UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:

Análisis dinámico y comportamiento estructural de planta de tratamiento de agua potable en el distrito de María Parado de Bellido - Ayacucho 2022

Para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
Bach. Miguel Angel MERBUDO LUJAN

ASESOR:
Msc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A MIS PADRES, GRACIAS POR TODO

AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR DE TESIS , POR TODO SU APOYO

RESUMEN

La investigación abordó un estudio detallado del comportamiento estructural y dinámico de la planta de tratamiento de agua en el distrito de María Parado de Bellido situado en la región de Ayacucho centrándose en analizar cómo las cargas, específicamente las presiones hidroestaticas e hidrodinámicas, influencian a las principales estructuras de la planta: filtro lento, sedimentador, prefiltros y distribuidor de caudales, donde se observó una variabilidad en la respuesta de estas estructuras a las cargas mencionadas, especialmente en valores bajos de Y/Hl, lo que destaca la importancia del análisis dinámico en estas áreas. Además, las direcciones de mayor y menor longitud en las estructuras también mostraron comportamientos distintos, subrayando la necesidad de un enfoque multidireccional en el análisis resaltando la necesidad de realizar un análisis sísmico integral, dada la variabilidad observada entre las presiones y la ubicación geográfica del distrito, y en base a el estudio realizado se consideró como recomendación los sistemas de monitoreo en puntos críticos y la consideración de reforzamientos estructurales en áreas con alta variabilidad en las diferencias de presión. En esencia, este estudio arrojó valiosas perspectivas sobre el funcionamiento dinámico y estructural de la planta, proponiendo medidas concretas para asegurar su operatividad segura y eficaz en el contexto específico de María Parado de Bellido

Palabras claves: Análisis dinámico, Comportamiento estructural, Presiones hidrodinámicas, Presiones hidrodinámicas.

ABSTRACT

The research addressed a detailed study of the structural and dynamic behavior of the water treatment plant in the district of Maria Parado de Bellido located in the Ayacucho region focusing on analyzing how loads, specifically hydrodynamic and hydrodynamic pressures, influence the main structures of the plant: slow filter, sedimenter, prefilters and flow distributor, where variability in the response of these structures to the mentioned loads was observed, especially at low Y/Hl values, highlighting the importance of dynamic analysis in these areas. In addition, the directions of greater and lesser length in the structures also showed different behaviors, underlining the need for a multidirectional approach in the analysis highlighting the need to perform an integral seismic analysis, given the variability observed between the pressures and the geographic location of the district, and based on the study performed, monitoring systems at critical points and the consideration of structural reinforcements in areas with high variability in pressure differences were considered as a recommendation. In essence, this study provided valuable insights into the dynamic and structural performance of the plant, proposing concrete measures to ensure its safe and efficient operation in the specific context of María Parado de Bellido.

Key words: Dynamic analysis, Structural behavior, Hydrodynamic pressures, Hydrodynamic pressures.

INTRODUCCIÓN

El agua potable es un recurso fundamental para la vida y el desarrollo sostenible de las comunidades, en el Distrito de María Parado de Bellido, ubicado en Ayacucho, la necesidad de garantizar un suministro constante y de calidad de este recurso es crucial. Sin embargo, las estructuras encargadas de tratar y distribuir el agua, como las plantas de tratamiento, enfrentan numerosos desafíos, especialmente en regiones susceptibles a fenómenos naturales como sismos. En este contexto, el presente estudio se propone analizar en detalle el comportamiento dinámico y estructural de dicha planta.

La investigación busca comprender cómo las cargas estáticas y dinámicas, incluidas las hidrodinámicas e hidrostáticas, afectan a las estructuras principales de la planta, donde estas cargas, influenciadas por factores como la interacción agua-estructura y las condiciones geotécnicas del sitio, pueden tener un impacto significativo en la integridad y funcionalidad de la planta. Además, dada la ubicación geográfica del distrito, se hace aún más relevante comprender y anticipar cómo estas estructuras reaccionarían ante eventos sísmicos.

A lo largo de la investigación, se analizan diversas estructuras, como el filtro lento, el sedimentador, el pre-filtro y el distribuidor de caudales, en ambas direcciones de mayor y menor longitud, los cuales son los puntos focales que tiene la planta de tratamiento de agua.

Esta investigación no solo contribuye al conocimiento técnico y científico en el campo del análisis estructural y dinámico, sino que también tiene implicaciones prácticas directas, ya que las conclusiones y recomendaciones derivadas pueden guiar acciones concretas para reforzar, mejorar y, en última instancia, garantizar que la planta de tratamiento continúe desempeñando su función vital en el distrito de manera eficiente y segura.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTOS iii
RESUMEN iv
ABSTRACT v
INTRODUCCIÓN vi
ÍNDICE DE CONTENIDO vii
ÍNDICE DE TABLAS ix
ÍNDICE DE FIGURAS 1
I.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
1.1 Descripción del problema 1
1.2 Delimitación del problema 2
1.2.1 Espacial (geográfica) 2
1.2.2 Temporal 2
1.2.3 Temática y unidad de análisis 2
1.3 Formulación del problema 3
1.3.1 Problema general 3
1.3.2 Problemas específicos 3
1.4 Justificación e importancia 3
1.5 Objetivos 3
1.5.1 Objetivo general 3
1.5.2 Objetivos específicos 4
II. MARCO TEÓRICO 5
2.1. Antecedentes 5
2.1.1 Investigaciones internacionales 5
2.1.2 Investigaciones nacionales 6
2.2 Bases teóricas 7
2.2.1 Análisis Dinámico 7
2.2.2 Modelo de Housner 7
2.2.3 Consideraciones de diseño sísmico de contenedores de líquidos de acuerdo al (ACI 350.3-06) 9
2.2.4 Comportamiento estructural 11
2.3 Marco conceptual 11
2.3.1 Definición Conceptual 11
2.3.2 Normatividad 20
2.3.3 Impacto Ambiental 21

2.3.4 Gestión de Riesgos 21
III. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 23
3.1 Enfoque 23
3.2 Alcance 23
3.3. Diseño de investigación 23
3.3.1. Tipo de Investigación 23
3.3.2. Diseño de Investigación 23
3.4. Población y muestra. 25
3.4.1. Población 25
3.4.2. Muestra 25
3.5. Hipótesis 26
3.5.1. Hipótesis general 26
3.5.2. Hipótesis específicas. 26
3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional 26
3.7. Técnicas e instrumentos 27
3.7.1. Métodos 27
3.7.2. Técnicas 27
3.7.3. Instrumentos de recolección de datos 28
3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información 28
3.8.1. Diagrama de Flujo de Procesos 28
3.8.2. Descripción de Procesos 29
3.8.3. Recursos Humanos 30
3.9 Desarrollo del trabajo de tesis 30
3.9.1 Ubicación del área en estudio 30
3.9.2 FÓRMULAS DEL ANÁLISIS SÍSMICO (ACI350-06) 32
3.9.3 Procedimiento 37
IV. RESULTADOS 80
4.1 Resultados con respecto al objetivo específico 1 80
4.1.1 Esfuerzos dinámicos y cortantes de las fuerzas laterales 81
4.1.2 Momento Flector 84
4.1.3 Momento de volteo 87
4.2 Resultados con respecto al objetivo específico 2 91
4.2.1 Deformaciones de la planta de tratamiento de agua potable 91
CONCLUSIONES 102
RECOMENDACIONES 103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 104
ANEXOS 106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Coordenadas Geográficas*..... 2
Tabla 2 *Factores de Zona* 13
Tabla 3 *Factores y Periodos de suelo* 13
Tabla 4 *Factor de Importancia*.....14
Tabla 5 *Factores de Modificación de respuesta* 14
Tabla 6 *Cuadro de Operacionalización de las variables*.....26
Tabla 7 *Ubicación Política*.....31
Tabla 8 *Ubicación Geográfica* 31
Tabla 9 *Vía de Acceso* 32
Tabla 10 *Datos de ingreso del sedimentador en la dirección de mayor y menor longitud* 39
Tabla 11 *Cargas de Parámetros Sísmicos en el sedimentador* 40
Tabla 12 *Fuerzas Laterales actuantes en el sedimentador*.....41
Tabla 13 *Peso del líquido almacenado en el Sedimentador* 41
Tabla 14 *Peso del muro perpendicular en el Sedimentador* 42
Tabla 15 *Masa impulsiva y convectiva del agua en el Sedimentador* 42
Tabla 16 *Altura del muro en el sedimentador* 43
Tabla 17 *Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el sedimentador*..43
Tabla 18 *Altura de la masa impulsiva y convectiva en el sedimentador – base del muro* 44
Tabla 19 *Altura de la Masa impulsiva y convectiva en el sedimentador - cimentación*.44
Tabla 20 *Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas* 45
Tabla 21 *Masa para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador*.....45
Tabla 22 *Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador* 45
Tabla 23 *Masa total para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador* 46
Tabla 24 *Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador*.....46
Tabla 25 *Frecuencia de vibración impulsiva en el sedimentador*.....46
Tabla 26 *Periodo fundamental de vibración en el sedimentador*.....47
Tabla 27 *Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el sedimentador* 47
Tabla 28 *Frecuencia de oscilación convectiva en el sedimentador*.....47
Tabla 29 *Periodo Natural del primer modo en el sedimentador* 48
Tabla 30 *Datos de ingreso del Pre-filtro en la dirección de mayor y menor longitud*....50
Tabla 31 *Cargas de Parámetros Sísmicos en el Pre-filtro* 51
Tabla 32 *Fuerzas Laterales actuantes en el Pre-filtro*.....52

Tabla 33 *Peso del líquido almacenado en el Pre-filtro*.....52
Tabla 34 *Peso del muro perpendicular en el Pre-filtro*.....53
Tabla 35 *Masa impulsiva y convectiva del agua en el Pre-filtro*.....53
Tabla 36 *Altura del muro en el Pre-filtro*.....54
Tabla 37 *Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el Pre-filtro*.....54
Tabla 38 *Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Pre-filtro*.....54
Tabla 39 *Masa impulsiva y convectiva en el Pre-filtro*.....55
Tabla 40 *Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas en el Pre-filtro*.....55
Tabla 41 *Masa para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro*.....56
Tabla 42 *Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro*.....56
Tabla 43 *Masa total para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro*.....56
Tabla 44 *Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro*.....57
Tabla 45 *Frecuencia de vibración impulsiva en el Pre-filtro*.....57
Tabla 46 *Periodo fundamental de vibración en el Pre-filtro*.....57
Tabla 47 *Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el Pre-filtro*.....58
Tabla 48 *Frecuencia de oscilación convectiva en el Pre-filtro*.....58
Tabla 49 *Periodo Natural del primer modo en el Pre-filtro*.....58
Tabla 50 *Datos de ingreso del Filtro Lento en la dirección de mayor y menor longitud*61
Tabla 51 *Cargas de Parámetros Sísmicos en el Filtro Lento*.....61
Tabla 52 *Fuerzas Laterales actuantes en el Filtro Lento*.....62
Tabla 53 *Peso del líquido almacenado en el Filtro Lento*.....63
Tabla 54 *Peso del muro perpendicular en el Filtro Lento*.....63
Tabla 55 *Masa impulsiva y convectiva del agua en el Filtro Lento*.....64
Tabla 56 *Altura del muro en el Filtro Lento*.....64
Tabla 57 *Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el Filtro Lento*.....64
Tabla 58 *Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Filtro Lento*.....65
Tabla 59 *Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Filtro Lento*.....65
Tabla 60 *Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas en el Pre-filtro*.....66
Tabla 61 *Masa para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento*.....66
Tabla 62 *Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento*.....66
Tabla 63 *Masa total para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento*.....67
Tabla 64 *Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento*.....67
Tabla 65 *Frecuencia de vibración impulsiva en el Filtro Lento*.....67
Tabla 66 *Periodo fundamental de vibración en el Filtro Lento*.....68
Tabla 67 *Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el Filtro Lento*.....68
Tabla 68 *Frecuencia de oscilación convectiva en el Filtro Lento*.....68
Tabla 69 *Periodo Natural del primer modo en el Filtro Lento*.....69

Tabla 70 *Datos de ingreso del Distribuidor de Caudales en la dirección de mayor y menor longitud* 71
Tabla 71 *Cargas de Parámetros Sísmicos en el Distribuidor de Caudales* 72
Tabla 72 *Fuerzas Laterales actuantes en el Distribuidor de Caudales* 73
Tabla 73 *Peso del líquido almacenado en el Distribuidor de Caudales*.....73
Tabla 74 *Peso del muro perpendicular en el Distribuidor de Caudales*.....73
Tabla 75 *Masa impulsiva y convectiva del agua en el Distribuidor de Caudales*.....74
Tabla 76 *Altura del muro en el Distribuidor de Caudales*.....74
Tabla 77 *Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el Distribuidor de Caudales*.....75
Tabla 78 *Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Distribuidor de Caudales* 75
Tabla 79 *Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Distribuidor de Caudales* 76
Tabla 80 *Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas en el Distribuidor de Caudales*.....76
Tabla 81 *Masa para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales*.....77
Tabla 82 *Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales* 77
Tabla 83 *Masa total para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales* ..77
Tabla 84 *Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales* 77
Tabla 85 *Frecuencia de vibración impulsiva en el Distribuidor de Caudales*.....78
Tabla 86 *Periodo fundamental de vibración en el Distribuidor de Caudales* 78
Tabla 87 *Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el Distribuidor de Caudales* ...78
Tabla 88 *Frecuencia de oscilación convectiva en el Distribuidor de Caudales* 79
Tabla 89 *Periodo Natural del primer modo en el Distribuidor de Caudales*.....79
Tabla 90 *Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base - Sedimentador* ...81
Tabla 91 *Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base – Pre-filtro*.....82
Tabla 92 *Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base – Filtro Lento*.....83
Tabla 93 *Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base – Distribuidor de Caudales*.....84
Tabla 94 *Momento Flector en el Sedimentador*.....85
Tabla 95 *Momento Flector en el Pre-filtro*.....85
Tabla 96 *Momento Flector en el Filtro Lento* 86
Tabla 97 *Momento Flector en el Distribuidor de Caudales* 87
Tabla 98 *Momento de volteo en el Sedimentador* 88
Tabla 99 *Momento de volteo en el Pre-filtro* 88
Tabla 100 *Momento de volteo en el Filtro Lento*.....89

Tabla 101 *Momento de volteo en el Distribuidor de Caudales*.....89
Tabla 102 *Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud – Sedimentador*
.....92
Tabla 103 *Distribución de presiones en la dirección de menor longitud – Sedimentador*
.....93
Tabla 104 *Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud - Pre-filtro*.....94
Tabla 105 *Distribución de presiones en la dirección de menor longitud - Pre-filtro*.....96
Tabla 106 *Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud - Filtro Lento*..97
Tabla 107 *Distribución de presiones en la dirección de menor longitud - Filtro Lento*..98
Tabla 108 *Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud - Distribuidor de Caudales*.....100
Tabla 109 *Distribución de presiones en la dirección de menor longitud - Distribuidor de Caudales*.....101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Modelo de Housner* 8
Figura 2 *Comportamiento del Modelo de Housner* 9
Figura 3 *Movimiento del fluido en el tanque* 10
Figura 4 *Equilibrio dinámico de fuerzas horizontales*.....10
Figura 5 *Zonas sísmicas* 12
Figura 6 *Modelo Dinámico de Housner* 15
Figura 7 *Distribución de las fuerzas hidrodinámicas en las paredes del tanque* 17
Figura 8 *Distribución vertical de las fuerzas sísmica en tanques rectangulares*.....17
Figura 9 *Sección doblemente reforzada y deformaciones unitarias*.....19
Figura 10 *Planta general de la planta de tratamiento de aguas potable* 37
Figura 11 *Sedimentador vista en Planta*.....38
Figura 12 *Sedimentador Vista del corte A-A*.....38
Figura 13 *Sedimentador Vista del corte B-B*.....39
Figura 14 *Pre Filtro vista en Planta* 48
Figura 15 *Pre-filtro vista del corte A-A y C-C*.....49
Figura 16 *Pre-filtro vista del corte B-B y D-D*.....50
Figura 17 *Filtro Lento vista en Planta*.....59
Figura 18 *Filtro Lento vista del corte A-A*.....60
Figura 19 *Filtro Lento vista del corte B-B*.....60
Figura 20 *Distribuidor de Caudales vista en Planta* 69
Figura 21 *Distribuidor de Caudales Vista del corte A-A* 70
Figura 22 *Distribuidor de Caudales Vista del corte C-C*.....70
Figura 23 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el sedimentador (Mayor Longitud)* 93
Figura 24 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el sedimentador (Menor Longitud)* 94
Figura 25 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Pre-filtro (Mayor Longitud)* 95
Figura 26 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Pre-filtro (Menor Longitud)* 96
Figura 27 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Filtro Lento (Mayor Longitud)* ...98
Figura 28 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Filtro Lento (Menor Longitud)* ...99
Figura 29 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Distribuidor de Caudales (Mayor Longitud)* 100
Figura 30 *Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Distribuidor de Caudales (Menor Longitud)* 101

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Las comunidades de San Martín de Ccoriacc, Huayllabamba, Llulluchaccata, Ccachccara, Roccray, Tankarpampa, Ccasanccay, Huascarpampa, Pomabambay y San Miguel de Acco, todas ubicadas en el distrito de María Parado de Bellido, se enfrentan a una preocupante prevalencia de enfermedades hídricas, incluyendo parasitosis, diarreas y problemas dermatológicos. La situación en el distrito se deteriora aún más, dado que un alarmante 82.4% de sus residentes vive en condiciones de pobreza, entre ellos, un 18% carece de acceso a servicios sanitarios adecuados, forzándolos a recurrir a ríos o acequias para cubrir sus necesidades básicas. Esta crítica situación es detallada en el informe de hito de control N° 021-2023-OCI/0361-SCC emitido por la Contraloría General de la República del Perú.

Actualmente los sistemas de agua potable se encuentran deteriorados, presentan filtraciones en la red conducción, generando un bajo almacenamiento del recurso hídrico para el consumo humano. El sistema actual para las comunidades de San Martín de Ccoriacc, Huayllabamba, Llulluchaccata, Ccachccara, Roccray, Tankarpampa, Ccasanccay, Huascarpampa, Pomabambay San Miguel de Acco fue instalado en el año 1995 por la municipalidad distrital de María Parado de Bellido. Cabe resaltar que, en épocas de secano, el recurso hídrico se reduce y por ende se recrudece el abastecimiento del agua, por lo que los pobladores recuren a recoger el agua de puquiales y de canales de riego aledaños a la comunidad. Así mismo el agua que actualmente consumen solo es entubada, no recibe ningún tratamiento para el consumo humano.

En las comunidades de San Martín de Ccoriacc, Huayllabamba, Llulluchaccata, Ccachccara, Roccray, Tankarpampa, Ccasanccay, Huascarpampa, Pomabamba y San Miguel de Acco, solo un 16% tiene acceso a la red pública de alcantarillado, mientras que el 55% utiliza pozos sépticos y letrinas. Adicionalmente, un 18% de los habitantes recurre a ríos, acequias o canales para sus necesidades básicas debido a la falta de instalaciones sanitarias. Además, se nota un deficiente nivel de educación en higiene y sanidad entre los residentes de estas comunidades del distrito de María Parado de Bellido.

Así mismo hay una deficiencia técnica e institucional en la gestión y mantenimiento del sistema de agua potable.

1.2 Delimitación del problema

1.2.1 Espacial (geográfica)

La investigación se llevará a cabo en las localidades de San Martín de Ccoriacc, Huayllabamba, Llulluchaccata, Ccachccara, Roccray, Tankarpampa, Ccasanccay, Huascarpampa, Pomabamba y San Miguel de Acco, que se encuentran en las siguientes coordenadas:

Tabla 1
Coordenadas Geográficas

Departamento /Región	**Ayacucho**
Provincia	Cangallo
Distrito	María Parado de Bellido
Región Geográfica	Sierra (x)
Altitud (Captación)	2,638.56 m.s.n.m.
Coordenadas	UTM
Latitud Norte	8515512.747
Longitud Este	571145.872

Nota. Elaboración Propia

1.2.2 Temporal

La citada investigación se llevará a cabo en los meses de noviembre y diciembre del 2024.

1.2.3 Temática y unidad de análisis

El desarrollo de la investigación se realizará en las localidades de San Martín de Ccoriacc, Huayllabamba, Llulluchaccata, Ccachccara, Roccray, Tankarpampa, Ccasanccay, Huascarpampa, Pomabamba y San Miguel de Acco, con la evaluación de las mejores alternativas técnicas en el diseño de los elementos de la planta de tratamiento de agua potable. Del mismo modo, el modelo dinámico para analizar la interacción del líquido con las estructuras se basó en el enfoque propuesto por G.W. Housner. Este modelo clasifica la masa total del líquido en dos categorías: masa Impulsiva y masa Convectiva. Para la simulación se utilizó el software de elementos finitos SAP2000, en su versión 24.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cómo el análisis dinámico incide en el comportamiento estructural de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022?

1.3.2 Problemas específicos

¿Cómo el análisis dinámico incide en los esfuerzos (Momentos, Cortantes) de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022?

¿Cómo el análisis dinámico incide en las deformaciones de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022?

1.4 Justificación e importancia

Las comunidades de San Martín de Ccoriacc, Huayllabamba, Llulluchaccata, Ccachccara, Roccray, Tankarpampa, Ccasanccay, Huascarpampa, Pomabamba y San Miguel de Acco en el distrito de María Parado de Bellido, afectadas por enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dermatológicas debido a la insuficiente provisión de agua potable, motivaron a las autoridades locales y a los habitantes a buscar mejoras en los servicios de agua y saneamiento. Aprovechando la disponibilidad constante de agua de la quebrada Ccehuarpuquio, se propuso el proyecto “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en diez Comunidades del Distrito de María Parado de Bellido, Provincia de Cangallo – Ayacucho”. En 2012, se consideró prioritario realizar un estudio para este proyecto.

Para su implementación, representantes de la junta de administración de servicio de saneamiento (JASS), la municipalidad distrital y los beneficiarios firmaron cartas de compromiso, asegurando su participación en el proyecto.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Determinar la incidencia del análisis dinámico en el comportamiento estructural de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022?

1.5.2 Objetivos específicos

Determinar la incidencia del análisis dinámico en los esfuerzos (Momentos, Cortantes) de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022.

Determinar la incidencia del análisis dinámico en las deformaciones de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022.

II. MARCO TEÓRICO.

2.1. Antecedentes

2.1.1 Investigaciones internacionales

Montero (2022) en su investigación *"Análisis comparativo entre el comportamiento estructural de tanques reservorios cilíndricos de hormigón armado mediante el uso de modelos pseudo-estáticos y modelos dinámicos, y diseño sismorresistente con la aplicación de las normativas NEC-15, ACI 350.3 y la utilización del programa SAP2000"* tiene como objetivo analizar la vulnerabilidad y amenaza sísmica en tanques y reservorios cilíndricos de hormigón armado utilizando la teoría del modelo de Housner para predecir la influencia de las masas convectivas e impulsivas en estructuras durante sismos. Se desarrollaron dos modelos de análisis estructural: uno pseudo-estático basado en la normativa ACI350.3 y otro dinámico usando un modelo masa/resorte donde se realizaron un análisis comparativo de ambos para identificar limitaciones y particularidades. Los resultados indican que el método convencional es más conservador, mostrando una variación del 4% en el cortante basal, mientras que el momento en base del método dinámico supera en un 15% al estático.

Ortiz y Guzman (2022) en su investigación *"Diseño estructural de un tanque en concreto reforzado según NSR-10 en zona de amenaza sísmica alta, análisis de caso vereda Juan Bosco, Villavicencio"*, se enfocaron realizar el análisis y diseño estructural de un tanque semienterrado de almacenamiento de agua en concreto reforzado para la comunidad de Juan Bosco en Villavicencio, Meta, una zona de alta amenaza sísmica. El diseño estructural se basó en la normativa NSR-10 y utilizaron el software SAP 2000 para el diseño, considerando la demanda de agua proyectada a partir de censos de la comunidad, dado que el objetivo principal era aliviar el desabastecimiento de agua en Sebastopol. Los resultados revelaron que las presiones hidrodinámicas en el tanque durante un sismo, tanto convectivas (en la parte superior del líquido) como impulsivas (en la parte inferior), tienen características distintas, ya que se encontró que en ambas direcciones X y Y, la componente convectiva (peso y altura) es mayor que la impulsiva, mientras que la fuerza impulsiva supera a la convectiva.

Parrales (2019) en su investigación *"Estudio patológico del tanque reservorio de 800m3ubicado en el barrio cristo del consuelo en el Cantón Jipijapa"*, se enfocaron en la revisión sísmica de tanques de agua potable en hormigón, dada la ausencia de normativas específicas en Ecuador para su diseño frente a sismos. Para ello se utilizó la norma ACI 350.3-06, que se especializa en el diseño de estructuras de hormigón que

contienen líquidos, y se comparó con las directrices de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-15) y la normativa API 650. La metodología empleada incluyó investigación descriptiva y análisis de ensayos para comparar parámetros teóricos con datos reales, aplicando normas de construcción en el diseño de los tanques. Los resultados mostraron que la NEC-15 carece de procedimientos detallados para el diseño sísmico de tanques, ofreciendo solo un factor de importancia y un coeficiente de reducción de respuesta, sin considerar el tipo de tanque o el líquido almacenado. Se identificaron problemas como el deslizamiento de tanques debido a su ubicación en terrenos sedimentarios y blandos, y la pérdida de resistencia a la compresión del hormigón por falta de control en su elaboración.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Choque (2020) en su investigación *"Diseño estructural del tanque elevado considerando la norma ACI 350.3-06 en la Asociación Juan Velazco Alvarado, Espinar Cusco-2020"*, tuvo como objetivo analizar y diseñar un tanque elevado en la Asociación Juan Velazco Alvarado, Espinar Cusco, basándose en la norma ACI 350.3-06 y el método Housner para el diseño sísmico y estructural. Este proyecto, realizado entre diciembre 2017 y diciembre 2021, se enfocó en garantizar un suministro adecuado de agua potable, utilizando el software SAP 21.01 para calcular desplazamientos, esfuerzos y periodos, optimizando el comportamiento del tanque. La metodología empleada incluye el uso de parámetros de sitio E-030 y la norma norteamericana ACI 350.3-06 para prevenir malos diseños en la estructura del tanque, que tendrá una sección cuadrada. Los resultados obtenidos demostraron que la tensión anular del diseño es óptima, con momentos máximos y esfuerzos de corte dentro de los parámetros establecidos por la norma, asegurando así la fiabilidad y seguridad del tanque elevado.

Jamanca y Lunarejo en su investigación *"Diseño de Reservorio para el Mejoramiento del Sistema de Distribución de Agua Potable en Nuevo Chimbote-Santa-Ancash"*, abordaron el problema de escasez de agua en Nuevo Chimbote, causada por un deficiente sistema de almacenamiento, donde buscaron determinar el diseño estructural más adecuado y económico para un reservorio apoyado. Se utilizó el modelo simplificado de Housner del código ACI 350.3-06 para definir parámetros dinámicos en el modelamiento del reservorio, tomando en cuenta la ubicación, características físicas del terreno y el volumen de almacenamiento necesario. La metodología incluyó análisis estructural mediante software de ingeniería para determinar esfuerzos y deformaciones,

y cálculo del presupuesto de la estructura. Los resultados revelaron que el diseño del reservorio circular es superior al rectangular en situaciones sísmicas, mostrando mayor resistencia a presiones hidrodinámicas en la base del muro cilíndrico, una distribución uniforme debido a su geometría, menores esfuerzos y deformaciones máximas, además de ser más económico.

Tiliria (2020) en su investigación *"Respuesta sísmica del modelo dinámico de Housner utilizando los parámetros de la norma E.030 para el análisis del tanque Imhoff de Huamboy, Lima 2020"*, se centró en determinar el efecto del modelo dinámico de Housner, aplicando parámetros de la norma E.030, en la respuesta sísmica del tanque Imhoff. Se adoptó un diseño no experimental, dado que la variable independiente no se manipuló directamente, y se utilizó una muestra no probabilística, seleccionando específicamente el tanque Imhoff de la planta de tratamiento de aguas residuales de Huamboy como objeto de estudio. Los resultados indicaron que el modelo dinámico de Housner, conforme a la norma E.030, no produce un impacto negativo en la respuesta sísmica del tanque Imhoff. Se encontró que el esfuerzo en la tubería de ingreso no excedió su límite admisible, y la deformación calculada en el muro del tanque en la unión con la tubería de ingreso de PVC-U no superó la deflexión máxima permitida. Además, se concluyó que las propiedades dinámicas del tanque Imhoff no dependen de los parámetros de la norma E.030.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Análisis Dinámico

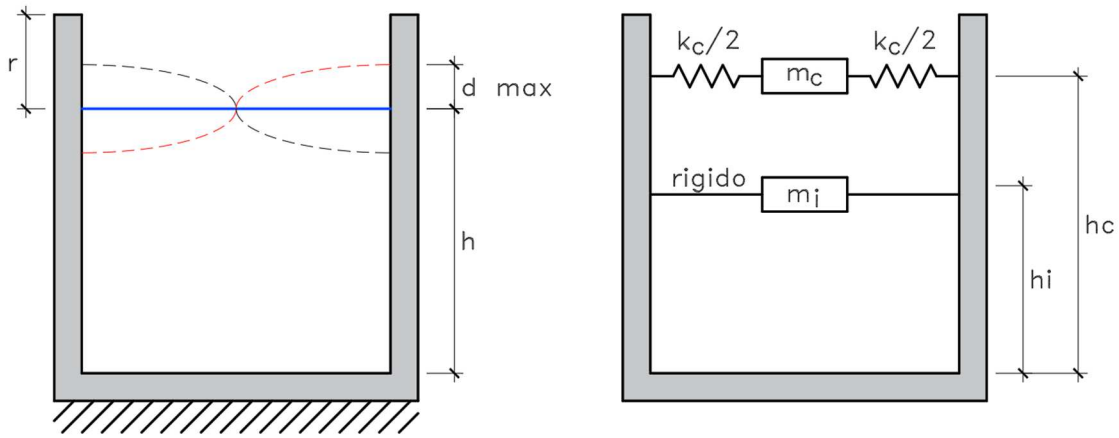
El estudio dinámico de estructuras implica examinar las mínimas oscilaciones que una estructura puede experimentar en torno a su estado de equilibrio, este tipo de análisis es crucial dado que los movimientos oscilatorios generan cambios en las tensiones y deformaciones ya presentes en la estructura. Por consiguiente, es esencial considerar estos factores para alcanzar un diseño efectivo que resista sismos (Tena, 2019).

2.2.2 Modelo de Housner

Housner realizó un análisis detallado centrándose en los efectos de un único componente horizontal del movimiento del suelo basándose en la ecuación de Laplace a través de series infinitas para desarrollar un modelo simplificado. En este modelo, se

asume que una parte del líquido en el tanque se mueve rígidamente con la estructura, mientras que la otra parte se comporta como una masa unida a las paredes mediante un resorte, representando así el chapoteo del líquido. Los efectos dinámicos del líquido adherido a la pared del tanque se conocen como presiones impulsivas. Por otro lado, los efectos del movimiento oscilatorio del fluido se identifican como presiones convectivas (Díaz y Meniz, 2019).

Figura 1
Modelo de Housner



Nota. Extraído de Paredes (2021).

Dónde:

h: Nivel del líquido en condiciones estáticas

dmáx: Desplazamiento máximo de la superficie líquida desde su posición estática

r: Distancia vertical entre la superficie del líquido en reposo y la parte superior del tanque

mi: Masa impulsiva fijada firmemente a las paredes del tanque a una altura específica hi

mc: Masa convectiva unida a la pared del tanque en una altura hc, sujetada por un resorte de constante kc

hi: Altura donde actúa la resultante de las fuerzas impulsivas dinámicas

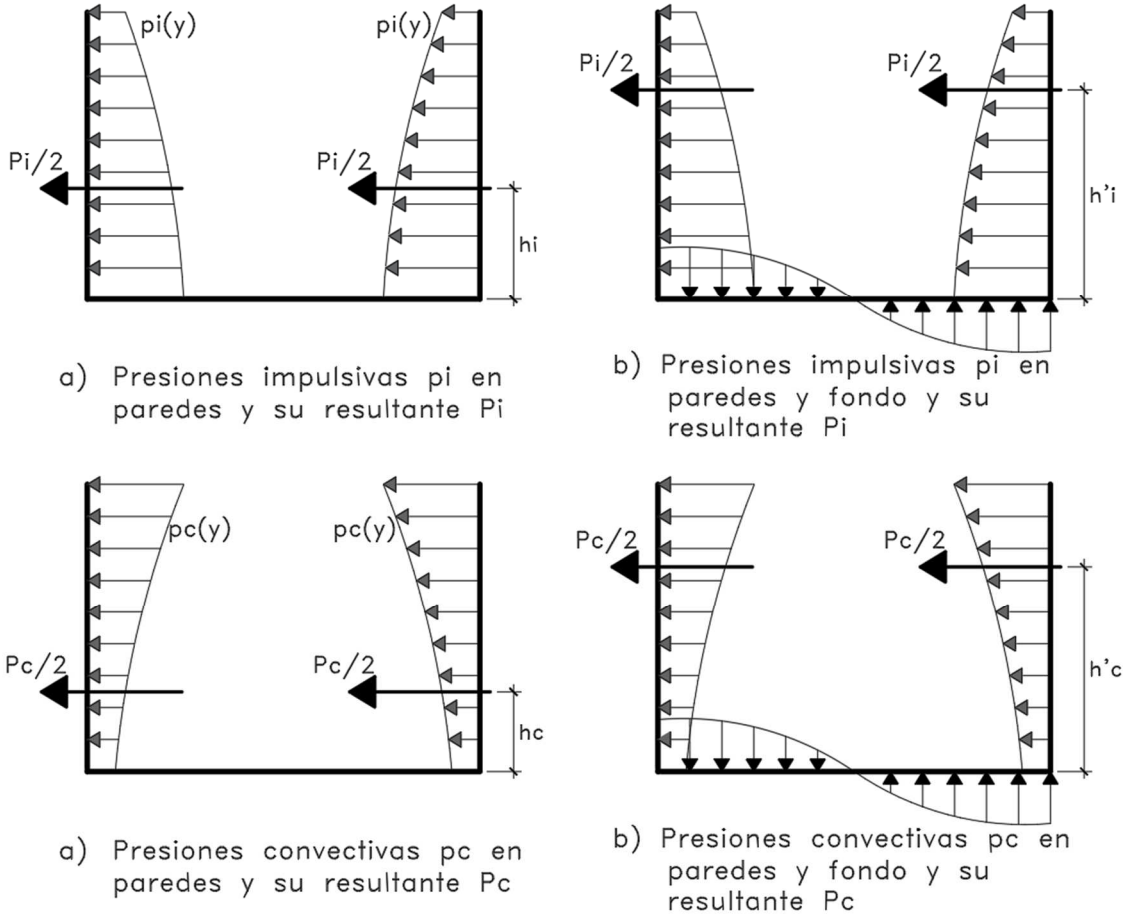
hc: Altura donde se aplica la resultante de las fuerzas convectivas dinámicas

kc: Constante de rigidez del resorte que vincula la masa convectiva con la pared del tanque.

Lo que dará como resultado el siguiente comportamiento que incide en el comportamiento de la estructura.

Figura 2

Comportamiento del Modelo de Housner



Nota. Tomada de Paredes (2021).

2.2.3 Consideraciones de diseño sísmico de contenedores de líquidos de acuerdo al (ACI 350.3-06)

Para la valoración dinámica de estructuras que albergan líquidos, el método implica reducir la estructura a un modelo de masa y resorte, basándose en el enfoque dinámico desarrollado por Housner (1963).

La Figura 4 ilustra cómo se comporta el líquido dentro del tanque durante un sismo, mientras que la Figura 5 muestra el equilibrio dinámico de las fuerzas horizontales, conforme al modelo dinámico establecido por Housner.

Figura 3

Movimiento del fluido en el tanque

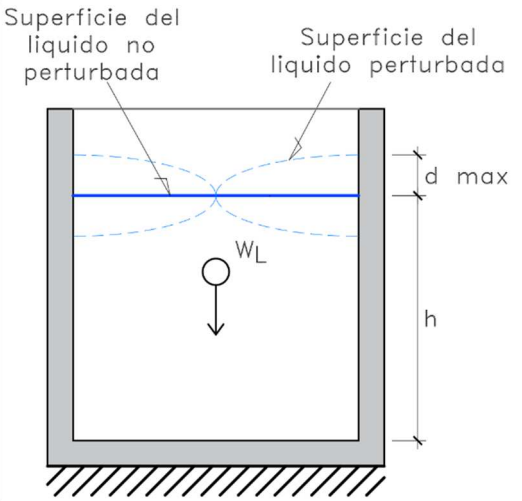
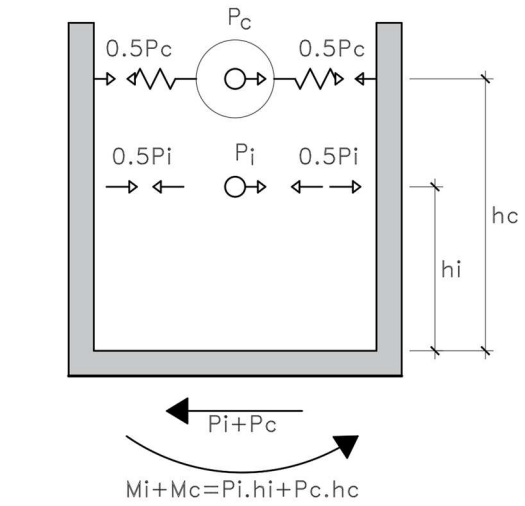


Figura 4

Equilibrio dinámico de fuerzas horizontales



Nota. Tomada de Navarro (2018).

Para calcular las fuerzas dinámicas ejercidas por el líquido, el primer paso es establecer los Pesos de las paredes del tanque, lo cual implica calcular el peso de dichas paredes (Ww).

2.2.3.1 Pesos equivalentes del líquido acelerado

En el contexto de calcular el peso impulsivo y convectivo para tanques rectangulares, se utilizan la Ecuación 1 y la Ecuación 2, respectivamente. Estas ecuaciones se basan en factores como el peso del líquido contenido (WL), la altura del líquido (HL) y la longitud interior del tanque que es paralela a la dirección del movimiento sísmico (L).

$$\frac{Wi}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}$$

Ecuación 1. Peso impulsivo

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264\left(\frac{L}{H_L}\right)\tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]$$

Ecuación 2. Peso convectivo

2.2.3.2 Propiedades dinámicas

Es necesario calcular la rigidez (k) de la estructura, la cual debe determinarse conforme a las condiciones de contorno adecuadas. Las propiedades dinámicas correspondientes a la componente impulsiva se calculan mediante las ecuaciones siguientes.

$$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ecuación 9. Frecuencia angular del modo impulsivo de vibración

$$m = m_w + m_i$$

Ecuación 10. Masa total por unidad de ancho de una pared rectangular

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Ecuación 11. Periodo fundamental de vibración del tanque (más el componente impulsivo del contenido).

Para establecer las propiedades dinámicas impulsivas, es fundamental calcular la masa impulsiva y la rigidez (k) de la estructura, adecuándolas a las condiciones de contorno correctas, tal como indica el Código ACI 350.3-6. En esta línea, el Código NZS 3106: 1986 de Nueva Zelanda ofrece un método para calcular el periodo fundamental.

2.2.4 Comportamiento estructural

La respuesta estructural se refiere a cómo una estructura completa reacciona en términos de movimientos y deformaciones (longitud de deformaciones) cuando se le aplican fuerzas externas. Las relaciones matemáticas que vinculan las fuerzas generalizadas con los desplazamientos generalizados se conocen comúnmente como relaciones constitutivas de la estructura (Navarro, 2018).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Definición Conceptual

2.3.1.1 Respuesta Sísmica

Gómez et al. (2022) definen la respuesta sísmica como el proceso de cálculo del movimiento de la masa en un momento dado en relación con su posición original.

2.3.1.2 Modelo dinámico de Housner

Martos (2018) describe el modelo dinámico de Housner como un modelo equivalente que simula las fuerzas hidrodinámicas que el agua ejerce sobre la pared del contenedor, incluyendo también el efecto dinámico de la interacción entre la pared y el líquido.

2.3.1.3 Análisis Dinámico

La Norma Técnica E.030 - Artículo 29 (2019) establece que es posible diseñar cualquier estructura utilizando los datos obtenidos de análisis dinámicos a través de la combinación modal espectral, tal como se detalla en este apartado.

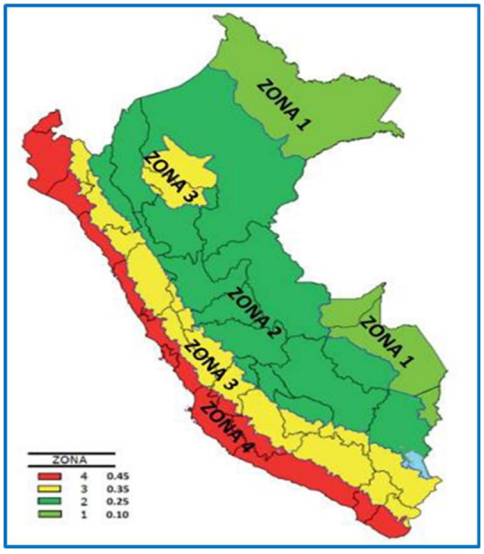
2.3.1.4 Aceleración Espectral

La Norma Técnica E.030 - Artículo 29.2 (2019) indica que, para cada dirección horizontal examinada, se aplica un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones.

2.3.1.5 Factores de zona (Z)

Según el Artículo 10 de la Norma Técnica E.030 (2019), el país se divide en cuatro zonas sísmicas, como se ilustra en la Figura N° 6. Esta división se fundamenta en la distribución geográfica de la actividad sísmica registrada, las características generales de los terremotos, la disminución de su intensidad con la distancia desde el epicentro, y los datos geotectónicos disponibles.

Figura 5
Zonas sísmicas



Nota. Extraído de la (Norma Técnica E.030, 2019)

Tabla 2

Factores de Zona

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Nota. Extraído de la (Norma Técnica E.030, 2019)

2.3.1.6 Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

El Artículo 13 de la Norma Técnica E.030 (2019) establece que se debe seleccionar el perfil de suelo que mejor represente las condiciones locales, aplicando los valores específicos del factor de amplificación del suelo S y de los períodos Tp y Tl, que se encuentran en las Tablas N° 3 y N° 4.

Tabla 3

Factores y Periodos de suelo

SUELO / ZONA	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla N° 4
PERIODOS "Tp" Y "Tp"

	Perfil de Suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20

Nota. Extraído de la (Norma Técnica E.030, 2019)

2.3.1.7 Factor de Amplificación Sísmica (C)

El Artículo 14 de la Norma Técnica E.030 (2019) define este coeficiente como el factor que amplifica la aceleración experimentada por una estructura en comparación con la aceleración registrada en el suelo.

$$T < T_P \qquad C = 2{,}5$$

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

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

2.3.1.8 Factor de importación de acuerdo al ACI 350.03-06

Este código se utiliza para el diseño sísmico de contenedores de líquidos, basándose en la relevancia del uso de la estructura, tal como se detalla en la Tabla 5.

Tabla 4
Factor de Importancia

Categoria	Uso del tanque	Factor I
III	Tanques que contienen materiales peligrosos *	1.50
II	Tanques que están destinados a permanecer utilizables para fines de emergencia después de un terremoto, o tanques que son parte de los sistemas de línea de vida	1.25
I	Tanques no incluidos en las Categorías II o III	1.0

Fuente: ACI 350.3-06

2.3.1.9 Factor de modificación de respuesta de acuerdo al ACI 350

La determinación de la componente impulsiva y convectiva se realizará de acuerdo con lo que se establece en la Tabla 6.

Tabla 5
Factores de Modificación de respuesta

Tipo de estructura	Ri		Rc
	Apoyado	Enterrado*	
Tanques anclados de base flexible	3.25†	3.25†	1.0
Tanques de base fija o con bisagras	2.0	3.0	1.0
Sin anclar, contenido, o tanques no contenidos ‡	1.5	2.0	1.0
Tanques montados en pedestal	2.0	_	1.0

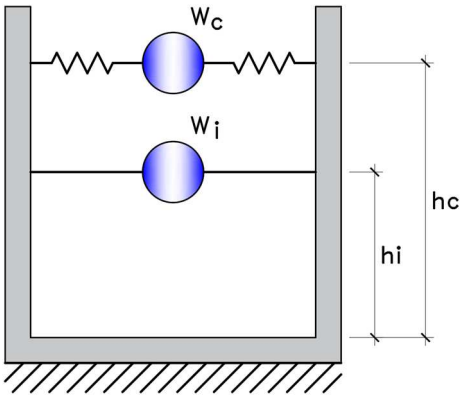
Fuente: ACI 350.3-06

2.3.1.10 Modelo dinámico de Housner

Esta representación muestra el comportamiento del líquido en una estructura durante un sismo. Si la estructura está vacía, actuará como una masa única. Sin embargo, si está llena de agua y tiene un borde libre, se observará el chapoteo del agua durante el terremoto.

En este contexto, el modelo de Housner divide el líquido contenido en la estructura en dos masas: la masa impulsiva (wi), que actúa a una altura específica (hi), y la masa convectiva (wc), situada a una altura (hc), como se muestra en la Figura 7.

Figura 6
Modelo Dinámico de Housner



Nota. Tomada de Navarro, 2018

La Figura 7 muestra que la masa impulsiva (wi) está firmemente unida a las paredes del contenedor, ya que se mueve junto con la estructura durante un sismo. Por otro lado, la masa convectiva (wc) está conectada mediante resortes, representando así los oleajes y el chapoteo del líquido.

2.3.1.11 Factores de amplificación espectral Ci (ACI 350.3-06).

Se utiliza para el movimiento horizontal de la componente impulsiva, y el CC se aplica al movimiento horizontal de la componente convectiva. Ambos se determinan considerando un amortiguamiento crítico del 5%, como se detalla a continuación:

El cálculo de Ci se realiza según las condiciones siguientes.

Para Ti ≤ 0.31 Segundos

$$C_i = \frac{2.75}{S}$$

Para Ti > 0.31 Segundos

$$Ci = \frac{1.25}{T_i^{2/3}} \leq \frac{2.75}{S}$$

De la misma forma, se calcula el valor de Cc.

Para Tc ≥ 2.4 Segundos

$$C_C = \frac{6.0}{T_C^{\,2}}$$

Para Tc < 2.4 Segundos

$$C_C = 1.5\frac{1.25}{T_C^{\,2/3}} = \frac{1.875}{T_C^{\,2/3}} \le \frac{2.75}{S}$$

2.3.1.12 El Coeficiente de masa efectiva ε (ACI 350.3-06)

Simboliza la masa dinámica equivalente del cuerpo del tanque en relación a su masa total, en el caso de un tanque rectangular, se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \le 1.0$$

2.3.1.13 Fuerzas dinámicas laterales (ACI 350.3-06)

Se calculan utilizando las ecuaciones que se presentan a continuación.

- Fuerza de Inercia del lateral del muro de aceleración

$$P_w = ZSIC_i\left[\frac{\varepsilon W_w}{R_i}\right]$$

- Fuerza Impulsiva lateral total asociada con peso impulsivo

$$P_i = ZSIC_i\left[\frac{W_i}{R_i}\right]$$

- Fuerza convectiva lateral total asociada con peso convectivo

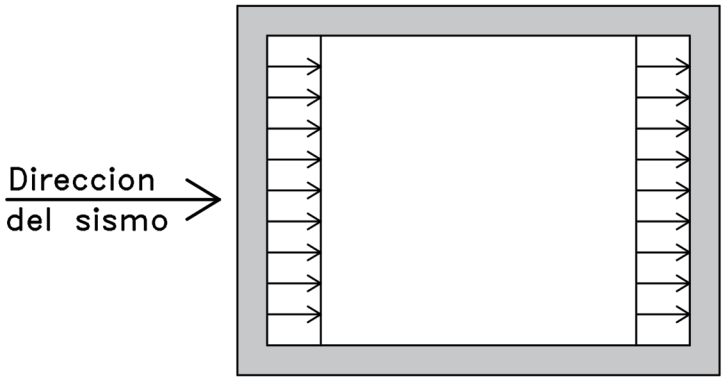
$$P_c = ZSIC_c\left[\frac{W_c}{R_c}\right]$$

2.3.1.14 Distribución de las fuerzas dinámicas convectivas e impulsivas (ACI 350.3-06).

Se presentan en los muros rectangulares, se representan en planta, como se muestra en la Figura 8.

Figura 7

Distribución de las fuerzas hidrodinámicas en las paredes del tanque



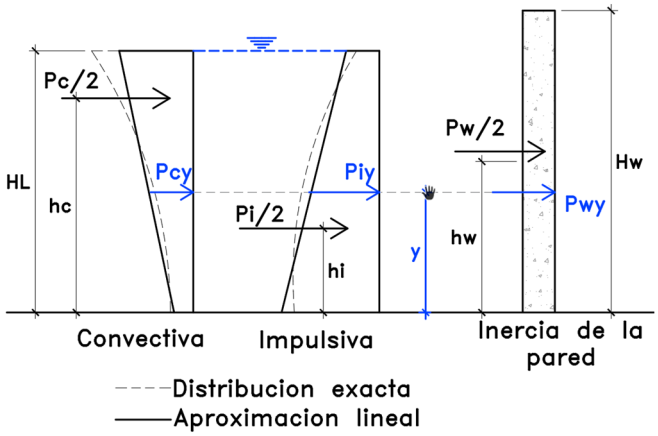
Nota. Tomado de de "Análise da aplicação de galerias técnicas em área integrante da operação urbana Água Branca, em São Paulo" (p. 68), por L. Lancellotti y K. Castro, 2015, Ambiente Construído, 15(1).

2.3.1.15 Presiones hidrodinámicas (ACI 350.3-06)

También es posible representarlas distribuidas a lo largo de toda la altura del muro de manera perpendicular, tal como se ilustra en la Figura 9.

Figura 8

Distribución vertical de las fuerzas sísmica en tanques rectangulares



Nota. Tomado de de "Análise da aplicação de galerias técnicas em área integrante da operação urbana Água Branca, em São Paulo" (p. 70), por L. Lancellotti y K. Castro, 2015, Ambiente Construído, 15(1).

Sin embargo, en el caso de tanques enterrados o semienterrados, es necesario incluir los efectos dinámicos del suelo en relación con la parte del tanque que está bajo tierra.

2.3.1.16 **Cargas (RNE E-060 Capitulo 9).**

Además, para aumentar las cargas siguiendo las directrices del RNE E-060 Capítulo 9 sobre requisitos generales de resistencia, se aplican las siguientes combinaciones de carga.

PARTE 1 - REQUISITOS GENERALES DE RESISTENCIA

9.2 RESISTENCIA REQUERIDA

9.2.1 La resistencia requerida para cargas muertas (CM) y cargas vivas (CV) será como mínimo:

$$U = 1{,}4\,CM + 1{,}7\,CV \quad (9\text{-}1)$$

9.2.2 Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de viento (CVi) a nivel de servicio, además de lo indicado en 9.2.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1{,}25\,(CM + CV \pm CVi) \quad (9\text{-}2)$$

$$U = 0{,}9\,CM \pm 1{,}25\,CVi \quad (9\text{-}3)$$

Si las cargas de viento estuvieran a nivel de resistencia se utilizará:

$$U = 1{,}25\,(CM + CV) \pm CVi \quad (9\text{-}2a)$$

$$U = 0{,}9\,CM \pm CVi \quad (9\text{-}3b)$$

9.2.3 Si en el diseño se tuvieran que considerar cargas de sismo (CS) a nivel de resistencia, además de lo indicado en 9.2.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1{,}25\,(CM + CV) \pm CS \quad (9\text{-}4)$$

$$U = 0{,}9\,CM \pm CS \quad (9\text{-}5)$$

Si las cargas de sismo estuvieran a nivel de servicio se utilizará:

$$U = 1{,}25\,(CM + CV \pm CS) \quad (9\text{-}4a)$$

$$U = 0{,}9\,CM \pm 1{,}25\,CS \quad (9\text{-}4b)$$

No será necesario considerar acciones de sismo y de viento simultáneamente.

9.2.5 Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto del peso y empuje lateral de los suelos (CE), la presión ejercida por el agua contenida en el suelo o la presión y peso ejercidos por otros materiales, además de lo indicado en 9.2.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1{,}4\,CM + 1{,}7\,CV + 1{,}7\,CE \quad (9\text{-}6)$$

En el caso en que la carga muerta o la carga viva reduzcan el efecto del empuje lateral, se usará:

$$U = 0{,}9\,CM + 1{,}7\,CE \quad (9\text{-}7)$$

9.2.6 Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto de cargas debidas a peso y presión de líquidos (CL) con densidades bien definidas y alturas máximas controladas, además de los indicado en 9.2.1, la resistencia requerida será como mínimo:

$$U = 1{,}4\,CM + 1{,}7\,CV + 1{,}4\,CL \quad (9\text{-}8)$$

9.2.7 Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto de cargas de impacto, éstas deberán incluirse en la carga viva (CV).

9.2.8 Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto de las cargas de nieve o granizo, éstas deberán considerarse como cargas vivas (CV).

9.2.9 Si fuera necesario incluir los efectos (CT) de los asentamientos diferenciales, flujo plástico del concreto, retracción restringida del concreto, expansión de concretos con retracción compensada o cambios de temperatura, la resistencia requerida, además de lo indicado en 9.2.1, deberá será como mínimo:

$$U = CM + 1{,}25\,CV + CT \quad (9\text{-}9)$$

$$U = 1{,}4\,CM + 1{,}4\,CT \quad (9\text{-}10)$$

2.3.1.17 Deformaciones (RNE E-060 Capitulo 9)

Las deformaciones se calculan utilizando la Ecuación 44, a partir del vector de fuerzas y la matriz de rigidez.

$$P = K.D$$

Ecuación 44: Vector de deformaciones

En última instancia, el control de las deflexiones, conforme a lo estipulado en el numeral 9.6.2.2 de la E.060, indica que cuando se calculen las deflexiones que se producen inmediatamente tras la aplicación de la carga, deben calcularse usando métodos o fórmulas que determinen las deflexiones elásticas. En este proceso, es crucial tener en cuenta los efectos de la fisuración y del refuerzo para establecer la rigidez adecuada.

2.3.1.18 Acero de refuerzo (RNE E-060 Capitulo 9).

La ecuación mostrada a continuación se utiliza para calcular la inercia de la sección fisurada (Icr) de una sección rectangular, tomando en cuenta tanto la sección fisurada como el acero de refuerzo.

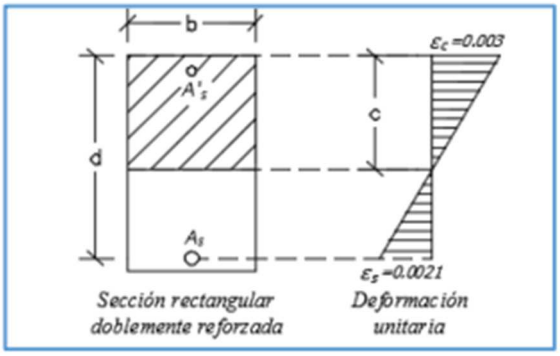
$$Icr = \frac{bc^3}{3} + n.As(d-c)^2 (2n-1) A's(c-d')^2$$

Donde:

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

Figura 9

Sección doblemente reforzada y deformaciones unitarias



Nota. Elaboración propia

2.3.2 Normatividad

2.3.2.1 Reglamento de la Ley General de Sistemas de Saneamiento: LEY Nº 26338

En el transcurso de esta investigación, se examinará el Título III (Que trata sobre la prestación de los sistemas de saneamiento, de las entidades prestadoras y de los usuarios), específicamente el Capítulo II (Dedicado a las entidades prestadoras públicas) de este reglamento, abarcando los artículos 24 al 29.

2.3.2.2 Reglamento Nacional de Edificaciones: OS.010 Captación y Conducción de Agua para el Consumo Humano.

Esta normativa establece los requisitos mínimos para los diseños de captación y conducción de agua destinada al consumo humano en localidades con más de 2000 habitantes. Para determinar una o más fuentes de suministro de agua potable, es necesario realizar estudios que garanticen la calidad y cantidad necesarias para el sistema.

2.3.2.3 Reglamento Nacional de Edificaciones: OS.070 Redes de Aguas Residuales

Esta norma tiene como finalidad establecer los requisitos necesarios en la planificación de proyectos hidráulicos para redes de aguas residuales que operan en lámina libre. Para sistemas de conducción a presión, se deben tener en cuenta las especificaciones de la norma para líneas de conducción. Además, la norma dicta los criterios mínimos que deben seguirse en los proyectos y obras de infraestructura sanitaria en localidades con más de 2000 habitantes.

2.3.2.4 Reglamento Nacional de Edificaciones: OS.100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria.

Esta normativa tiene como propósito establecer los requisitos necesarios en el diseño y funcionamiento de la Infraestructura Sanitaria en localidades con una población superior a 2000 habitantes.

2.3.2.5 Norma Técnica IS.020 TANQUES SEPTICOS.

Esta norma se propone establecer los requisitos necesarios para el diseño y operación eficiente de Tanques sépticos.

2.3.2.6 Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente

Reglamento Nacional de Edificaciones ratificado mediante la Resolución Ministerial N° 043-2019-Vivienda, fechada el 11 de febrero de 2019.

2.3.3 Impacto Ambiental

Para evitar los impactos ambientales que comúnmente surgen debido a la falta de consideración ambiental por parte de quienes trabajan en proyectos de diseño y construcción.

2.3.3.1 Identificación de Impactos Ambientales.

Resulta crucial reconocer los factores socioambientales significativos de la zona de influencia directa del proyecto, viendo el ambiente no solo como proveedor de recursos, sino también como receptor de potenciales impactos ambientales adversos que el proyecto pueda generar.

2.3.4 Gestión de Riesgos

2.3.4.1 Principios básicos para la Gestión del Riesgo – Norma ISO 9001

Para ser más efectiva, la gestión del riesgo en una organización debe considerar los siguientes principios:

a. Genera valor: Ayuda a alcanzar metas y mejora áreas como la seguridad laboral, el cumplimiento legal y la protección ambiental.

b. Forma parte de los procesos organizativos: No es una actividad independiente, sino que se integra en las operaciones y decisiones principales de la organización.

c. Aborda la incertidumbre de manera explícita: Se ocupa de los aspectos inciertos en la toma de decisiones, su naturaleza y cómo gestionarlos de manera sistemática y estructurada.

d. Aumenta la eficiencia y fiabilidad en los resultados.

e. Se basa en la mejor información disponible: Utiliza datos de experiencia, observación, proyecciones y opiniones expertas, y se adapta al contexto y perfil de riesgo de la organización.

f. Considera factores humanos y culturales: Reconoce las capacidades, percepciones e intenciones del personal y externos que pueden influir en la consecución de objetivos.

g. Es transparente e inclusiva: Involucra a los interesados y responsables en todos los niveles para mantener la gestión del riesgo relevante y actualizada.

h. Es dinámica, iterativa y receptiva a los cambios: La organización debe asegurarse de que la gestión del riesgo se adapte y responda a los cambios en la empresa.

III. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque

Para su estudio de esta investigación abordaremos dos enfoques:

- Enfoque Cualitativo. Se examinan las cualidades de las opciones técnicas más destacadas en el diseño de los componentes de la planta de tratamiento de agua potable del proyecto “Mejoramiento del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en diez Comunidades del Distrito de María Parado de Bellido, Provincia de Cangallo – Ayacucho”.
- Enfoque cuantitativo. Se trata de todos los procesos de cálculo y diseño de los elementos de la planta de tratamiento de agua potable del proyecto "Mejoramiento del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en diez Comunidades del Distrito de María Parado de Bellido, Provincia de Cangallo – Ayacucho", siguiendo las normativas correspondientes.

3.2 Alcance

La presente investigación es de tipo descriptivo, porque busca contribuir a la ampliación del conocimiento científico en la análisis dinámico y comportamiento estructural de planta de tratamiento de agua potable.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. Tipo de Investigación

Descripción - Diseño de la PTAP

Área de Investigación - Estudio del análisis dinámico y la conducta estructural en la planta de tratamiento de agua potable.

3.3.2. Diseño de Investigación

Fase 01: Investigación Bibliográfica

Se realizará una revisión bibliográfica sobre los distintos métodos de suministro de agua potable y los sistemas de saneamiento disponibles, con el fin de seleccionar el más apropiado para la situación actual.

Fase 02: Recopilación de Datos

Aspectos Técnicos

a) Disponibilidad de agua
b) Características topográficas para la instalación de un Sistema de Agua Potable
c) Accesibilidad mediante rutas de transporte

Aspectos Sociales

a) Disposición de los habitantes, organización comunitaria, disponibilidad para contribuir con trabajo manual no especializado, materiales locales y otros recursos.

Fase 03: Estudios Básicos De Ingeniería

La investigación se enfoca en un análisis de campo, incluyendo un estudio demográfico en la comunidad. Este estudio es vital para predecir la población futura y calcular los caudales de diseño necesarios.

Para determinar la población actual, se puede:

a) Contar el número de viviendas y sus habitantes.
b) Multiplicar el número de viviendas por el promedio de ocupantes (5 personas por vivienda).
c) Utilizar datos de censos para estimar la población futura.

En cuanto a las Fuentes de Abastecimiento, se debe evaluar la disponibilidad y ubicación del recurso hídrico, realizando un aforo para asegurar que el caudal sea adecuado para las necesidades futuras.

El Levantamiento Topográfico debe efectuarse a lo largo del trayecto propuesto para la tubería, registrando detalles de caminos, quebradas, cercos, ubicaciones de viviendas con los nombres de los propietarios, fuentes de agua, entre otros, utilizando equipo topográfico estándar.

La Información Básica que se debe obtener del Estudio de Campo incluye los datos recogidos del levantamiento topográfico y la evaluación de la comunidad, que serán detallados en la Memoria Descriptiva de la localidad en estudio.

Fase 04: Diseño De Ingeniería

Sistematización de la información

A. Elaboración del plano topográfico

El reporte debe incluir los siguientes elementos:

i. La ubicación de la fuente de captación, señalando su nombre y altitud del terreno.
ii. La localización de caminos, carreteras, ríos y quebradas, especificando sus direcciones.
iii. El emplazamiento de viviendas numeradas y escuelas.
iv. La posición del Norte Magnético para facilitar la orientación.

B. Consideraciones, cálculos de diseño y contenido

i. Sistema de agua potable

Este incluye el Período de Diseño, Población de Diseño, Dotación, Cálculo de Caudales de Diseño y Variaciones en el Consumo, Presiones, Diseño Hidráulico de las Tuberías, Línea de Conducción, Línea de Aducción y la Red de Distribución. También abarca las Estructuras Hidráulicas de la PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, incluyendo la interacción agua-estructura basada en el modelo de Housner, además de los sistemas de Captación, Reservorios o Tanques de Almacenamiento y Regulación, así como Válvulas y Accesorios.

3.4. Población y muestra.

3.4.1. Población

3.4.1.1. Universo o población

POBLACION	
PTAP EN LA REGION AYACUCHO	PTAP DE 10 COMUNIDADES DEL DISTRITO DE MARIA PARADO DE BELLIDO, AYACUCHO 2022
POBLACION DE INTERES	POBLACION OBJETIVO

3.4.2. Muestra

PTAP de las comunidades de San Martín de Ccoriacc, Huayllabamba, Llulluchaccata, Ccachccara, Roccray, Tankarpampa, Ccasanccay, Huascarpampa, Pomabambay San Miguel de Acco del Distrito de María Parado de Bellido.

3.5. Hipótesis

3.5.1. Hipótesis general

El análisis dinámico incide en el comportamiento estructural de la plata de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022.

3.5.2. Hipótesis específicas.

- El análisis dinámico incide en los esfuerzos (Momentos, cortantes) de la plata de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022.
- El análisis dinámico incide en las deformaciones de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022.

3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

Variables

Variable Independiente (VI):

X1 = Análisis dinámico.

Variable Dependiente (VD):

Y = Comportamiento estructural.

Tabla 6

Cuadro de Operacionalización de las variables

	VARIABLES	INDICADORES	UNID.
Independiente	✓ Analisis Dinamico	Valor de la Masa impulsiva (mi) (Agua)	kg
		Valor de la Masa Convectiva (mc) (lecho filtrante)	kg
		Espectro Sismico (T)	s
Dependiente	✓ Comportamiento Estructural	Longitu de Deformaciones	mm
		Indice de Fuerza (Momentos, cortantes)	kgf

Nota. Elaboración propia

3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Métodos

3.7.1.1. Método Deductivo:

Este método comienza con datos generales reconocidos como válidos y los aplica a situaciones específicas para verificar su veracidad. En la presente investigación, la deducción se centra en la conclusión, puesto que obtendremos el resultado final del estudio y determinaremos si las hipótesis son correctas o no.

3.7.1.2. Método Analítico:

Este enfoque identifica y analiza de manera sistemática cada componente de un conjunto más grande. Implica reunir información detallada, como datos sobre la ubicación de la localidad investigada y sus características específicas, incluyendo la población, el número de viviendas, así como la descripción de los materiales y normativas aplicables.

3.7.1.3. Método Sintético:

El empleo de este método resultará en la formulación de la hipótesis de nuestro estudio, ya que implica la integración lógica de diversos elementos dispersos en un conjunto unificado y coherente.

3.7.2. Técnicas

3.7.2.1. Observación directa no participante

Esta técnica para recopilar datos se enfoca en explorar, describir, entender, identificar y formular hipótesis acerca de entornos, contextos, subculturas y la mayoría de los aspectos de la vida social.

3.7.2.2. Muestreo

Los métodos de muestreo probabilístico se fundamentan en el principio de igualdad de probabilidades, esto significa que cada individuo posee la misma oportunidad de ser seleccionado para integrar una muestra, y todas las muestras potenciales de un tamaño determinado tienen igual probabilidad de elección. Estos métodos aseguran la representatividad de la muestra obtenida y son, por ello, altamente recomendados.

Muestreo probabilístico: Muestreo sistemático

En este método se asigna un número a cada elemento de la población, pero a diferencia de extraer n números aleatorios, solo se selecciona uno. Partiendo de este número aleatorio i, elegido al azar, los miembros de la muestra son aquellos ubicados en las posiciones i, i+k, i+2k, i+3k,..., i+(n-1)k. En otras palabras, se escogen individuos a intervalos de k, donde k es el cociente del tamaño de la población dividido por el tamaño de la muestra, es decir, k = N/n.

3.7.2.3. Análisis de documentos

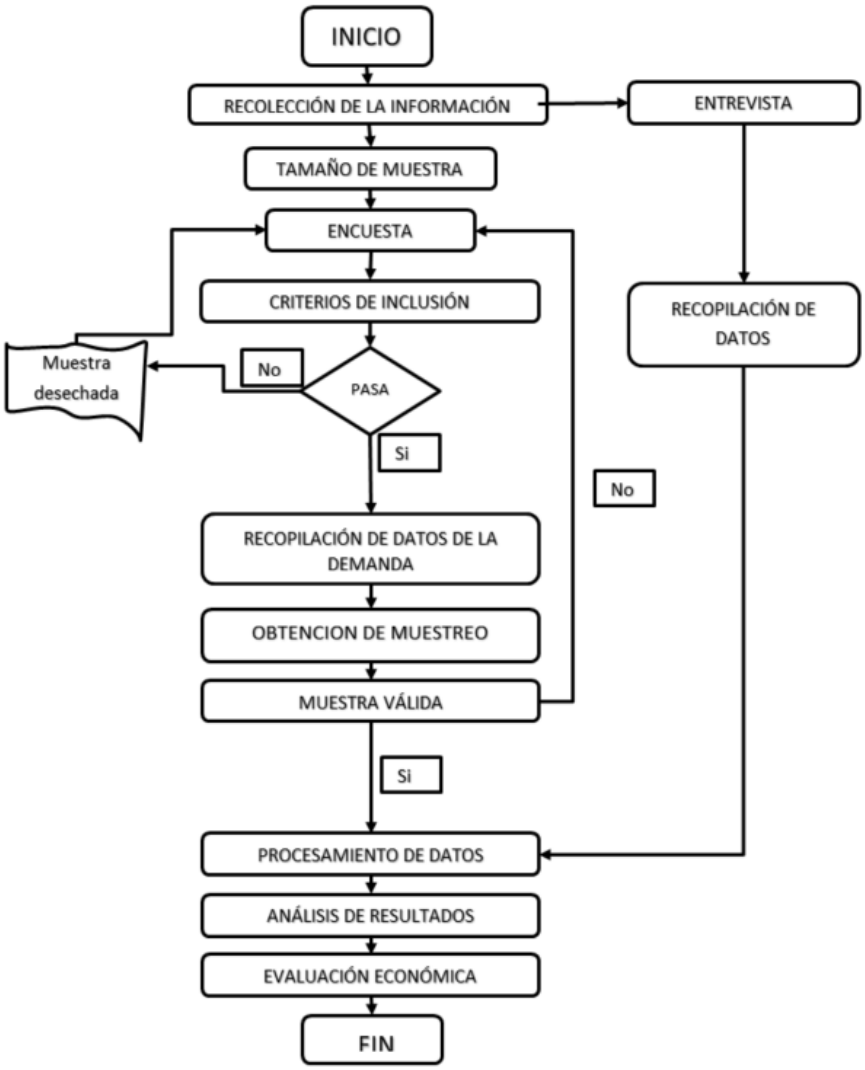
Los datos obtenidos para hallar la demanda de agua y alcantarillado fueron organizados en un archivo en Excel, cada fuente de información será generada por este.

3.7.3. Instrumentos de recolección de datos

- Software SAP2000.V24
- Ordenador con un sistema operativo Windows 10.
- Software ETABS.
- Base de datos de la planta de tratamiento de agua.

3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

3.8.1. Diagrama de Flujo de Procesos



3.8.2. Descripción de Procesos

3.8.2.1. Recolección de la información disponible:

Se llevó a cabo una búsqueda de información relativa a la localidad objeto de estudio, abarcando aspectos como su ubicación geográfica, el sistema de agua existente, la población, la cantidad de viviendas, el clima, las vías de acceso, la actividad principal de los habitantes, la economía y los servicios básicos disponibles. Para ello, se consultaron documentos y sitios web, y se realizaron visitas a instituciones públicas como el INEI.

3.8.2.2. Tamaño de Muestra:

Se identifican el número de viviendas que se les instalara el Sistema de agua potable y desagüe, luego se procede a lotizar las viviendas.

3.8.2.3. Muestra Válida:

Se determina la cantidad de viviendas que serán beneficiadas con la instalación del sistema de agua potable y alcantarillado, para luego proceder a su lotización.

3.8.2.4. Realización de estudios:

Los estudios de calidad del agua, topográficos y poblacionales se llevarán a cabo con la ayuda de la municipalidad y los residentes que viven en el distrito María Parado de Bellido.

3.8.2.5. Procesamiento de Datos:

Los datos obtenidos se evalúan y organizan con el de realizar el procesamiento de datos que identifique las entradas, archivos, programas y salidas de cada uno de los procesos. En esta sección, el elemento clave son los Programas.

3.8.2.6. Análisis de Resultados:

Este paso permite obtener conclusiones a partir del proyecto al obtener datos reales de la investigación. Si la investigación se ha realizado adecuadamente, debería generar resultados que conduzcan a conclusiones apropiadas.

3.8.2.7. Evaluación Económica:

Se determina la rentabilidad del proyecto utilizando uno o más indicadores para facilitar el proceso de toma de decisiones, el resultado de este indicador se utiliza como criterio de decisión.

3.8.3. Recursos Humanos

- 01 ingeniero Sanitario (consultas)

3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

3.9.1 Ubicación del área en estudio

3.9.1.1 Ubicación política

El Distrito de Maria Parado de Bellido está situado en la provincia de Cangallo, en el departamento de Ayacucho, en la Región de Ayacucho. Su ubicación se encuentra aproximadamente a una distancia de 80 a 93 kilómetros al sur de la ciudad de

Huamanga. Este distrito forma parte de los seis distritos que componen la provincia de Cangallo, que está en la zona central de la sierra del departamento, como se muestra en la Tabla N° 7, según se detalla a continuación:

Tabla 7
Ubicación Política

País	Perú
Región	Ayacucho
Provincia	Cangallo
Distrito	Maria Parado de Bellido
Sede Distrital	Pomabamba

Nota. Elaboración propia

3.9.1.2 Ubicación Geográfica

La ubicación geográfica de Maria Parado de Bellido se describe de la siguiente manera:

Tabla 8
Ubicación Geográfica

Coordenadas Geográficas	Longitud Oeste: 74°14’03’’ Latitud sur: 13°36’05’’
Región Natural	Sierra
Altitud	3 236 m.s.n.m.
Superficie	9 266,62 ha
Extensión	129.13 Km2

Nota. Elaboración propia

3.9.1.3 Accesos

El único acceso terrestre al distrito de Maria Parado de Bellido se logra a través de una carretera no pavimentada de aproximadamente 93 kilómetros desde Ayacucho, lo que implica un recorrido de aproximadamente 4 horas debido a las malas condiciones de la vía. Esta carretera continúa hacia Huayllabamba y finaliza en el distrito de Chuschi, como se detalla en la Tabla N° 9.

Tabla 9
Vía de Acceso

Desde	Ruta	Recorrido	Carretera	Horas
Ayacucho	Ayacucho - Pampa - Cangallo-(Pomabamba) Maria Parado de Bellido	93 km.	Afirmada	4 horas en una combi y de 2.5 a 3 horas en una camioneta.

Nota. Elaboración propia

3.9.2 FÓRMULAS DEL ANÁLISIS SÍSMICO (ACI350-06)

El análisis estructural se ha elaborado mediante el programa de cómputo denominado sap2000, basado en procedimientos matriciales e idealizando la estructura con 6 grados de libertad por cada nudo, donde se aplicó las hipótesis o combinaciones de carga establecidas para estructuras de concreto Armado.

3.9.2.1 ANÁLISIS SÍSMICO (ACI350-06) EN LA DIRECCIÓN DE MAYOR Y MENOR LONGITUD

En la planta de tratamiento de agua María Parado de Bellido, se aplicó el análisis sísmico conforme a la norma ACI350-06, en la dirección de mayor longitud y menor longitud de la infraestructura para evaluar la resistencia y estabilidad de distintas partes de la planta, como el sedimentador, pre-filtro, filtro lento y distribuidor de caudales, ante posibles movimientos sísmicos, ya que la norma ACI350-06 proporciona lineamientos detallados para evaluar la capacidad sísmica, asegurando que la planta pueda soportar sismos y continuar operando de manera segura y eficiente.

3.9.2.2 Fuerzas Laterales Actuantes

A. Modelo Dinámico

De acuerdo al plano PTAP el sedimentador posee una arquitectura rectangular se utilizó las siguientes fórmulas de la norma de Diseño Sísmico de Estructuras (ACI 350.3-06) sección 9, para hallar las propiedades dinámicas del terreno que sostiene a una estructura contenedora.

- Peso de la masa impulsiva del agua (ACI 350.3-06, Ec. (9-1)).

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}$$ **Ecuación (1)**

- Peso de la masa convectiva del agua (ACI 350.3-06, Ec. (9-2)).

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264\left(\frac{L}{H_L}\right)\tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]$$ **Ecuación (2)**

B. Altura de los Componentes de peso respecto a la base del muro

Aplicando el Análisis Sísmico ACI350-06 sección 9, calculamos la altura de los componentes de peso respecto a la base del muro, esencial para evaluar las Fuerzas Laterales Actuantes, este análisis garantiza que la estructura pueda resistir las cargas sísmicas, considerando la influencia de la altura en la distribución de esfuerzos y para el cálculo se utilizó las siguientes fórmulas:

- Altura de la masa impulsiva (ACI 350.3-06, Ec. (9-4)).

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375\left(\frac{L}{H_L}\right)$$ **Ecuación (3)**

Para tanques con

$$\frac{L}{H_L} \geq 1.333$$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375$$

- Altura de masa convectiva (ACI 350.3-06, Ec. (9-5)).

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$ **Ecuación (4)**

C. Altura de los componentes respecto a la cimentación

Para el cálculo de masa impulsiva y convectiva en la cimentación se utiliza las siguientes fórmulas:

- Altura de la masa impulsiva (ACI 350.3-06, Ec. (9-6/7)).

  Para tanques

$$\frac{L}{H_L} < 0.75$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = 0.45$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}{2\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]} - \frac{1}{8} \qquad \textbf{Ecuación (5)}$$

- Altura de la masa convectiva (ACI 350.3-06, Ec. (9-8)).

$$\frac{h_c'}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 2.01}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]} \qquad \textbf{Ecuación (6)}$$

D. Propiedades dinámicas

Mediante el Análisis Sísmico ACI350-06 sección 9, se calcularon las propiedades dinámicas, evaluando su comportamiento ante sismos para determinar la resistencia y estabilidad del sedimentador frente a cargas dinámicas, asegurando su operatividad y seguridad.

Para el cálculo de las propiedades dinámicas se utilizaron las siguientes fórmulas:

- Masa Total (ACI 350.3-06, Ec. (9-10)).

$$m = m_w + m_i \qquad \textbf{Ecuación (7)}$$

- Frecuencia de vibración impulsiva (ACI 350.3-06, Ec. (9-9)).

$$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad \textbf{Ecuación (8)}$$

- Periodo de vibración del tanque (ACI 350.3-06, Ec. (9-11)).

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \qquad \textbf{Ecuación (9)}$$

- Frecuencia de oscilación convectiva (ACI 350.3-06, Ec. (9-12)).

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$$ **Ecuación (10)**

- Coeficiente (ACI 350.3-06, Ec. (9-13)).

$$\lambda = \sqrt{3.16 g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$ **Ecuación (11)**

- Periodo natural convectivo

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\sqrt{L}$$ **Ecuación (12)**

- Coeficiente de masa efectiva

$$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$$ **Ecuación (13)**

E. Fuerzas laterales dinámicas y cortantes

Aplicando el Análisis Sísmico ACI350-06 sección 4, se calcula las fuerzas laterales dinámicas y cortantes en la estructura, para evaluar la resistencia ante sismos, estos cálculos ayudaran a determinar la capacidad de la infraestructura para soportar cargas transversales y dinámicas, asegurando su integridad, seguridad y la capacidad de enfrentar variadas condiciones sísmicas y operativas.

A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas en el cálculo de las fuerzas laterales dinámicas y cortantes:

- Fuerza de Inercia de la Pared (ACI 350.3-06, Ec. (4-1)).

$$P_w = C_i I\left[\frac{\varepsilon W_w}{R_i}\right]$$ **Ecuación (14)**

- Fuerza de Inercia de la Cubierta (ACI 350.3-06, Ec. (4-2)).

$$P_r = C_i I\left[\frac{W_r}{R_i}\right]$$ **Ecuación (15)**

- Fuerza impulsiva hidrodinámica (ACI 350.3-06, Ec. (4-3)).

$$P_i = C_i I \left[\frac{W_i}{R_i}\right]$$ **Ecuación (16)**

- Fuerza Convectiva hidrodinámica (ACI 350.3-06, Ec. (4-4)).

$$P_c = C_c I \left[\frac{W_c}{R_c}\right]$$ **Ecuación (17)**

- Fuerza Cortante Total en la base (ACI 350.3-06, Ec. (4-5)).

$$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c^2 + P_{eg}^2}$$ **Ecuación (18)**

F. Momentos en la base

Aplicando el Análisis Sísmico ACI350-06 sección 4, se calculará los momentos inducidos por cargas dinámicas, como terremotos, vibraciones, cambios rápidos de carga, que permitirán evaluar como la estructura de la planta responden a estas cargas y asegurar que puede soportarlas sin fallar.

- Momento Inercial de la Pared (ACI 350.3-06, Ec. (4-6)).

$$M_w = P_w h_w$$ **Ecuación (19)**

- Momento Inercial de la Cubierta (ACI 350.3-06, Ec. (4-7)).

$$M_r = P_r h_r$$ **Ecuación (20)**

- Momento Impulsivo hidrodinámico (ACI 350.3-06, Ec. (4-8)).

$$M_i = P_i h_i$$ **Ecuación (21)**

- Momento Convectivo hidrodinámico (ACI 350.3-06, Ec. (4-9)).

$$M_c = P_c h_c$$ **Ecuación (22)**

- Momento Hidrodinámico (ACI 350.3-06, Ec. (4-10)).

$$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_r)^2 + M_c^2}$$ **Ecuación (23)**

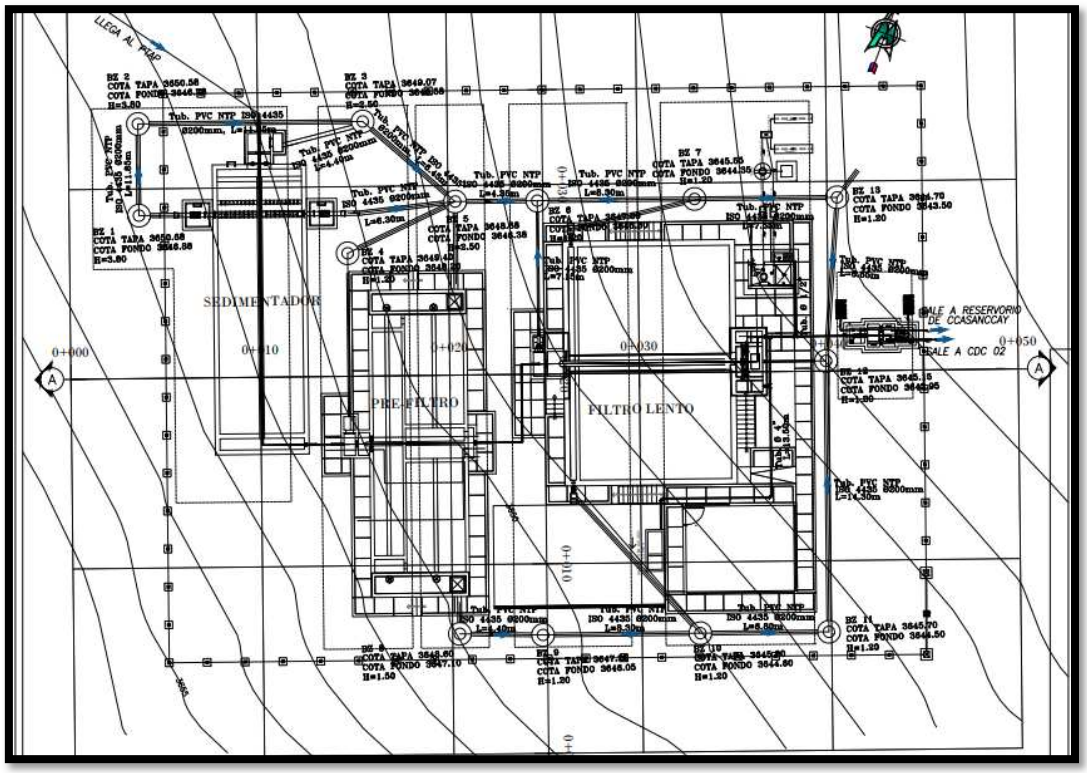
- Aceleración Espectral Vertical (ACI 350.3-06, Ec. (4-15)).

$$\ddot{u}_v = C_t I \left[\frac{b}{R_i}\right] \geq 0.2 S_{DS}$$ **Ecuación (24)**

3.9.3 Procedimiento

En relación a la propuesta de solución para restaurar el sistema de saneamiento, esta implica la edificación de una planta de tratamiento de aguas residuales que constará de un sedimentador, pre filtro, un filtro lento y una cámara distribuidora de caudales, como se ilustra en la Figura 10.

Figura 10
Planta general de la planta de tratamiento de aguas potable



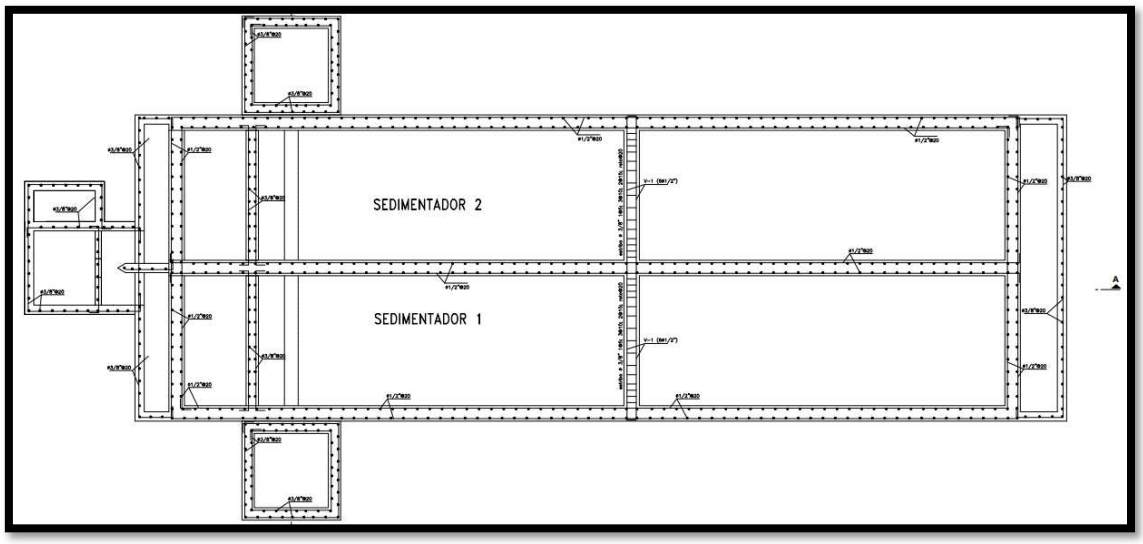
Nota. Elaboración Propia

3.9.3.1 **Sedimentador**

En este estudio de investigación, se tomará en cuenta la planta de tratamiento de agua ubicada en el distrito de Maria Parado de Bellido para llevar a cabo el análisis dinámico. En cuanto al proceso de modelado, para determinar las características dinámicas de un recipiente de líquido, el Código ACI350-06 establece que la rigidez “k” de la estructura debe calcularse teniendo en cuenta las condiciones de contorno

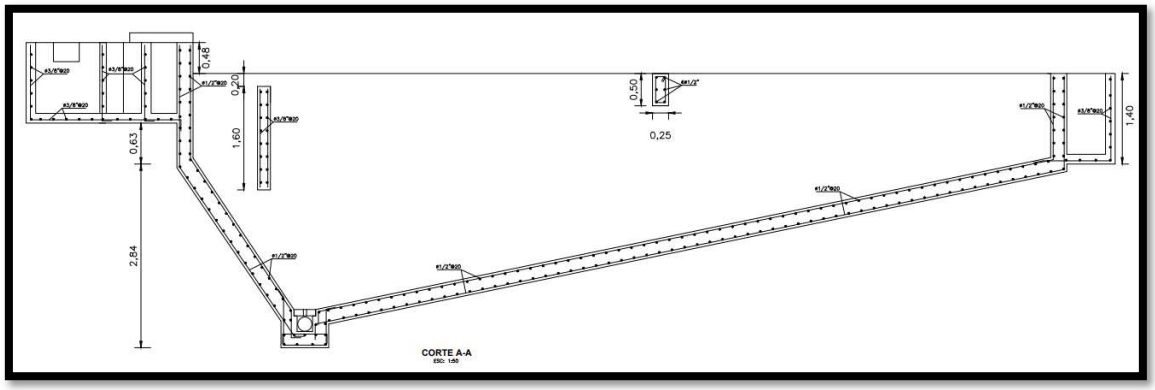
adecuadas. Por lo tanto, para crear el modelo de la estructura del sedimentador, se emplea un enfoque simplificado basado en el Modelo de Housner. En este sentido, se comienza presentando la estructura en el plano del sedimentador, tal como se ilustra en las Figuras 11, 12 y 13.

Figura 11
Sedimentador vista en Planta



Nota. Elaboración Propia

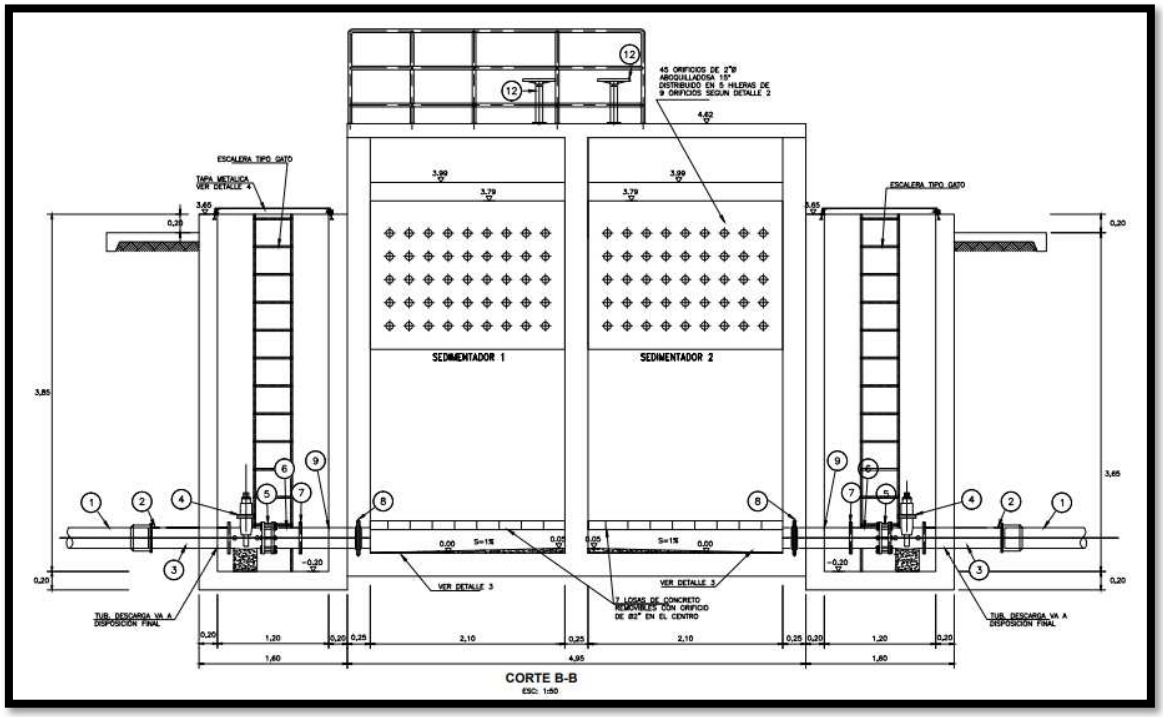
Figura 12
Sedimentador Vista del corte A-A



Nota. Elaboración Propia

Figura 13

Sedimentador Vista del corte B-B



Nota. Elaboración Propia

Se llevó a cabo un análisis simplificado de los datos del sedimentador en la dirección de mayor longitud y dirección de menor longitud como se presenta en la Tabla 10, con el fin de calcular las propiedades geométricas del modelo.

Tabla 10

Datos de ingreso del sedimentador en la dirección de mayor y menor longitud

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud	Unidad
H_L	Altura Máxima del Líquido	2.50	1.50	m
H_W	Altura del Muro	2.80	2.30	m
L	Longitud Interior en dirección al sismo	13.30	4.80	m
B	Longitud interior perpendicular al sismo	4.45	15.80	m
tw	Espesor del muro	0.25	0.20	m
ec	Espesor de la cobertura	0.15	0.15	m
Ac	Superficie de cobertura	59.19	75.84	m^2
S/C	Sobrecarga en superficie de cobertura	0.25	0.25	t/m^2
Y_L	Peso Específico del líquido	1.00	1.00	t/m^3

Y_C	Peso Específico del concreto	2.40	2.40	t/m^3
$f'c$	Resistencia del concreto en muro	280.00	280.00	kg/cm^2
$f'c$	Resistencia del concreto en cobertura	280.00	280.00	kg/cm^2
fy	Acero de refuerzo	4200	4200	kg/cm^2
Es	Módulo de elasticidad de acero	2E+06	2E+06	kg/cm^2
Ec	Módulo de elasticidad de concreto	3E+05	3E+05	kg/cm^2
g	Valor de gravedad	9.807	9.807	m/s^2
h	Relación modular	8.0	8.0	

Nota. Elaboración Propia

De igual manera, es esencial que el sedimentador permanezca operativo tras un evento sísmico. Por ello, se le asigna un Factor de Importancia de 1.25, conforme a lo establecido en la Tabla 11 realizado a partir de las ecuaciones del código ACI 350.06, refleja su relevancia en la continuidad de las operaciones post-sísmicas.

Tabla 11

Cargas de Parámetros Sísmicos en el sedimentador

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud
Z	Factor de Zona	0.45	0.45
I	Factor de Importancia	1.25	1.25
T_P	Periodo de Transición	0.60	0.60
T_L	Periodo de Largo Plazo	2.00	2.00
C_i	Factor de Amplificación sísmica impulsivo	2.50	2.50
C_C	Factor de Amplificación sísmica convectivo	0.09	0.50
S	Factor de suelo	1.05	1.05
R_i	Factor de modificación de respuesta impulsivo	2.00	2.00
R_C	Factor de modificación de respuesta convectivo	1.00	1.00

Nota. Elaboración Propia

En el análisis sísmico del sedimentador, inicialmente se calculan las Fuerzas Laterales Actuantes (FLA) según el código ACI 350.06. Este paso es crucial para evaluar cómo las fuerzas sísmicas afectan la estructura, asegurando su estabilidad y resistencia ante movimientos terrestres.

Sabiendo que:

Tabla 12
Fuerzas Laterales actuantes en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_L = 2.50\ m$	$H_L = 1.50\ m$
$L = 13.30\ m$	$L = 4.80\ m$
$B = 4.45\ m$	$B = 15.80\ m$
$Y_L = 1\ t/m^3$	$Y_L = 1\ t/m^3$
$H_W = 2.80\ m$	$H_W = 2.30\ m$
$t_w = 0.25\ m$	$t_w = 0.20\ m$
$Y_C = 2.40\ t/m^3$	$Y_C = 2.40\ t/m^3$
$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 147.9625$	$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 113.76\ m^3$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula el Peso del líquido almacenado para determinar las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura durante un movimiento sísmico, influyendo en el diseño y refuerzo necesarios para asegurar su integridad y seguridad operativa en condiciones sísmicas.

Tabla 13
Peso del líquido almacenado en el Sedimentador

Peso del líquido almacenado en la dirección de mayor longitud	Peso del líquido almacenado en la dirección de menor longitud
$W_L = V_{olumen} \times Y_L = 147.9625 \approx 148\ tn$	$W_L = V_{olumen} \times Y_L = 113.76\ tn$

Nota. Elaboración Propia

Luego se calcula el peso del muro perpendicular a la dirección del sismo y el peso de la masa impulsiva y convectiva del agua según el código ACI 350.3-06, ya que estos pesos son determinantes para comprender las fuerzas laterales y dinámicas que actúan sobre la estructura del sedimentador durante un movimiento sísmico. El peso del

muro proporciona una medida de resistencia estructural, mientras que los pesos impulsivo y convectivo del agua revelan cómo el líquido interno afecta la estabilidad de la estructura al moverse.

Tabla 14
Peso del muro perpendicular en el Sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{W'_W = H_W \times B \times t_w \times Y_C = 7.5\ tn}$	$W'_W = H_W \times B \times t_w \times Y_C = 17.4\ tn$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (1) y (2) calculamos la masa impulsiva y convectiva del agua

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264\left(\frac{L}{H_L}\right)\cdot\tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]$$

Reemplazamos con los datos y obtenemos:

Tabla 15
Masa impulsiva y convectiva del agua en el Sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{W_i = 32.11\ tn}$	$W_i = 40.73\ tn$
$\boldsymbol{W_c = 110.71\ tn}$	$W_c = 72.68\ tn$

Nota. Elaboración Propia

Ahora se determinará la altura de Componentes de peso respecto a la base del muro para evaluar el efecto de las fuerzas sísmicas dado que esta medida permite calcular el centro de gravedad y las fuerzas de inercia que actúan durante un sismo, esenciales para entender cómo estas fuerzas afectan la estabilidad de la estructura. Este análisis asegura un diseño más robusto y seguro, adaptado a soportar las tensiones específicas que surgen en condiciones sísmicas, protegiendo la integridad del sedimentador.

Sabiendo que:

Tabla 16

Altura del muro en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_W = 2.80\,m$	$H_W = 2.30\,m$

Nota. Elaboración Propia

Se procede a calcular la altura del centro de gravedad (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el sedimentador para determinar cómo las fuerzas sísmicas afectarán la estructura, ya que este cálculo proporciona información clave sobre la distribución de peso y estabilidad.

Tabla 17

Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Altura del CG del muro	
$\boldsymbol{h_w = H_W/2 = 1.40\,m}$	$h_w = H_W/2 = 1.15\,m$
Altura del CG de la superficie de cobertura	
$\boldsymbol{h_R = H_W + 0.8 = 2.88\,m}$	$h_R = H_W + 0.8 = 2.38\,m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (3) se calcula la altura de la masa impulsiva y convectiva

$$ya\ que\ \frac{L}{H_L} \geq 1.333$$

$hi = 0.375 \times H_L = 0.9375 \simeq 0.94,$ $\qquad hi = 0.375 \times H_L = 0.94$

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Aplicando la ecuación (4) obtenemos el valor mostrado en la Tabla 18.

Tabla 18

Altura de la masa impulsiva y convectiva en el sedimentador – base del muro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Masa Impulsiva	
$\boldsymbol{h_i = 0.94\, m}$	$h_i = 0.56\, m$
Masa Convectiva	
Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$\boldsymbol{h_c = 1.29\, m}$	$h_c = 0.81\, m$

Nota. Elaboración Propia

Posteriormente se calcula las alturas de componentes de peso respecto a la cimentación ya que ayudan a identificar el centro de gravedad y los momentos de inercia, fundamentales para predecir cómo las fuerzas sísmicas impactarán la estructura. Este entendimiento es clave para asegurar que la cimentación y la estructura soporten eficazmente las cargas dinámicas durante terremotos, mejorando así la seguridad y la estabilidad de la construcción, evitando fallas catastróficas bajo estrés sísmico.

Altura de masa impulsiva y convectiva

$$ya\ que \frac{L}{H_L} \geq 0.75$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}{2\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]} - \frac{1}{8} \qquad \frac{h_c'}{H_L} = \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 2.01}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Tabla 19

Altura de la Masa impulsiva y convectiva en el sedimentador - cimentación

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Masa Impulsiva	
$\boldsymbol{h_i{}' = 5.45\, m}$	$h_i{}' = 1.88\, m$
Masa Convectiva	
$\boldsymbol{h_c{}' = 8.04\, m}$	$h_c{}' = 2.13\, m$

Nota. Elaboración Propia

Finalmente se calculan las propiedades dinámicas del sedimentador para comprender su comportamiento ante fuerzas sísmicas, ya que estas propiedades, como

la frecuencia natural y la masa efectiva, determinan cómo la estructura responderá a las vibraciones terrestres permitiendo que puedan absorber y disipar eficientemente la energía sísmica, reduciendo el riesgo de daños estructurales.

Sabiendo que:

Tabla 20

Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{H_w = 2.80\ m}$	$H_w = 2.30\ m$
$\boldsymbol{t_w = 0.25\ m}$	$t_w = 0.20\ m$
$\boldsymbol{Y_c = 2.40\ t/m^3}$	$Y_c = 2.40\ t/m^3$
$\boldsymbol{Y_L = 1\ t/m^2}$	$Y_L = 1\ t/m^2$
$\boldsymbol{g = 9.807\ m/s^3}$	$g = 9.807\ m/s^3$
$\boldsymbol{L = 13.30\ m}$	$L = 4.80\ m$

Nota. Elaboración Propia

Se halla la masa para 1 metro de ancho de muro para calcular la respuesta del muro a las cargas sísmicas.

Tabla 21

Masa para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)}$	$m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)$
$\boldsymbol{m_w = 0.0171\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m_w = 0.0113\ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula la masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro

Tabla 22

Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right) H_L \left(\frac{Y_L}{g}\right)}$	$m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right) H_L \left(\frac{Y_L}{g}\right)$
$\boldsymbol{m_i = 0.37\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m_i = 0.13\ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (10) se calcula la masa total para 1 metro de ancho de muro

Tabla 23

Masa total para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m = m_w + m_i}$	$m = m_w + m_i$
$\boldsymbol{m = 0.39\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m = 0.14\ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Módulo de elasticidad del concreto y rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro

Sabiendo que:

Tabla 24

Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Módulo de elasticidad del concreto	
$E_c = 3E+05\ kg/cm^2$	$E_c = 3E+05\ kg/cm^2$
Rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro	
$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$	$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$
$\boldsymbol{h = 0.958\ m}$	$h = 0.609\ m$
$\boldsymbol{k = \frac{E_c}{4 \times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3}$	$k = \frac{E_c}{4 \times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3$
$\boldsymbol{k = 1332.53\ tn/m/m}$	$k = 2658.39\ tn/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula la frecuencia de vibración impulsiva utilizando la ecuación (8):

Tabla 25

Frecuencia de vibración impulsiva en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}}$	$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}$
$\boldsymbol{\omega_i = 58.830\ rad/s}$	$\omega_i = 136.495\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula el periodo fundamental de vibración utilizando la ecuación (9).

Tabla 26

Periodo fundamental de vibración en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}}$ $\boldsymbol{T_i = 0.107\ seg}$	$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$ $T_i = 0.046\ seg$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (11) y (13) calculamos el coeficiente y coeficiente de masa efectiva

Tabla 27

Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Coeficiente	
$\boldsymbol{\lambda = \sqrt{3.16 g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}}$ $\boldsymbol{\lambda = 4.06}$	$\lambda = \sqrt{3.16 g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$ $\lambda = 4.84$
Coeficiente de masa efectiva	
$\boldsymbol{\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0}$ $\boldsymbol{\varepsilon = 0.433}$	$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$ $\varepsilon = 0.565$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (10) se calcula la frecuencia de oscilación convectiva para evaluar el impacto del movimiento del líquido en la integridad estructural.

Tabla 28

Frecuencia de oscilación convectiva en el sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}}$ $\boldsymbol{\omega_c = 1.11\ rad/s}$	$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$ $\omega_c = 2.21\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (12) se calcula el periodo Natural del primer modo (convectivo) de chapoteo ya que es un factor importante en el diseño de sedimentadores para asegurar que no resonarán con las frecuencias sísmicas.

Tabla 29
Periodo Natural del primer modo en el sedimentador

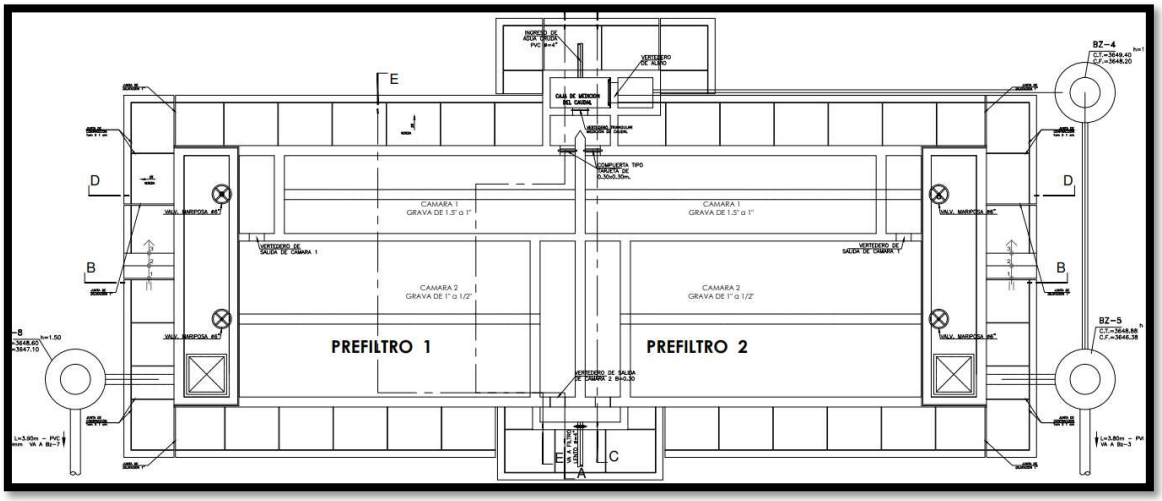
Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}}$	$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$
$\boldsymbol{T_c = 5.64\ seg}$	$T_c = 2.84\ seg$

Nota. Elaboración Propia

3.9.3.2 Pre Filtro

El modelado del Pre Filtro siguiendo el Código ACI 350-06 implica un enfoque detallado en la resistencia y estabilidad estructural bajo condiciones sísmicas, dado que este código proporciona directrices específicas para evaluar la respuesta sísmica y asegurar la integridad del Pre Filtro. Es por ello que se consideraron factores como la masa, la rigidez y la interacción fluido-estructura, esenciales para modelar un Pre Filtro que no solo cumpla con los estándares de seguridad, sino que también mantenga su funcionalidad tras eventos sísmicos.

Figura 14
Pre Filtro vista en Planta

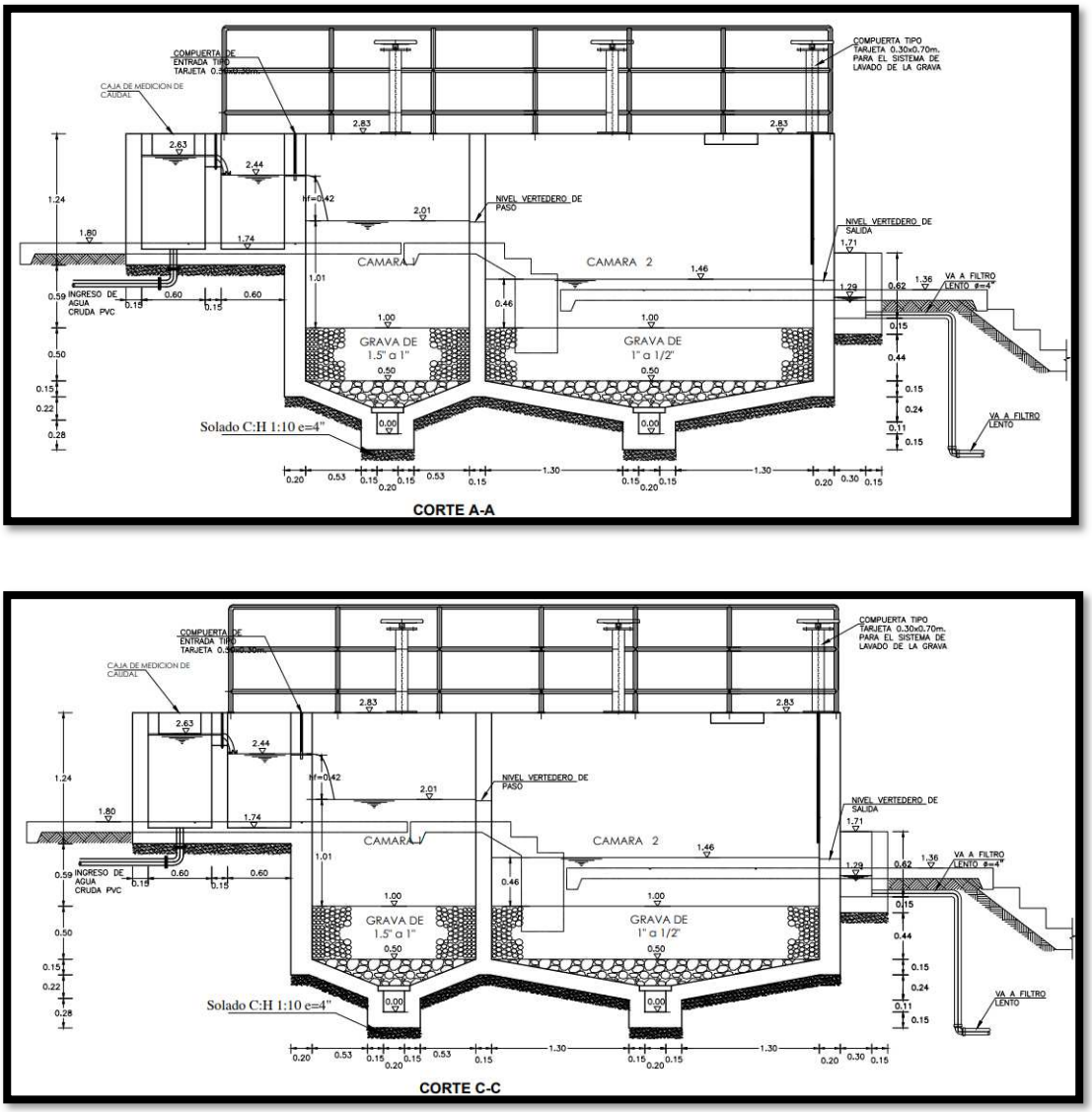


Nota. Elaboración Propia

Iniciamos delineando la estructura del Pre-filtro en los planos detallados en las Figuras 15 y 16. Esta representación gráfica proporciona una visión clara y precisa de la disposición y diseño del Pre-filtro, sirviendo como base fundamental para su análisis y comprensión estructural detallada.

Figura 15

Pre-filtro vista del corte A-A y C-C

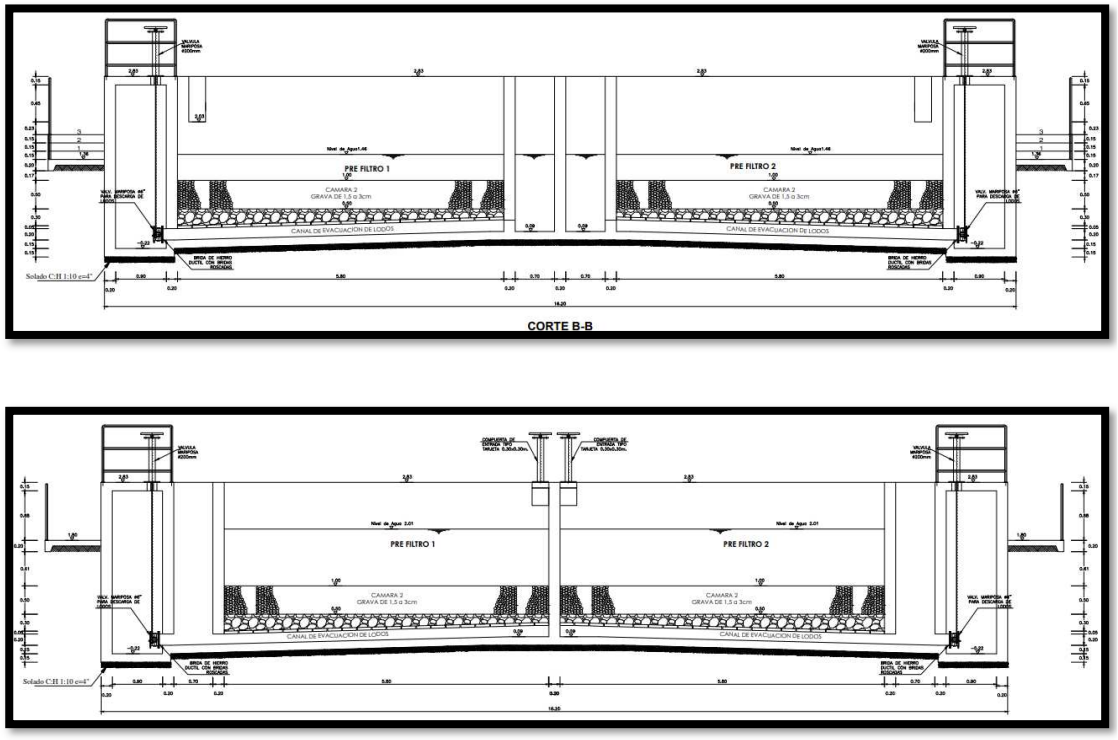


Nota. Elaboración Propia

A continuación, se muestra la vista de los cortes B-B y D-D del Pre-filtro.

Figura 16

Pre-filtro vista del corte B-B y D-D



Nota. Elaboración Propia

Se realizó el análisis sísmico aplicando la norma (ACI350-06) para el cálculo y diseño de la estructura del Pre-filtro, orientado en la dirección de mayor longitud y menor longitud, como se detalla en la Tabla 30. Este proceso se llevó a cabo con el objetivo de determinar las propiedades geométricas del modelo.

Tabla 30

Datos de ingreso del Pre-filtro en la dirección de mayor y menor longitud

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud	Unidad
H_L	Altura Máxima del Líquido	1.50	1.50	m
H_W	Altura del Muro	2.30	2.30	m
L	Longitud Interior en dirección al sismo	15.80	4.80	m
B	Longitud interior perpendicular al sismo	4.80	15.80	m
tw	Espesor del muro	0.20	0.20	m
ec	Espesor de la cobertura	0.15	0.15	m
Ac	Superficie de cobertura	75.84	75.84	m^2

S/C	Sobrecarga en superficie de cobertura	0.25	0.25	t/m^2
Y_L	Peso Específico del líquido	1.00	1.00	t/m^3
Y_C	Peso Específico del concreto	2.40	2.40	t/m^3
$f'c$	Resistencia del concreto en muro	280.00	280.00	kg/cm^2
$f'c$	Resistencia del concreto en cobertura	280.00	280.00	kg/cm^2
fy	Acero de refuerzo	4200	4200	kg/cm^2
Es	Módulo de elasticidad de acero	2E+06	2E+06	kg/cm^2
Ec	Módulo de elasticidad de concreto	3E+05	3E+05	kg/cm^2
g	Valor de gravedad	9.807	9.807	m/s^2
h	Relación modular	8.0	8.0	

Nota. Elaboración Propia

De igual manera, es esencial que el Pre-filtro permanezca operativo tras un evento sísmico. Por ello, se le asigna un Factor de Importancia de 1.25, conforme a lo establecido en la Tabla 31 realizado a partir de las ecuaciones del código ACI 350.06, refleja su relevancia en la continuidad de las operaciones post-sísmicas.

Tabla 31

Cargas de Parámetros Sísmicos en el Pre-filtro

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud
Z	Factor de Zona	0.45	0.45
I	Factor de Importancia	1.25	1.25
T_P	Periodo de Transición	0.60	0.60
T_L	Periodo de Largo Plazo	2.00	2.00
C_i	Factor de Amplificación sísmica impulsivo	2.50	2.50
C_C	Factor de Amplificación sísmica convectivo	0.04	0.37
S	Factor de suelo	1.05	1.05
R_i	Factor de modificación de respuesta impulsivo	2.00	2.00

R_C	Factor de modificación de respuesta convectivo	1.00	1.00

Nota. Elaboración Propia

Al realizar el análisis sísmico del Pre-filtro, el primer paso es la estimación de las Fuerzas Laterales Actuantes de acuerdo con el código ACI 350.06. Este proceso es esencial para determinar el impacto de las fuerzas sísmicas en la estructura y para confirmar que se mantiene estable y resistente frente a los movimientos sísmicos.

Sabiendo que:

Tabla 32
Fuerzas Laterales actuantes en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$H_L = 1.50\ m$	$H_L = 1.50\ m$
$L = 15.80\ m$	$L = 4.80\ m$
$B = 4.80\ m$	$B = 15.80\ m$
$Y_L = 1\ t/m^3$	$Y_L = 1\ t/m^3$
$H_W = 2.30\ m$	$H_W = 2.30\ m$
$t_w = 0.20\ m$	$t_w = 0.20\ m$
$Y_C = 2.40\ t/m^3$	$Y_C = 2.40\ t/m^3$
$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 113.76\ m^3$	$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 113.76\ m^3$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula el Peso del líquido almacenado para identificar las fuerzas sísmicas que la estructura soportará durante un sismo.

Tabla 33
Peso del líquido almacenado en el Pre-filtro

Peso del líquido almacenado en la dirección de mayor longitud	**Peso del líquido almacenado en la dirección de menor longitud**
$W_L = V_{olumen} \times Y_L \approx 113.8\ tn$	$W_L = V_{olumen} \times Y_L \approx 113.8\ tn$

Nota. Elaboración Propia

Se determina el peso del muro perpendicular al sismo y el de las masas impulsiva y convectiva del agua, conforme al ACI 350.3-06, para entender las dinámicas laterales en el Pre-filtro durante un sismo y cómo el movimiento del líquido impacta su estabilidad.

Tabla 34

Peso del muro perpendicular en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$W_W' = H_W \times B \times t_w \times Y_C \square 5.3\,tn$	$W_W' = H_W \times B \times t_w \times Y_C = 17.4\,tn$

Nota. Elaboración Propia

Peso de la masa impulsiva y convectiva del agua

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264\left(\frac{L}{H_L}\right) \cdot \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]$$

Aplicando la ecuación (1) y (2) reemplazamos con los datos y obtenemos:

Tabla 35

Masa impulsiva y convectiva del agua en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$W_i = 12.47\,tn$	$W_i = 40.73\,tn$
$W_c = 92.155\,tn$	$W_c = 72.683\,tn$

Nota. Elaboración Propia

Se procede a calcular la altura de los componentes de peso desde la base del muro para analizar el impacto sísmico, obteniendo el centro de gravedad y las fuerzas de inercia. Este cálculo es vital para diseñar una estructura sísmicamente robusta y segura, que preserve la estabilidad del Pre-filtro frente a sismos.

Sabiendo que:

Tabla 36
Altura del muro en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_W = 2.30\,m$	$H_W = 2.30\,m$

Nota. Elaboración Propia

Se realiza el cálculo de la altura del centro de gravedad (CG) del muro y de la cubierta en el Pre-filtro para evaluar el efecto de las fuerzas sísmicas sobre la estructura, brindando datos cruciales sobre la distribución del peso y la estabilidad.

Tabla 37
Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Altura del CG del muro	
$h_w = H_W / 2 = 1.15\,m$	$h_w = H_W / 2 = 1.15\,m$
Altura del CG de la superficie de cobertura	
$h_R = H_W + 0.8 = 2.38\,m$	$h_R = H_W + 0.8 = 2.38\,m$

Nota. Elaboración Propia

Altura de la masa impulsiva y convectiva

$$ya\,que \frac{L}{H_L} \geq 1.333$$

$$hi = 0.375 \times H_L \square\, 0.56$$

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Aplicando la ecuación (4) obtenemos el valor mostrado en la Tabla 38.

Tabla 38
Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Pre-filtro

Masa impulsiva	
Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{h_i = 0.56\,m}$	$h_i = 0.56\,m$
Masa Convectiva	
$h_c = 0.76\,m$	$h_c = 0.81\,m$

Nota. Elaboración Propia

Se calculan las alturas de los componentes de peso respecto a la cimentación para discernir el centro de gravedad y momentos de inercia, cruciales en la previsión del impacto sísmico en la estructura, lo cual es esencial para reforzar la cimentación y la estabilidad general ante sismos, previniendo fallos estructurales.

Altura de masa impulsiva y convectiva

$$ya\,que\,\frac{L}{H_L} \geq 0.75$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}{2\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]} - \frac{1}{8} \qquad \frac{h_c'}{H_L} = \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 2.01}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Tabla 39
Masa impulsiva y convectiva en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Masa Impulsiva	
$h_i' = 6.65\,m$	$h_i' = 1.91 m$
Masa Convectiva	
$h_c' = 17.34\,m$	$h_c' = 2.13\,m$

Nota. Elaboración Propia

Finalmente, se evalúan las propiedades dinámicas del Pre-filtro para analizar su respuesta a las fuerzas sísmicas.

Tabla 40
Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_w = 2.30\,m$	$H_w = 2.30\,m$
$t_w = 0.20\,m$	$t_w = 0.20\,m$
$Y_c = 2.40\ t/m^3$	$Y_c = 2.40\ t/m^3$
$Y_L = 1 t/m^2$	$Y_L = 1 t/m^2$
$g = 9.807\,m/s^3$	$g = 9.807\,m/s^3$
$L = 15.80\ m$	$L = 4.80\ m$

Nota. Elaboración Propia

Se halla la masa para 1 metro de ancho de muro para calcular la respuesta del muro a las cargas sísmicas.

Tabla 41

Masa para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)}$	$m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)$
$\boldsymbol{m_w = 0.0113\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m_w = 0.0113\ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula la masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro

Tabla 42

Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right)H_L\left(\frac{Y_L}{g}\right)$	$m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right)H_L\left(\frac{Y_L}{g}\right)$
$m_i = 0.132\,tn \cdot s^2\ /\ m\ /\ m$	$m_i = 0.131\,tn \cdot s^2\ /\ m\ /\ m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (7) se calcula la masa total para 1 metro de ancho de muro

Tabla 43

Masa total para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m = m_w + m_i}$	$m = m_w + m_i$
$\boldsymbol{m = 0.14\ \ tn \cdot s^2/m/m}$	$m = 0.14\ \ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Módulo de elasticidad del concreto y rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro

Sabiendo que:

Tabla 44

Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Módulo de elasticidad del concreto	
$E_c = 3E+05\ kg/cm^2$	$E_c = 3E+05\ kg/cm^2$
Rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro	
$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$	$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$
$\boldsymbol{h = 0.609\ m}$	$h = 0.609\ m$
$\boldsymbol{k = \frac{E_c}{4\times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3}$	$k = \frac{E_c}{4\times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3$
$\boldsymbol{k = 2662.77\ tn/m/m}$	$k = 2658.39\ tn/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (8) se calcula la frecuencia de vibración impulsiva utilizando la siguiente formula:

Tabla 45

Frecuencia de vibración impulsiva en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}}$	$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}$
$\boldsymbol{\omega_i = 136.12\ rad/s}$	$\omega_i = 136.49\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (9) se calcula el periodo fundamental de vibración utilizando la siguiente formula:

Tabla 46

Periodo fundamental de vibración en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}}$	$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$
$\boldsymbol{T_i = 0.046\ seg}$	$T_i = 0.046\ seg$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando las ecuaciones (11) y (13) se procede a calcular el coeficiente y coeficiente de masa efectiva

Tabla 47

Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Coeficiente	
$\lambda = \sqrt{3.16g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$	$\lambda = \sqrt{3.16g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$
$\lambda = 3.00$	$\lambda = 4.84$
Coeficiente de masa efectiva	
$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$	$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$
$\varepsilon = 0.69$	$\varepsilon = 0.57$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (10) se calcula la frecuencia de oscilación convectiva para evaluar el impacto del movimiento del líquido en la integridad estructural.

Tabla 48

Frecuencia de oscilación convectiva en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$	$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$
$\omega_c = 0.76\ rad/s$	$\omega_c = 2.21\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (12) realizamos el cálculo del Periodo Natural del primer modo convectivo de chapoteo, el cual se realiza para garantizar que el Pre-filtro no entre en resonancia con las frecuencias de los sismos, una consideración vital en su diseño estructural.

Tabla 49

Periodo Natural del primer modo en el Pre-filtro

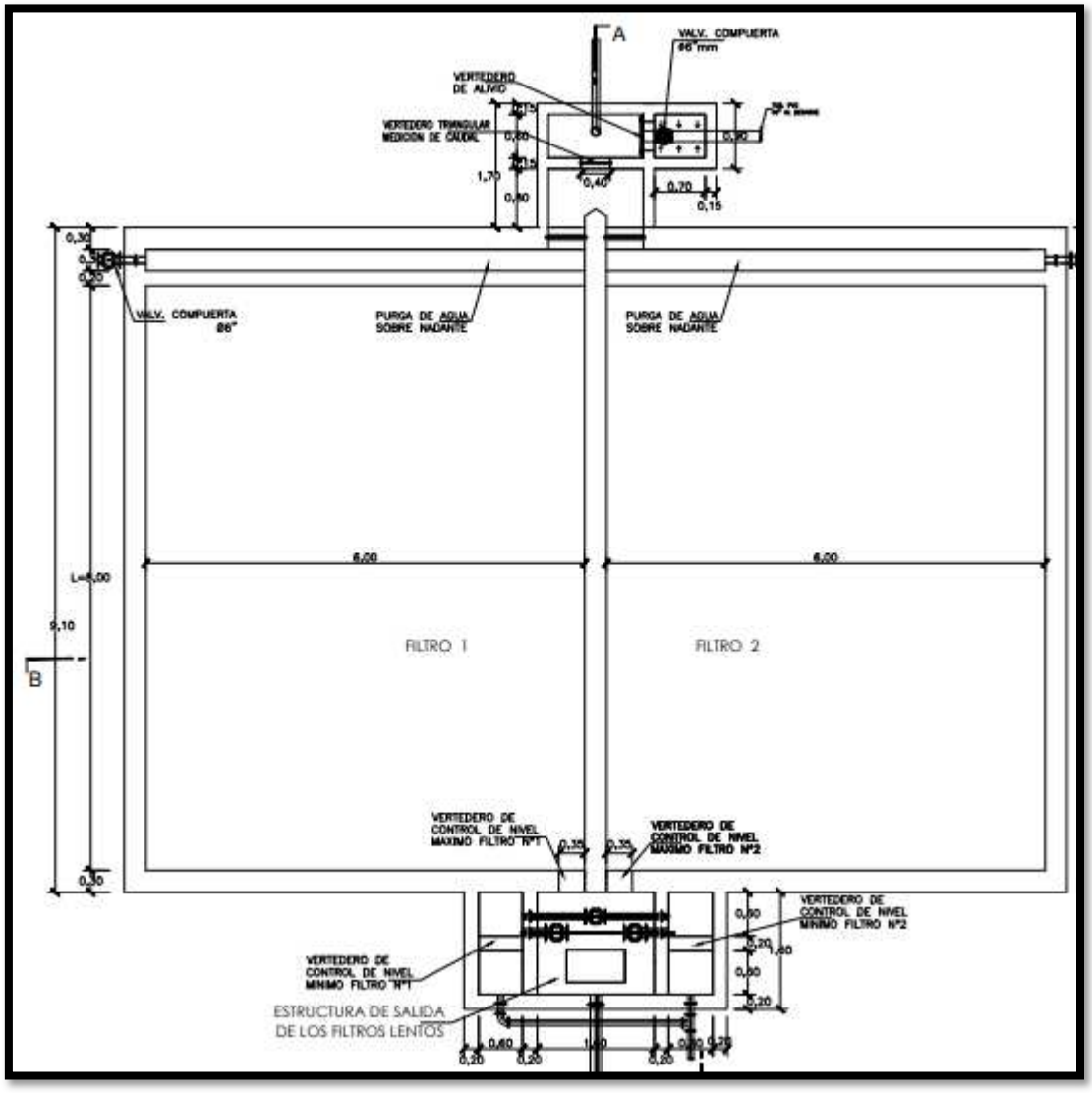
Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$	$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$
$T_c = 8.31 seg$	$T_c = 2.84 seg$

Nota. Elaboración Propia

3.9.3.3 Filtro Lento

El modelo del Filtro Lento en la planta de tratamiento de agua se desarrolló siguiendo las directrices del Código ACI 350-06 para asegurar que la estructura del Filtro Lento mantuviera su funcionalidad y resistencia ante movimientos telúricos garantizando seguridad y rendimiento operativo en situaciones de riesgo sísmico.

Figura 17
Filtro Lento vista en Planta



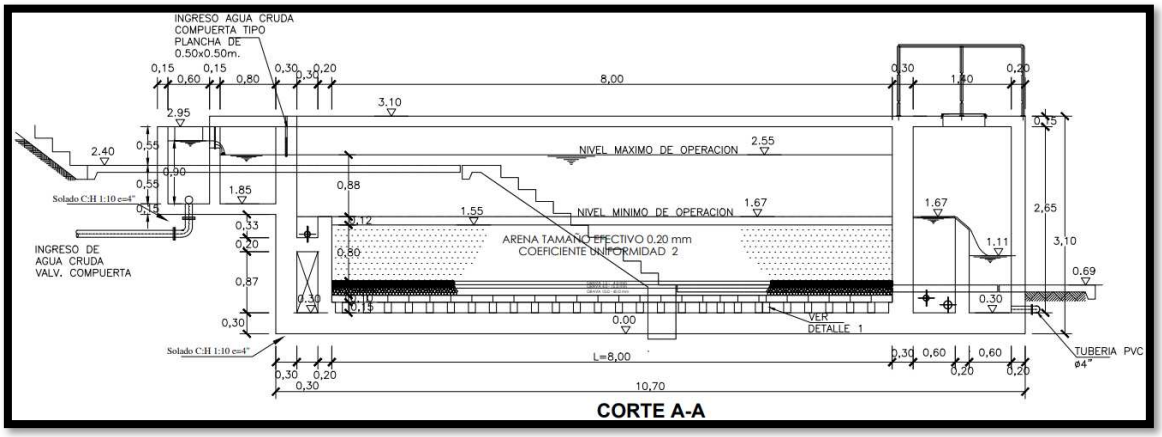
Nota. Elaboración Propia

Iniciamos con el detallado trazado de la estructura del Filtro Lento, plasmado en los planos de las Figuras 18 y 19. Estos diagramas no solo brindan una representación minuciosa y precisa del diseño y configuración del Filtro Lento, sino que también son

cruciales para un análisis estructural exhaustivo. Ellos facilitan una comprensión profunda y completa de la distribución y las propiedades del Filtro, fundamentales para asegurar su eficiencia y seguridad en la operación de la planta de tratamiento de agua.

Figura 18

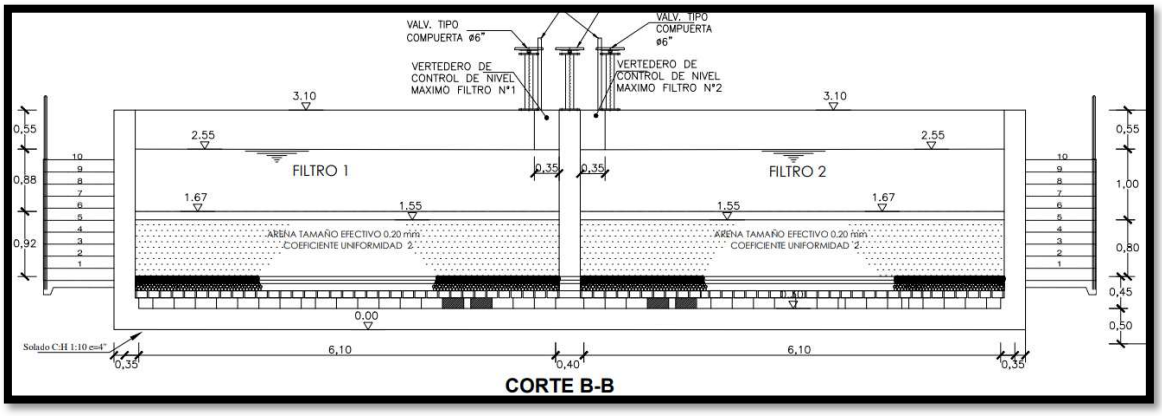
Filtro Lento vista del corte A-A



Nota. Elaboración Propia

Figura 19

Filtro Lento vista del corte B-B



Nota. Elaboración Propia

Se realizó el análisis sísmico aplicando la norma (ACI350-06) para el cálculo y diseño de la estructura del Filtro Lento, orientado en la dirección de mayor longitud y menor longitud, como se detalla en la Tabla 50. Este proceso se llevó a cabo con el objetivo de determinar las propiedades geométricas del modelo.

Tabla 50

Datos de ingreso del Filtro Lento en la dirección de mayor y menor longitud

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud	Unidad
H_L	Altura Máxima del Líquido	2.25	2.25	m
H_W	Altura del Muro	2.60	2.60	m
L	Longitud Interior en dirección al sismo	8.50	6.00	m
B	Longitud interior perpendicular al sismo	6.00	8.50	m
tw	Espesor del muro	0.30	0.30	m
ec	Espesor de la cobertura	0.20	0.20	m
Ac	Superficie de cobertura	102.00	102.00	m^2
S/C	Sobrecarga en superficie de cobertura	0.25	0.25	t/m^2
Y_L	Peso Específico del líquido	1.00	1.00	t/m^3
Y_C	Peso Específico del concreto	2.40	2.40	t/m^3
$f'c$	Resistencia del concreto en muro	280.00	280.00	kg/cm^2
$f'c$	Resistencia del concreto en cobertura	280.00	280.00	kg/cm^2
fy	Acero de refuerzo	4200	4200	kg/cm^2
Es	Módulo de elasticidad de acero	2E+06	2E+06	kg/cm^2
Ec	Módulo de elasticidad de concreto	3E+05	3E+05	kg/cm^2
g	Valor de gravedad	9.807	9.807	m/s^2
h	Relación modular	8.0	8.0	

Nota. Elaboración Propia

De igual manera, es esencial que el Filtro Lento permanezca operativo tras un evento sísmico. Por ello, se le asigna un Factor de Importancia de 1.25, conforme a lo establecido en el código ACI 350.06.

Tabla 51

Cargas de Parámetros Sísmicos en el Filtro Lento

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud

Z	Factor de Zona	0.45	0.45
I	Factor de Importancia	1.25	1.25
T_P	Periodo de Transición	0.60	0.60
T_L	Periodo de Largo Plazo	2.00	2.00
C_i	Factor de Amplificación sísmica impulsivo	2.50	2.50
C_C	Factor de Amplificación sísmica convectivo	0.19	0.33
S	Factor de suelo	1.05	1.05
R_i	Factor de modificación de respuesta impulsivo	2.00	2.00
R_C	Factor de modificación de respuesta convectivo	1.00	1.00

Nota. Elaboración Propia

Cuando se analiza sísmicamente el Filtro Lento, el paso inicial consiste en calcular las Fuerzas Laterales Actuantes, siguiendo las directrices del código ACI 350.06. Este procedimiento es vital para evaluar cómo las fuerzas sísmicas afectan la estructura y para asegurar que esta permanezca estable y resistente ante los movimientos sísmicos.

Sabiendo que:

Tabla 52

Fuerzas Laterales actuantes en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$H_L = 2.25\ m$	$H_L = 2.25\ m$
$L = 8.50\ m$	$L = 6.00\ m$
$B = 6.00\ m$	$B = 8.50\ m$
$Y_L = 1\ t/m^3$	$Y_L = 1\ t/m^3$
$H_W = 2.60\ m$	$H_W = 2.60\ m$
$t_w = 0.30\ m$	$t_w = 0.30\ m$
$Y_C = 2.40\ t/m^3$	$Y_C = 2.40\ t/m^3$
$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 114.75\ m^3$	$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 114.75\ m^3$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula el Peso del líquido almacenado para identificar las fuerzas sísmicas que la estructura soportará durante un sismo.

Tabla 53
Peso del líquido almacenado en el Filtro Lento

Peso del líquido almacenado en la dirección de mayor longitud	**Peso del líquido almacenado en la dirección de menor longitud**
$\boldsymbol{W_L = V_{olumen} \times Y_L = 114.8\ tn}$	$W_L = V_{olumen} \times Y_L = 114.8tn$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula el peso del muro perpendicular y el de las masas impulsiva y convectiva del agua, de acuerdo con el ACI 350.3-06. Esto se hace para comprender las dinámicas laterales en el Filtro Lento durante un sismo y cómo el movimiento del líquido afecta su estabilidad.

Tabla 54
Peso del muro perpendicular en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$\boldsymbol{W'_W = H_W \times B \times t_w \times Y_C = 11.2tn}$	$W'_W = H_W \times B \times t_w \times Y_C = 15.9\,tn$

Nota. Elaboración Propia

Peso de la masa impulsiva y convectiva del agua

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264\left(\frac{L}{H_L}\right) \cdot \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]$$

Reemplazamos con los datos y obtenemos:

Tabla 55
Masa impulsiva y convectiva del agua en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$W_i = 34.97\,tn$	$W_i = 48.72\,tn$
$W_c = 78.272\,tn$	$W_c = 66.9717\,tn$

Nota. Elaboración Propia

Se realiza el cálculo de la altura de los elementos de peso desde la base del muro para evaluar el impacto sísmico, determinando así el centro de gravedad y las fuerzas de inercia. Este análisis es esencial para el diseño de una estructura que sea robusta y segura ante movimientos sísmicos.

Sabiendo que:

Tabla 56
Altura del muro en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_W = 2.60\,m$	$H_W = 2.60\,m$

Nota. Elaboración Propia

Se efectúa el cálculo de la altura del centro de gravedad (CG) del muro y de la cubertura en el Filtro Lento para determinar el impacto de las fuerzas sísmicas en la estructura, proporcionando información esencial sobre la distribución del peso y la estabilidad.

Tabla 57
Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Altura del CG del muro	
$h_w = H_W / 2 = 1.30\,m$	$h_w = H_W / 2 = 1.30\,m$
Altura del CG de la superficie de cobertura	
$\boldsymbol{h_R = H_W + 0.8 = 2.68\,m}$	$h_R = H_W + 0.8 = 2.68\,m$

Nota. Elaboración Propia

Altura de la masa impulsiva y convectiva

$$ya\,que\,\frac{L}{H_L} \geq 1.333$$

$$hi = 0.375 \times H_L \square\, 0.84$$

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Reemplazando obtenemos el valor mostrado en la Tabla 58.

Tabla 58

Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Filtro Lento

Masa Impulsiva	
Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$\boldsymbol{h_i = 0.84\,m}$	$h_i = 0.84\,m$
Masa Convectiva	
Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$h_c = 1.19\,m$	$h_c = 1.24\,m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (5) y (6) se calculan las alturas de los componentes de peso para discernir la masa impulsiva y convectiva, esenciales para reforzar la cimentación y la estabilidad general ante sismos, previniendo fallos estructurales.

Altura de masa impulsiva y convectiva

$$ya\,que\,\frac{L}{H_L} \geq 0.75$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}{2\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]} - \frac{1}{8} \qquad \frac{h_c'}{H_L} = \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 2.01}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Tabla 59

Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
Masa Impulsiva	
$\boldsymbol{h_i' = 3.39\,m}$	$h_i' = 2.26\,m$

Masa Convectiva	
$h_c' = 4.08\,m$	$h_c' = 2.53\,m$

Nota. Elaboración Propia

Finalmente, se evalúan las propiedades dinámicas del Filtro Lento para analizar su respuesta a las fuerzas sísmicas.

Tabla 60

Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_w = 2.60\,m$	$H_w = 2.60\,m$
$t_w = 0.30\,m$	$t_w = 0.30\,m$
$Y_c = 2.40\ t/m^3$	$Y_c = 2.40\ t/m^3$
$Y_L = 1t/m^2$	$Y_L = 1t/m^2$
$g = 9.807\,m/s^3$	$g = 9.807\,m/s^3$
$L = 8.50\ m$	$L = 6.00\ m$

Nota. Elaboración Propia

Se halla la masa para 1 metro de ancho de muro para calcular la respuesta del muro a las cargas sísmicas.

Tabla 61

Masa para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)}$	$m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)$
$\boldsymbol{m_w = 0.0191\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m_w = 0.0191\ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula la masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro

Tabla 62

Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right)H_L\left(\frac{Y_L}{g}\right)}$ $\boldsymbol{m_i = 0.30\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right)H_L\left(\frac{Y_L}{g}\right)$ $m_i = 0.292\,tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (7) se calcula la masa total para 1 metro de ancho de muro

Tabla 63

Masa total para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m = m_w + m_i}$	$m = m_w + m_i$
$\boldsymbol{m = 0.32\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m = 0.31\ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Módulo de elasticidad del concreto y rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro.

Sabiendo que:

Tabla 64

Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Módulo de elasticidad del concreto	
$E_c = 3E+05\ kg/cm^2$	$E_c = 3E+05\ kg/cm^2$
Rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro	
$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$	$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$
$\boldsymbol{h = 0.871\ m}$	$h = 0.872\ m$
$\boldsymbol{k = \frac{E_c}{4 \times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3}$	$k = \frac{E_c}{4 \times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3$
$\boldsymbol{k = 3061.56\ tn/m/m}$	$k = 3056.93\ tn/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (8) se calcula la frecuencia de vibración impulsiva utilizando la siguiente formula:

Tabla 65

Frecuencia de vibración impulsiva en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}}$	$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}$
$\boldsymbol{\omega_i = 98.39\ rad/s}$	$\omega_i = 99.09\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (9) se calcula el periodo fundamental de vibración utilizando la siguiente formula:

Tabla 66

Periodo fundamental de vibración en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}}$	$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$
$\boldsymbol{T_i = 0.064\ seg}$	$T_i = 0.063\ seg$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (11) y (13) se procede a calcular los coeficientes

Tabla 67

Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Coeficiente	
$\lambda = \sqrt{3.16g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$	$\lambda = \sqrt{3.16g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$
$\lambda = 4.60$	$\lambda = 5.07$
Coeficiente de masa efectiva	
$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$	$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$
$\varepsilon = 0.52$	$\varepsilon = 0.62$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (10) se calcula la frecuencia de oscilación convectiva para evaluar el impacto del movimiento del líquido en la integridad estructural.

Tabla 68

Frecuencia de oscilación convectiva en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$	$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$
$\omega_c = 1.58\ rad/s$	$\omega_c = 2.07\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (12) se realiza el cálculo del Periodo Natural del primer modo convectivo de chapoteo para garantizar que el Filtro Lento no entre en resonancia con las frecuencias de los sismos, una consideración vital en su diseño estructural.

Tabla 69

Periodo Natural del primer modo en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$	$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$
$T_c = 3.98\, seg$	$T_c = 3.04\, seg$

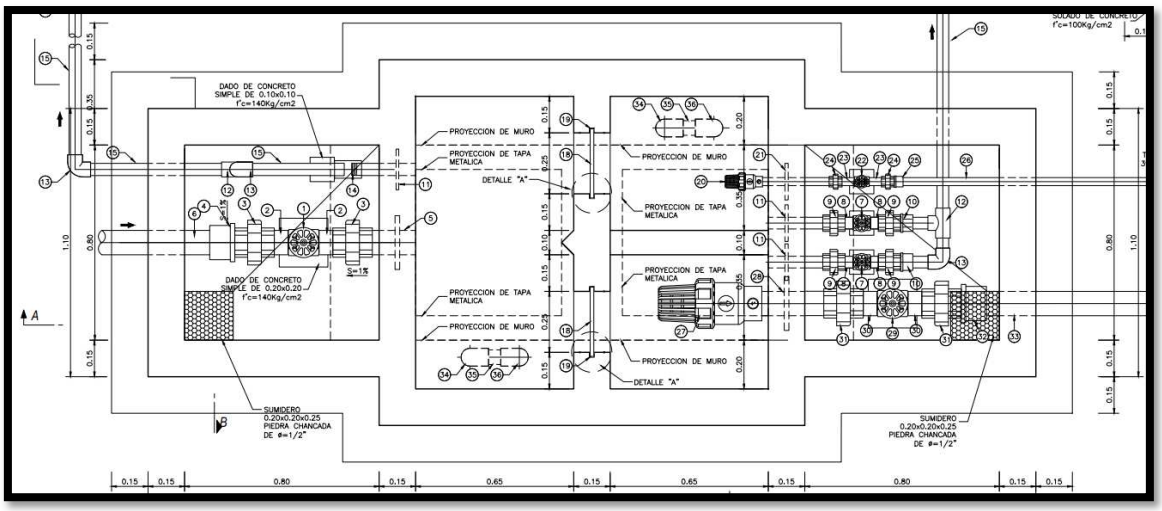
Nota. Elaboración Propia

3.9.3.4 Distribuidor de Caudales

Se realizo el modelamiento del distribuidor de caudales siguiendo la norma ACI 350-06 para evaluar las condiciones de entorno que presenta en la planta de tratamiento de agua en el distrito de Maria Parado de Bellido. Para desarrollar el modelo de la estructura del distribuidor de caudales, se utiliza un método simplificado que se apoya en el Modelo de Housner, este proceso inicia con la representación de la estructura en el plano del distribuidor de caudales, como se muestra en las Figuras 20, 21 y 22.

Figura 20

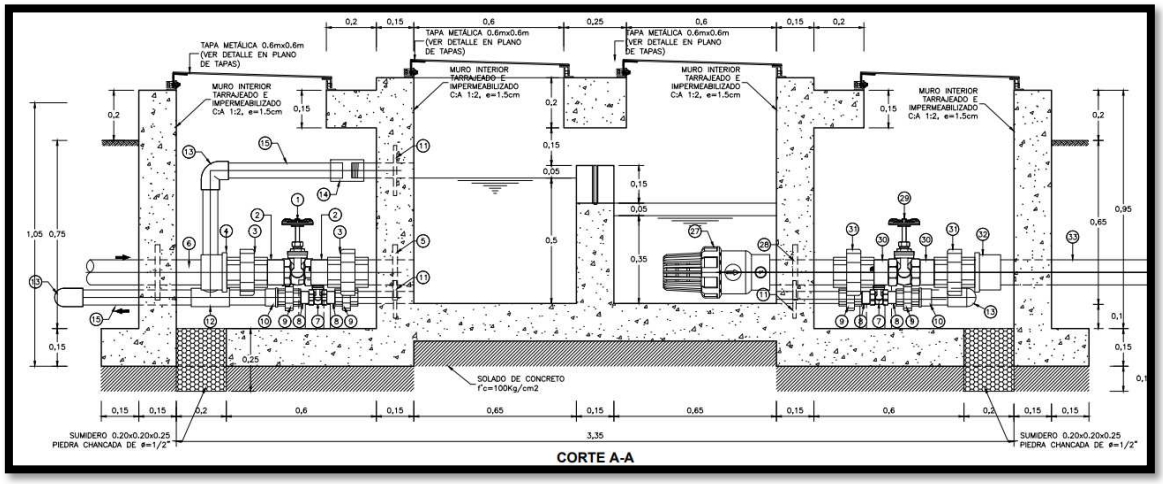
Distribuidor de Caudales vista en Planta



Nota. Elaboración Propia

Figura 21

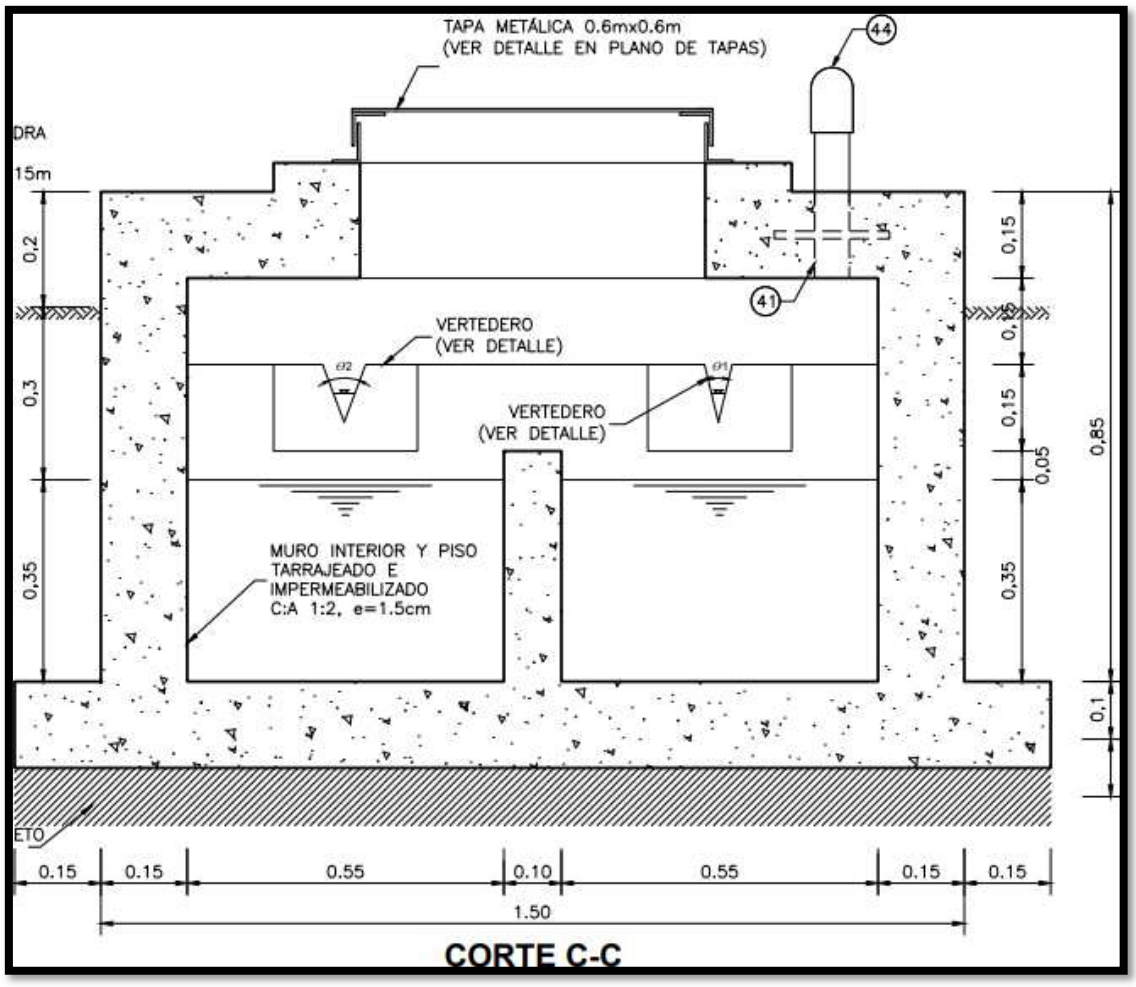
Distribuidor de Caudales Vista del corte A-A



Nota. Elaboración Propia

Figura 22

Distribuidor de Caudales Vista del corte C-C



Nota. Elaboración Propia

Se realizó el análisis sísmico aplicando la norma (ACI350-06) para el cálculo y diseño de la estructura del Distribuidor de Caudales, orientado en la dirección de mayor longitud y menor longitud, como se detalla en la Tabla 50. Este proceso se llevó a cabo con el objetivo de determinar las propiedades geométricas del modelo.

Tabla 70

Datos de ingreso del Distribuidor de Caudales en la dirección de mayor y menor longitud

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud	Unidad
H_L	Altura Máxima del Líquido	0.50	0.50	m
H_W	Altura del Muro	0.90	0.90	m
L	Longitud Interior en dirección al sismo	3.35	1.20	m
B	Longitud interior perpendicular al sismo	1.20	3.35	m
tw	Espesor del muro	0.15	0.15	m
ec	Espesor de la cobertura	0.15	0.15	m
Ac	Superficie de cobertura	4.02	4.02	m^2
S/C	Sobrecarga en superficie de cobertura	0.25	0.25	t/m^2
Y_L	Peso Específico del líquido	1.00	1.00	t/m^3
Y_C	Peso Específico del concreto	2.40	2.40	t/m^3
$f'c$	Resistencia del concreto en muro	280.00	280.00	kg/cm^2
$f'c$	Resistencia del concreto en cobertura	280.00	280.00	kg/cm^2
fy	Acero de refuerzo	4200	4200	kg/cm^2
Es	Módulo de elasticidad de acero	2E+06	2E+06	kg/cm^2
Ec	Módulo de elasticidad de concreto	3E+05	3E+05	kg/cm^2
g	Valor de gravedad	9.807	9.807	m/s^2
h	Relación modular	8.0	8.0	

Nota. Elaboración Propia

Asimismo, resulta crucial mantener el Distribuidor de Caudales en funcionamiento después de un evento sísmico. Por esta razón, se le otorga un Factor de Importancia de 1.25, de acuerdo con lo especificado en el código ACI 350.06.

Tabla 71

Cargas de Parámetros Sísmicos en el Distribuidor de Caudales

Dato	Descripción	Valor en la dirección de mayor longitud	Valor en la dirección de menor longitud
Z	Factor de Zona	0.45	0.45
I	Factor de Importancia	1.25	1.25
T_P	Periodo de Transición	0.60	0.60
T_L	Periodo de Largo Plazo	2.00	2.00
C_i	Factor de Amplificación sísmica impulsivo	2.50	2.50
C_C	Factor de Amplificación sísmica convectivo	0.31	1.13
S	Factor de suelo	1.05	1.05
R_i	Factor de modificación de respuesta impulsivo	2.00	2.00
R_C	Factor de modificación de respuesta convectivo	1.00	1.00

Nota. Elaboración Propia

En el análisis sísmico del Distribuidor de Caudales, el primer paso es calcular las Fuerzas Laterales Actuantes conforme al código ACI 350.06. Este proceso es crucial para determinar el impacto de las fuerzas sísmicas en la estructura, garantizando su estabilidad y resistencia durante movimientos sísmicos, asegurando así su integridad y funcionamiento continuo en condiciones adversas.

Sabiendo que:

Tabla 72
Fuerzas Laterales actuantes en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_L = 0.50\ m$	$H_L = 0.50\ m$
$L = 3.35\ m$	$L = 1.20\ m$
$B = 1.20\ m$	$B = 3.35\ m$
$Y_L = 1\ t/m^3$	$Y_L = 1\ t/m^3$
$H_W = 0.90\ m$	$H_W = 0.90\ m$
$t_w = 0.15\ m$	$t_w = 0.15\ m$
$Y_C = 2.40\ t/m^3$	$Y_C = 2.40\ t/m^3$
$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 2.01 m^3$	$V_{olumen} = H_L \times L \times B = 2.01 m^3$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula el Peso del líquido almacenado para identificar las fuerzas sísmicas que la estructura soportará durante un sismo.

Tabla 73
Peso del líquido almacenado en el Distribuidor de Caudales

Peso del líquido almacenado en la dirección de mayor longitud	Peso del líquido almacenado en la dirección de menor longitud
$W_L = V_{olumen} \times Y_L \approx 2.0\ tn$	$W_L = V_{olumen} \times Y_L \approx 2.0 tn$

Nota. Elaboración Propia

El cálculo del peso del muro perpendicular junto con las masas impulsiva y convectiva del agua se realiza siguiendo las normativas del ACI 350.3-06. Este análisis es esencial para entender las dinámicas laterales que ocurren en el Distribuidor de Caudales durante un terremoto y cómo la movilidad del líquido influye en su estabilidad.

Tabla 74
Peso del muro perpendicular en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$W_W' = H_W \times B \times t_w \times Y_C \approx 0.4\ tn$	$W_W' = H_W \times B \times t_w \times Y_C = 1.1 tn$

Nota. Elaboración Propia

Peso de la masa impulsiva y convectiva del agua

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]}{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.264\left(\frac{L}{H_L}\right)\cdot\tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]$$

Aplicando la ecuación (1) y (2) reemplazamos con los datos y obtenemos:

Tabla 75

Masa impulsiva y convectiva del agua en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$W_i = 0.35\,tn$	$W_i = 0.94\,tn$
$W_c = 1.56\,tn$	$W_c = 1.1028\,tn$

Nota. Elaboración Propia

El cálculo de la altura de los elementos de peso a partir de la base del muro se lleva a cabo para valorar el impacto de los eventos sísmicos, identificando el centro de gravedad y las fuerzas de inercia. Esta evaluación es fundamental para diseñar una estructura que sea resistente y segura frente a los movimientos sísmicos.

Sabiendo que:

Tabla 76

Altura del muro en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_W = 0.90\,m$	$H_W = 0.90\,m$

Nota. Elaboración Propia

Se realiza la medición de la altura del centro de gravedad (CG) tanto del muro como de la cubierta en el Distribuidor de Caudales. Este cálculo es crucial para entender cómo las fuerzas sísmicas afectan la estructura, ofreciendo datos importantes acerca de la distribución del peso y la estabilidad general de la misma.

Tabla 77

Altura (CG) del muro y la de la superficie de cobertura en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
Altura del CG del muro	
$h_w = H_W / 2 = 0.45\,m$	$h_w = H_W / 2 = 0.45\,m$
Altura del CG de la superficie de cobertura	
$h_R = H_W + 0.8 = 0.98\,m$	$h_R = H_W + 0.8 = 0.98\,m$

Nota. Elaboración Propia

Altura de la masa impulsiva y convectiva

$$ya\,que \frac{L}{H_L} \geq 1.333$$

$$hi = 0.375 \times H_L \square\, 0.19$$

$$\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 1}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Aplicando la ecuación (3) y (4) obtenemos el valor mostrado en la Tabla 78.

Tabla 78

Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Distribuidor de Caudales

Masa Impulsiva	
Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$\boldsymbol{h_i = 0.19\,m}$	$\boldsymbol{h_i = 0.19\,m}$
Masa Convectiva	
Dirección de mayor longitud	**Dirección de menor longitud**
$h_c = 0.25\,m$	$h_c = 0.28\,m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (5) y (6) se calculan las alturas de los componentes de peso para discernir la masa impulsiva y convectiva, esenciales para reforzar la cimentación y la estabilidad general ante sismos, previniendo fallos estructurales.

Altura de masa impulsiva y convectiva

$$ya\ que \frac{L}{H_L} \geq 0.75$$

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)}{2\tanh\left[0.866\left(\frac{L}{H_L}\right)\right]} - \frac{1}{8} \qquad \frac{h_c'}{H_L} = \frac{\cosh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right] - 2.01}{3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\sinh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$$

Tabla 79

Altura de la masa impulsiva y convectiva en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Masa Impulsiva	
$h_i' = 1.39\,m$	$h_i' = 0.44\,m$
Masa Convectiva	
$h_c' = 2.44\,m$	$h_c' = 0.50\,m$

Nota. Elaboración Propia

Finalmente, se evalúan las propiedades dinámicas del Distribuidor de Caudales para analizar su respuesta a las fuerzas sísmicas.

Tabla 80

Datos para el cálculo de las propiedades dinámicas en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$H_w = 0.90\,m$	$H_w = 0.90\,m$
$t_w = 0.15\,m$	$t_w = 0.15\,m$
$Y_c = 2.40\ t/m^3$	$Y_c = 2.40\ t/m^3$
$Y_L = 1 t/m^2$	$Y_L = 1 t/m^2$
$g = 9.807\,m/s^3$	$g = 9.807\,m/s^3$
$L = 3.35\ m$	$L = 1.20\ m$

Nota. Elaboración Propia

Se halla la masa para 1 metro de ancho de muro para calcular la respuesta del muro a las cargas sísmicas.

Tabla 81

Masa para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)}$	$m_w = H_w \frac{t_w}{10^3}\left(\frac{Y_c}{g}\right)$
$\boldsymbol{m_w = 0.0033\ tn \cdot s^2/m/m}$	$m_w = 0.0033\ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula la masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro

Tabla 82

Masa impulsiva para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right)H_L\left(\frac{Y_L}{g}\right)$	$m_i = \left(\frac{W_i}{W_c}\right)\left(\frac{L}{2}\right)H_L\left(\frac{Y_L}{g}\right)$
$m_i = 0.015\,tn \cdot s^2\ /\ m\ /\ m$	$m_i = 0.014\,tn \cdot s^2\ /\ m\ /\ m$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (7) se calcula la masa total para 1 metro de ancho de muro

Tabla 83

Masa total para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{m = m_w + m_i}$	$m = m_w + m_i$
$\boldsymbol{m = 0.02\ \ tn \cdot s^2/m/m}$	$m = 0.02\ \ tn \cdot s^2/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Módulo de elasticidad del concreto y rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro.

Sabiendo que:

Tabla 84

Modulo y rigidez para 1 metro de ancho de muro en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Módulo de elasticidad del concreto	
$E_c = 3E+05\ \ kg\ /\ cm^2$	$E_c = 3E+05\ \ kg\ /\ cm^2$

Rigidez a flexión para 1 metro de ancho de muro	
$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$	$h = \frac{(h_w m_w + h_i m_i)}{(m_w + m_i)}$
$\boldsymbol{h = 0.236\ m}$	$h = 0.237\ m$
$\boldsymbol{k = \frac{E_c}{4 \times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3}$	$k = \frac{E_c}{4 \times 10^6}\left(\frac{t_w}{h}\right)^3$
$\boldsymbol{k = 19350.35\ tn/m/m}$	$k = 19047.48\ tn/m/m$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula la frecuencia de vibración impulsiva utilizando la ecuación (8):

Tabla 85

Frecuencia de vibración impulsiva en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\boldsymbol{\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}}$	$\omega_i = \sqrt{\frac{k}{m}}$
$\boldsymbol{\omega_i = 1036.21\ rad/s}$	$\omega_i = 1041.25\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Se calcula el periodo fundamental de vibración utilizando la ecuación (9):

Tabla 86

Periodo fundamental de vibración en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$	$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$
$T_i = 0.0067\ seg$	$T_i = 0.0067\ seg$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando las ecuaciones (11) y (13) se procede a calcular los coeficientes

Tabla 87

Coeficiente y coeficiente de masa efectiva en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Coeficiente	

$\lambda = \sqrt{3.16g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$	$\lambda = \sqrt{3.16g \tanh\left[3.16\left(\frac{H_L}{L}\right)\right]}$
$\lambda = 3.69$	$\lambda = 5.18$
Coeficiente de masa efectiva	
$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$	$\varepsilon = \left[0.0151\left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908\left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021\right] \leq 1.0$
$\varepsilon = 0.42$	$\varepsilon = 0.65$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (10) se calcula la frecuencia de oscilación convectiva para evaluar el impacto del movimiento del líquido en la integridad estructural.

Tabla 88

Frecuencia de oscilación convectiva en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$	$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{L}}$
$\omega_c = 2.02\ rad/s$	$\omega_c = 4.73\ rad/s$

Nota. Elaboración Propia

Aplicando la ecuación (12) se calcula la determinación del Periodo Natural del primer modo convectivo de chapoteo para asegurar que el Distribuidor de Caudales no resuene con las frecuencias sísmicas, un aspecto crucial en el diseño estructural del mismo.

Tabla 89

Periodo Natural del primer modo en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$	$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$
$T_c = 3.12\,seg$	$T_c = 1.33\,seg$

Nota. Elaboración Propia

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados con respecto al objetivo específico 1

"Determinar la incidencia del análisis dinámico en los esfuerzos (Momentos, Cortantes) de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022".

Para la realización de este objetivo se realizó el estudio para determinar la incidencia del análisis dinámico en los esfuerzos estructurales de la planta de tratamiento de agua potable, centrándose en varios componentes críticos de la infraestructura, específicamente: el sedimentador, pre-filtro, filtro lento y distribuidor de caudales, donde las fuerzas laterales y dinámicas, así como los momentos en la base de estos componentes, fueron evaluadas mediante el análisis dinámico y como estos pueden influir en las cargas estructurales, lo que permitió comprender cómo impactan estos esfuerzos en la planta, y como esto se puede evaluar para garantizar una mayor seguridad y durabilidad de la infraestructura, asegurando un suministro constante y seguro de agua potable de agua potable al Distrito de María Parado de Bellido.

Para evaluar los esfuerzos dinámicos y cortantes usando el programa de cómputo denominado sap2000 se hizo las siguientes combinaciones de carga.

1.4D+1.7L
1.4D+1.7L+1.7H
1.4D+1.7L+1.7F
1.4D+1.4F
1.2D+1.2F+1.6L+1.6H+0.5Lr
1.2D+1.6Lr+1L
1.2D+1.2F+1E+1.6H+1L
0.9D+1.6H+1E
0.9D+1.2F+1E

Donde:

- D: Carga muerta
- L: Carga viva
- H: Carga suelo
- F: Carga de fluido
- E: Sismo

Esto permitió poder encontrar los esfuerzos para cada parte que conforman la infraestructura de la planta de tratamiento de agua. A continuación, se detalla los esfuerzos y momentos en la base del sedimentador, pre-filtro, filtro lento y distribuidor de caudales.

4.1.1 Esfuerzos dinámicos y cortantes de las fuerzas laterales

4.1.1.1 Sedimentador en los esfuerzos

Para aplicar las ecuaciones (15), (16), (17) y (18) se toma en cuenta los datos obtenidos en los parámetros de diseño, y valores hallados anteriormente.

Tabla 90

Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base - Sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Fuerza de Inercia de la Pared	
$\boldsymbol{P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]}$	$P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_W = 5.06\ tn}$	$P_W = 15.40\ tn$
Fuerza de Inercia de la Cubierta	
$\boldsymbol{P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]}$	$P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_R = 44.84\ tn}$	$P_R = 21.19\ tn$
Fuerza Impulsiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]}$	$P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_i = 50.17\ tn}$	$P_i = 63.64\ tn$
Fuerza Convectiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]}$	$P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]$
$\boldsymbol{P_c = 12.46\ tn}$	$P_c = 45.43\ tn$
Fuerza Total cortante en la Base	
$\boldsymbol{V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c{}^2}}$	$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c{}^2}$
$\boldsymbol{V = 100.85\ tn}$	$V = 131.95\ tn$

Nota. Elaboración Propia

4.1.1.2 Pre-filtro en los esfuerzos

Se calculo las fuerzas laterales dinámicas y el cortante total en la base para garantizar como actúa la resistencia estructural y estabilidad del Pre-filtro frente a cargas dinámicas, asegurando así su integridad y funcionalidad en diversas condiciones operativas.

Tabla 91

Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base – Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Fuerza de Inercia de la Pared	
$\boldsymbol{P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]}$ $\boldsymbol{P_W = 5.69\ tn}$	$P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]$ $P_W = 15.40\ tn$
Fuerza de Inercia de la Cubierta	
$\boldsymbol{P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]}$ $\boldsymbol{P_R = 44.84\ tn}$	$P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]$ $P_R = 44.84\ tn$
Fuerza Impulsiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]}$ $\boldsymbol{P_i =}\ 19.49\ \boldsymbol{tn}$	$P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]$ $P_i =\ 63.64\ tn$
Fuerza Convectiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]}$ $\boldsymbol{P_c =}\ 4.61\ \boldsymbol{tn}$	$P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]$ $P_c =\ 33.62\ tn$
Fuerza Total cortante en la Base	
$\boldsymbol{V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + {P_c}^2}}$ $\boldsymbol{V = 70.17\ tn}$	$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + {P_c}^2}$ $V = 128.37\ tn$

Nota. Elaboración Propia

4.1.1.3 Filtro Lento en los esfuerzos

Se realizó el cálculo de las fuerzas laterales dinámicas y del cortante total en la base del Filtro Lento mediante el análisis estructural para analizar cuál es la resistencia y estabilidad del Filtro Lento ante cargas variables, indicando conocer cuál es el estado de su durabilidad y eficacia operativa bajo diferentes condiciones.

Tabla 92

Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base – Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Fuerza de Inercia de la Pared	
$\boldsymbol{P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]}$	$P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_W = 9.05\ tn}$	$P_W = 15.40\ tn$
Fuerza de Inercia de la Cubierta	
$\boldsymbol{P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]}$	$P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_R = 44.84\ tn}$	$P_R = 44.84\ tn$
Fuerza Impulsiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]}$	$P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_i = 53.89\ tn}$	$P_i = 60.25\ tn$
Fuerza Convectiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]}$	$P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]$
$\boldsymbol{P_c = 18.59\ tn}$	$P_c = 27.62\ tn$
Fuerza Total cortante en la Base	
$\boldsymbol{V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c{}^2}}$	$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c{}^2}$
$\boldsymbol{V = 110.12\ tn}$	$V = 139.14\ tn$

Nota. Elaboración Propia

4.1.1.4 Distribuidor de Caudales en los esfuerzos

Tabla 93

Fuerzas Laterales Dinámicas y cortantes total en la base – Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Fuerza de Inercia de la Pared	
$\boldsymbol{P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]}$	$P_w = C_i l\left[\frac{\varepsilon W'_W}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_W = 0.26\ tn}$	$P_W = 1.10\ tn$
Fuerza de Inercia de la Cubierta	
$\boldsymbol{P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]}$	$P_R = C_i l\left[\frac{W_R}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_R = 44.84\ tn}$	$P_R = 44.84\ tn$
Fuerza Impulsiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]}$	$P_i = C_i l\left[\frac{W_i}{R_i}\right]$
$\boldsymbol{P_i = 0.54\ tn}$	$P_i = 1.46\ tn$
Fuerza Convectiva Hidrodinámica	
$\boldsymbol{P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]}$	$P_c = C_c l\left[\frac{W_c}{R_c}\right]$
$\boldsymbol{P_c = 0.61\ tn}$	$P_c = 1.56\ tn$
Fuerza Total cortante en la Base	
$\boldsymbol{V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c{}^2}}$	$V = \sqrt{(P_i + P_w + P_r)^2 + P_c{}^2}$
$\boldsymbol{V = 45.64\ tn}$	$V = 47.34\ tn$

Nota. Elaboración Propia

4.1.2 Momento Flector

Se calculo el momento flector de la planta de tratamiento de agua que se distribuye a lo largo de toda la sección del tanque, concentrándose especialmente en la zona situada sobre la base de la pared del tanque. Este cálculo permitió entender las tensiones y la integridad estructural del tanque, asegurando que se mantenga estable y resistente bajo diversas condiciones operativas y ambientales, puesto que la correcta evaluación de este momento es fundamental para el diseño y mantenimiento seguro y eficiente del tanque.

4.1.2.1 Sedimentador en el momento flector

Aplicando las ecuaciones (19), (20), (21), (22) y (23) los valores son hallados a partir de cálculos anteriores realizados en el procedimiento de la solución.

Tabla 94
Momento Flector en el Sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Inercial de la pared	
$\boldsymbol{M_W = P_W h_W}$ $\boldsymbol{M_W = 7.09\ tn \cdot m}$	$M_W = P_W h_W$ $M_W = 17.71\ tn \cdot m$
Momento Inercial de la Cubierta	
$\boldsymbol{M_R = P_R h_R}$ $\boldsymbol{M_R = 129.15\ tn \cdot m}$	$M_R = P_R h_R$ $M_R = 106.73\ tn \cdot m$
Momento Impulso Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_i = P_i h_i}$ $\boldsymbol{M_i = 47.04\ tn \cdot m}$	$M_i = P_i h_i$ $M_i = 35.80\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_c = P_c h_c}$ $\boldsymbol{M_c = 16.01\ tn \cdot m}$	$M_c = P_c h_c$ $M_c = 36.60\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + M_c{}^2}}$ $\boldsymbol{M_b = 183.97\ tn \cdot m}$	$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + M_c{}^2}$ $M_b = 164.36\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.2 Pre-filtro en el momento flector

Se calculó el momento flector en el Pre-filtro para determinar la resistencia necesaria frente a las fuerzas de flexión inducidas por el flujo de agua y la carga de los sedimentos, ya que este cálculo asegura que la estructura pueda soportar las tensiones sin fallar, garantizando la seguridad y durabilidad del Pre-filtro en operación continua.

Tabla 95
Momento Flector en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Inercial de la pared	
$\boldsymbol{M_W = P_W h_W}$ $\boldsymbol{M_W = 6.54\ tn \cdot m}$	$M_W = P_W h_W$ $M_W = 17.71\ tn \cdot m$
Momento Inercial de la Cubierta	

$\boldsymbol{M_R = P_R h_R}$ $\boldsymbol{M_R = 106.73\ tn \cdot m}$	$M_R = P_R h_R$ $M_R = 106.73\ tn \cdot m$
Momento Impulso Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_i = P_i h_i}$ $\boldsymbol{M_i = 10.96\ tn \cdot m}$	$M_i = P_i h_i$ $M_i = 35.80\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_c = P_c h_c}$ $\boldsymbol{M_c = 3.48\ tn \cdot m}$	$M_c = P_c h_c$ $M_c = 27.08\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + M_c{}^2}}$ $\boldsymbol{M_b = 124.27\ tn \cdot m}$	$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + M_c{}^2}$ $M_b = 162.51\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.3 Filtro Lento en el momento flector

El momento flector se evaluó en el Filtro Lento como medida preventiva para anticipar las presiones ejercidas por la retención de partículas y la filtración prolongada. Para analizar el dimensionamiento de los componentes del filtro y evitar deformaciones que comprometan su funcionamiento efectivo y su integridad estructural a largo plazo.

Tabla 96

Momento Flector en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Inercial de la pared	
$\boldsymbol{M_W = P_W h_W}$ $\boldsymbol{M_W = 11.77\ tn \cdot m}$	$M_W = P_W h_W$ $M_W = 20.03\ tn \cdot m$
Momento Inercial de la Cubierta	
$\boldsymbol{M_R = P_R h_R}$ $\boldsymbol{M_R = 120.18\ tn \cdot m}$	$M_R = P_R h_R$ $M_R = 120.18\ tn \cdot m$
Momento Impulso Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_i = P_i h_i}$ $\boldsymbol{M_i = 46.11\ tn \cdot m}$	$M_i = P_i h_i$ $M_i = 64.23\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_c = P_c h_c}$ $\boldsymbol{M_c = 22.05\ tn \cdot m}$	$M_c = P_c h_c$ $M_c = 34.27\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + M_c{}^2}}$ $\boldsymbol{M_b = 179.42\ tn \cdot m}$	$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + M_c{}^2}$ $M_b = 207.29\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.1.2.4 Distribuidor de Caudales en el momento flector

El cálculo del momento flector en el distribuidor de caudales se efectuó para garantizar una distribución uniforme de las cargas hidráulicas, ya que esta información brindara parámetros que ayuden prevenir fallos estructurales ante fluctuaciones de caudal, asegurando que el sistema mantenga una operación eficiente y segura frente a variaciones de flujo y presiones internas.

Tabla 97

Momento Flector en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Inercial de la pared	
$\boldsymbol{M_W = P_W h_W}$ $\boldsymbol{M_W = 0.12\ tn \cdot m}$	$M_W = P_W h_W$ $M_W = 0.50\ tn \cdot m$
Momento Inercial de la Cubierta	
$\boldsymbol{M_R = P_R h_R}$ $\boldsymbol{M_R = 43.95\ tn \cdot m}$	$M_R = P_R h_R$ $M_R = 43.95\ tn \cdot m$
Momento Impulso Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_i = P_i h_i}$ $\boldsymbol{M_i = 0.10\ tn \cdot m}$	$M_i = P_i h_i$ $M_i = 0.28\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_c = P_c h_c}$ $\boldsymbol{M_c = 0.15\ tn \cdot m}$	$M_c = P_c h_c$ $M_c = 0.44\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + {M_c}^2}}$ $\boldsymbol{M_b = 44.16\ tn \cdot m}$	$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_R)^2 + {M_c}^2}$ $M_b = 44.72\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.1.3 Momento de volteo

El cálculo del momento de volteo en la base del tanque, que incluye tanto el fondo como la estructura de apoyo, se realizó mediante el análisis estructural, este cálculo permitió evaluar la tendencia del tanque a volcarse, tomando en cuenta la estabilidad y resistencia de la base y soportes.

4.1.3.1 Sedimentador en el momento de volteo

Tabla 98

Momento de volteo en el Sedimentador

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Impulsivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_i = P_i h'_i}$ $\boldsymbol{M_i = 273.19\ tn \cdot m}$	$M'_i = P_i h'_i$ $M_i = 119.37\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_c = P_c h'_c}$ $\boldsymbol{M_c = 16.01\ tn \cdot m}$	$M'_c = P_c h'_c$ $M_c = 36.60\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_b = P_b h'_b}$ $\boldsymbol{M'_b = 421.49\ tn \cdot m}$	$M'_b = P_b h'_b$ $M'_b = 262.29\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.1.3.2 Pre-filtro en el momento de volteo

El análisis del momento de volteo en el Pre-filtro se realizó para asegurar la estabilidad ante posibles desequilibrios causados por las cargas asimétricas del agua y los residuos acumulado, ya que encontrar estos datos son cruciales para prevenir el riesgo de colapso, optimizando el diseño para resistir volcamientos y garantizar la fiabilidad operacional bajo diversas condiciones de carga.

Tabla 99

Momento de volteo en el Pre-filtro

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Impulsivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_i = P_i h'_i}$ $\boldsymbol{M_i = 129.66\ tn \cdot m}$	$M'_i = P_i h'_i$ $M_i = 119.31\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_c = P_c h'_c}$ $\boldsymbol{M_c = 79.89\ tn \cdot m}$	$M'_c = P_c h'_c$ $M_c = 71.69\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_b = P_b h'_b}$ $\boldsymbol{M'_b = 255.73\ tn \cdot m}$	$M'_b = P_b h'_b$ $M'_b = 254.07\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.1.3.3 Filtro Lento en el momento de volteo

Se estimó el momento de volteo en el Filtro Lento con el propósito de contrarrestar efectos adversos de fuerzas laterales, especialmente durante elevados volúmenes de filtración, este cálculo permite reforzar la estructura contra el potencial desplazamiento o vuelco, vital para mantener la integridad del filtro bajo condiciones operativas cambiantes y demandas de carga inesperadas.

Tabla 100
Momento de volteo en el Filtro Lento

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Impulsivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_i = P_i h'_i}$ $\boldsymbol{M_i = 185.18\ tn \cdot m}$	$M'_i = P_i h'_i$ $M_i = 172.49\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_c = P_c h'_c}$ $\boldsymbol{M_c = 75.93\ tn \cdot m}$	$M'_c = P_c h'_c$ $M_c = 70.00\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_b = P_b h'_b}$ $\boldsymbol{M'_b = 326.09\ tn \cdot m}$	$M'_b = P_b h'_b$ $M'_b = 320.44\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.1.3.4 Distribuidor de Caudales en el momento de volteo

Se calculó el momento de volteo en el distribuidor de caudales para identificar los puntos críticos que podrían ceder bajo el empuje hidráulico. Esto con la finalidad de entender el diseño robusto del sistema, de tal forma que indique si el distribuidor de caudales se encuentra anclado y funcional, cuando las presiones de operación fluctúan o en eventos de sobrecarga inusuales.

Tabla 101
Momento de volteo en el Distribuidor de Caudales

Dirección de mayor longitud	Dirección de menor longitud
Momento Impulsivo Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_i = P_i h'_i}$ $\boldsymbol{M_i = 0.75\ tn \cdot m}$	$M'_i = P_i h'_i$ $M_i = 0.65\ tn \cdot m$
Momento Convectivo Hidrodinámico	

$\boldsymbol{M'_c = P_c h'_c}$ $\boldsymbol{M_c = 1.48\ tn \cdot m}$	$M'_c = P_c h'_c$ $M_c = 0.79\ tn \cdot m$
Momento Hidrodinámico	
$\boldsymbol{M'_b = P_b h'_b}$ $\boldsymbol{M'_b = 44.84\ tn \cdot m}$	$M'_b = P_b h'_b$ $M'_b = 45.09\ tn \cdot m$

Nota. Elaboración Propia

4.2 Resultados con respecto al objetivo específico 2

"Determinar la incidencia del análisis dinámico en las deformaciones de la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido, Ayacucho 2022"

Para analizar las deformaciones en la planta de tratamiento de agua potable, se llevó a cabo una evaluación de las fuerzas sísmicas en las distribuciones horizontal y vertical.

En la distribución horizontal, se consideró la fuerza impulsiva y convectiva, junto con las fuerzas inerciales y las originadas por la aceleración vertical del terreno, ya que estas fuerzas pueden generar tensiones significativas en las estructuras que conforman a la planta de tratamiento de agua, afectando su integridad y funcionamiento. Por otro lado, en la distribución vertical, se abordaron las mismas fuerzas, pero con un enfoque de precisión y distribución lineal. Esta evaluación garantiza que la planta esté adecuadamente diseñada y reforzada para resistir posibles movimientos sísmicos, minimizando el riesgo de daños y garantizando la continuidad de la operación en condiciones adversas.

4.2.1 Deformaciones de la planta de tratamiento de agua potable

El análisis dinámico de las deformaciones en la planta de tratamiento de agua potable fue realizado utilizando el software SAP2000, esta herramienta permitió modelar y simular las respuestas estructurales frente a cargas dinámicas, como sismos o vibraciones operacionales, proporcionando datos para fortalecer y optimizar el estado actual en que se encuentra la planta de tratamiento de agua potable en el Distrito de María Parado de Bellido.

4.2.1.1 Dirección de Mayor y menor Longitud en el Sedimentador

Se procedió al cálculo del análisis dinámico en las deformaciones de la distribución de presiones, en la sección de los muros perpendiculares a la dirección del sismo en el sedimentador para comprender cómo las fuerzas sísmicas afectan diferencialmente esta estructura y de esta forma analizar que refuerzos estratégicos de la geometría del muro se puede realizar para resistir eficazmente tales cargas, mitigando el riesgo de fallos estructurales y extendiendo la vida útil del sedimentador.

Tabla 102

Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud – Sedimentador

Dirección en la Mayor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	17.56	2.28	1.808	**2.50**	3.95	0.51	0.41	**1.25**
0.05	0.13	16.78	2.30	1.808	**2.37**	3.77	0.52	0.41	**1.19**
0.10	0.25	16.05	2.32	1.808	**2.25**	3.61	0.52	0.41	**1.13**
0.15	0.38	15.27	2.34	1.808	**2.12**	3.43	0.53	0.41	**1.06**
0.20	0.50	14.55	2.36	1.808	**2.00**	3.27	0.53	0.41	**1.00**
0.25	0.63	13.79	2.39	1.808	**1.87**	3.10	0.54	0.41	**0.94**
0.30	0.75	13.03	2.41	1.808	**1.75**	2.93	0.54	0.41	**0.87**
0.40	1.00	11.53	2.45	1.808	**1.50**	2.59	0.55	0.41	**0.75**
0.45	1.13	10.77	2.47	1.808	**1.37**	2.42	0.56	0.41	**0.69**
0.50	1.25	10.02	2.49	1.808	**1.25**	2.25	0.56	0.41	**0.62**
0.55	1.38	9.27	2.51	1.808	**1.12**	2.08	0.56	0.41	**0.56**
0.61	1.52	8.42	2.54	1.808	**0.98**	1.89	0.57	0.41	**0.49**
0.66	1.66	7.57	2.56	1.808	**0.84**	1.70	0.58	0.41	**0.42**
0.72	1.80	6.72	2.58	1.808	**0.70**	1.51	0.58	0.41	**0.35**
0.78	1.94	5.88	2.61	1.808	**0.56**	1.32	0.59	0.41	**0.28**
0.83	2.08	5.03	2.63	1.808	**0.42**	1.13	0.59	0.41	**0.21**
0.89	2.22	4.18	2.66	1.808	**0.28**	0.94	0.60	0.41	**0.14**
0.95	2.36	3.33	2.68	1.808	**0.14**	0.75	0.60	0.41	**0.07**
1.00	2.50	2.48	2.70	1.808	**0.00**	0.56	0.61	0.41	**0.00**

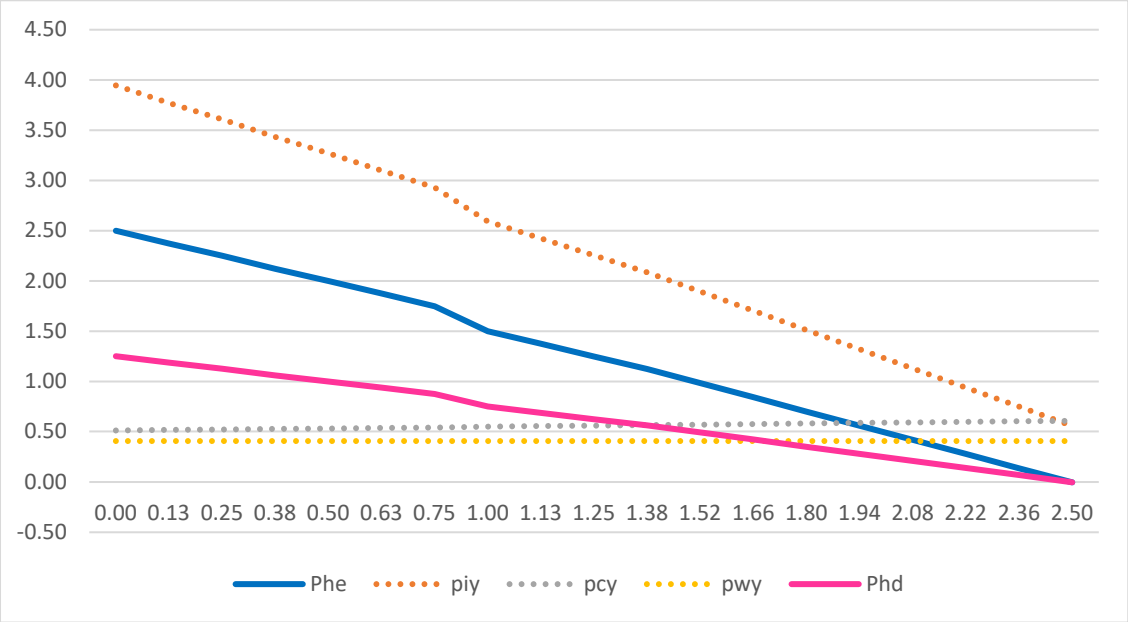
Nota. Elaboración Propia

A continuación, se muestran la presión Hidrodinámica (Phd) el cual está directamente relacionada con la aceleración del terreno que se genera debido al movimiento del agua o fluido dentro de la estructura del sedimentador durante un evento sísmico, y la presión Hidrostática (Phe) el cual está influenciado con la interacción del fluido con la estructura y tiene un carácter más oscilatorio generada por la respuesta convectiva o elástica del fluido en el sedimentador.

La Figura 23 y 24 indican que la presión Hidrodinámica e Hidrostática siguen patrones similares, lo que demuestra que están relacionadas con la respuesta del fluido dentro del sedimentador a las fuerzas sísmicas, con la presión Hidrostática actuando más uniformemente a lo largo de la estructura y la Hidrodinámica fluctuando más debido a la aceleración de movimientos sísmicos.

Figura 23

Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el sedimentador (Mayor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

A continuación, se muestra la distribución en caso de la dirección de menor longitud.

Tabla 103

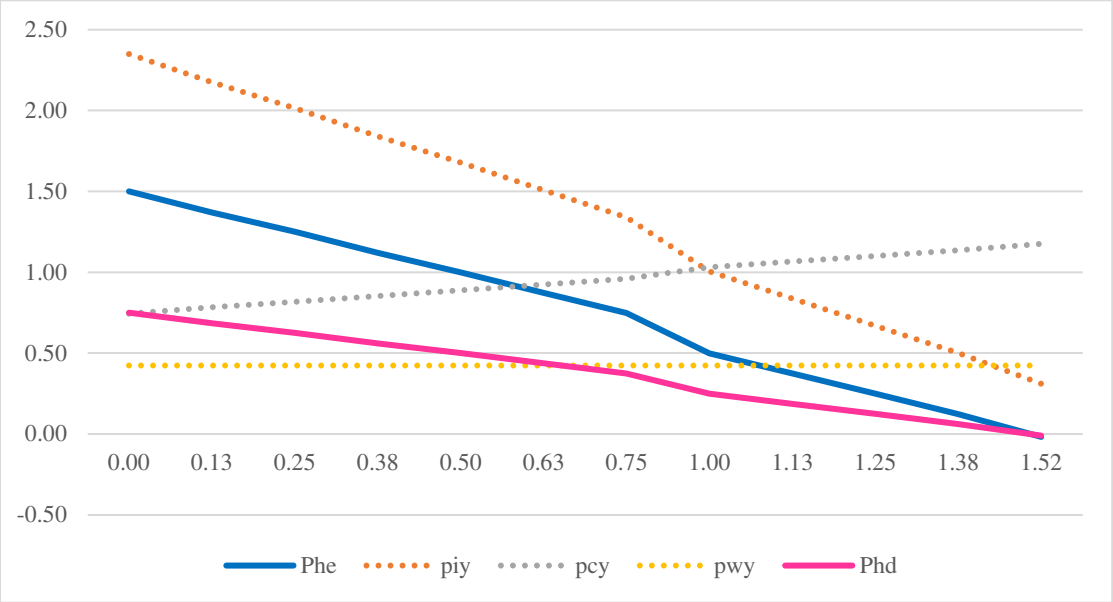
Distribución de presiones en la dirección de menor longitud – Sedimentador

Dirección en la Menor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	37.12	11.78	6.696	**1.50**	2.35	0.75	0.42	**0.75**
0.09	0.13	34.37	12.36	6.696	**1.37**	2.18	0.78	0.42	**0.69**
0.17	0.25	31.82	12.90	6.696	**1.25**	2.01	0.82	0.42	**0.63**
0.25	0.38	29.06	13.48	6.696	**1.12**	1.84	0.85	0.42	**0.56**
0.33	0.50	26.52	14.02	6.696	**1.00**	1.68	0.89	0.42	**0.50**
0.42	0.63	23.82	14.59	6.696	**0.87**	1.51	0.92	0.42	**0.44**
0.50	0.75	21.17	15.15	6.696	**0.75**	1.34	0.96	0.42	**0.37**
0.67	1.00	15.87	16.27	6.696	**0.50**	1.00	1.03	0.42	**0.25**
0.75	1.13	13.22	16.83	6.696	**0.37**	0.84	1.07	0.42	**0.19**
0.83	1.25	10.56	17.39	6.696	**0.25**	0.67	1.10	0.42	**0.12**
0.92	1.38	7.91	17.95	6.696	**0.12**	0.50	1.14	0.42	**0.06**
1.01	1.52	4.92	18.59	6.696	**-0.02**	0.31	1.18	0.42	**-0.01**

Nota. Elaboración Propia

Figura 24

Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el sedimentador (Menor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

4.2.1.2 Dirección de Mayor y menor Longitud en el Pre-Filtro

Tabla 104

Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud - Pre-filtro

Dirección en la Mayor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	11.37	1.50	2.472	**1.50**	2.37	0.31	0.51	**0.75**
0.09	0.13	10.52	1.51	2.472	**1.37**	2.19	0.31	0.51	**0.69**
0.17	0.25	9.74	1.51	2.472	**1.25**	2.03	0.32	0.51	**0.63**
0.25	0.38	8.90	1.52	2.472	**1.12**	1.85	0.32	0.51	**0.56**
0.33	0.50	8.12	1.52	2.472	**1.00**	1.69	0.32	0.51	**0.50**
0.42	0.63	7.29	1.53	2.472	**0.87**	1.52	0.32	0.51	**0.44**
0.50	0.75	6.48	1.54	2.472	**0.75**	1.35	0.32	0.51	**0.37**
0.67	1.00	4.86	1.55	2.472	**0.50**	1.01	0.32	0.51	**0.25**
0.75	1.13	4.05	1.55	2.472	**0.37**	0.84	0.32	0.51	**0.19**
0.83	1.25	3.23	1.56	2.472	**0.25**	0.67	0.32	0.51	**0.12**
0.92	1.38	2.42	1.56	2.472	**0.12**	0.50	0.33	0.51	**0.06**

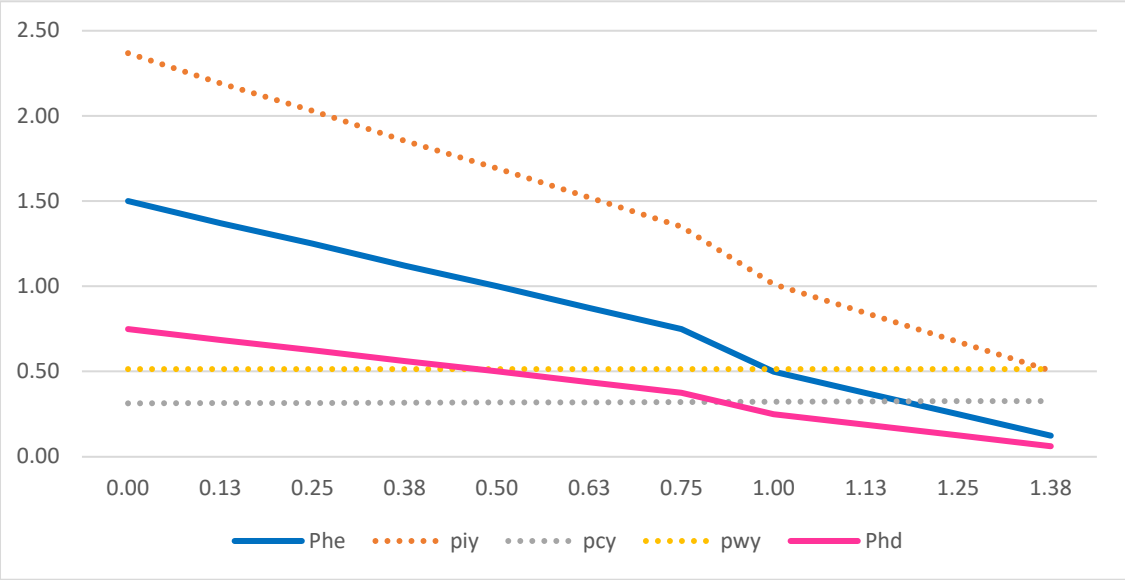
Nota. Elaboración Propia

La distribución de presiones en los muros perpendiculares a la dirección del sismo en el Pre-filtro mostrada en la Tabla 104 evalúa la resistencia estructural ante

cargas sísmicas permitiendo comprender las demandas normales de operación, y también las fuerzas inusuales durante un sismo.

La Figura 25 muestra la presión Hidrostática (pHE) y la presión Hidrodinámica (pHD) en el Pre-filtro indicando patrones de decremento lineal, lo que se interpreta como una representación de cómo estas presiones disminuyen a lo largo de la mayor longitud del Pre-filtro. La figura 25 indica cómo se distribuyen y varían las presiones en el Pre-filtro, y muestra si la estructura es capaz de resistir las fuerzas aplicadas durante su funcionamiento normal y en condiciones sísmicas.

Figura 25
Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Pre-filtro (Mayor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

La Tabla 105 presenta la distribución de presiones en la dirección de menor longitud del Pre-filtro, donde se observan la presión Hidrostática disminuye progresivamente, indicando una reducción en la columna de agua o presión ejercida con la distancia. Por otro lado, la presión Hidrodinámica, aunque sigue una tendencia decreciente, muestra valores ligeramente dispares, reflejando la complejidad de las fuerzas dinámicas actuantes durante condiciones operativas o eventos sísmicos.

Tabla 105

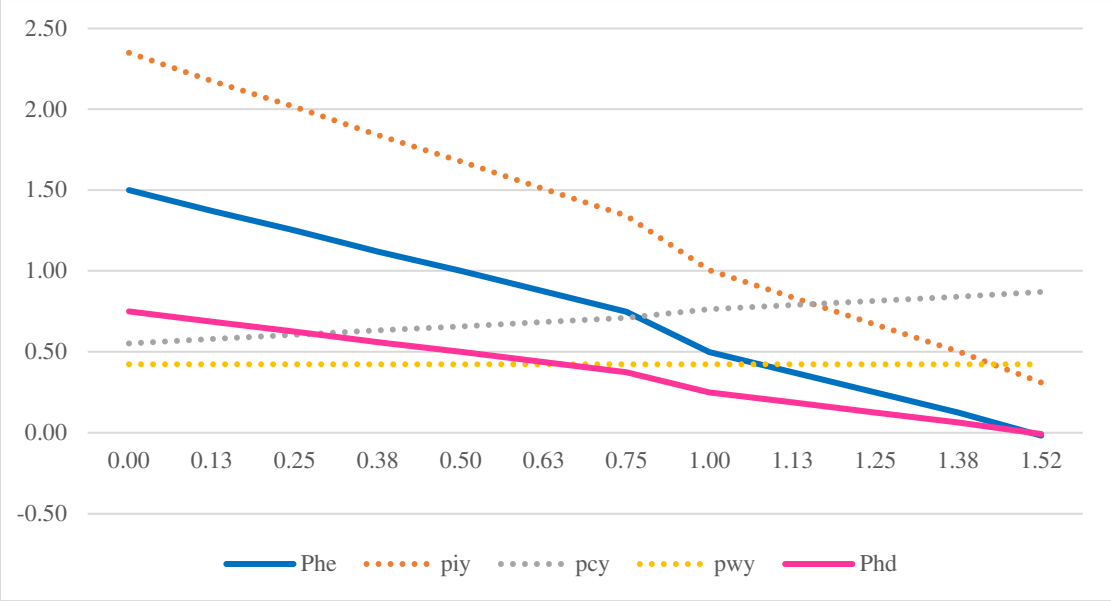
Distribución de presiones en la dirección de menor longitud - Pre-filtro

Dirección en la Menor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	37.12	8.72	6.696	**1.50**	2.35	0.55	0.42	**0.75**
0.09	0.13	34.37	9.15	6.696	**1.37**	2.18	0.58	0.42	**0.69**
0.17	0.25	31.82	9.55	6.696	**1.25**	2.01	0.60	0.42	**0.63**
0.25	0.38	29.06	9.98	6.696	**1.12**	1.84	0.63	0.42	**0.56**
0.33	0.50	26.52	10.38	6.696	**1.00**	1.68	0.66	0.42	**0.50**
0.42	0.63	23.82	10.80	6.696	**0.87**	1.51	0.68	0.42	**0.44**
0.50	0.75	21.17	11.21	6.696	**0.75**	1.34	0.71	0.42	**0.37**
0.67	1.00	15.87	12.04	6.696	**0.50**	1.00	0.76	0.42	**0.25**
0.75	1.13	13.22	12.46	6.696	**0.37**	0.84	0.79	0.42	**0.19**
0.83	1.25	10.56	12.87	6.696	**0.25**	0.67	0.81	0.42	**0.12**
0.92	1.38	7.91	13.29	6.696	**0.12**	0.50	0.84	0.42	**0.06**
1.01	1.52	4.92	13.75	6.696	**-0.02**	0.31	0.87	0.42	**-0.01**

Nota. Elaboración Propia

Figura 26

Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Pre-filtro (Menor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

La Figura 26 muestra que la presión Hidrostática, decrece linealmente, probablemente reflejando la reducción de la altura del agua o la presión que ejerce con la distancia en el Pre-filtro. Mientras que la presión Hidrodinámica, siguiendo una tendencia similar a la Hidrostática, pero con diferencias que sugieren variaciones debido a las dinámicas del fluido y a las fuerzas sísmicas. Ambas presiones disminuyen a lo

largo de la Menor Longitud del Pre-filtro, indicando que existe resistencia estructural en el sistema del Pre-filtro.

4.2.1.3 Dirección de Mayor y menor Longitud en el Filtro Lento

Tabla 106

Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud - Filtro Lento

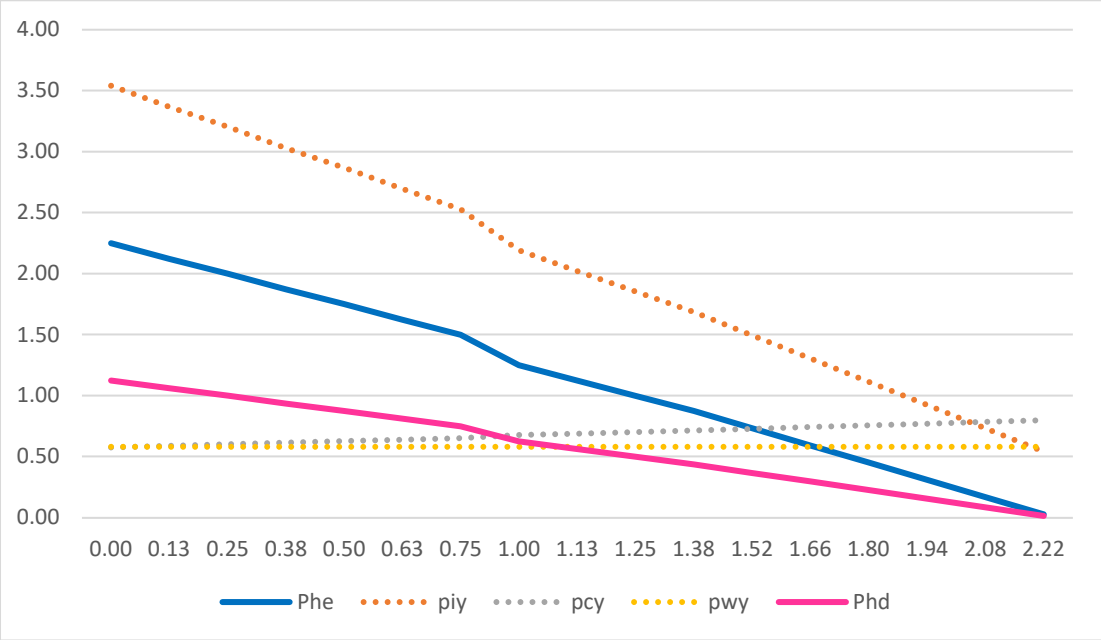
Dirección en la Mayor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	21.25	3.46	3.481	**2.25**	3.54	0.58	0.58	**1.13**
0.06	0.13	20.20	3.53	3.481	**2.12**	3.37	0.59	0.58	**1.06**
0.11	0.25	19.23	3.61	3.481	**2.00**	3.20	0.60	0.58	**1.00**
0.17	0.38	18.18	3.68	3.481	**1.87**	3.03	0.61	0.58	**0.94**
0.22	0.50	17.20	3.76	3.481	**1.75**	2.87	0.63	0.58	**0.88**
0.28	0.63	16.18	3.83	3.481	**1.62**	2.70	0.64	0.58	**0.81**
0.33	0.75	15.16	3.91	3.481	**1.50**	2.53	0.65	0.58	**0.75**
0.45	1.00	13.14	4.06	3.481	**1.25**	2.19	0.68	0.58	**0.62**
0.50	1.13	12.13	4.13	3.481	**1.12**	2.02	0.69	0.58	**0.56**
0.56	1.25	11.12	4.21	3.481	**1.00**	1.85	0.70	0.58	**0.50**
0.61	1.38	10.10	4.28	3.481	**0.87**	1.68	0.71	0.58	**0.44**
0.67	1.52	8.96	4.37	3.481	**0.73**	1.49	0.73	0.58	**0.37**
0.74	1.66	7.82	4.45	3.481	**0.59**	1.30	0.74	0.58	**0.30**
0.80	1.80	6.68	4.54	3.481	**0.45**	1.11	0.76	0.58	**0.23**
0.86	1.94	5.54	4.62	3.481	**0.31**	0.92	0.77	0.58	**0.15**
0.93	2.08	4.40	4.71	3.481	**0.17**	0.73	0.78	0.58	**0.08**
0.99	2.22	3.26	4.79	3.481	**0.03**	0.54	0.80	0.58	**0.01**

Nota. Elaboración Propia

La Figura 27 muestra la distribución de presiones en la dirección de mayor longitud del Filtro Lento, indicando que la presión Hidrostática (Phe) disminuye progresivamente, lo que indica una variación en la altura de la columna de agua o en la presión a lo largo del filtro. Mientras que la presión Hidrodinámica (Phd) también muestra una disminución, pero no de manera tan uniforme como la Hidrostática, reflejando el impacto de las fuerzas dinámicas adicionales, debido a la filtración y a la influencia de las cargas sísmicas.

Figura 27

Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Filtro Lento (Mayor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

Tabla 107

Distribución de presiones en la dirección de menor longitud - Filtro Lento

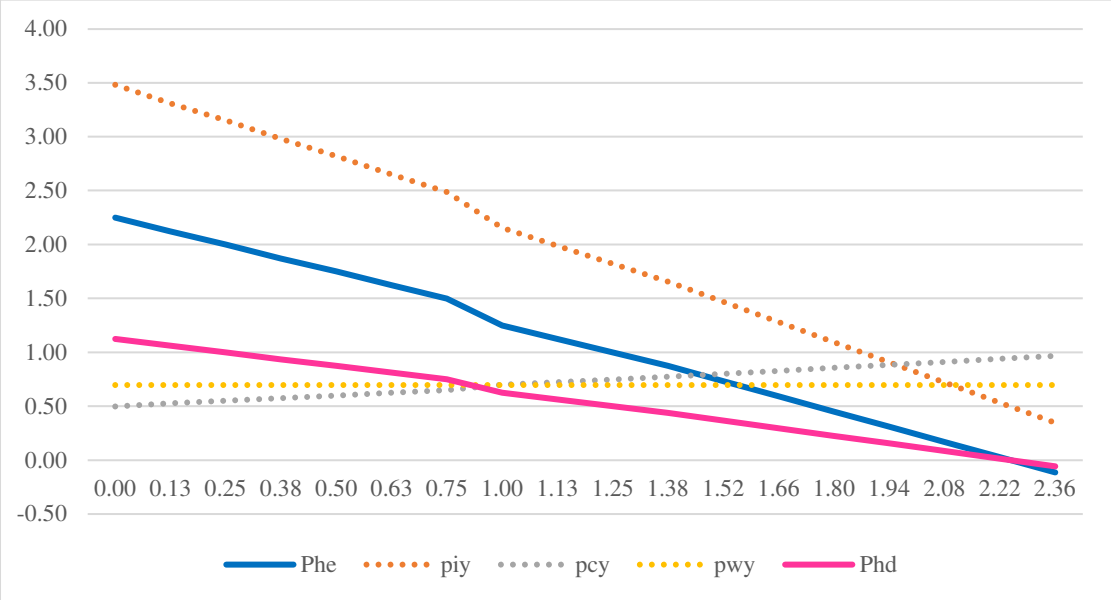
Dirección en la Menor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	29.60	4.25	5.925	**2.25**	3.48	0.50	0.70	**1.13**
0.06	0.13	28.14	4.47	5.925	**2.12**	3.31	0.53	0.70	**1.06**
0.11	0.25	26.78	4.67	5.925	**2.00**	3.15	0.55	0.70	**1.00**
0.17	0.38	25.32	4.89	5.925	**1.87**	2.98	0.57	0.70	**0.94**
0.22	0.50	23.96	5.09	5.925	**1.75**	2.82	0.60	0.70	**0.88**
0.28	0.63	22.53	5.30	5.925	**1.62**	2.65	0.62	0.70	**0.81**
0.33	0.75	21.12	5.51	5.925	**1.50**	2.49	0.65	0.70	**0.75**
0.45	1.00	18.30	5.93	5.925	**1.25**	2.15	0.70	0.70	**0.62**
0.50	1.13	16.89	6.14	5.925	**1.12**	1.99	0.72	0.70	**0.56**
0.56	1.25	15.48	6.35	5.925	**1.00**	1.82	0.75	0.70	**0.50**
0.61	1.38	14.07	6.56	5.925	**0.87**	1.66	0.77	0.70	**0.44**
0.67	1.52	12.49	6.80	5.925	**0.73**	1.47	0.80	0.70	**0.37**
0.74	1.66	10.90	7.04	5.925	**0.59**	1.28	0.83	0.70	**0.30**
0.80	1.80	9.31	7.27	5.925	**0.45**	1.09	0.86	0.70	**0.23**
0.86	1.94	7.72	7.51	5.925	**0.31**	0.91	0.88	0.70	**0.15**
0.93	2.08	6.13	7.75	5.925	**0.17**	0.72	0.91	0.70	**0.08**
0.99	2.22	4.54	7.98	5.925	**0.03**	0.53	0.94	0.70	**0.01**
1.05	2.36	2.95	8.22	5.925	**-0.11**	0.35	0.97	0.70	**-0.06**

Nota. Elaboración Propia

La Figura 28 muestra la distribución de presiones en la dirección de menor longitud para el Filtro Lento, indicando que la presión Hidrostática (Phe) y la Hidrodinámica (Phd) empiezan con valores idénticos, pero divergen a medida que se avanza. Mientras Phe decrece de manera constante, reflejando una disminución en la altura del agua, Phd presenta una caída menos uniforme, indicando que la influencia de las dinámicas de flujo y las fuerzas externas como sismos sobre la estructura del Filtro Lento.

Figura 28

Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Filtro Lento (Menor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

4.2.1.4 Dirección de Mayor y menor Longitud en el Distribuidor de Caudales

La Tabla 108 muestra la distribución de la presión Hidrostática (Phe) y la presión Hidrodinámica (Phd) en el Distribuidor de Caudales a lo largo de la dirección de mayor longitud. Ambas presiones inician con valores similares y experimentan una disminución gradual y consistente, lo que implica una pérdida uniforme de carga a través del distribuidor. No obstante, la presión Hidrodinámica siempre supera ligeramente a la Hidrostática, indicando que hay fuerzas adicionales en juego, posiblemente debido al movimiento del agua y la interacción con la estructura durante la distribución del caudal.

Tabla 108

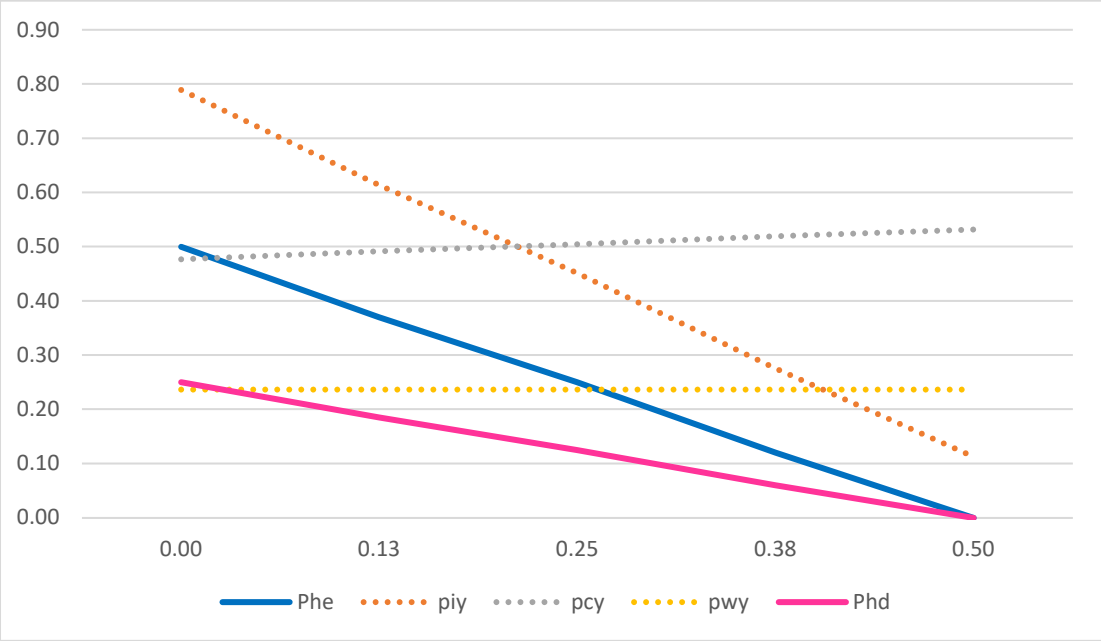
Distribución de presiones en la dirección de mayor longitud - Distribuidor de Caudales

Dirección en la Mayor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	0.95	0.57	0.284	**0.50**	0.79	0.48	0.24	**0.25**
0.26	0.13	0.74	0.59	0.284	**0.37**	0.61	0.49	0.24	**0.19**
0.50	0.25	0.54	0.61	0.284	**0.25**	0.45	0.50	0.24	**0.13**
0.76	0.38	0.33	0.62	0.284	**0.12**	0.28	0.52	0.24	**0.06**
1.00	0.50	0.14	0.64	0.284	**0.00**	0.11	0.53	0.24	**0.00**

Nota. Elaboración Propia

Figura 29

Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Distribuidor de Caudales (Mayor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

La Figura 29 indica cómo la presión dentro del distribuidor de caudales varía desde el inicio hasta el final de la dirección de mayor longitud. Además, la disminución en las presiones refleja la pérdida de carga a medida que el agua se mueve a través del distribuidor, indicando cómo la estructura disipa la energía del fluido.

Tabla 109

Distribución de presiones en la dirección de menor longitud - Distribuidor de Caudales

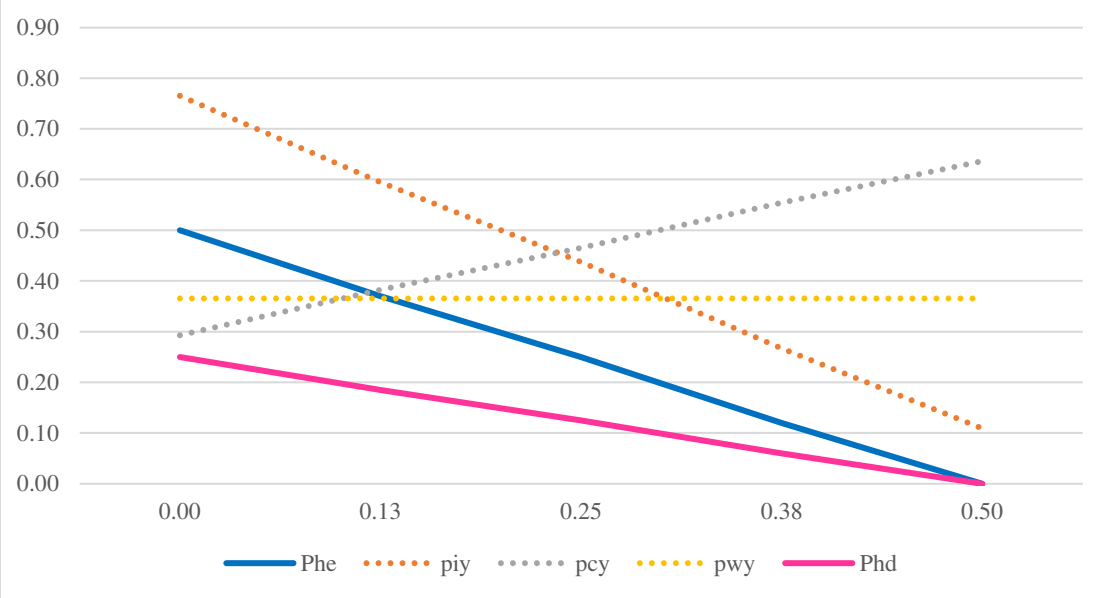
Dirección en la Menor Longitud									
y/Hl	**y**	**Piy**	**Pcy**	**Pwy**	**Phe**	**piy**	**pcy**	**pwy**	**Phd**
0.00	0.00	2.56	0.98	1.225	**0.50**	0.77	0.29	0.37	**0.25**
0.26	0.13	1.99	1.28	1.225	**0.37**	0.59	0.38	0.37	**0.19**
0.50	0.25	1.46	1.56	1.225	**0.25**	0.44	0.46	0.37	**0.13**
0.76	0.38	0.89	1.86	1.225	**0.12**	0.27	0.55	0.37	**0.06**
1.00	0.50	0.37	2.13	1.225	**0.00**	0.11	0.64	0.37	**0.00**

Nota. Elaboración Propia

La Figura 30 muestra un gráfico de líneas que representa la presión Hidrodinámica (Phd) e Hidrostática (Phe) en el Distribuidor de Caudales a lo largo de la dirección de menor longitud. Donde el descenso inicial seguido de una pendiente más suave en ambas presiones, Phd y Phe, indica que las condiciones del flujo cambian a lo largo de la menor longitud del distribuidor, lo que es crítico para el diseño y la operación eficiente del sistema, mostrando parámetros que al analizarlos permitan entender como el distribuidor puede manejar las variaciones de presión durante su funcionamiento.

Figura 30

Presión Hidrodinámica e Hidrostática en el Distribuidor de Caudales (Menor Longitud)



Nota. Elaboración Propia

CONCLUSIONES

Las estructuras dentro de la planta de tratamiento, como los filtros lentos, sedimentadores, prefiltros, y distribuidores de caudales, presentan variabilidades en su respuesta dinámica, esto se evidencia en las diferencias entre las presiones hidrodinámicas e hidrostáticas, las cuales tienden a variar dependiendo de la relación *Y*/Hl y la dirección de análisis (mayor o menor longitud).

Las estructuras mostraron puntos de mayor vulnerabilidad a medida que la relación *Y*/Hl aumentaba, especialmente en áreas donde la diferencia entre las presiones hidrodinámicas e hidrostáticas es significativa, lo que indica que estos puntos pueden ser más susceptibles a daños durante eventos sísmicos, subrayando la importancia de considerar medidas de reforzamiento o diseño estructural adecuado en estas áreas.

El distribuidor de caudales, en comparación con otras estructuras, mostró menores diferencias entre las presiones hidrodinámicas e hidrostáticas, lo que podría indicar una mayor uniformidad en su respuesta a cargas estáticas y dinámicas.

Aunque los datos proporcionados ofrecen una visión sobre el comportamiento estructural y dinámico de las estructuras, es esencial realizar un análisis sísmico completo para determinar la verdadera capacidad de resistencia de la planta ante sismos.

Las diferencias observadas entre las presiones hidrodinámicas e hidrostáticas subrayan la complejidad de la interacción agua-estructura y la necesidad de modelar y analizar cuidadosamente estas interacciones en el diseño y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua.

La variabilidad en las diferencias relativas entre las presiones en diferentes estructuras y direcciones destaca la importancia de la monitorización continua para detectar anomalías o cambios en el comportamiento estructural a tiempo.

RECOMENDACIONES

- Dado que la región puede estar expuesta a sismos, es fundamental llevar a cabo un análisis sísmico detallado utilizando métodos modernos y considerando diferentes escenarios sísmicos registrados en el distrito de María Parado de Bellido.
- Dadas las diferencias observadas en las presiones hidrodinámicas e hidrostáticas, se recomienda realizar un análisis sísmico integral que considere no sólo estas presiones, sino también otros factores estructurales y geotécnicos lo permitirá identificar y mitigar posibles puntos débiles en la estructura de la planta de tratamiento y garantizar su integridad durante eventos sísmicos.
- Debido a la variabilidad en las diferencias relativas observadas entre las presiones, se recomienda instalar sistemas de monitoreo en puntos críticos de las estructuras para observar su comportamiento en tiempo real, esto ayudara a detectar y abordar cualquier anomalía en una etapa temprana.
- Además del análisis dinámico, se recomienda llevar a cabo un estudio hidrológico detallado para comprender mejor el comportamiento del agua en la planta, ya que esto puede proporcionar información adicional sobre cómo las cargas estáticas y dinámicas afectan a las estructuras durante diferentes escenarios de funcionamiento y eventos climáticos.
- Ante susceptibles sismos, se recomienda capacitar al personal sobre protocolos de seguridad y respuesta ante sismos, ya que esto no sólo garantizará la seguridad del personal, sino que también ayudará a minimizar el daño a la infraestructura y garantizar una respuesta rápida para restablecer el servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Choque, F. (2020). Diseño estructural del tanque elevado considerando la norma ACI 350.3-06 en la Asociación Juan Velazco Alvarado, Espinar Cusco-2020. *Ucv.edu.pe*. https://hdl.handle.net/20.500.12692/97822

Díaz, C., y Meniz, V. (2019). Evaluación estructural de reservorios apoyados de concreto armado en Lima Metropolitana considerando la norma ACI 350-06 y las normativas peruanas. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. https://doi.org/10.19083/tesis/626005

Gómez, M., Vielma, J., y Díaz, S. (2022). Evaluación numérica de la respuesta sísmica de estructuras fundadas en laderas. *Obras Y Proyectos*, *31*, 68–76. https://doi.org/10.4067/s0718-28132022000100068

Jamanca, C., y Lunarejo, A. (2022). Diseño de Reservorio para el Mejoramiento del Sistema de Distribución de Agua Potable en Nuevo Chimbote-Santa-Ancash. *Uns.edu.pe*. https://hdl.handle.net/20.500.14278/4163

Lancellotti L., y Castro, K. (2015). Análise da aplicação de galerias técnicas em área integrante da operação urbana Água Branca, em São Paulo. *Ambiente Construído*, *15*(1), 63–77. https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000100007

Martos, S. (2018). Comportamiento Sísmico En Reservorios Apoyados Circulares Y Rectangulares De Diferentes Volúmenes Considerando Las Zonas Sísmicas De Cajamarca. *Unc.edu.pe*. http://hdl.handle.net/20.500.14074/2262

Montero, N. (2021). Análisis comparativo entre el comportamiento estructural de tanques reservorios cilíndricos de hormigón armado mediante el uso de modelos pseudo-estáticos y modelos dinámicos, y diseño sismorresistente con la aplicación de las normativas NEC-15, ACI 350.3 y la utilización del programa SAP2000. *Usfq.edu.ec*. http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10993

Navarro, C. (2018). Obtención de cargas hidrodinámicas en depósitos rectangulares de hormigón armado. *Upct.es*. http://hdl.handle.net/10317/7493

Ortiz, P., y Guzman, G. (2022). Diseño estructural de un tanque en concreto reforzado según NSR-10 en zona de amenaza sísmica alta, análisis de caso vereda Juan Bosco, Villavicencio. *Usta.edu.co*. http://hdl.handle.net/11634/49080

Paredes, S. (2021). Evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana, Piura, 2021. *Ucv.edu.pe*. https://hdl.handle.net/20.500.12692/76281

Parrales, P. (2019). Estudio patológico del tanque reservorio de 800m3ubicado en el barrio cristo del consuelo en el Cantón Jipijapa. *Unesum.edu.ec*. https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1746

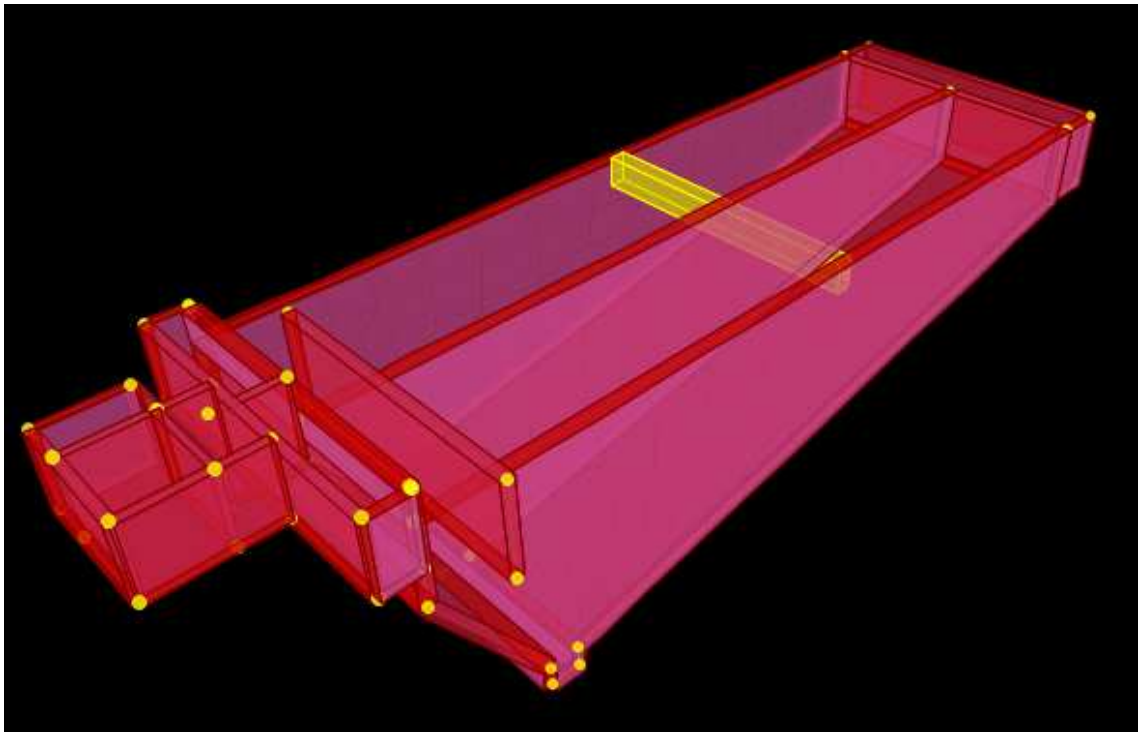
Tena Colunga, A. (2019). Interacción suelo-estructura. Reflexiones sobre su importancia en la respuesta dinámica de estructuras durante sismos. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, *24*(2), 141–165. https://doi.org/10.24133/riie.v24i2.1282

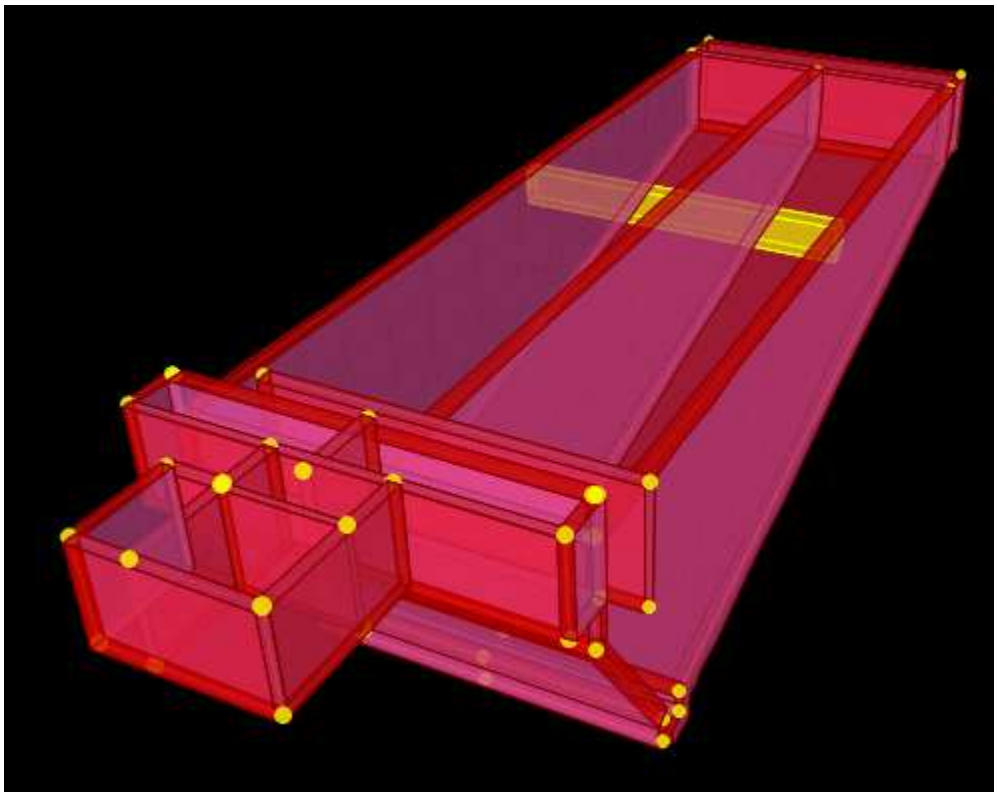
Tiliria, M. (2020). Respuesta sísmica del modelo dinámico de Housner utilizando los parámetros de la norma E.030 para el análisis del tanque Imhoff de Huamboy, Lima 2020. *Upn.edu.pe*. https://hdl.handle.net/11537/26514

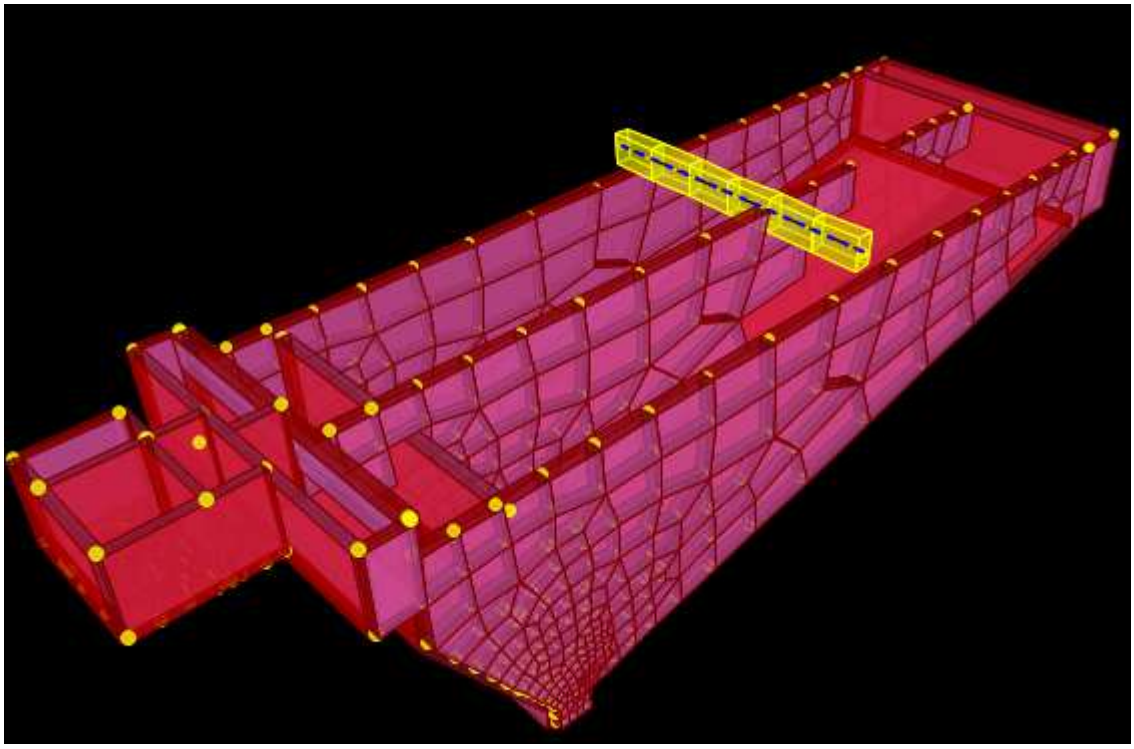
ANEXOS

Análisis Dinámico

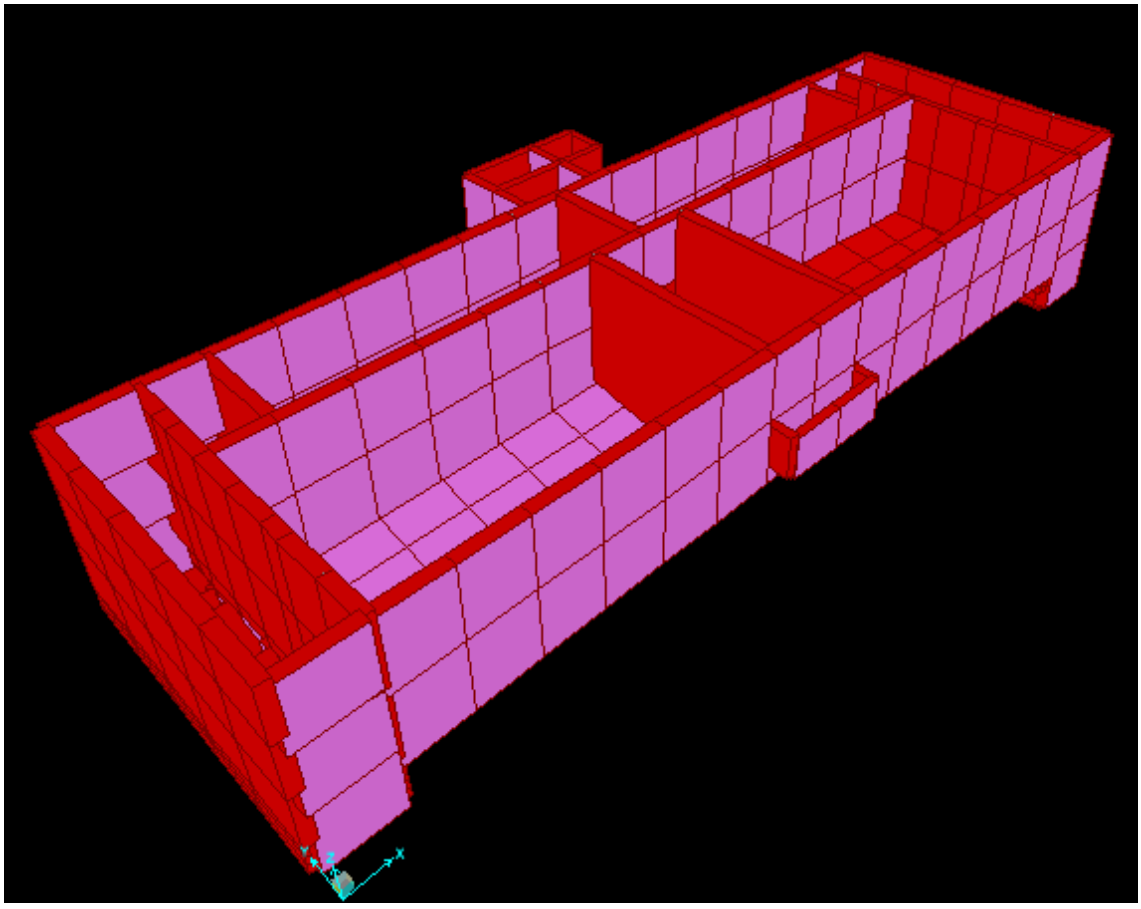
SEDIMENTADOR

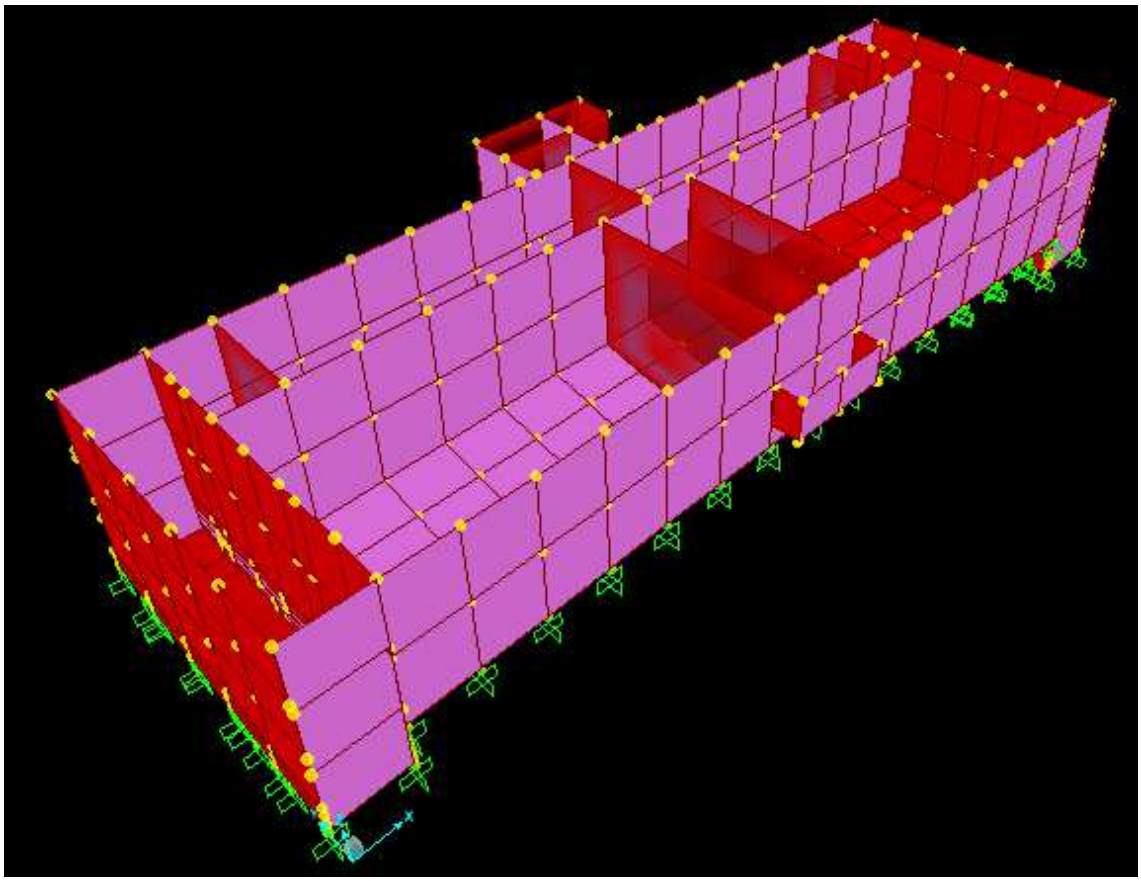


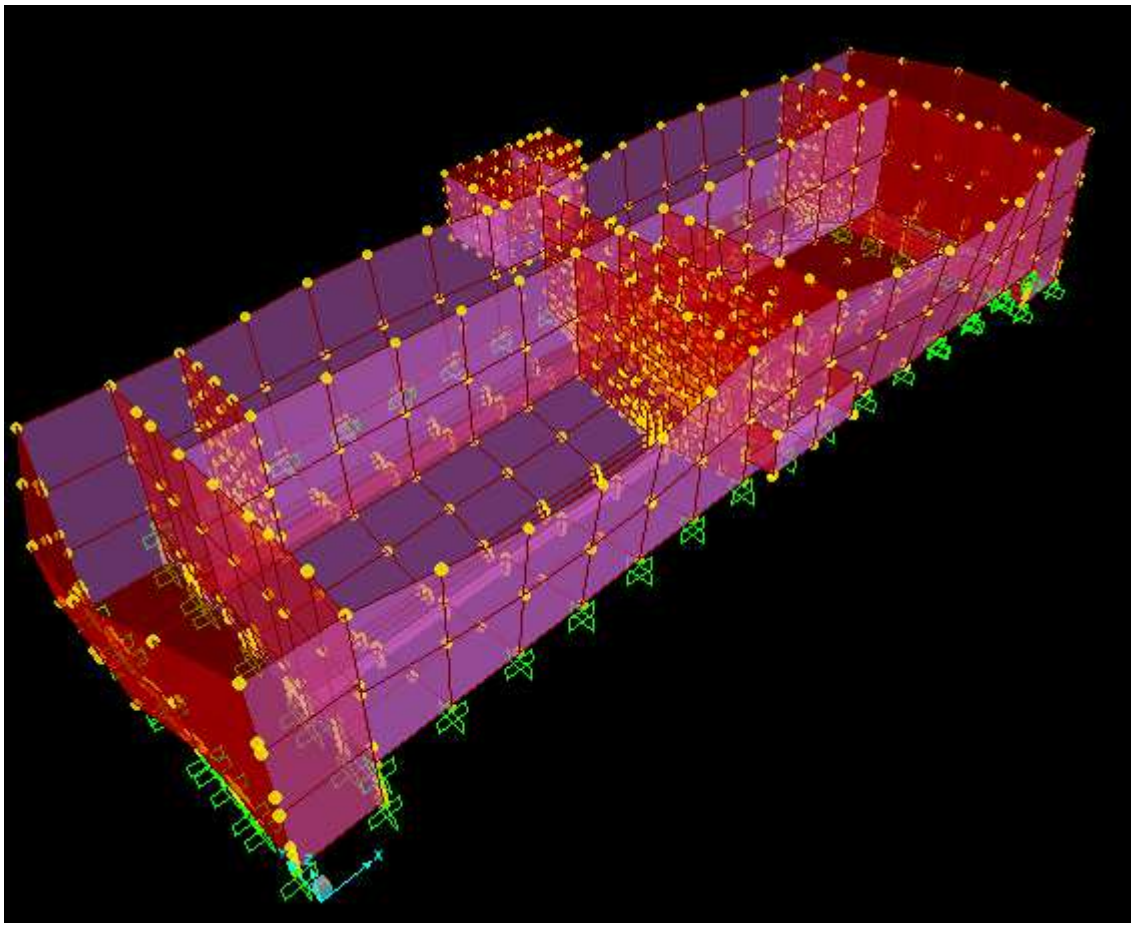


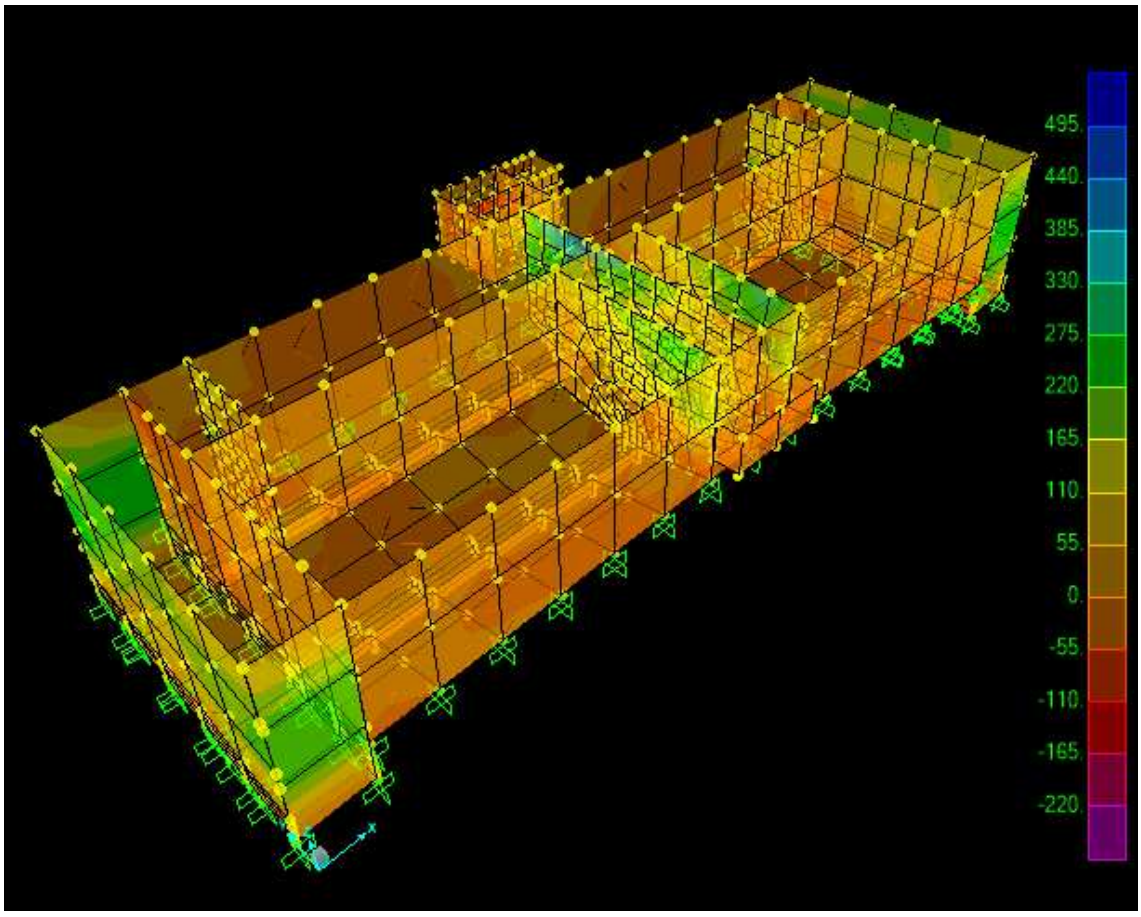


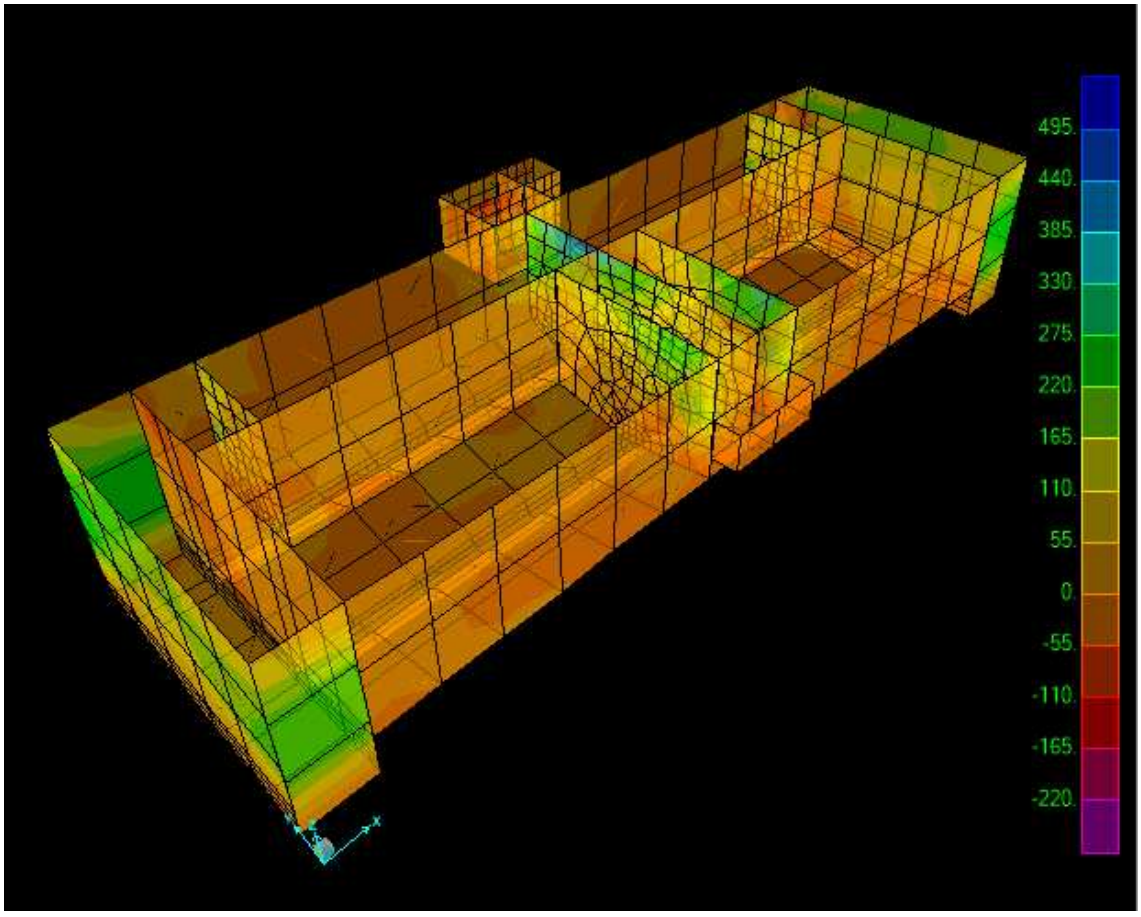
PRE-FILTRO



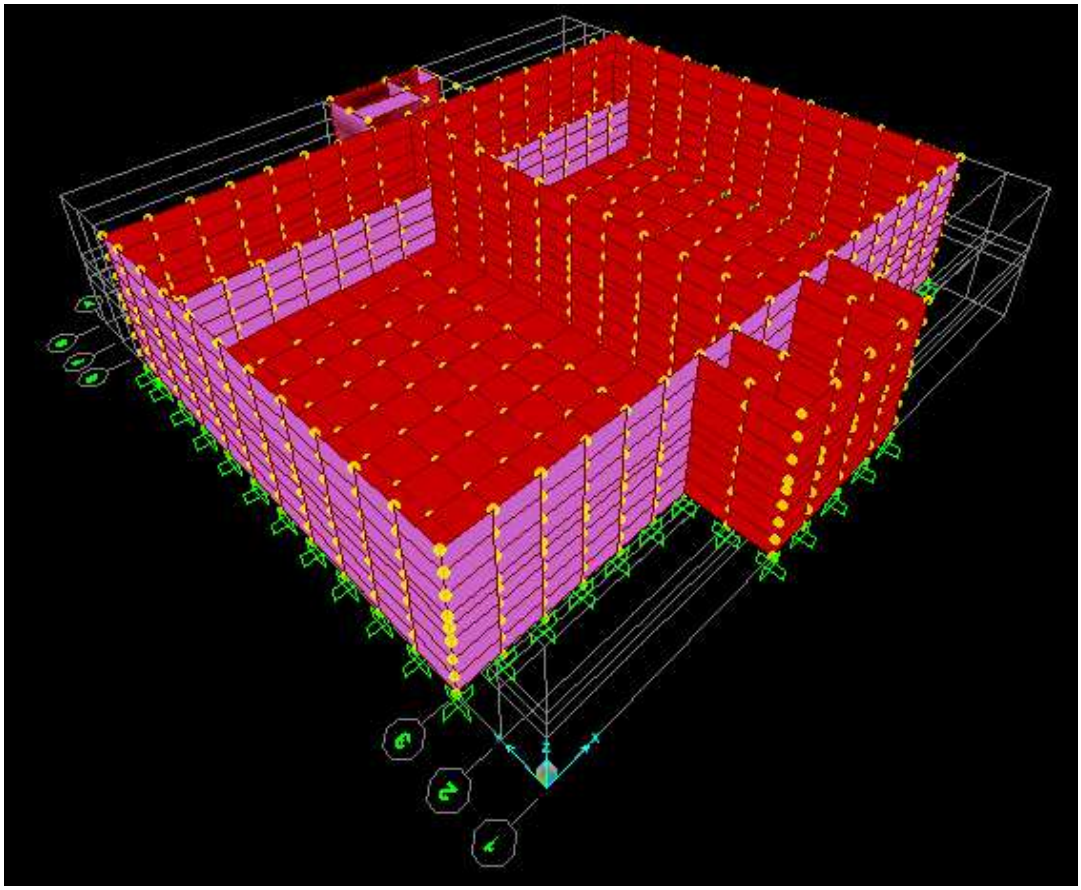


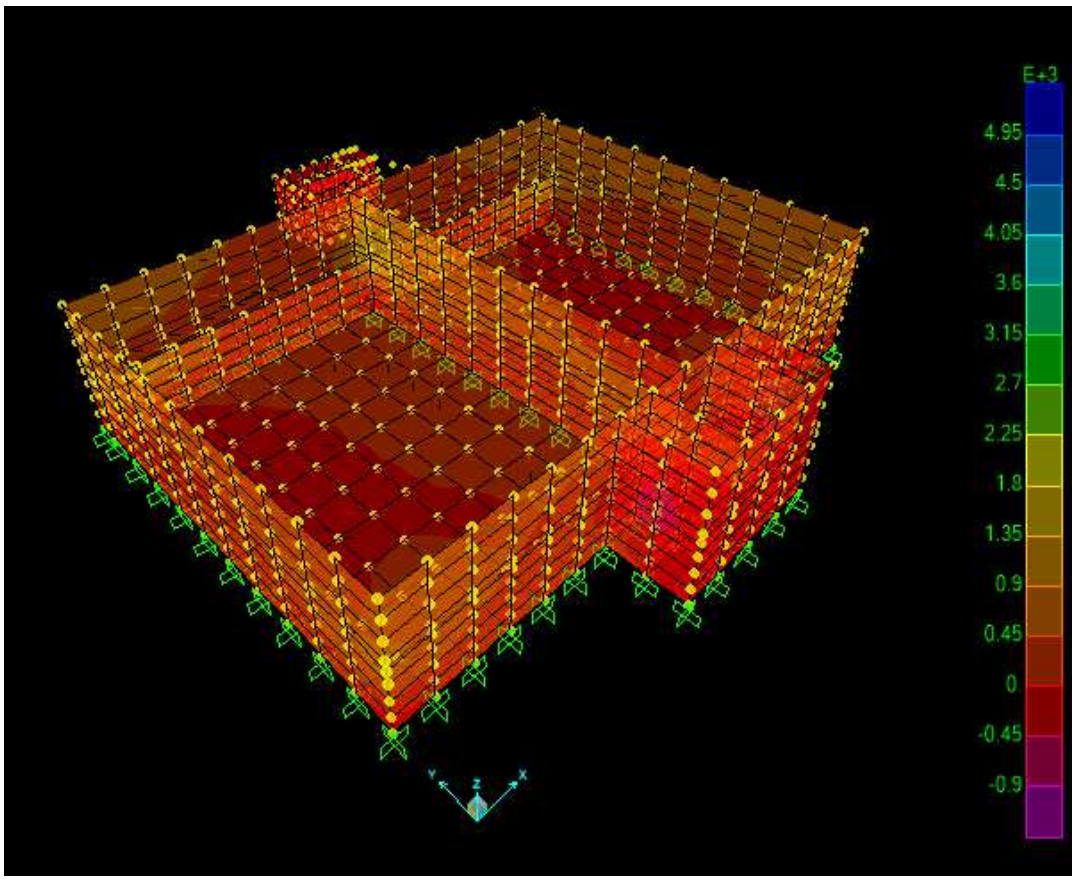



495.
440.
385.
330.
275.
220.
165.
110.
55.
0.
-55.
-110.
-165.
-220.


495.
440.
385.
330.
275.
220.
165.
110.
55.
0.
-55.
-110.
-165.
-220.

FILTRO LENTO





UNSCH FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS Nº 028-2024-FIMGC:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 211-2024-FIMGC-D**, a los veintisiete días del mes de marzo de 2024, siendo las 10:00 a.m, reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, bajo la presidencia del MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO Decano (e) de la FIMGC y los miembros; MSc. Edward LEON PALACIOS, MSc. Rocky Giban AYALA BIZARRO, M.Sc. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO, actuando como secretario docente el MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

Miguel Angel MERBUDO LUJAN

Quien presentó la tesis denominada:

ANALISIS DINAMICO Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE MARIA PARADO DE BELLIDO-AYACUCHO 2022.

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA DIECISEIS (16)

Siendo las 11:50 a.m. del día 27 de marzo de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO
Presidente

MSc. Edward LEON PALACIOS
Miembro

MSc. Rocky Giban AYALA BIZARRO
Miembro

MSc. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO
Miembro

MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel 066 312510
Anexo 151

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 35-2026-FIMGC/ASIH

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

Apellidos y Nombres	:	Miguel Angel MERBUDO LUJAN
Escuela Profesional	:	INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis	:	ANALISIS DINAMICO Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE MARIA PARADO DE BELLIDO-AYACUCHO 2022
Evaluación de la Originalidad	:	16 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega	:	3071564393

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

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 26 de octubre del 2026

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

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

Con depósito para Tramites
Cc. Archivo.

ANALISIS DINAMICO Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE MARIA PARADO DE BELLIDO-AYACUCHO 2022

por Miguel Angel MERBUDO LUJAN

Fecha de entrega: 26-oct-2026 03:39p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 3071564393
Nombre del archivo: A2_Tesis_Merbudo.pdf (3.12M)
Total de palabras: 25245
Total de caracteres: 133808

ANALISIS DINAMICO Y COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE MARIA PARADO DE BELLIDO-AYACUCHO 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	16%	3%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	es.slideshare.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
4	direccionsaneamiento.vivienda.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	vsip.info Fuente de Internet	<1%
8	fdocuments.net Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	<1%
10	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	www.overleaf.com Fuente de Internet	<1%
12	doi.org Fuente de Internet	<1%
13	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	Submitted to Engineers Australia Trabajo del estudiante	<1%
	alicia.concytec.gob.pe	

15	Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to tec Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
27	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 30 words
Excluir bibliografía	Activo		