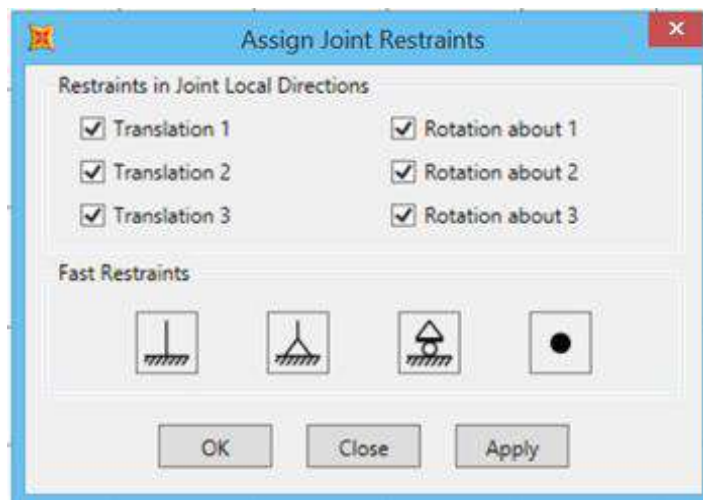


Figura 47 Restringiendo desplazamiento en columnas

Fuente: Elaboración propia.

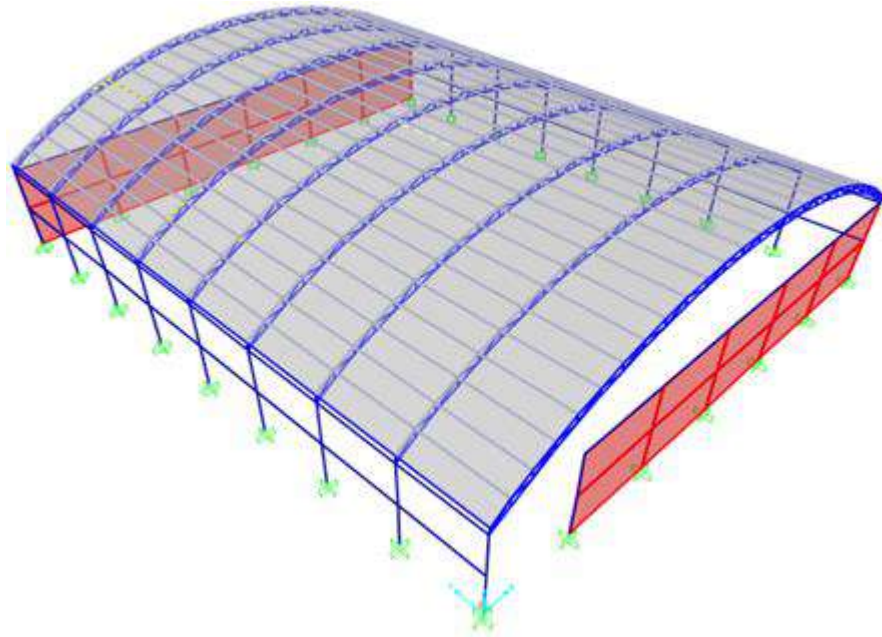


Figura 48 Estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., en 3D
 Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Resultados del análisis sísmico de la estructura existente:

A. Peso del edificio:

El peso de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A, existente se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 11
 Peso de la estructura existente

Nivel	Diafragma	Masa en dirección X (Tn)	Masa en dirección Y (Tn)
Planta baja	D1	62.53	62.53
Masa total de la edificación (Tn)	613.42		

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar el peso de estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., es igual a 613.42Tn.

B. Modos y periodo fundamental de vibración:

Debido a la altura con la que cuenta la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se optó por asignar un total de 6 modos de vibración los cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 12
Modos y periodos de vibración de la estructura existente

CASO	MODO	PERIODO (seg)	UX	UY
MODAL	1	0.39	0.95	83.79
MODAL	2	0.37	54.57	1.47
MODAL	3	0.27	32.30	1.48
MODAL	4	0.14	0.95	11.37
MODAL	5	0.13	6.78	0.95
MODAL	6	0.10	4.46	0.95

Fuente: Elaboración propia.

Los datos presentados en la tabla revelan que en la dirección X-X, la masa que participa en el movimiento sísmico alcanza un 54.57%, asociada a un periodo de vibración de 0.37 segundos. Por otro lado, en la dirección Y-Y, se observa una participación de masa significativamente mayor, llegando al 83.79%, con un periodo de vibración ligeramente más largo, de 0.39 segundos. Estos valores indican diferencias notables en el comportamiento dinámico de la estructura según la dirección considerada.

C. Análisis de las derivas de piso:

Según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, las derivas de piso máximas son iguales a 0.007 y 0.005 para estructuras de concreto armado y albañilería respectivamente. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis:

Tabla 13

Deriva de piso en el eje X – X de la estructura existente

Nº DE PLANTA	UX (cm)	DERIVAS ELÁSTICAS	ALTURA DE PLANTA	DERIVAS INELÁSTICAS
1º PLANTA	1.02	6.12	600	0.010

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura existente

Nº DE PLANTA	UY (cm)	DERIVAS ELÁSTICAS	ALTURA DE PLANTA	DERIVAS INELÁSTICAS
1º PLANTA	1.58	3.56	600	0.006

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos presentados en las tablas previas revela una situación preocupante en cuanto a la estabilidad estructural del edificio. Los desplazamientos laterales relativos entre pisos, conocidos como derivas, exceden los límites de seguridad establecidos tanto en la dirección X como en la Y. Estos valores superan los umbrales máximos permitidos de 0.007 y 0.005 respectivamente. Esta condición indica que la estructura posee una flexibilidad excesiva, lo cual la hace vulnerable. En consecuencia, existe un riesgo significativo de que la edificación no pueda resistir adecuadamente las fuerzas generadas durante un evento sísmico, lo que podría resultar en un colapso estructural.

4.3. Análisis de la cimentación existente:

4.3.1. Consideraciones específicas:

La estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., cuenta con la siguiente cimentación:

Tabla 15

Cimentación de la estructura existente

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (Cm)	ALTURA (Cm)	CANTIDAD
Zapata Z1	1.20x0.80	0.60	19
Zapata Z2	1.00x1.00	0.60	13

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la cimentación se realizó en el software Safe teniendo en consideración la norma E.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones y los datos obtenidos del análisis sísmico dinámico.

Tabla 16
Datos para la Zapata Z1 existente

DESCRIPCIÓN	VALOR
Carga muerta (Tn)	8.75
Carga viva (Tn)	3.92
Capacidad portante (Kg/cm ²)	2.30
Peso específico (Kg/cm ³)	1.80
Módulo de balasto Kg/cm ³)	4.60
Carga muerta de relleno (Tn/m ²)	1.08
Carga viva de relleno (Tn/m ²)	0.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17
Datos para la Zapata Z2 existente

DESCRIPCIÓN	VALOR
Carga muerta (Tn)	3.55
Carga viva (Tn)	1.52
Capacidad portante (Kg/cm ²)	2.30
Peso específico (Kg/cm ³)	1.80
Módulo de balasto Kg/cm ³)	4.60
Carga muerta de relleno (Tn/m ²)	1.08
Carga viva de relleno (Tn/m ²)	0.50

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Modelamiento en el software Safe:

A. Definición de los materiales:

Los materiales definidos son el concreto de $F'c= 210\text{Kg/cm}^2$ y el refuerzo $Fy=4200\text{Kg/cm}^2$.

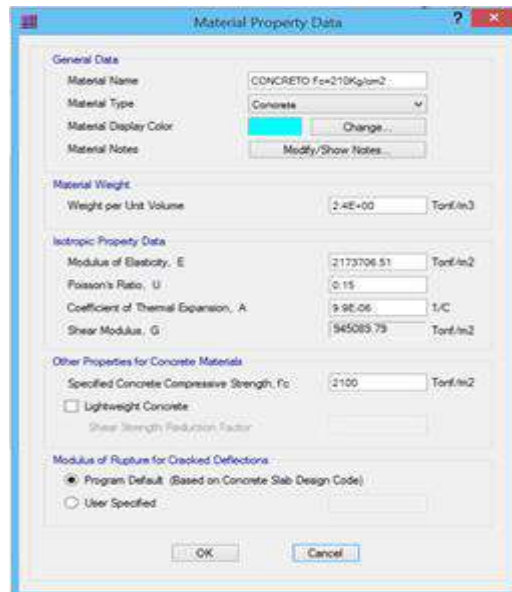


Figura 49 Definiendo el concreto $F_c=210\text{Kg/cm}^2$
Fuente: Elaboración propia.



Figura 50 Definiendo el refuerzo $F_y=4200\text{Kg/cm}^2$
Fuente: Elaboración propia.

B. Definición de la losa y columna:

Se definió la losa de la zapata y las columnas con una altura de 0.60m.



Figura 51 Definiendo la zapata Z1 existente de 0.60m
Fuente: Elaboración propia.

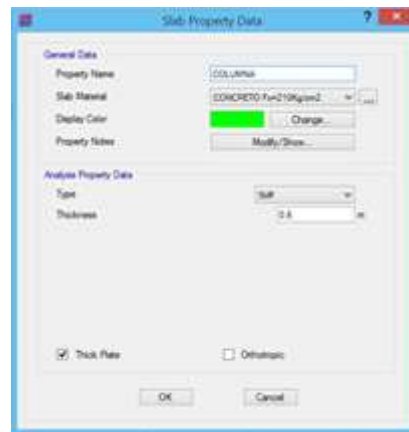


Figura 52 Definiendo la columna de 0.60m
Fuente: Elaboración propia.

C. Definición del reforzamiento:

Se definió las varillas de acero según los diámetros comerciales en nuestro país.

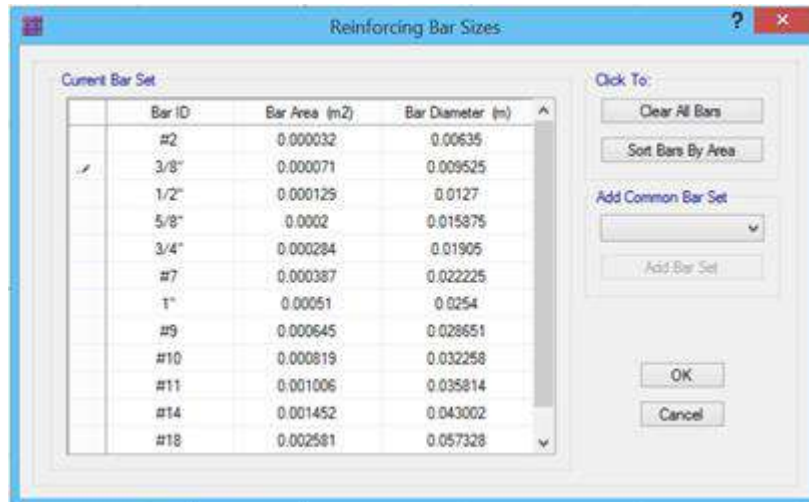


Figura 53 Definiendo las varillas de acero comerciales

Fuente: Elaboración propia.

D. Definición del suelo:

Como se mencionó anteriormente, la capacidad portante del terreno es igual a 2.30Kg/cm² el cual es igual a un módulo de balasto de 4.60Kg/cm³.

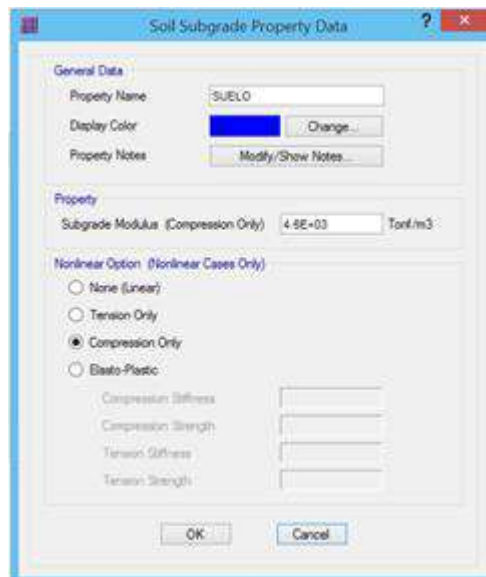


Figura 54 Definiendo el suelo de 4.60Kg/cm³

Fuente: Elaboración propia.

E. Combinación de cargas:

Se definió de la carga de servicio que será utilizado para la verificación de las presiones, cortante y punzonamiento, mientras que la carga de diseño se utilizará para el cálculo del reforzamiento.

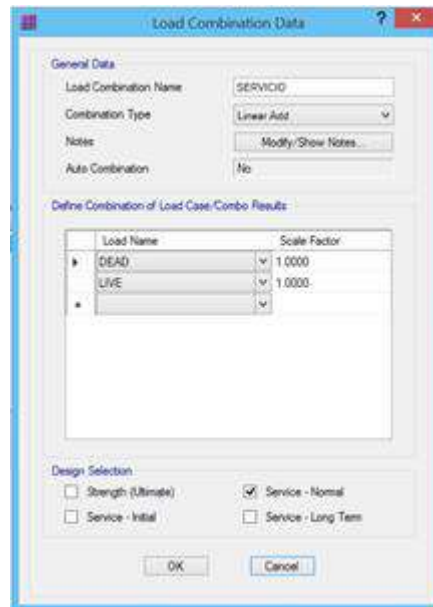


Figura 55 Definiendo la carga de servicio

Fuente: Elaboración propia.

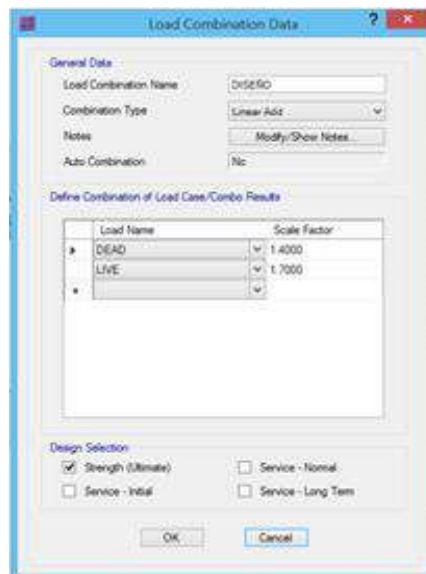


Figura 56 Definiendo la carga de diseño

Fuente: Elaboración propia.

F. Definición de códigos de diseño:

Se adaptó el código ACI 318 – 08 a nuestra norma peruana con los factores que se muestran a continuación:

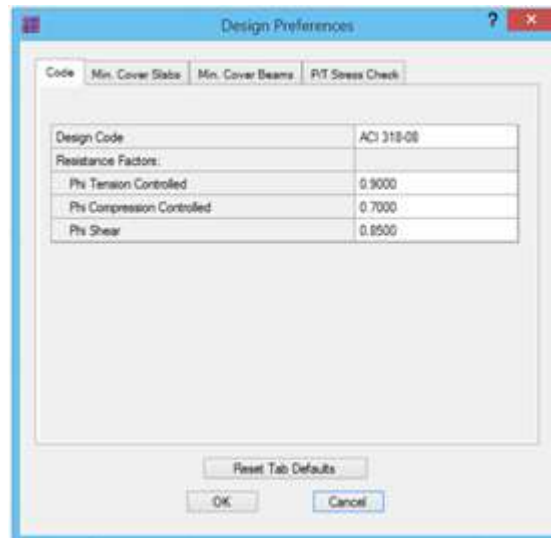


Figura 57 Definiendo los códigos de diseño

Fuente: Elaboración propia.

G. Modelamiento de la zapata y columna:

Se realizó el modelamiento de la zapata excéntrica y columna como se muestra en la siguiente figura:

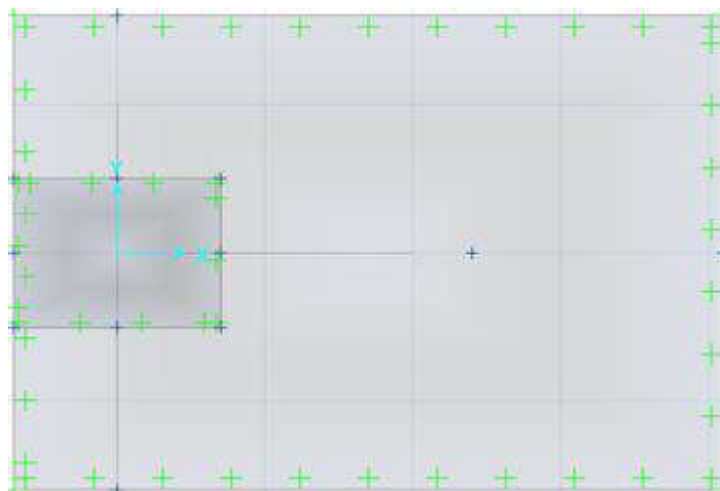


Figura 58 Modelamiento de la zapata Z1 y columna existente

Fuente: Elaboración propia.

H. Asignación del suelo:

La zapata y la columna fueron apoyadas en el suelo que se definió anteriormente:

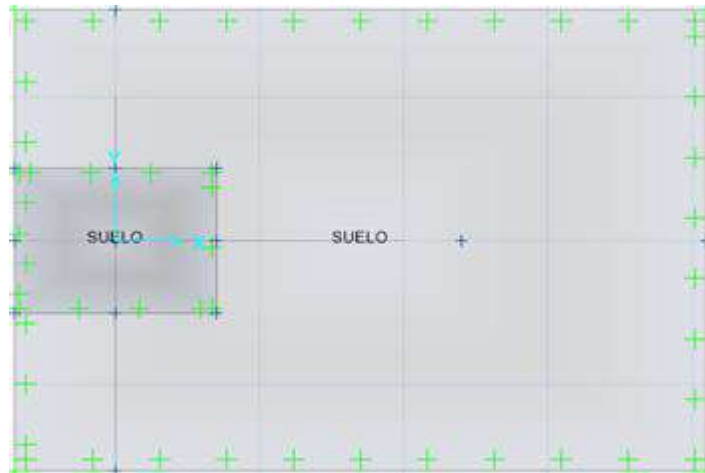


Figura 59 Asignando el suelo en la zapata Z1 y columna existente

Fuente: Elaboración propia.

I. Restringiendo desplazamientos:

Se restringió el desplazamiento en el eje X – X, el desplazamiento en el eje Y – Y, la rotación en el eje Z – Z.

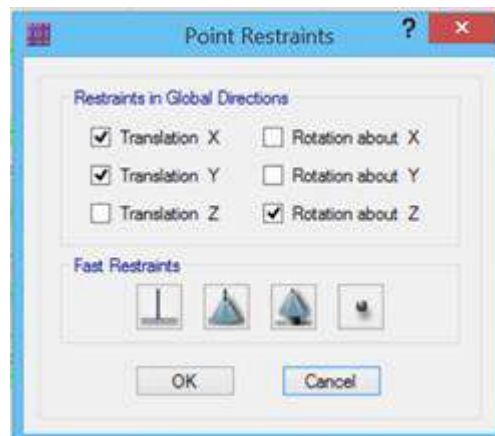


Figura 60 Restringiendo los desplazamientos

Fuente: Elaboración propia.

J. Asignación de cargas de relleno:

La carga muerta de lleno es igual a 1.08 Tn/m^2 el cual es el producto del peso específico de 1.80 Tn/m^3 y la altura de relleno de 0.60 m . La

carga viva se define según la norma E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones el cual es de 500Kg/m2.

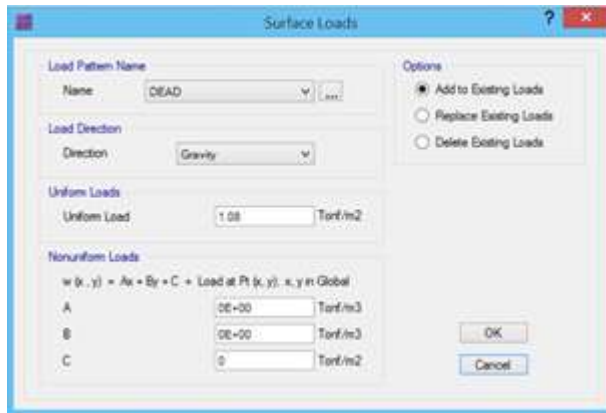


Figura 61 Asignando la carga muerta de relleno
Fuente: Elaboración propia.

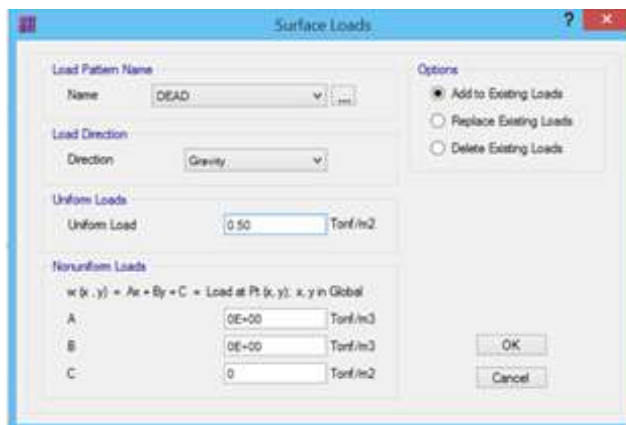


Figura 62 Asignando la carga viva de relleno
Fuente: Elaboración propia.

K. Asignación de cargas actuantes:

Como se mencionó anteriormente, las cargas actuantes son iguales a 8.75Tn de carga muerta y 3.92Tn de carga viva.

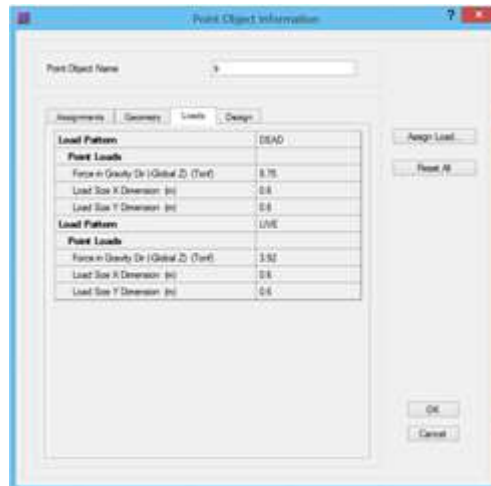


Figura 63 Asignando las cargas actuantes

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Resultados del análisis de la cimentación existente:

A. Verificación de las presiones:

Para determinar la capacidad máxima de carga que el suelo puede soportar, se utiliza una fórmula específica. Esta ecuación se expresa como:

$$\text{Presión máxima} = 1.20 * \text{Capacidad portante}$$

En esta fórmula:

La presión máxima se mide en kg/cm²

La capacidad portante también se expresa en kg/cm²

Al aplicar esta ecuación con los datos disponibles, se obtiene un resultado que indica que la presión máxima que el terreno puede resistir de manera segura es de 27.60 toneladas por metro cuadrado. Este valor representa el límite de carga que se puede aplicar al suelo sin comprometer su estabilidad o causar deformaciones excesivas.

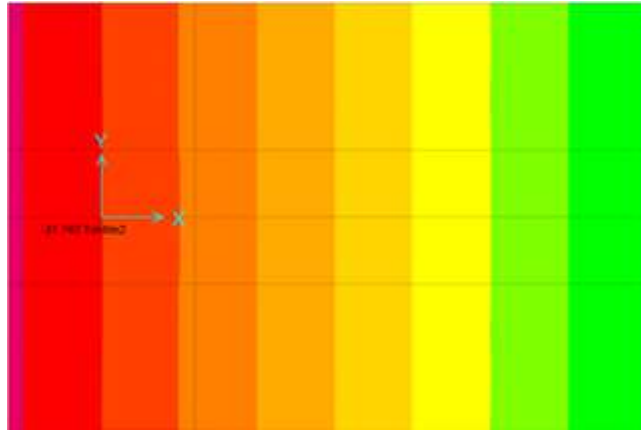


Figura 64 Presiones sobre la zapata Z1 existente

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la figura anterior, la presión máxima que actúa sobre la zapata es igual a 31.74Tn/m^2 el cual es mayor a la presión máxima admisible de 27.60Tn/m^2 , por lo tanto, la zapata no cuenta con las dimensiones adecuadas para soportar las cargas asignadas.

4.4. Análisis sísmico dinámico de la estructura reforzada:

Debido a que las derivas de piso de ambos ejes superan los máximos admisibles, es necesario realizar un reforzamiento estructural con la finalidad de rigidizar la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A.

4.4.1. Propuesta de reforzamiento:

Teniendo en consideración el análisis sísmico realizado anteriormente, se consideró aumentar las dimensiones de la columna C1 y de la viga V1 debido a que ambos portan mayor rigidez a la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A.

Tabla 18
Elementos estructurales reforzados

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES
Columna C1	25x50cm
Columna C2	25x25cm
Viga V1	25x45cm
Viga V2	25x25cm
Tubo circular de 1 ½"	1 ½"
Tubo circular de ¾"	¾"
RHS	100x50x30
Muros de albañilería	15cm
Cubierta liviana	0.50cm

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Modelamiento de la estructura reforzada en el software Sap2000:

En el archivo del software Sap2000 realizado anteriormente, se procedió a cambiar las dimensiones de la columna C1 y de la viga V1 como se muestra en las siguientes imágenes:

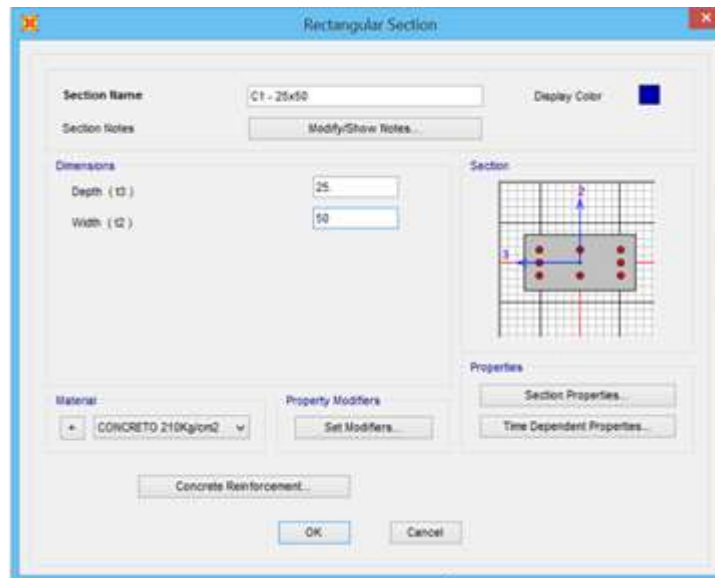


Figura 65 Definiendo la columna C1 – 25x50cm

Fuente: Elaboración propia.

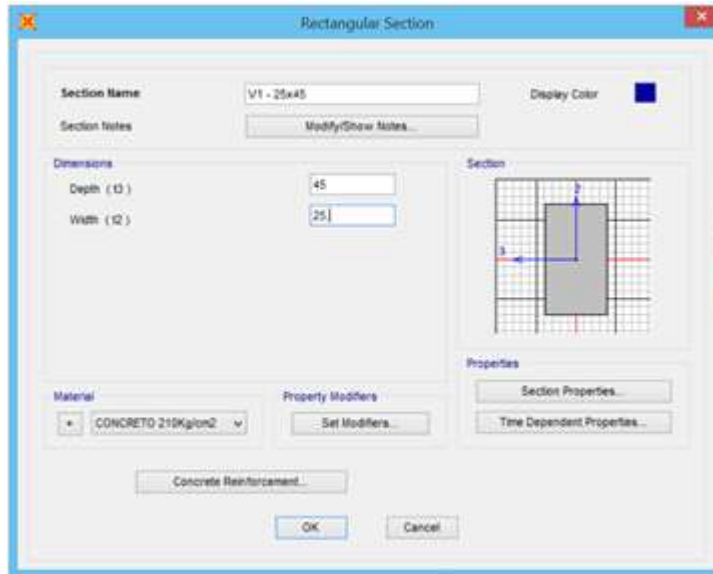


Figura 66 Definiendo la columna V1 – 25x45cm

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Resultados del análisis sísmico de la estructura reforzada:

A. Peso del edificio:

El peso de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., reforzado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19
Peso de la estructura reforzada

Nivel	Diafragma	Masa en "x"	Masa en "y"
Primer nivel	D1	68.56	68.56
Masa total del edificio (Tn)		672.57	

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior, el peso de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., reforzado es igual a 672.57Tn.

B. Modos y periodo fundamental de vibración:

Los 6 modos y periodos de vibración se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 20

Modos y periodo fundamental de vibración de la estructura reforzada

Análisis	Modo de vibración	Periodo (segundos)	Participación de masa X (%)	Participación de masa Y (%)
Modal	Primero	0.45	0.95	83.79
Modal	Segundo	0.43	54.57	1.47
Modal	Tercero	0.27	32.30	1.48
Modal	Cuarto	0.14	0.95	11.37
Modal	Quinto	0.13	6.78	0.95
Modal	Sexto	0.10	4.46	0.95

Fuente Elaboración propia.

Los datos presentados en la tabla revelan características importantes del comportamiento dinámico de la estructura. En la dirección X-X, se observa que el 54.57% de la masa total participa en el movimiento sísmico, asociado a un periodo de vibración de 0.43 segundos. Por otro lado, en la dirección Y-Y, la participación de masa es significativamente mayor, alcanzando el 83.79%, con un periodo de vibración ligeramente más largo de 0.45 segundos. Estas diferencias en la participación de masa y periodos de vibración entre ambas direcciones indican una respuesta dinámica distinta de la estructura según el eje considerado.

C. Análisis de las derivas de piso:

Las derivas de piso de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., reforzado se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 21

Deriva de piso en el eje X – X de la estructura reforzada

N° DE PLANTA	UX (cm)	DERIVA ELASTICO	ALTURA DE PLANTA	DERIVA INELASTICO
1° PLANTA	0.63	3.78	600	0.006

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura reforzada

Nivel	UY (cm)	Deriva elastico	Altura de planta	Deriva inelastico
1er nivel	1.19	2.68	600	0.004

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos presentados en las tablas previas revela un resultado favorable en cuanto a la estabilidad estructural del edificio. Los desplazamientos laterales relativos entre pisos, conocidos como derivas, se mantienen dentro de los límites de seguridad establecidos tanto para la dirección X como para la Y. Estos valores no superan los umbrales máximos permitidos de 0.007 para estructuras de concreto armado y 0.005 para estructuras de albañilería confinada. Esta condición indica que la estructura posee una rigidez adecuada, lo cual es beneficioso para su desempeño. En consecuencia, se puede anticipar que la edificación tendrá una respuesta satisfactoria y resistirá de manera efectiva las fuerzas generadas durante un evento sísmico, reduciendo significativamente el riesgo de daños estructurales severos o colapso.

D. Análisis de la cortante basal:

De acuerdo con las disposiciones establecidas en la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el caso de edificaciones con configuración regular, se establece un criterio específico para el análisis sísmico. Este criterio indica que la fuerza cortante en la base obtenida del análisis dinámico no debe ser inferior al 80% del valor calculado para la fuerza cortante basal mediante el método estático. Esta disposición busca asegurar que el análisis dinámico no subestime significativamente las fuerzas sísmicas en comparación con el método estático simplificado, proporcionando así un nivel mínimo de seguridad en el diseño sísmico de la estructura.

Tabla 23
 Parámetros para el cálculo de la cortante basal estática
 Aquí tienes la tabla parafraseada:

Criterios para la Determinación de la Fuerza Cortante Basal Estática	Valor
Coeficiente de Zonificación Sísmica "Z"	0.35
Coeficiente de Importancia Estructural "U"	1.00
Coeficiente de Amplificación del Terreno "S"	1.00
Periodo de Vibración de Larga Duración "TL"	2.50
Periodo de Vibración del Suelo "Tp"	0.40
Coeficiente de Amplificación Sísmica en X "Cx"	2.33
Coeficiente de Amplificación Sísmica en Y "Cy"	2.22
Factor de Mitigación Sísmica Inicial en X	8.00
Factor de Mitigación Sísmica Inicial en Y	3.00
Coeficiente de Irregularidad en Altura "Ia"	1.00
Coeficiente de Irregularidad en Planta "Ip"	1.00
Factor de Mitigación Sísmica Final en X "Rx"	8.00
Factor de Mitigación Sísmica Final en Y "Ry"	3.00
Masa Total de la Edificación	672.57

Nota: Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de la fuerza cortante en la base mediante el método estático se realiza utilizando una fórmula específica que incorpora varios parámetros sísmicos. Esta ecuación se expresa como:

$$\text{Cortante estático} = (Z * U * C * S / R) * \text{Peso del edificio}$$

Donde:

Vs representa el cortante estático

P es el peso total de la edificación

Al aplicar esta fórmula con los valores correspondientes a los parámetros sísmicos del proyecto, se obtienen resultados diferentes

para cada dirección principal de la estructura. En la dirección X-X, el cortante estático calculado es de 68.43 toneladas, mientras que en la dirección Y-Y, el valor asciende a 174.37 toneladas. Esta diferencia significativa entre ambas direcciones sugiere una variación importante en la respuesta sísmica de la estructura según el eje considerado, posiblemente debido a diferencias en la configuración estructural o en los parámetros sísmicos aplicados en cada dirección.

a. Cortante basal dinámica en el eje X – X:

La cortante basal dinámica para el eje X – X es obtenida directamente del software Sap2000 la cual se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 24
Cortante basal dinámico en el Eje X - X

Nivel	Tipo de análisis	Cortante basal (Tn)
Planta baja	Dinámico en X	55.22

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los resultados presentados en la tabla previa revela información crucial sobre el comportamiento sísmico de la estructura. Se observa que la fuerza cortante basal obtenida del análisis dinámico alcanza un valor de 55.22 toneladas. Este valor es significativo porque supera el umbral mínimo establecido por la norma, que corresponde al 80% de la fuerza cortante estática. Como consecuencia de esta relación favorable, se determina un factor de escala de 0.9914. Este factor cercano a la unidad indica que las fuerzas sísmicas dinámicas y estáticas están en un equilibrio adecuado. Dado que se cumple este requisito normativo, se considera que el análisis sísmico es válido y representativo.

b. Cortante basal dinámica en el eje Y – Y:

La cortante basal dinámica para el eje Y – Y es obtenida directamente del software Sap2000 la cual se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 25
Cortante basal dinámico en el eje Y - Y

Nivel	Tipo de análisis	Cortante basal (Tn)
Planta baja	Dinámico en Y	140.13

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior indica que la fuerza cortante basal obtenida a través del análisis dinámico es de 140.13 toneladas. Este valor es superior al 80% de la fuerza cortante calculada mediante el método estático, resultando en un factor de escala de 0.9955. Esto sugiere que las cargas están adecuadamente equilibradas, permitiendo avanzar con confianza en el diseño de los elementos estructurales.

4.4.4. Diseño de los elementos estructurales reforzados:

A. Diseño de la columna C1 – 25x50cm:

La columna que experimenta la mayor carga, considerada como la más crítica, se encuentra en la intersección del eje A con el eje 5.

a. Diseño por flexo – compresión:

En el diseño original, la columna C1 estaba reforzada con una configuración de acero que sumaba un área total de 10.46cm². Este refuerzo consistía en seis varillas de 5/8" de diámetro, complementadas con dos varillas adicionales de 1/2". No obstante, al revisar las especificaciones de la norma E.060, se identificó que esta configuración no cumplía con los requisitos mínimos establecidos. Según esta normativa, el área de refuerzo de acero debe ser al menos el 1% del área de la sección transversal de la columna. Considerando las dimensiones de la columna C1, que son 25cm por 50cm, el cálculo indica que se requiere un área mínima

de acero de 12.50cm². Por lo tanto, el diseño inicial no satisfacía este criterio normativo y necesitaba ser ajustado para cumplir con las exigencias de seguridad estructural.

Para cumplir con este requisito normativo, se procedió a aumentar el refuerzo. Se añadieron dos barras adicionales de 5/8" de diámetro, modificando la configuración del refuerzo de la siguiente manera:

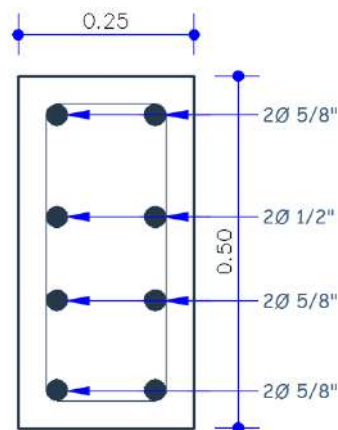


Figura 67 Reforzamiento de la columna C1

Fuente: Elaboración propia.

El reforzamiento planteado se analizará mediante los diagramas de interacción para cual se determinó las siguientes combinaciones de cargas:

Tabla 26
Carga positiva y negativa en el eje X – X de la columna C1

COMBINACIONES	COMBOS	P	M2	M3
	1.4CM+1.7CV	37.49	-0.19	1.13
SISMO POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	36.70	0.97	3.68
	1.25(CM+CV)-SISXX	27.58	-1.29	-1.77
	0.9CM+SISXX	23.21	1.04	3.24
	0.9CM-SISXX	14.09	-1.22	-2.21
SISMO NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	36.70	-0.97	-3.68
	1.25(CM+CV)-SISXX	27.58	1.29	1.77
	0.9CM+SISXX	23.21	-1.04	-3.24
	0.9CM-SISXX	14.09	1.22	2.21

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27

Carga positiva y negativa en el eje Y – Y de la columna C1

COMBINACIONES	COMBOS	P	M2	M3
		1.4CM+1.7CV	37.49	-0.19
SISMO POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	35.98	1.68	1.49
	1.25(CM+CV)-SISYY	28.30	-2.00	0.42
	0.9CM+SISYY	22.49	1.75	1.05
	0.9CM-SISYY	14.81	-1.93	-0.02
SISMO NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	35.98	-1.68	-1.49
	1.25(CM+CV)-SISYY	28.30	2.00	-0.42
	0.9CM+SISYY	22.49	-1.75	-1.05
	0.9CM-SISYY	14.81	1.93	0.02

Fuente: Elaboración propia.

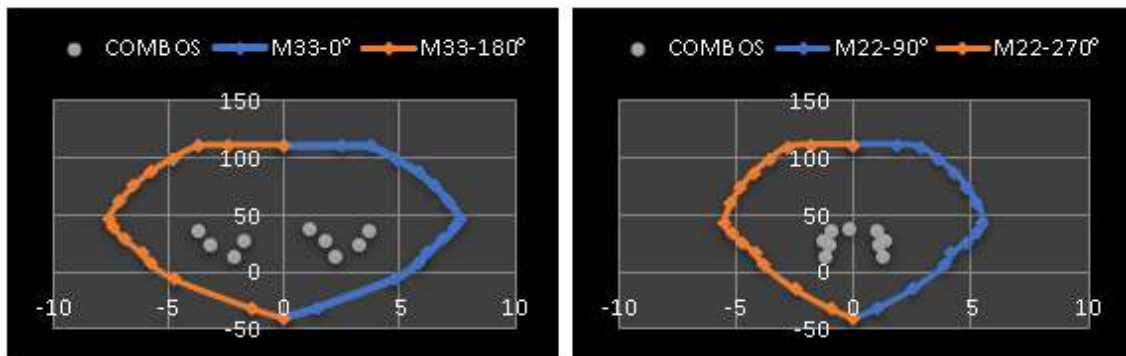


Figura 68 Diagrama de interacción en el eje X – X de la columna C1

Fuente: Elaboración propia.

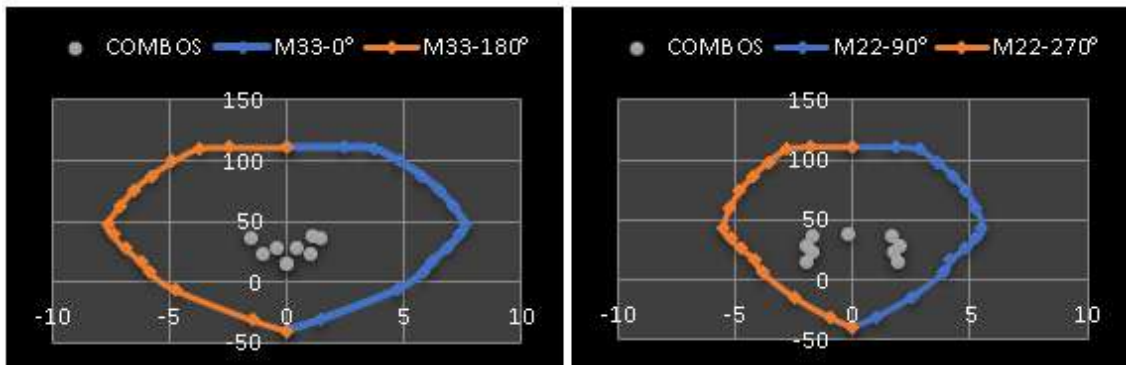


Figura 69 Diagrama de interacción en el eje Y – Y de la columna C1

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los diagramas de interacción presentados en las figuras previas revela información crucial sobre el desempeño estructural del reforzamiento propuesto. Se observa que los puntos que representan las cargas

calculadas para la estructura se ubican dentro de los límites establecidos por estos diagramas. Esta posición favorable indica que el diseño de reforzamiento planteado es capaz de resistir adecuadamente las solicitaciones impuestas por las cargas de la edificación. En consecuencia, se puede concluir que la estrategia de reforzamiento adoptada es apropiada y suficiente para garantizar la estabilidad y seguridad del almacén logístico destinado al laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A. Este resultado valida la efectividad de las medidas de reforzamiento implementadas en la estructura.

b. Diseño por cortante:

El análisis realizado mediante el software SAP2000 indica que la Columna C1 requiere un área de acero por cortante de $0.029\text{cm}^2/\text{cm}$. Basándonos en este resultado, se calcularon las áreas de refuerzo necesarias para diferentes espaciamientos:

- Para un espaciamiento de 5 cm: área requerida = 0.17 cm^2
- Para un espaciamiento de 10 cm: área requerida = 0.33 cm^2
- Para un espaciamiento de 20 cm: área requerida = 0.66 cm^2

Se optó por utilizar estribos de $3/8"$ de diámetro en configuración de dos ramales, lo que proporciona un área de acero de 1.42 cm^2 . Este valor supera las áreas requeridas para los diferentes espaciamientos analizados.

Considerando estos cálculos y las prácticas recomendadas de diseño, se determinó la siguiente distribución del refuerzo transversal para la columna:

Estribos de $3/8"$ de diámetro, distribuidos de la siguiente manera:

- El primer estribo a 5 cm del inicio de la columna
- Los siguientes 5 estribos espaciados a 10 cm
- El resto de los estribos espaciados a 20 cm

Esta configuración se aplicará en ambas direcciones de la sección transversal de la columna, asegurando una adecuada resistencia al cortante y confinamiento del concreto en toda la altura de la columna.

B. Diseño de la viga V1 – 25x45cm:

La viga V1 existente cuenta con un área de acero igual a 7.92cm² distribuido en 4 varillas de 5/8”.

a. Diseño por flexión:

El software sap2000 determino que la viga V1 reforzada requiere un acero mínimo de 11.15cm², por lo tanto, se determinó aumentar 2 varillas de 5/8” lo cual sumaría un área de acero total de 11.88cm² quedando de la siguiente manera:

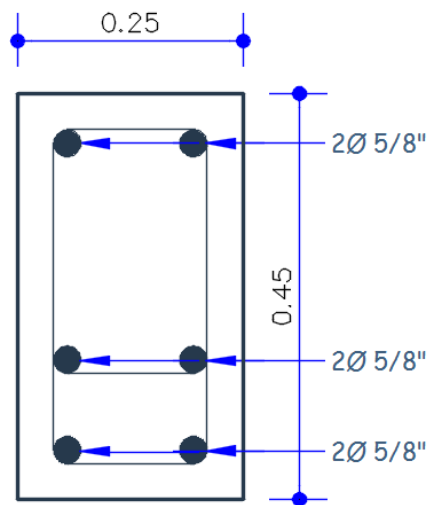


Figura 70 Reforzamiento de la viga V1

Fuente: Elaboración propia.

b. Diseño por corte:

El análisis efectuado mediante el software SAP2000 indica que se requiere un refuerzo por cortante de 0.045 cm²/cm. Basándose en este resultado, se calcularon las áreas de refuerzo necesarias para diferentes intervalos de espaciamiento:

- Para un espaciamiento de 5 cm: área requerida = 0.23 cm²
- Para un espaciamiento de 10 cm: área requerida = 0.45 cm²
- Para un espaciamiento de 20 cm: área requerida = 0.90 cm²

Para determinar el área de acero a utilizar, se empleó la siguiente fórmula:

$$A_b = n * d_i$$

Donde:

Ab: Área de acero (cm²)

n: Número de ramas del estribo

di: Diámetro de la varilla (cm) Se optó por utilizar estribos de 3/8" de diámetro en configuración de dos ramas. Aplicando la fórmula, se obtiene un área de acero de 1.42 cm².

Este valor supera las áreas requeridas para los diferentes espaciamientos analizados.

Considerando estos cálculos y las prácticas recomendadas de diseño, se estableció la siguiente distribución del refuerzo transversal:

Estribos de 3/8" de diámetro, distribuidos de la siguiente manera:

- El primer estribo a 5 cm del inicio del elemento
- Los siguientes 5 estribos espaciados a 10 cm
- El resto de los estribos espaciados a 20 cm

Esta configuración se aplicará en ambas direcciones de la sección transversal del elemento, asegurando una adecuada resistencia al cortante y confinamiento del concreto en toda su longitud.

4.5. Análisis de la cimentación reforzada:

Anteriormente se determinó que la cimentación actual de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., no cuenta con las dimensiones adecuadas debido a que las presiones actuantes son mayores a la máxima admisible de 27.60Tn/m², por lo tanto, es necesario realizar un reforzamiento.

4.5.1. Consideraciones específicas:

En el análisis de la cimentación existente se pudo determinar que las zapatas Z1 son las más críticas y soportan la mayor carga de estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target

Rock Perú S.A., por lo tanto, se debe ampliar sus dimensiones y área de acero de refuerzo, mientras que las zapatas Z2 solo cumplen la función de soportar los muros de albañilería y no requieren ningún tipo de reforzamiento.

A continuación, se muestra la propuesta de reforzamiento de las zapatas:

Tabla 28
Cimentación de la estructura reforzada

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (Cm)	ALTURA (Cm)	CANTIDAD
Zapata Z1	1.50x1.20	0.60	19
Zapata Z2	1.00x1.00	0.60	13

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que anteriormente se realizó el reforzamiento de vigas y columnas, las cargas que soportan las zapatas Z1 aumentaron, por lo tanto, debemos realizar el análisis de la cimentación reforzada con los siguientes datos:

Tabla 29
Datos para la Zapata Z1 reforzada

DESCRIPCIÓN	VALOR
Carga muerta (Tn)	10.14
Carga viva (Tn)	5.20
Capacidad portante (Kg/cm ²)	2.30
Peso específico (Kg/cm ³)	1.80
Módulo de balasto Kg/cm ³)	4.60
Carga muerta de relleno (Tn/m ²)	1.08
Carga viva de relleno (Tn/m ²)	0.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30
Datos para la Zapata Z2 reforzada

DESCRIPCIÓN	VALOR
Carga muerta (Tn)	5.62
Carga viva (Tn)	2.84
Capacidad portante (Kg/cm ²)	2.30
Peso específico (Kg/cm ³)	1.80
Módulo de balasto Kg/cm ³)	4.60
Carga muerta de relleno (Tn/m ²)	1.08
Carga viva de relleno (Tn/m ²)	0.50

Fuente: Elaboración propia.

4.5.2. Modelamiento en el software Safe:

Con la finalidad de comprobar que la cimentación propuesta sea la adecuada para soportar las cargas de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se realizó el modelamiento respectivo en el software SAFE.

A. Definición de la zapata Z1 reforzada:

En la siguiente figura se puede observar la zapata Z1 con las dimensiones propuestas:

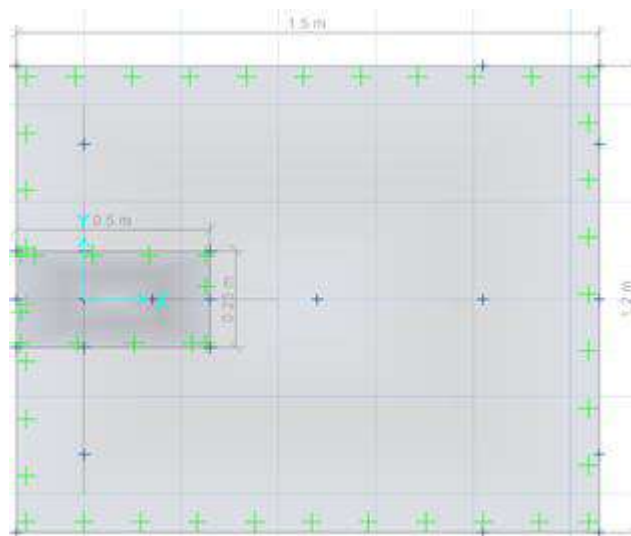


Figura 71 Definición de la zapata Z1 reforzada

Fuente: Elaboración propia.

B. Asignación de cargas:

Como se mencionó anteriormente, debido a que las columnas C1 y vigas V1 fueron reforzadas, las cargas actuantes aumentaron, por lo tanto, se procedió a asignarlas como se muestra en la siguiente figura:

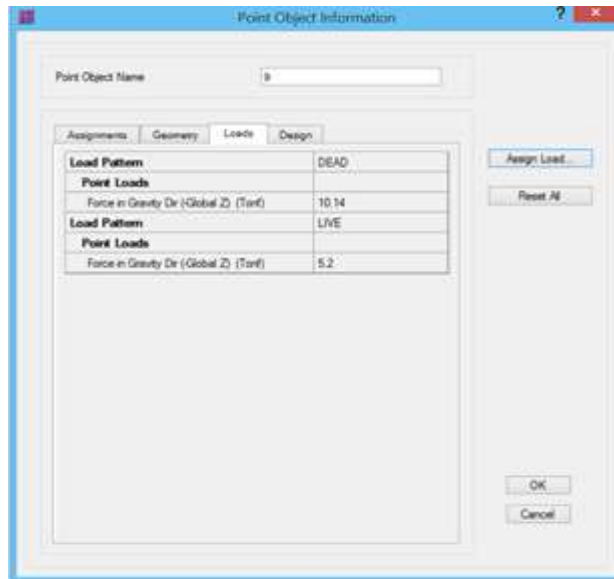


Figura 72 Definición de la zapata Z1 reforzada

Fuente: Elaboración propia.

4.5.3. Resultados del análisis de la cimentación reforzada:

Para determinar que la cimentación reforzada sea la adecuada para soportar las cargas de la de la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se analizara las presiones actuantes, el esfuerzo cortante y el esfuerzo por punzonamiento antes de realizar el diseño.

A. Verificaciones de las presiones:

Como se mencionó anteriormente, la presión máxima admisible que pueden soportar las zapatas es igual a 27.60Tn/m².

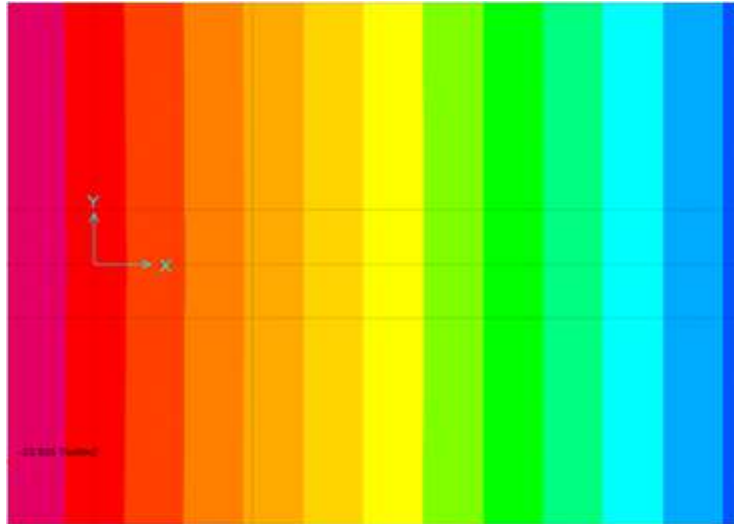


Figura 73 Presiones sobre la zapata Z1 reforzada

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la figura previa revela información crucial sobre el desempeño estructural de las zapatas Z1 reforzadas. Se observa que la presión máxima ejercida sobre el suelo alcanza un valor de 23.94 toneladas por metro cuadrado. Este valor es significativo porque se mantiene por debajo del límite máximo admisible establecido para el terreno. Esta relación favorable indica que las dimensiones asignadas a las zapatas Z1 después del reforzamiento son apropiadas y suficientes. En consecuencia, se puede concluir que estas zapatas están correctamente diseñadas para distribuir y soportar eficazmente las cargas transmitidas por la estructura del almacén logístico destinado al laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A. Este resultado valida la efectividad del diseño y reforzamiento implementado en los cimientos de la estructura.

B. Verificación de las fuerzas cortantes:

Para determinar la capacidad máxima de resistencia al corte de la zapata Z1 reforzada, se utiliza una fórmula específica. Esta ecuación se expresa como:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{F'c} * S * d \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

Vc: La cortante máxima admisible se mide en kilogramos

S: El ancho de la zapata se expresa en centímetros

D: El peralte efectivo también se mide en centímetros

Reemplazando datos en la ecuación n° 04 y aplicando un peralte efectivo (d) igual a 50cm, obtenemos una cortante máxima admisible igual a 46.08Tn.

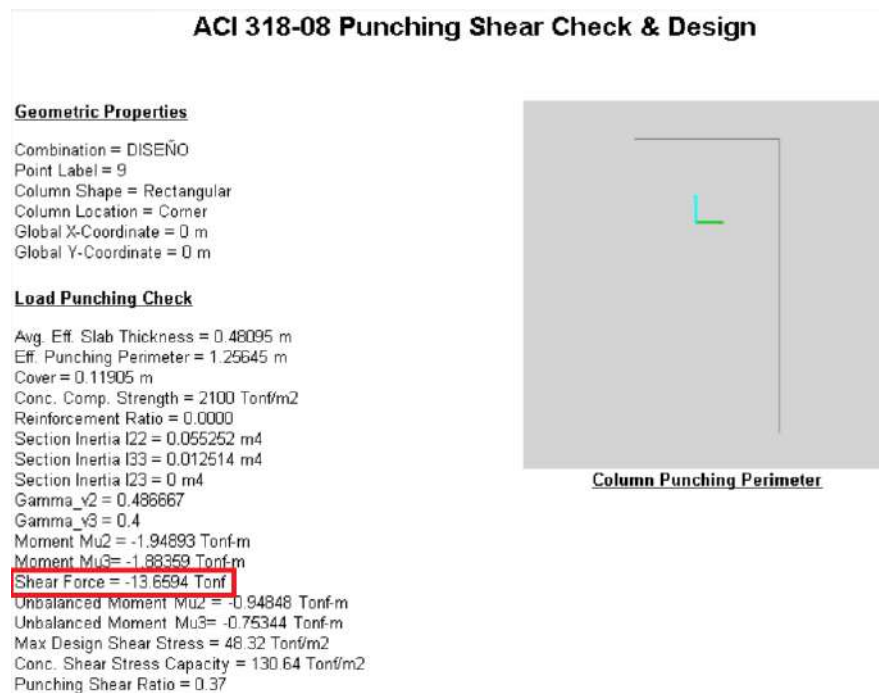


Figura 74 Fuerza cortante sobre la zapata Z1 reforzada

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la figura previa revela información crucial sobre el comportamiento estructural de la zapata Z1. Se observa que la fuerza cortante actuante en esta zapata alcanza un valor de 13.66 toneladas. Este valor es significativamente menor que el límite máximo admisible de 46.08 toneladas establecido para este elemento estructural. Esta relación favorable entre la fuerza actuante y la capacidad resistente indica que la altura asignada a la zapata Z1 es adecuada y suficiente. En consecuencia, se puede concluir que el diseño de la cimentación es apropiado desde el punto de vista de la

resistencia al corte. Esta situación garantiza que la zapata no experimentará fallas por esfuerzos cortantes bajo las cargas de diseño consideradas, lo que contribuye a la estabilidad y seguridad global de la estructura.

C. Verificación del esfuerzo por punzonamiento:

Un criterio crucial en el diseño de zapatas es la evaluación de su resistencia al punzonamiento. Este fenómeno ocurre cuando una carga concentrada o una reacción actúa sobre un área relativamente pequeña de una losa o zapata, potencialmente causando una falla por penetración alrededor del perímetro de la carga.

Para garantizar un comportamiento estructural adecuado durante eventos sísmicos, se establece un parámetro de control: la relación de punzonamiento. Esta relación debe mantenerse por debajo de 1.00. Este límite asegura que la zapata tenga suficiente resistencia para distribuir las cargas sin sufrir una falla por punzonamiento.

En el caso específico de la zapata Z1, se ha realizado un análisis detallado de punzonamiento. Los resultados de este análisis se presentan visualmente en una figura (que se menciona, pero no se incluye en el texto proporcionado). Esta representación gráfica probablemente muestra la distribución de esfuerzos de punzonamiento en la zapata, permitiendo una evaluación visual rápida de las áreas críticas.

La importancia de mantener la relación de punzonamiento por debajo de 1.00 radica en que:

- Asegura que la zapata pueda distribuir efectivamente las cargas de la columna al suelo.
- Previene fallas localizadas que podrían comprometer la integridad estructural de toda la cimentación.
- Contribuye a la estabilidad general de la estructura durante eventos sísmicos.

Este análisis forma parte integral del proceso de diseño de cimentaciones, especialmente en zonas sísmicamente activas, donde las cargas dinámicas pueden amplificar los esfuerzos en las zapatas. Así, se observa en la siguiente figura:

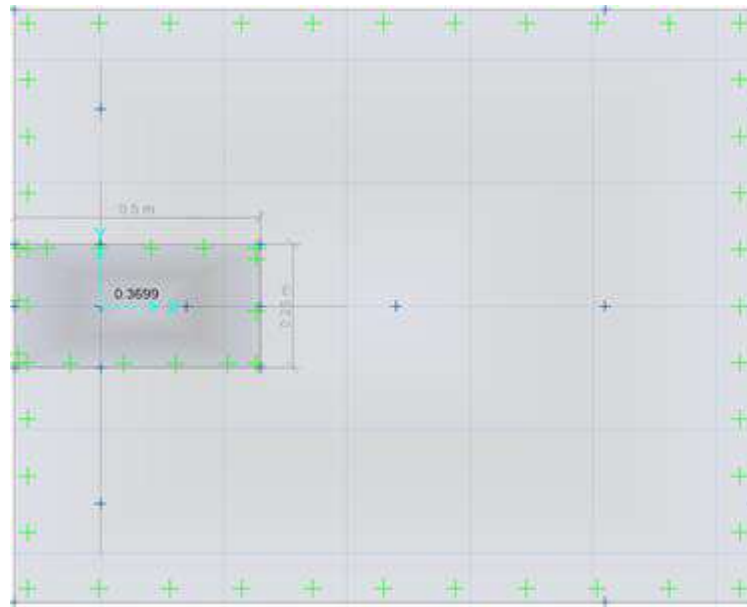


Figura 75 Esfuerzo por punzonamiento sobre la zapata Z1 reforzada
Fuente: Elaboración propia.

Según la figura anterior, el punzonamiento de la zapata Z1 es menor a 1.00, por lo tanto, la altura planteada de 0.60m es el adecuado para evitar las fallas por corte y punzonamiento.

4.5.4. Diseño de la cimentación reforzada:

Para el diseño de las zapatas, se utilizó el método de Elementos Finitos, enfocándose en el punto más crítico. El cálculo del área de acero necesaria se realizará mediante la siguiente fórmula:

$$A_s = \rho * L \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

A_s : Área de acero requerido (cm²).

ρ : Cuantilla de diseño.

L: Longitud de zapata (cm).

Tras el reforzamiento, la zapata Z1 presenta unas medidas de 1.50 metros por 1.20 metros. Los cálculos de diseño estructural determinaron que se requiere una cuantía de acero de refuerzo de 0.1049 centímetros cuadrados por cada centímetro lineal. Esta cantidad de refuerzo es uniforme y se aplica en ambas direcciones principales de la zapata, asegurando una distribución equilibrada de la resistencia en toda su extensión.

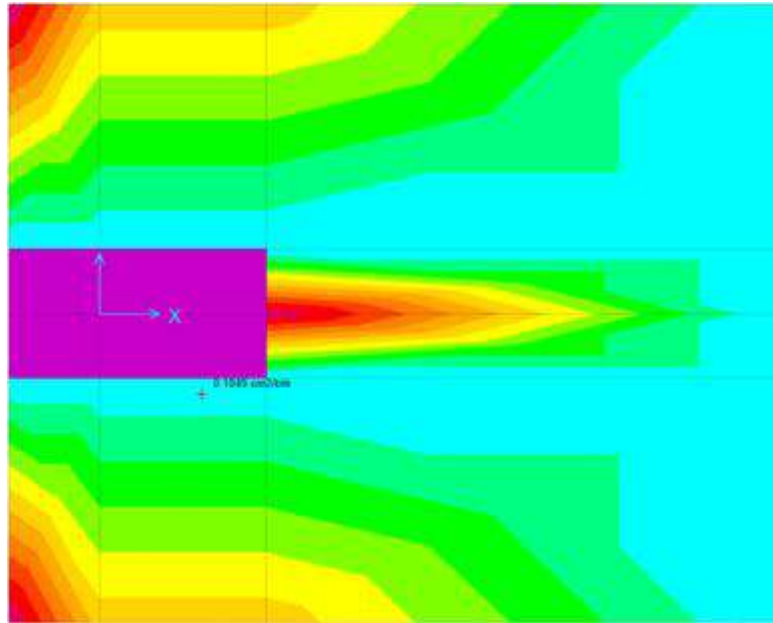


Figura 76 Cuantilla de diseño en el eje X – X de la zapata Z1 reforzada
Fuente: Elaboración propia.

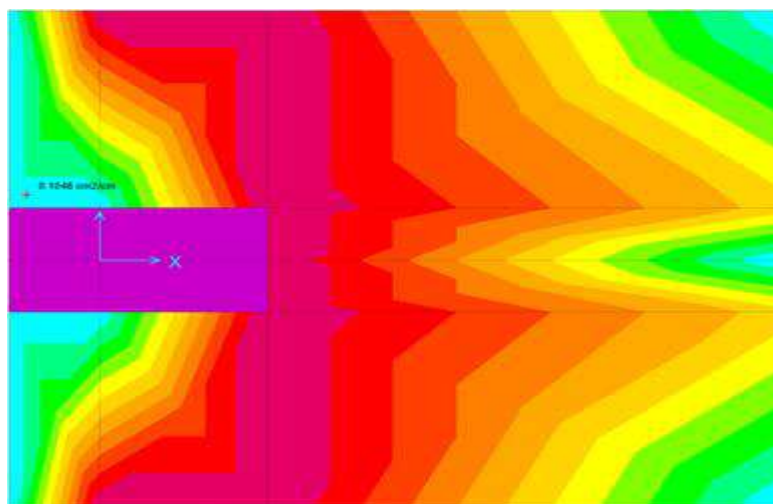


Figura 77 Cuantilla de diseño en el eje Y – Y de la zapata Z1 reforzada
Fuente: Elaboración propia.

Utilizando la ecuación número 2, se determinó el área de acero requerida para la zapata Z1. Los cálculos arrojaron resultados diferentes para cada dirección principal: en el eje X-X se requiere un área de 15.74 cm², mientras que en el eje Y-Y se necesita 12.59 cm². En cuanto al refuerzo existente, la zapata Z1 cuenta actualmente con un área de acero de 11.43 cm² en el eje X-X, compuesta por 9 varillas de 1/2" de diámetro. En el eje Y-Y, el área existente es de 7.62 cm², formada por 6 varillas de 1/2" de diámetro.

Para calcular el área adicional de acero necesaria para el reforzamiento, se empleará una fórmula específica:

$$Ar = As - Ae \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

Ar: Área de acero de refuerzo (cm²).

As: Área de acero requerido (cm²).

Ae: Área de acero existente (cm²).

Aplicando la ecuación n° 06 determinar el área de acero de refuerzo los cuales son igual a 4.31cm² y 4.97cm² para los ejes X – X e Y – Y respectivamente.

La distribución de acero se calcula con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{L-2*r-\emptyset_{acero}}{n-1} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

D: Distribución de acero (cm).

L: Longitud de zapata (cm).

∅acero: Diámetro del acero (cm).

Aplicando la ecuación n° 7, la distribución de acero queda de la siguiente manera:

Usar en el eje X - X: 3 ϕ 1/2" @ 8cm

Usar en el eje Y - Y: 4 ϕ 1/2" @ 5cm

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de la estructura existente:

5.1.1. Análisis de las derivas de piso:

Las derivas de piso máximas son iguales a 0.007 y 0.005 para estructuras de concreto armado y albañilería respectivamente. En la siguiente tabla se muestra la comprobación con la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones:

Tabla 31
Comprobación de la deriva de piso en el eje X – X de la estructura existente

N° DE PLANTA	DERIVAS INELÁSTICAS	DERIVA ADMISIBLE	COMPROBACIÓN
1° PLANTA	0.010	0.007	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32
Comprobación de la deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura existente

N° DE PLANTA	DERIVAS INELÁSTICAS	DERIVA ADMISIBLE	COMPROBACIÓN
1° PLANTA	0.006	0.005	Sin cumplimiento

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos presentados en las tablas previas revela una situación preocupante en cuanto a la estabilidad estructural del edificio. Los desplazamientos laterales relativos entre pisos, conocidos como derivas, exceden los límites de seguridad establecidos tanto en la dirección X como en la Y. Estos valores superan los umbrales máximos permitidos de 0.007 y 0.005 respectivamente. Esta condición indica que la estructura existente posee una flexibilidad excesiva, lo cual la hace vulnerable. En consecuencia, se identifica la necesidad de implementar medidas de

reforzamiento estructural, específicamente en la columna C1 y la viga V1. Estas intervenciones son necesarias para mejorar la rigidez global de la edificación y asegurar su comportamiento adecuado ante cargas laterales, como las generadas durante un evento sísmico.

5.2. Análisis de la cimentación existente:

5.2.1. Verificación de las presiones:

La presión máxima admisible es igual a 27.60Tn/m², en la siguiente tabla se muestra la comprobación respectiva:

Tabla 33
Comprobación de las presiones de la zapata Z1 existente

PRESIÓN ACTUANTE (Tn/m²)	PRESIÓN ADMISIBLE (Tn/m²)	COMPROBACIÓN
31.74	27.60	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior, la presión máxima que actúa sobre la zapata es igual a 31.74Tn/m² el cual es mayor a la presión máxima admisible de 27.60Tn/m², por lo tanto, la zapata no cuenta con las dimensiones adecuadas para soportar las cargas asignadas y requiere un reforzamiento.

5.3. Propuesta de reforzamiento de la estructura y cimentación:

5.3.1. Reforzamiento de la estructura:

Teniendo en consideración el análisis sísmico realizado anteriormente, se determinó aumentar las dimensiones de la columna C1 y de la viga V1 debido a que ambos portan mayor rigidez a la estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A.

Tabla 34
Propuesta de reforzamiento de la columna C1 y viga V1

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (Cm)
Columna C1	25x50
Viga V1	25x45

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Reforzamiento de la cimentación:

En el análisis de la cimentación existente se pudo determinar que las zapatas Z1 son las más críticas y soportan la mayor carga de estructura del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., por lo tanto, se debe ampliar sus dimensiones y área de acero de refuerzo.

Tabla 35
Propuesta de reforzamiento de la zapata Z1

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES (Cm)	ALTURA (Cm)
Zapata Z1	1.50x1.20	0.60

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Análisis de la estructura reforzada:

5.4.1. Análisis de las derivas de piso:

Las derivas de piso de la estructura reforzada del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 36
Comprobación de la deriva de piso en el eje X – X de la estructura reforzada

N° DE PLANTA	DERIVAS INELÁSTICAS	DERIVA ADMISIBLE	COMPROBACIÓN
1° PLANTA	0.006	0.007	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37
Comprobación de la deriva de piso en el eje Y – Y de la estructura reforzada

N° DE PLANTA	DERIVAS INELÁSTICAS	DERIVA ADMISIBLE	COMPROBACIÓN
1° PLANTA	0.004	0.005	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos presentados en las tablas previas revela resultados favorables en cuanto a la estabilidad estructural del edificio. Los desplazamientos laterales relativos entre pisos, conocidos como derivas, se mantienen dentro de los límites de seguridad establecidos tanto para estructuras de concreto armado como para albañilería confinada. Específicamente, estos valores no superan los umbrales máximos permitidos de 0.007 para concreto armado y 0.005 para albañilería confinada. Esta condición indica que la estructura posee una rigidez adecuada, lo cual es beneficioso para su desempeño. En consecuencia, se puede anticipar que la edificación tendrá una respuesta satisfactoria y resistirá de manera efectiva las fuerzas generadas durante un evento sísmico, reduciendo significativamente el riesgo de daños estructurales severos.

5.4.2. Análisis de la cortante basal:

De acuerdo con las disposiciones establecidas en la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el caso de edificaciones con configuración regular, se establece un criterio específico para el análisis sísmico. Este criterio indica que la fuerza cortante en la base obtenida del análisis dinámico no debe ser inferior al 80% del valor calculado para la fuerza cortante basal mediante el método estático. Esta disposición busca asegurar que el análisis dinámico no subestime significativamente las fuerzas sísmicas en comparación con el método estático simplificado, proporcionando así un nivel mínimo de seguridad en el diseño sísmico de la estructura.

Tabla 38
Comprobación de la cortante basal en el eje X – X de la estructura reforzada

N° DE PLANTA	80% CORTANTE ESTÁTICA	CORTANTE DINÁMICA	COMPROBACIÓN
1° PLANTA	54.74	55.22	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39

Comprobación de la cortante basal en el eje Y – Y de la estructura reforzada

N° DE PLANTA	80% CORTANTE ESTÁTICA	CORTANTE DINÁMICA	COMPROBACIÓN
1° PLANTA	139.50	140.13	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores podemos observar que el 80% de las cortantes estáticas en ambos ejes son menores a las cortantes dinámicas, por lo tanto, las cargas están equilibradas y podemos pasar a diseñar los elementos estructurales.

5.4.3. Diseño de los elementos estructurales reforzados:

C. Diseño de la columna C1 – 25x50:

El área de acero de refuerzo de la columna C1 del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 40

Cálculo del acero de refuerzo de la columna C1

ACERO EXISTENTE (Cm²)	ACERO REQUERIDO (Cm²)	ACERO DE REFUERZO (Cm²)
10.46	12.50	3.96

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que el acero de refuerzo es igual a 3.96cm² para lo cual se reforzo con 2 varillas de 5/8” quedando de la siguiente manera:

$$6 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8'' + 2 \text{ } \emptyset \text{ } 1/2''$$

D. Diseño de la viga V1 – 25x45:

El área de acero de refuerzo de la viga V1 del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 41
Cálculo del acero de refuerzo de la viga V1

ACERO EXISTENTE (Cm2)	ACERO REQUERIDO (Cm2)	ACERO DE REFUERZO (Cm2)
7.92	11.15	3.23

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que el acero de refuerzo es igual a 3.23cm² para lo cual se refuerzo con 2 varillas de 5/8” quedando de la siguiente manera:

$$6 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8''$$

5.5. Análisis de la cimentación reforzada:

5.5.1. Verificaciones de las presiones:

Las presiones de la cimentación reforzada del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 42
Comprobación de las presiones de la zapata Z1 reforzada

PRESIÓN ACTUANTE (Tn/m2)	PRESIÓN ADMISIBLE (Tn/m2)	COMPROBACIÓN
23.94	27.60	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos presentados en la tabla previa revela información importante sobre el desempeño de las zapatas Z1 reforzadas. Se observa que la presión máxima ejercida sobre el suelo alcanza un valor de 23.94 toneladas por metro cuadrado. Este valor es significativo porque se mantiene por debajo del límite máximo permisible establecido para el terreno. Esta relación favorable indica que las dimensiones asignadas a las zapatas Z1 después del reforzamiento son apropiadas y suficientes. En consecuencia, se puede concluir que estas zapatas están correctamente dimensionadas para distribuir y soportar eficazmente las cargas

transmitidas por la estructura, cumpliendo así con los requisitos de diseño y seguridad establecidos.

5.5.2. Verificación de las fuerzas cortantes:

Las fuerzas cortantes de la cimentación reforzada del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 43
Comprobación de las fuerzas cortantes de la zapata Z1 reforzada

FUERZA CORTANTE ACTUANTE (TN)	FUERZA CORTANTE MÁXIMA (TN)	COMPROBACIÓN
13.66	46.08	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos presentados en la tabla previa revela información crucial sobre el comportamiento estructural de la zapata Z1. Se observa que la fuerza cortante actuante en esta zapata alcanza un valor de 13.66 toneladas. Este valor es significativamente menor que el límite máximo admisible de 46.08 toneladas establecido para este elemento estructural. Esta relación favorable entre la fuerza actuante y la capacidad resistente indica que la altura asignada a la zapata Z1 es adecuada y suficiente.

5.5.3. Verificación del esfuerzo por punzonamiento:

Los esfuerzos por punzonamiento de la cimentación reforzada del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 44
Comprobación de los esfuerzos por punzonamiento de la zapata Z1 reforzada

ESFUERZO POR PUNZONAMIENTO ACTUANTE (TN)	ESFUERZO POR PUNZONAMIENTO MÁXIMA (TN)	COMPROBACIÓN
0.37	1.00	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los datos presentados en la tabla previa revela información crucial sobre la resistencia al punzonamiento de la zapata. Se observa que el valor de la relación de punzonamiento calculado es de 0.37. Este valor es significativamente menor que el límite crítico de 1.00, lo cual es un indicador positivo. Esta relación favorable sugiere que la altura propuesta de 0.60 metros para la zapata es adecuada y suficiente.

5.5.4. Diseño de la cimentación reforzada:

El área de acero de refuerzo de la cimentación del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A., se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 45
Cálculo del acero de refuerzo de la zapata Z1 en el eje X - X

ACERO EXISTENTE (Cm²)	ACERO REQUERIDO (Cm²)	ACERO DE REFUERZO (Cm²)
11.43	15.74	4.31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46
Cálculo del acero de refuerzo de la zapata Z1 en el eje Y - Y

ACERO EXISTENTE (Cm²)	ACERO REQUERIDO (Cm²)	ACERO DE REFUERZO (Cm²)
7.62	12.59	4.97

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores podemos observar que los aceros de refuerzo son iguales a 4.31cm² y 4.97cm² para los ejes X – X e Y – Y respectivamente, los cuales serán distribuidos de la siguiente manera:

Usar en el eje X - X: 3 ϕ 1/2" @ 8cm

Usar en el eje Y - Y: 4 ϕ 1/2" @ 5cm

CONCLUSIONES

1. Se analizó la estructura y cimentación existente bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales Target - Rocks sede Jauja, de la cual se concluye que requieren reforzamiento en la columna C1 y viga V1 debido a que las derivas de piso en ambos ejes superan los máximos admisibles, de igual manera requiere reforzamiento la zapata Z1 debido a que la presión máxima actuante es mayor a la presión máxima admisible.
2. Se propuso un reforzamiento en la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales Target - Rocks sede Jauja, de la cual se concluye que la columna C1 debe contar con las dimensiones de 25x50cm, la viga V1 debe contar con las dimensiones de 25x45cm y la zapata Z1 debe contar con las dimensiones de 150x120cm.
3. La evaluación de la estructura reforzada se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente para el proyecto de construcción del laboratorio de minerales Target - Rocks en Jauja. Los resultados del análisis indican que las modificaciones estructurales son apropiadas. Esta conclusión se basa en que los desplazamientos laterales relativos entre pisos (derivas) se mantienen por debajo de los límites máximos permitidos en ambas direcciones principales. Esta característica confiere a la estructura la rigidez necesaria para responder adecuadamente ante eventos sísmicos. Además, se verificó que la fuerza cortante basal obtenida del análisis dinámico supera el 80% de la fuerza cortante basal calculada mediante el método estático, lo que indica una distribución equilibrada de las cargas sísmicas. En cuanto al refuerzo, se determinó que la adición de dos varillas de 5/8" de diámetro es suficiente para cumplir con los requisitos de resistencia.
4. Se analizó la cimentación reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales Target - Rocks sede

Jauja, de la cual se concluye que cuentan con las dimensiones adecuadas debido a que la presión máxima actuante es menor a la presión máxima admisible, su altura de 0.60m evitara las fallas por corte y punzonamiento, su acero de refuerzo es igual a 3 varillas de 1/2" a cada 8cm en el eje X – X y 4 varillas de 1/2" a cada 5cm en el eje Y – Y.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar el reforzamiento en la estructura y cimentación del del almacén logístico del laboratorio de minerales de la empresa Target Rock Perú S.A de la sede jauja, teniendo en consideración el cálculo realizado en esta investigación debido a que se pudo comprobar su eficiencia en el análisis sísmico y análisis de cimentación.
2. Para futuros proyectos de construcción de instalaciones de almacenamiento destinadas a laboratorios de minerales, se sugiere la integración de sistemas de disipación de energía en el diseño estructural. Esta medida tiene como objetivo principal aumentar la seguridad y resistencia sísmica de la edificación. La implementación de estos dispositivos ayudaría a prevenir el colapso de la estructura sobre sí misma durante un evento sísmico. Esta recomendación se basa en la observación de que la estructura actual cumple con las especificaciones requeridas, pero la adición de disipadores de energía proporcionaría un nivel adicional de protección y resiliencia ante eventos sísmicos. Esta mejora en el diseño contribuiría significativamente a la seguridad general de las instalaciones y la preservación de los equipos y materiales almacenados en el laboratorio.
3. Se recomienda realizar el análisis sísmico y análisis de cimentación de almacenes existentes en nuestro país debido a que en los últimos años se han producido eventos sísmicos los cuales podrían causar daños e incluso el colapso de la estructura al no contar con la rigidez adecuada en sus elementos estructurales y al asentamiento de la edificación debido a que sus zapatas no cuentan con las dimensiones adecuadas.
4. Se recomienda aplicar el método del encamisado para realizar el reforzamiento de la estructura y cimentación debido a que por sus antecedentes nos brinda mejores resultados a un menor presupuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2017). *“Tecnología del Concreto”*. Lima, Perú: San Marcos.
- Augusto J. y Legarda P- (2011). *“Correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto fabricado con materiales pétreos de la mina Las Terrazas y cantera La Victoria del Municipio de Pasto”*. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño.
- Calle (2018). *“Influencia de la granulometría y el tipo de cemento en la contracción por secado de morteros estructurales”*, Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Capeco. (2016), *“Reglamento Nacional de Edificaciones”*, Lima, Perú: Cámara Peruana de la Construcción.
- Castillo (2015). *“Modificación de las propiedades de matrices cementantes mediante la adición de nanopartículas de sílice”*, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Cortes y Perilla (2014). *“Estudio comparativo de las características físico-mecánicas de cuatro cementos comerciales Portland Tipo I”*, Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- De La Puente (2018). *“Estudio comparativo del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, elaborado con cemento tipo I-V en la ciudad de Chiclayo”*, Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo.
- Fernández y Velarde (2015). *“Estudio comparativo de la resistencia de los concretos empleando los cementos comerciales en el Cuzco”*, Cuzco, Perú: Universidad San Antonio de Abad, Cuzco.
- Hernández, R; Fernández, R; Baptista, L. (2014). *“Metodología de la Investigación”* (6ta edición), México: Mc Graw Hill.
- López (2017). *“Evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento portland tipo I adicionando el aditivo sikament-290N, en la ciudad de Lima – 2016”*, Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Molina (2006). *“Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno”*, Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Muñoz (2017). *“Estudio comparativo de concreto elaborado con puzolana natural y*

- concreto con cementos puzolánicos atlas en la ciudad de Huancayo*", Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Neville A. y Brook J. (1998). "*Tecnología del concreto*". México, México: Editorial Trillas.
- Parra y Bautista (2010). "*Diseño de una mezcla de concreto utilizando residuos industriales y escombros*", Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana Sectorial Bucaramanga.
- Pasquel, E. (1998). "*Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú*". Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.
- Rivva L. (2014). "*Diseño de Mezclas Tecnología del Concreto*". Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

**TITULO DE LA TESIS:
ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y
PROPUESTA DE REFORZAMIENTO**

AUTOR: BUENO CORDOVA KOKI HENDERSON

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE Y DIMENSIONES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL		
¿Cómo identificar y evaluar la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región Junín?	Analizar la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región Junín.	Un adecuado análisis de la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región Junín.	DIMENSIONES Capacidad del suelo Materiales de construcción Licencia de construcción Asesoramiento técnico	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	INDICADORES Kg/cm ² • Adobe • Ladrillo de arcilla • Lebrillo • Cemento • Agregado	Método Científico
a) ¿Cómo reforzar en la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín?	a) Proponer un reforzamiento en la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín.	a) Un adecuado reforzamiento en la estructura y cimentación bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín.	MEDICION Resolución y autorización para los niveles	TIPO DE INVESTIGACION

<p>b) ¿Cómo identificar los datos resultantes de la evaluación de la estructura reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín?</p>	<p>b) Analizar la estructura reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín.</p>	<p>b) Un adecuado análisis de la estructura reforzada bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín.</p>	<p>Capacidad del profesional (especialista) Instrumento Ensayo de laboratorio Esclerómetro</p>	<p>Aplicada</p>
<p>c) ¿Cómo identificar los datos resultantes de la evaluación de la cimentación reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín?</p>	<p>c) Analizar la cimentación reforzada bajo la norma E.030 del RNE de la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín.</p>	<p>c) Un correcto análisis de la cimentación reforzada bajo la norma E.030 del RNE contribuirá en la obra construcción de la infraestructura del laboratorio de minerales en la región de Junín.</p>	<p>Tiene 1 No tiene 3 •Bueno: 1 •Regular: 2 •Malo: 3</p>	<p>NIVEL DE INVESTIGACION</p> <p>Descriptivo</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</p> <p>No experimental</p>

			POBLACION
			<p>Para el caso de esta investigación se definió la población por todas las estructuras destinadas para ambientes de laboratorios de la región de junin</p> <p>MUESTRA</p>

Anexo 02: Matriz de operacionalización de variables

Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Capacidad del suelo	Kg/cm ²	Ensayo de laboratorio
Materiales de construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Adobe • Ladrillo de arcilla • Lebrillo • Cemento • Agregado 	Esclerómetro
Licencia de construcción	Resolución y autorización para los niveles	Tiene 1 No tiene 3
Asesoramiento técnico	Capacidad del profesional (especialista)	<ul style="list-style-type: none"> • Bueno: 1 • Regular: 2 • Malo: 3

Anexo 03: Panel fotográfico



Vista 01.- En la vista se verifica el proceso del ensayo de corte directo en el laboratorio de suelos.



Vista 02.- En la vista se verifica el proceso del ensayo de corte directo en el laboratorio de suelos.



Vista 03.- En la vista se observa la toma de medida de los estribos de la columna.



Vista 04.- En la vista se observa la verificación de la altura de zapatas.

Anexo 04: Ensayos



GEOLUMAS SAC
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC:20568764995

**INFORME DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA TESIS:
"ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA
DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA
REFORZAMIENTO".**

PROVINCIA: HUANCAYO

REGIÓN: JUNÍN

MARZO - 2022

 **GEOLUMAS SAC**
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Ingeniero Civil Edwin Peña Dueñas
Asesor Técnico CP 145418
Especialista en Mecánica de Suelos
y Concreto, Geotecnia y Geología

DIRECCIÓN: JR. 28 DE OCTUBRE N°429 EL TAMBO HUANCAYO (AL
TURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995

CEL: 999526400, RPM: #999526400
CEL: 999526400, RPM: #999526400



INDICE

RESUMEN	3
1.- Memoria Descriptiva	4
1.1.- Resumen de las Condiciones de Cimentación	4
1.2.- Información Previa.....	4
1.3.- Exploración de Campo	4
1.4.- Ensayos de laboratorio	4
1.5.- Nivel de Napa Freática	5
2.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	5


GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
.....
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
Asesor Técnico CP 14518
SPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA



GEOLUMAS SAC
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC:20568764995

RESUMEN

El Presente Informe de Mecánica de Suelos para el **"ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA REFORZAMIENTO"** tiene por objetivo de facilitar las características geotécnicas del suelo.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
MTC E 107-2016

TESIS : ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

ATENCIÓN : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN AGUSTIN DE CAJAS KM 8 PROVINCIA DE HUANCAYO REGION JUNIN

PETICIONARIO : BACHILLER. BUENO CORDOVA KOKI HENDERSON

Calicata : CS - 001

Fecha de recepción : 04 DE MARZO DEL 2022

Muestra : M - 1

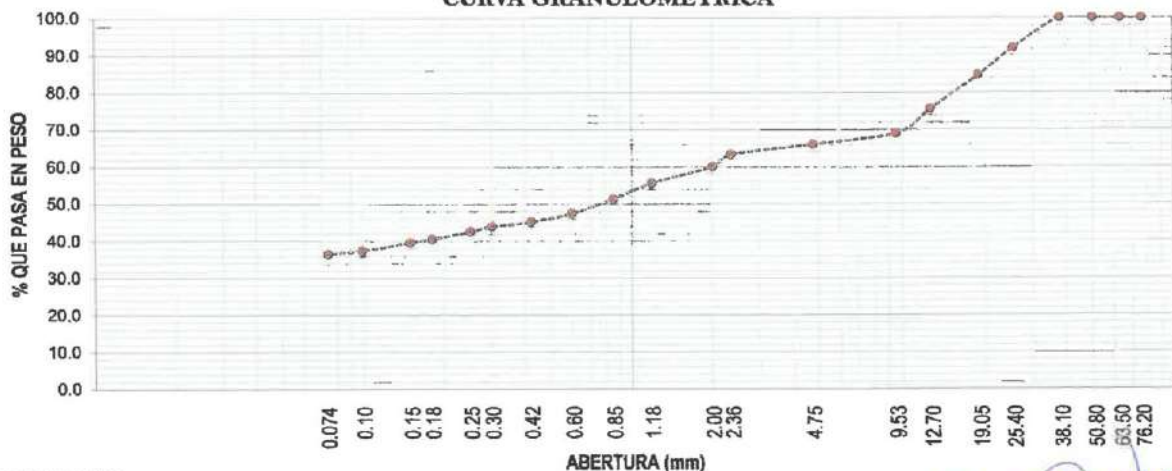
Fecha de ensayo : 06 DE MARZO DEL 2022

Profundidad : 0.00 - 3.00 m

Fecha de emisión : 11 DE MARZO DEL 2022

TAMICES		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
pulg.	mm						
3"	76.20					Muestra Total	1666.0 g
2 1/2"	63.50					Tamaño Máximo	1 1/2"
2"	50.80					% Gravas	33.9
1 1/2"	38.10				100.0	% Arenas	29.5
1"	25.40	135.0	8.1	8.1	91.9	M.F.	3.30
3/4"	19.05	120.0	7.2	15.3	84.7		
1/2"	12.70	150.0	9.0	24.3	75.7	Pasa N° 200 (MTC E 137)	36.5%
3/8"	9.53	110.0	6.6	30.9	69.1		
N° 4	4.75	50.2	3.0	33.9	66.1	% Humedad (MTC E 108)	7.0 %
N° 8	2.36	45.80	2.7	36.7	63.3	Límite Líquido (MTC E 110)	26 %
N° 10	2.00	54.50	3.3	39.9	60.1	Límite Plástico (MTC E 111)	22 %
N° 16	1.18	75.20	4.5	44.5	55.5	Índice Plástico (MTC E 111)	4 %
N° 20	0.85	70.20	4.2	48.7	51.3	Clasificación SUCS	GM - Grava limosa
N° 30	0.80	64.20	3.9	52.5	47.5	(ASTM D 2487-11)	
N° 40	0.42	38.40	2.3	54.8	45.2	CLASIFIC. AASHTO	A - 4 (0)
N° 50	0.30	20.30	1.2	56.1	43.9	(ASTM D 3282-09)	
N° 60	0.25	23.10	1.4	57.4	42.6		
N° 80	0.18	33.50	2.0	59.4	40.6	D10 : 0.02 mm	Cu : 98.30
N° 100	0.15	15.20	0.9	60.4	39.6	D30 : 0.06 mm	Cc : 0.09
N° 140	0.10	36.20	2.2	62.5	37.5	D60 : 1.99 mm	
N° 200	0.074	15.30	0.9	63.5	36.5		
Fondo		608.90	36.5	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias Normativas:

- ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.
- ASTM D2487-17e1 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D3282-15 Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- NTP 339.128:1999 (revisada el 2019): SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Edición.

DIRECCIÓN: JR. 28 DE OCTUBRE N°429 EL TAMBO HUANCAYO (AL
TURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995



Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 145418
SPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
Y GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL: 999526400, RPM: #999526400
CEL: 999526400, RPM: #999526400



CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Aplicando la Teoría de la Capacidad Portante de Terzaghi

CALICATA	:	C-1
Angulo de Friccion (°)	:	35.12
Cohesión	:	0.011

Determinando los valores de N_c , N_q y N_y en funcion de ϕ :

$N_c =$	23.54
$N_q =$	11.27
$N_y =$	6.64

PARA Df=3.00

Densidad Seca (γ_s)	1.845
Prof. Cimiento (Df)	3.00
Ancho Cimiento (B)	1.00
N_c Factor de Capacidad	23.54
N_q Factor de Capacidad	11.27
N_y Factor de Capacidad	6.64
Altura de Napa Freatica	0.00

**Usando factores de carga Modificada
FORMULA PARA ZAPATA CUADRADA**

$$Q_{ult} = 0.867 \times C \times N_c + q \times N_q + 0.4 \times \gamma \times N_y \times B$$

Reemplazando valores

Qult Df 3.00=	59.79	tn/m2	
Factor de Seguridad $F_s=2.5$		Capacidad Portante	2.39 kg/cm2
Factor de Seguridad $F_s=3.0$		Capacidad Portante	1.99 kg/cm2
Factor de Seguridad $F_s=3.5$		Capacidad Portante	1.71 kg/cm2
Factor de Seguridad $F_s=4.0$		Capacidad Portante	1.49 kg/cm2


GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 145416
SPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA



II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM 3080

Estado :ALTERADO
Calicata :C-1
Muestra : M-1
Profundidad de la cimentación :3M
Profundidad de la calicata :3M

Especimen N°	I	II	III
Lado de la caja (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad Húmeda Inicial (gr/cm ³)	1.845	1.845	1.845
Densidad Seca Inicial (gr/cm ³)	1.617	1.617	1.617
Contenido Humedad Inicial (%)	14.13	14.25	14.61
Densidad Húmeda Final (gr/cm ³)	2.014	2.012	2.016
Densidad Seca Final (gr/cm ³)	1.718	1.716	1.718
Contenido Humedad Final (%)	17.21	17.24	17.34
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)	0.28	0.56	1.11
Esfuerzo de Corte Maximo (kg/cm ²)	0.201	0.408	0.787
Angulo de Friccion Interna	:	35.12	
Cohesión (kg/cm ²)	:	0.011	

Muestras remitidas e identificadas por el peticionario


GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 145416
SPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



GEOLUMAS SAC

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

RUC:20568764995

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

INFORME N°056 2022

ESTADO :ALTERADO
CALICATA :C-1

Profundidad de la cimentación :3M
Profundidad de la calicata :3M

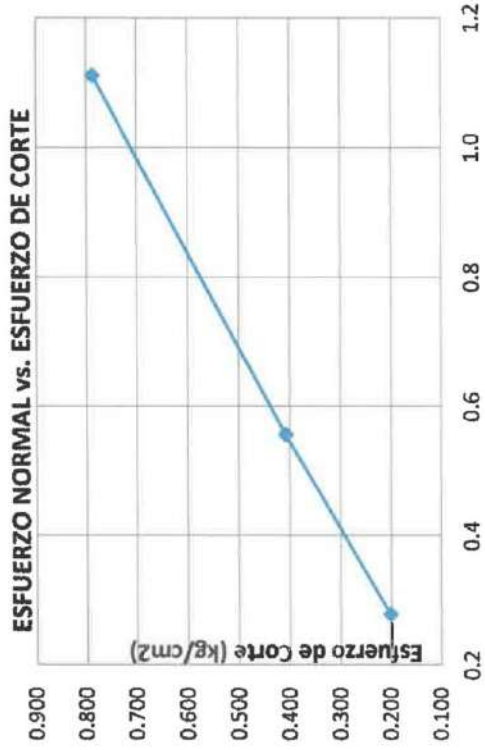
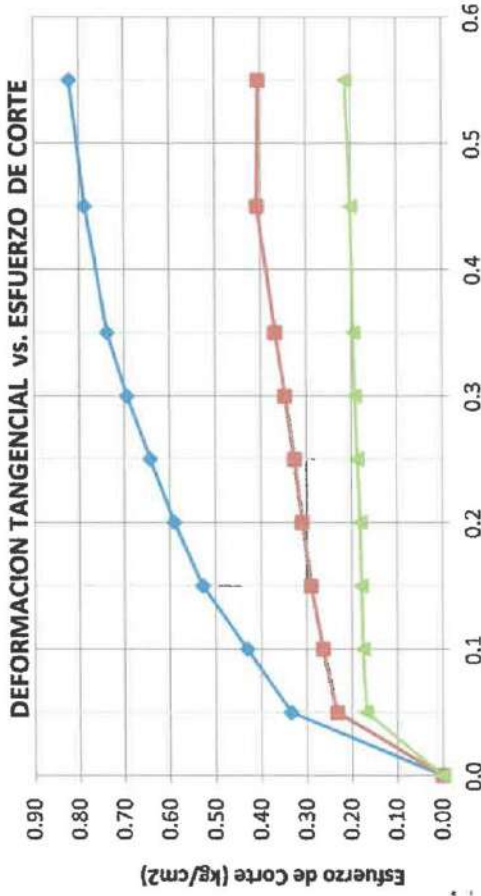
ATENCION

TESIS

UBICACIÓN
FECHA DE RECEPCIÓN
FECHA DE EMISIÓN

: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA
: ANALISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

:DISTRITO DE SAN AGUSTIN DE CAJAS KM 8 PROVINCIA DE HUANCAYO REGION JUNIN
: 04 DE MARZO DEL 2022
: 11 DE MARZO DEL 2022



$\phi = 35,12$
 $c = 0.011 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo Normal (kg/cm2)

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP 155416
SPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
LABORATORIO TECNICO DE SUELOS
CEL: 999526400 RPM: #999526400
CEL: 999526400 RPM: #999526400

DIRECCION: JR. 28 DE OCTUBRE N°429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RUC:20568764995



- ✓ Recomendando el factor de seguridad de 3.0 con capacidad portante de 1.99Kg/cm² para el CORTE DIRECTO DE LA CALICATA N°1 a una profundidad de 3.00 m.

- ✓ No deberá cimentarse sobre turba, suelos orgánicos, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario, antes de empezar con la cimentación deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la edificación y remplazados con materiales seleccionados generalmente suelos del tipo granular. Los métodos empleados en su conformación, compactación y control, dependen principalmente de las propiedades físicas del material. Los suelos seleccionados que se construyen sobre rellenos deberán ser compactados, sin elementos extraños
- ✓ Los Resultados del Presente Informe, solo son válidos para la zona de Estudio Investigada.

:


GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 145418
SPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



Corte Directo

ASTMD3080

Limite Líquido y Limite Plástico

ASTMD4318

1.5.- Nivel de Napa Freática

Según el informe el técnico de laboratorio en el lugar explorado NO se encontró Napa Freática:

NUMERO DE CALICATA	ALTURA DE NAPA FREÁTICA	OBSERVACION
CORTE DIRECTO CALICATA N° 1	-----	NO Presenta N.F.

1.6.- Análisis de Cimentación

La capacidad admisible del terreno es:

DESCRIPCION DE CALICATA	PROFUNDIDA DE LA CALICATA	FACTOR DE SEGURIDAD	CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO
CORTE DIRECTO CALICATA N° 1	3.00 m.	3.0	1.99kg/cm ²

2.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ La Zona de Estudio se encuentra ubicado en el distrito de San Agustín de Cajas km 8 de la provincia de Huancayo Región Junín. La tesis consistirá en el **ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA REFORZAMIENTO** " La cohesión y Angulo de fricción además de la capacidad portante y su respectivo factor de seguridad se detallan en los siguientes cuadros:

CORTE CALICATA N° 1	
COHESION	0.011 kg/cm ²
ANGULO DE FRICCIÓN	35.12°

Factor de Seguridad Fs=2.5	Capacidad Portante	2.39 kg/cm ²
Factor de Seguridad Fs=3.0	Capacidad Portante	1.99 kg/cm²
Factor de Seguridad Fs=3.5	Capacidad Portante	1.71 kg/cm ²
Factor de Seguridad Fs=4.0	Capacidad Portante	1.49 kg/cm ²



1.- Memoria Descriptiva

1.1.- Resumen de las Condiciones de Cimentación

Las condiciones para la cimentación encontrada en las calicatas se describen en el siguiente cuadro:

DESCRIPCION DE CALICATA	PROFUNDIDA DE LA CALICATA	FACTOR DE SEGURIDAD	CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO
CALICATA 1	3.00 m.	3.0	1.99 kg/cm ²

1.2.- Información Previa

La tesis: " **ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA REFORZAMIENTO** " se encuentra ubicado en el distrito de San Agustín de Cajas km 8 de la provincia de Huancayo Región Junín

1.3.- Exploración de Campo:

El Método de Exploración de Campo fue realizado mediante Pozo o Calicatas las cuales fueron provistas por el peticionario.

DESCRIPCION DE CALICATA	PROFUNDIDA DE LA CALICATA
CORTE DIRECTO CALICATA N° 1	3.00 m

1.4.- Ensayos de Laboratorio

- Ensayos en el Laboratorio

Análisis Granulométrico

Contenido de Humedad

Clasificación Unificada de Suelos SUCS

ASTM D 422

ASTMD2216

ASTMD2488



**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 108**

PROYECTO : ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA DESTINADA PARA LABORATORIO DE MINERALES Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO

ATENCION : UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

UBICACIÓN : DISTRITO DE SAN AGUSTIN DE CAJAS KM 8 PROVINCIA DE HUANCAYO REGION JUNIN

PETICIONARIO : BACHILLER. BUENO CORDOVA KOKI HENDERSON

Calicata : CS - 001

Fecha de recepción

: 04 DE MARZO DEL 2022

Muestra : M - 1

Fecha de ensayo

: 06 DE MARZO DEL 2022

Profundidad : 0.00 - 3.00 m

Fecha de emisión

: 11 DE MARZO DEL 2022

Recipiente	T-15
Peso del recipiente (g)	45.6
Peso de suelo húmedo + recip. (g)	361.7
Peso de suelo seco + recipiente (g)	341.0
Peso del agua (g)	20.7
Peso del suelo seco (g)	295.4
Humedad (w%)	7.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.0 %

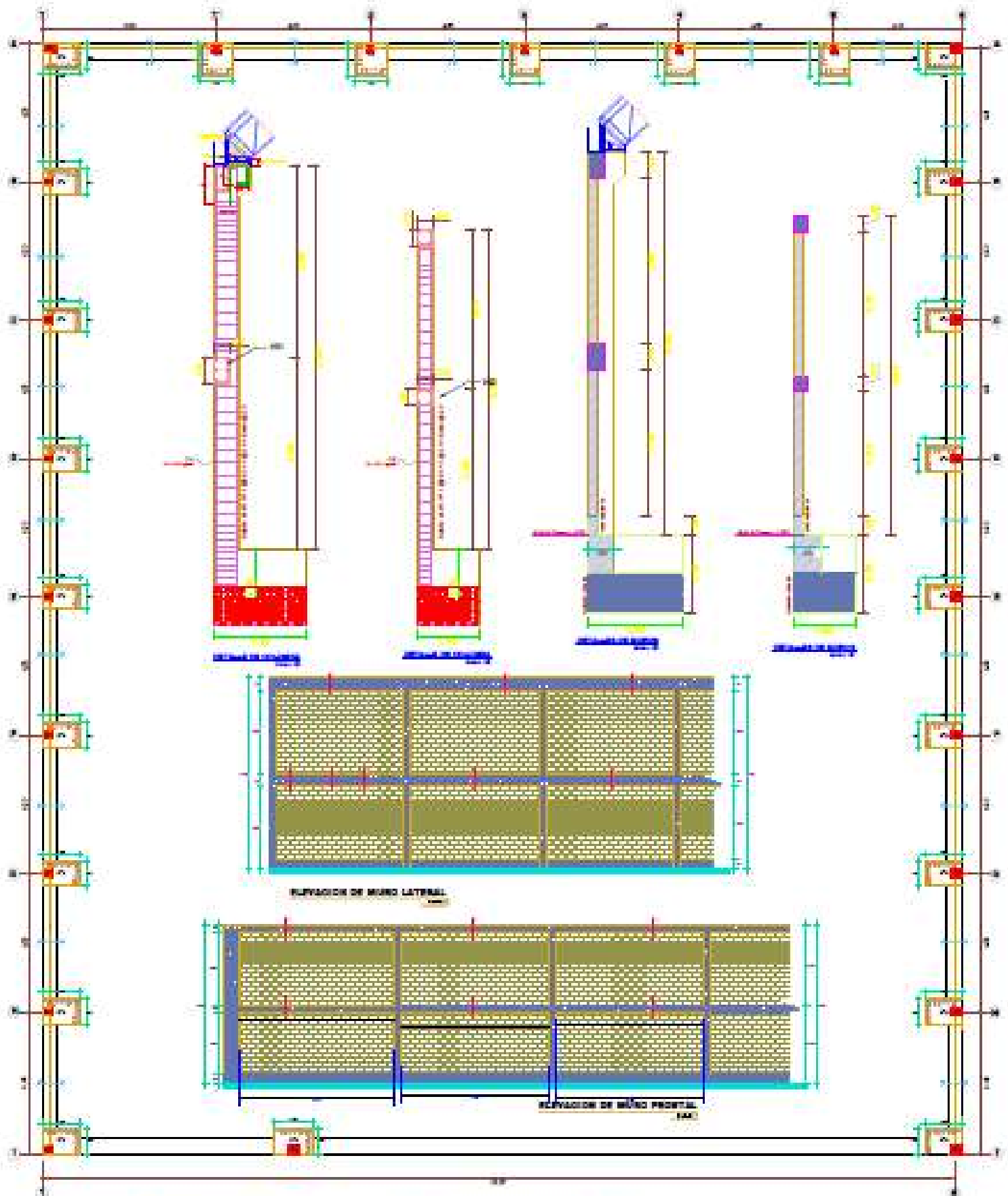
Referencias Normativas:

- ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

- NTP 339.127:1998 (revisada el 2019): SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Edición


GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 145418
SPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA

Anexo 05: Planos



ARMADURA REFORZADA - PLANTA ALMACEN

Escala: 1/20

PROYECTISTA	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ
REVISOR	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ
APROBADO	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ
FECHA	15/05/2024

RECONOCIMIENTO
 Agradecemos a la empresa constructora por permitirnos participar en este proyecto.

DESENCUENTADO
 Este documento es un archivo digitalizado y no debe ser utilizado para fines legales o judiciales. Cualquier uso no autorizado de este documento es estrictamente prohibido.

REINFORZACIONES TYPICAS	
SECCION DE MURTO	Ver detalle de muro
SECCION DE MURTO LATERAL	Ver detalle de muro lateral
SECCION DE MURTO PROFITAL	Ver detalle de muro profital
PLANTA DE LA LOSA	Ver detalle de losa
SECCION DE LOSA	Ver detalle de losa
SECCION DE COLUMNA	Ver detalle de columna
SECCION DE VIGA	Ver detalle de viga

