



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE BLOQUES SISMO RESISTENTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Civil

**AUTORES:** Maira Katuska Mendoza Chavarría

Roy Paul Valarezo Valarezo

**TUTOR:** Ing. Leonardo Echeverria Fabre, DBA.

Guayaquil - Ecuador

2025

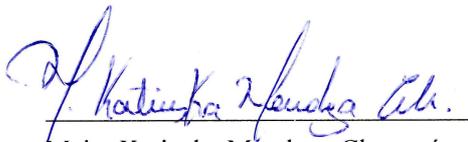
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Maira Katuska Mendoza Chavarría, con documento de identificación N° 0920127024 y Roy Paul Valarezo Valarezo, con documento de identificación N° 0704158336; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de enero del 2024

Atentamente,



Maira Katuska Mendoza Chavarría

C.I. 0920124024



Roy Paul Valarezo Valarezo

C.I. 0704158336

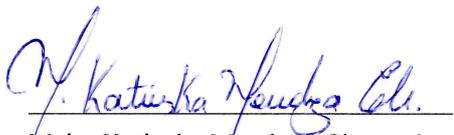
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Maira Katiuska Mendoza Chavarría, con documento de identificación N° 0920127024 y Roy Paul Valarezo Valarezo, con documento de identificación N° 0704158336, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico de Investigación: “Diseño de bloques sismo resistentes para la construcción de viviendas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del 2024

Atentamente,

  
Maira Katiuska Mendoza Chavarría

C.I. 0920124024

  
Roy Paul Valarezo Valarezo

C.I. 0704158336

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Ing. Leonardo Echeverría Fabre, DBA, con documento de identificación N° 0902290883, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "DISEÑO DE BLOQUES SISMO RESISTENTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS", realizado por Maira Katuska Mendoza Chavarría con documento de identificación 0920124024, y Roy Paul Valarezo Valarezo con documento de identificación N°0704158336. Obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del 2025

Atentamente,



---

Ing. Leonardo Echeverría Fabre, DBA.

C.I. 0902290883

## **DEDICATORIA**

Con infinita gratitud dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios, quien me ha brindado la sabiduría, la fuerza y fortaleza necesaria para superar cada obstáculo para seguir adelante.

A mis amados hijos Francois, Kathya, Milena quienes han sido mi mayor fuente de motivación, por su apoyo incondicional, por su amor que me llena de energía día tras día y su comprensión por mis días de ausencia, este logro también es de ustedes.

A mi madre, quien siempre ha creído en mí y ha sido el impulso que necesitaba para no rendirme, sus palabras y ejemplo a seguir como mujer fuerte y guerrera me han guiado en cada paso de este largo proceso.

Y a mi gran amiga incondicional, Kathya Ayala, cuyo apoyo y amistad han sido fundamentales en este proceso, gracias por estar a mi lado en los momentos más difíciles y por ser ese pilar de fortaleza. a mi compañero y gran hermano Roy Paul Valarezo, quien su apoyo en todos los semestres de carrera fueron fundamentales para seguir adelante en la carrera.

Este logro es el reflejo de todo el amor, paciencia, dedicación y esmero que he recibido de todos ustedes.

Con todo mi corazón, ¡gracias!

***Maira Katiuska Mendoza Chavarría***

## **DEDICATORIA**

Con infinito respeto primeramente a Dios, quien me ha brindado el apoyo y las fuerzas necesarias para seguir adelante en cada etapa de este proceso, permitiéndome alcanzar esta meta.

A mis amadas hijas, Deyna, Domenica, Daniela y Damaris Valarezo, quienes fueron mi motor para seguir luchando día a día en esta bella profesión, con el objetivo de ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación, y dejarles un buen legado.

A mi esposa, Patty, quien, a pesar de las dificultades vividas, ha estado presente en cada uno de los logros y metas alcanzadas. Su apoyo incondicional me ha fortalecido.

A mi madre, cuyo amor y enseñanzas siempre nos han impulsado a seguir adelante y mantenernos unidos. Agradezco cada una de sus oraciones, que han sido una fuente constante de bendición.

A mi hermano Roy Freddy, por esa unión, lealtad y el lazo que siempre hemos mantenido. Juntos nos hemos ayudado a mantenernos firmes y a superar cualquier obstáculo.

A mis demás hermanos y hermanas, quienes, junto a sus esposos y esposas, me brindaron su apoyo incondicional en cada etapa de este proceso.

A mi familia, por enseñarme la importancia de la unión y el apoyo mutuo, pilares que nos han permitido avanzar juntos en todo momento.

A mi querida familia de Patel Exports S.A., agradezco profundamente a cada uno de ustedes, quienes han sido un ejemplo de trabajo y dedicación para mí.

El lograr todo esto no sería posible sin el apoyo de cada uno de ustedes, y la bendición de Dios, que me ha dado salud y alegría para compartir con todos.

Gracias a todos.

***Roy Paul Valarezo Valarezo***

## AGRADECIMIENTO

A Dios, mi fuente inagotable de fortaleza y sabiduría, quien me ha guiado con su luz en este arduo pero enriquecedor camino.

A mis amados hijos Francois, Kathya y Milena, quienes son mi mayor inspiración y motor de vida, su amor incondicional y paciencia me dieron la fuerza para seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes, definitivamente este logro también les pertenece, porque cada página de esta lleva el eco de sus sonrisas y el calor de su apoyo de siempre.

A mi madre querida Rosa Lucía, ejemplo de perseverancia y valentía, quien con su amor infinito y sacrificio constante sembró en mi valores y principios que hoy me permiten alcanzar una meta más.

Al director de Tesis, Ing. Leonardo Echeverría Fabre, DBA, mi docente y tutor, por su guía, paciencia y dedicación en este proceso. Sus conocimientos, consejos y apoyo han sido fundamentales para dar forma a esta investigación.

A todos y cada uno de los docentes que han formado parte de mi camino académico, quienes con su pasión en la enseñanza dejaron en mí una huella imborrable, cada uno de ustedes han sido una fuente de inspiración y aprendizaje.

Finalmente, a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este logro, mi más profundo agradecimiento.

Con gratitud eterna,

*Maira Katiuska Mendoza Chavarría*

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, agradezco a Dios por ser mi fortaleza y guía en este camino, por darme la claridad necesaria para tomar decisiones acertadas y permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi familia, especialmente a mis hijas y esposa, quienes han sido un pilar fundamental en este proceso. Su apoyo constante, comprensión y paciencia ante el tiempo dedicado a este esfuerzo han sido el motor que me impulsó a seguir adelante.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica Salesiana, sede María Auxiliadora, por su valiosa enseñanza y experiencia compartida, que dejaron una huella importante en mi formación académica.

A mi compañera de tesis, Maira Katiuska Mendoza Chavarría, con quien compartí este reto. Su esfuerzo, responsabilidad y dedicación fueron claves para alcanzar los objetivos de este proyecto.

También agradezco al director de Tesis, Ing. Leonardo Echeverría Fabre, DBA, por su apoyo constante, así como por los conocimientos y la orientación que brindó en cada etapa de este trabajo, ayudándonos a lograr un resultado exitoso.

***Roy Paul Valarezo Valarezo***

2.6.3	Dimensiones modulares y nominales .....	18
2.6.4	Pruebas obligatorias .....	18
2.7	Muretes constituidos por bloques de hormigón .....	19
2.7.1	Tensión diagonal en muretes .....	21
2.8	Consideraciones para diseño sismorresistente .....	23
2.8.1	Sismología.....	23
2.8.2	Análisis de Peligrosidad Sísmica .....	23
2.8.3	Peligro sísmico del Ecuador y efectos sísmicos locales NEC – SE – DS	24
2.8.4	Zonificación sísmica y factor de zona Z.....	24
2.8.5	Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones .....	25
2.8.6	Análisis sísmico – combinaciones modales .....	27
2.8.7	. Combinación Modal .....	28
2.9	Marco Legal .....	29
	<b>CAPÍTULO 3 DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>	<b>30</b>
3.1	Tipo de investigación.....	30
3.2	Síntesis, pruebas a desarrollar .....	30
3.3	Materiales y agregados empleados .....	31
3.3.1	Recolección de materiales .....	31
3.3.2	Ensayos realizados a los materiales.....	31
3.4	Diseño de mezclas de prueba.....	33
3.4.1	Resistencia de diseño o resistencia esperada .....	33
3.4.2	Selección de revenimiento .....	34
3.4.3	Elección del tamaño máximo del agregado .....	34
3.4.4	Estimación de la cantidad de agua y contenido de aire.....	34

3.4.5	Selección de la relación agua cemento .....	35
3.4.6	Contenido de cemento .....	36
3.4.7	Estimación del agregado grueso y agregado fino.....	36
3.5	Especímenes para ensayos al hormigón en estado endurecido .....	37
3.5.1	Preparación de cilindros para ensayos de resistencia a la compresión	37
3.6	Elaboración de bloques: propiedades físicas y mecánicas.....	39
3.7	Elaboración de muretes .....	39
3.8	Modelación de un sistema estructural.....	40
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS Y RESULTADOS .....		41
4.1	Análisis de las características de los materiales empleados.....	41
4.1.1	Granulometría de los agregados.....	41
4.1.2	Propiedades para los agregados para el diseño de mezclas de prueba	43
4.2	Dosificación de mezclas de prueba .....	43
4.2.1	Elaboración de hormigón.....	43
4.2.2	Incorporación de material reciclado (PET) al hormigón.....	45
4.3	Propiedades mecánicas de los especímenes.....	47
4.3.1	Resistencia a la compresión de las dosificaciones de las mezclas de prueba	47
4.3.2	Resistencia a la flexión Módulo de rotura .....	48
4.3.3	Módulo de elasticidad teórico .....	50
4.4	Diseño de bloque.....	50
4.5	Propiedades físicas mecánicas de los bloques .....	52
4.5.1	Densidad .....	52
4.5.2	Resistencia a la compresión en mampuesto.....	52

<b>4.6 Propiedades mecánicas de muretes .....</b>	<b>53</b>
<b>4.6.1 Resistencia a la compresión axial en muretes .....</b>	<b>54</b>
<b>4.6.2 Resistencia a la compresión diagonal .....</b>	<b>54</b>
<b>4.7 Análisis de comportamiento estructural .....</b>	<b>55</b>
<b>4.7.1 Modelación de sistema estructural.....</b>	<b>55</b>
<b>4.7.2 Respuestas estructurales .....</b>	<b>62</b>
<b>4.8 Análisis de precio unitario de fabricación bloque tipo lego .....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 Conclusiones .....</b>	<b>69</b>
<b>5.2 Recomendaciones .....</b>	<b>69</b>
<b>CAPÍTULO 6 BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>70</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1 Consistencia y formas de compactación en función del asentamiento de la mezcla.....	7
Tabla 2.2 Clasificación de los hormigones según su trabajabilidad.....	7
Tabla 2.3 Tipos de hormigón según su densidad.....	8
Tabla 2.4 Clasificación de los bloques de hormigón de acuerdo con el uso .....	17
Tabla 2.5 Clasificación de los bloques de hormigón de acuerdo con la densidad.....	17
Tabla 2.6 Dimensiones mínimas de paredes y tabiques para bloques de Clase A.....	17
Tabla 2.7 Dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón. ....	18
Tabla 2.8 Resistencia a la compresión mínima para bloques de hormigón .....	18
Tabla 2.9 Absorción de agua máxima para los bloques de Clase A. ....	19
Tabla 2.10 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	25
Tabla 2.11 Valores de $\eta$ dependiendo de la región del Ecuador.....	27
Tabla 2.12 Ensayos requeridos para agregados y compuestos .....	29
Tabla 3.1 Límites granulométricos para agregado grueso .....	32
Tabla 3.2 Límites granulométricos para el agregado fino. ....	32
Tabla 3.3 Resistencia promedio $f'c$ cuando no hay datos para determinar desviación estándar.....	34
Tabla 3.4 Revenimientos recomendados según el elemento de hormigón .....	34
Tabla 3.5 Requerimientos de agua de mezclado y contenido de aire .....	35
Tabla 3.6 Relación agua/cemento según la resistencia del hormigón .....	35
Tabla 3.7 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón .....	36
Tabla 4.1 Propiedades de los agregados .....	43
Tabla 4.2 Resumen de pasos para elaboración de diseño de hormigón.....	44
Tabla 4.3 Pesos para elaboración de prototipo de hormigón .....	45
Tabla 4.4. Material PET considerado para cada prototipo .....	46
Tabla 4.5 Resistencia a la compresión de hormigones realizados .....	47
Tabla 4.6 Módulos de rotura de especímenes.....	49
Tabla 4.7 Módulos de elasticidad de los especímenes.....	50
Tabla 4.8 Resultados de resistencia a la compresión promedio de bloques .....	52
Tabla 4.9 Resistencias promedios en muretes .....	54

Tabla 4.10 Resistencia a la tensión diagonal .....	55
Tabla 4.11 Cargas permanentes consideradas .....	59
Tabla 4.12 Factores sísmicos .....	61
Tabla 4.13 Participación de masa. Estructura sin mampostería.....	62
Tabla 4.14 Participación de masa estructura mampostería convencional.....	64
Tabla 4.15 Participación de masa estructura con mampostería tipo lego .....	66
Tabla 4.16 Tabla de resultados análisis sísmicos .....	67
Tabla 4.17 Precio unitario en función de un metro cubico de volumen de fabricación.....	68
Tabla 4.18 Precio unitario bloque tipo lego.....	68

## CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Figura 2.1 Ensayo de compresión simple en cilindros de hormigón.....	8
Figura 2.2. Tipos de fallas por compresión en cilindros de hormigón .....	10
Figura 2.3 Ensayo a flexión en vigas de hormigón .....	11
Figura 2.4 Diagrama esfuerzo – deformación unitaria del hormigón.....	12
Figura 2.5 Fibras de PET aplicadas en la construcción .....	14
Figura 2.6 Nomenclatura de partes de bloque de hormigón.....	16
Figura 2.7 Ensayo de compresión en bloques de hormigón .....	19
Figura 2.8 Murete de bloques de hormigón.....	20
Figura 2.9 Falla por aplastamiento en mampostería.....	20
Figura 2.10 Falla por corte en mampostería .....	21
Figura 2.11 Falla por deslizamiento en mampostería .....	22
Figura 2.12 Ensayo de tensión diagonal en muretes.....	22
Figura 2.13 Factores que intervienen en la evaluación de la peligrosidad sísmica. ....	23
Figura 2.14 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.....	25
Figura 2.15 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño .....	26
Figura 2.16 Modos de vibración de una estructura.....	28
Figura 3.1 Materiales empleados para la fabricación de bloque tipo lego.....	31
Figura 3.2 Probetas cilíndricas .....	37
Figura 3.3 Probetas usadas para elaboración de muestras .....	38
Figura 3.4 Especímenes inmersos en agua para respectivo curado .....	38
Figura 3.5 Modelo de bloques tipo lego .....	39
Figura 3.6 Muretes de bloque tipo lego .....	39
Figura 3.7 Configuración en planta de estructura.....	40
Figura 4.1 Distribución granulométrica agregado grueso .....	41
Figura 4.2 Distribución granulométrica “arena industrial” .....	42
Figura 4.3 Distribución granulométrica “arena corriente” .....	42
Figura 4.4 Agregado fino.....	45
Figura 4.5 Elaboración de hormigón .....	46

Figura 4.6 Resultados obtenidos de resistencia de los cuatro prototipos de mezclas. ....	47
Figura 4.7 Rotura de especímenes cilíndricos .....	48
Figura 4.8 Resistencia a la flexión de los especímenes .....	49
Figura 4.9 Ensayo de flexión en vigas.....	50
Figura 4.10 Elaboración de bloque tipo lego.....	51
Figura 4.11 Dimensiones de bloque tipo lego .....	51
Figura 4.12 Proceso de basculado de bloque tipo lego.....	52
Figura 4.13 Ensayo de resistencia a la compresión de mampuesto .....	53
Figura 4.14 Elaboración de muretes .....	54
Figura 4.15 Ensayo de tensión diagonal en muretes.....	55
Figura 4.16 Vista en 3D de modelo arquitectónico de vivienda.....	56
Figura 4.17 Dimensiones de edificación .....	57
Figura 4.18 Vista isométrica en 3D de edificación.....	57
Figura 4.19 Propiedades del hormigón .....	58
Figura 4.20 Propiedades del acero de refuerzo.....	59
Figura 4.21 Configuración de carga muerta .....	60
Figura 4.22 Configuración de espectro de diseño.....	61
Figura 4.23 Estructura sin mampostería .....	62
Figura 4.24 Deriva Inelástica.....	63
Figura 4.25 Configuración de mampostería .....	64
Figura 4.26 Deriva inelástica mampostería convencional .....	65
Figura 4.27 Configuración de mampostería tipo lego .....	65
Figura 4.28 Deriva inelástica estructura mampostería tipo lego.....	66
Figura 4.29 Resumen de derivas inelásticas .....	67

## **CONTENIDO DE ANEXOS**

Anexo 1 Granulometría agregado grueso .....	72
Anexo 2 Granulometría agregado fino "arena corriente" .....	73
Anexo 3 Granulometría agregado fino "arena industrial" .....	74
Anexo 4 Ensayos resistencia a la compresión PET 0% .....	75
Anexo 5 Ensayos resistencia a la compresión PET 1% .....	78
Anexo 6 Ensayos resistencia a la compresión PET3% .....	81
Anexo 7 Ensayos resistencia a la compresión PET 5% .....	84
Anexo 8 Ensayo resistencia a la compresión de bloque .....	87
Anexo 9 Ensayo tensión diagonal de mampostería .....	89
Anexo 10 Ensayo compresión axial de mampostería .....	91
Anexo 11 Ficha técnica ligante para untar bloques .....	92
Anexo 12 Modelo arquitectónico Vivienda.....	93
Anexo 13 análisis estructural con ETABS .....	95
Anexo 14 Registros fotográficos .....	96

# CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

## DISEÑO DE BLOQUES SISMO RESISTENTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

### 1.1 Resumen

Este proyecto de investigación se basa en diseñar experimentalmente mampostería sismorresistente, con el objetivo de utilizarlos como material constructivo en las edificaciones teniendo en cuenta que sus características físicas y mecánicas deben cumplir con los requisitos vigentes de las diferentes normativas de nuestro entorno la materia prima que se ha empleado son componentes como cemento, agua y agregados pétreos, así como también la incorporación de materiales reciclados PET, contribuyendo así a la sostenibilidad medioambiental, además de dar ductilidad a la mampostería ofrecida. Posteriormente, con el diseño de la mezcla óptima, se desarrollaron bloques de concreto y muros de mampostería, los cuales fueron sometidos a diferentes ensayos de laboratorio para determinar sus parámetros físico-mecánicos tales como: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción diagonal y así comparar estos resultados con los parámetros físico-mecánicos de la mampostería convencional. Por último, con la ayuda de ETBAS que es un software de análisis estructural y modelamiento, se verificó el comportamiento estructural de estas mamposterías cuando se colocan en viviendas.

**Palabras claves:** Diseño de hormigón / bloques de hormigón con material reciclado PET/ muretes de bloques de hormigón/sismorresistencia.

#### 1.1.1 Abstract

This research project is based on experimentally designing seismic resistant masonry, with the aim of using them as a construction material in buildings, taking into account that their physical and mechanical characteristics must comply with the current requirements of the different regulations in our environment. the raw material that has been used are components such as cement, water and stone aggregates as well as the incorporation of recycled PET materials, thus contributing to environmental sustainability, in addition to giving ductility to the masonry offered. Subsequently, with the design of the optimal mixture, concrete blocks and masonry walls were developed, which were subjected to different laboratory tests to determine their physical-mechanical parameters such as: compressive strength, diagonal tensile strength and thus compare these results with the physical-mechanical parameters of conventional masonry. Finally, with the help of ETBAS, which is a structural analysis and

modeling software, the structural behavior of these masonry when placed in homes was verified.

Keywords: concrete design / concrete blocks with recycled material PET/ concrete block walls / seismic resistance.

## **1.2 Introducción**

En el mundo de la ingeniería civil existe una búsqueda continua por incorporar diferentes materiales que permitan la sostenibilidad ambiental con el fin de reducir los niveles de contaminación, pero al mismo tiempo estos componentes mejoran las características físicas y mecánicas de los materiales convencionales, asegurando así un producto final innovador y con mejores prestaciones que los tradicionalmente utilizados.

El objetivo de este proyecto de investigación es desarrollar una mampostería, cuya composición tenga agregados pétreos unidos por una matriz de cemento y que incorpore materiales plastificantes para que el producto final sea respetuoso con el medio ambiente, pero al mismo tiempo tenga un mejor comportamiento físico y mecánico cumpliendo con los requisitos especificados por la normativa vigente. La finalidad de la mampostería sísmica resistente es ser un producto dúctil, capaz de disipar energía por deformación, que, una vez colocado estratégicamente en los muros de mampostería, puede absorber los daños en caso de eventos sísmicos, evitando a su vez el colapso total de los muros, permitiendo que el edificio sufra el menor daño posible.

## **1.3 Antecedentes**

En el Ecuador existen una serie de edificaciones que dentro de sus procesos constructivos han utilizado diferentes tipos de elementos de mampostería como: adobe, ladrillos, bloques huecos, bloques industriales y paneles prefabricados, los cuales con el paso del tiempo y con la acción de los movimientos tectónicos que se han dado en el Ecuador, han sufrido grietas y fisuras de mayor importancia. ya que no juegan o no tienen un rol estructural que les permita una mejor respuesta a la aplicación de esfuerzos gravitacionales y sísmicos

Como es de conocimiento general tras el terremoto de abril de 2016; producidos en la zona de la costa ecuatoriana que ha generado múltiples daños a las edificaciones, muchas estructuras que han sido construidas con las técnicas de albañilería antes mencionadas, han sido objeto de intervención y en los peores casos han tenido que ser demolidas, como consecuencia de los daños que se ha producido debido a las exigencias a las que han sido sometidas, por lo

tanto, se hace necesario mejorar el funcionamiento de estos elementos a fin de evitar que se vean comprometidos y pongan en riesgo la integridad tanto de la estructura como de las personas que ocupan el edificio.

#### **1.4 Justificación**

Dentro del campo de la ingeniería civil, es importante el desarrollo de nuevos productos de mejores características frente a materiales convencionales, para disminuir el impacto ambiental.

El sistema tradicional de mampostería ha sido empleado en la edificación de estructuras, sin embargo, muchos de estos sistemas no cumplen con los requisitos adecuados de sismo resistencia, lo que incrementa el riesgo de daños o colapso ante un evento sísmico.

El uso de ladrillos tipo lego, se caracteriza por su facilidad de modulación y ensamblaje. Es una solución innovadora para mejorar la eficiencia, constructiva y reducir errores en obra.

Los ladrillos tipo lego tienen el potencial de generar un sistema de mampostería de fácil ensamblaje, lo que permite la optimización de la mano de obra, materiales y costos constructivos.

Este proyecto se enmarca en las normativas y estándares internacionales de construcción sismorresistente, asegurando que las soluciones propuestas sean viables y se puedan aplicar en contextos reales. La conformidad con estas normativas no solo garantiza la seguridad, sino que también facilita la aceptación y la implementación de nuevas tecnologías en la industria de la construcción.

Los desastres naturales, especialmente los terremotos, siguen siendo una de las principales causas de daños en infraestructuras y pérdidas de vidas humanas. La necesidad de construir edificaciones más seguras es crítica, especialmente en regiones sísmicamente activas. Este proyecto se propone innovar en el diseño de mampostería, proporcionando soluciones que mejoren la seguridad estructural.

La construcción sostenible es una tendencia creciente en la industria, y el uso de materiales reciclados en la fabricación de ladrillos tipo lego puede reducir el impacto ambiental de la construcción.

Este proyecto no solo busca mejorar la resistencia de las estructuras, sino también promover prácticas constructivas que sean respetuosas con el medio ambiente.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Desarrollar un sistema de mampostería sismo resistente con ladrillos tipo LEGO que optimice la resistencia estructural.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un prototipo de ladrillo tipo LEGO para uso en sistemas de mampostería sismorresistentes, otorgando una fácil modulación y montaje de la estructura.
- Evaluar las propiedades mecánicas de los materiales utilizados para fabricar ladrillos tipo LEGO, como resistencia a la compresión, flexión y unión entre piezas, en comparación con los materiales de construcción tradicionales en Ecuador, así como también el desarrollo de las pruebas de campo para la evaluación y análisis de los ladrillos determinando su optimización y eficiencia.
- Realizar un análisis de viabilidad económica con el estudio de costos comparando el sistema de mampostería con ladrillos tipo LEGO frente a métodos tradicionales de construcción, considerando: materiales, mano de obra, tiempo de ejecución en obra.

## **1.6 Hipótesis**

¿En qué medida los ladrillos tipo lego, fabricados con una mezcla de cemento, agregados pétreos y material reciclado PET, mejoran la resistencia sísmica y proporcionan un mejor aislamiento térmico y acústico en comparación con los ladrillos convencionales utilizados?

## **CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

### **2.2 Hormigón**

El hormigón se define como un conglomerado de piedra artificial, que está formado esencialmente por: un aglutinante (cemento), partículas o fragmentos de un árido (grava y arena), agua y aditivos específicos que mejoran sus características en función del uso que se le dé a la mezcla. Las propiedades del hormigón dependen de la calidad y las proporciones de todos los componentes de la mezcla. La principal característica del hormigón es que resiste las tensiones de compresión, pero es frágil a las tensiones de tracción, por lo que el hormigón se arma con barras de acero y se denomina hormigón armado. El uso del acero cumple la misión de transmitir las fuerzas de tracción a las que está sometida la estructura. La única mezcla de cemento, arena y agua se llama mortero.

#### **2.2.1 Componentes**

##### **2.2.1.1 Cemento**

El cemento es un material inorgánico finamente molido que, al mezclarse con agua, forma una pasta que se solidifica y endurece mediante reacciones y procesos de hidratación (INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES, 2017). La producción de cemento consiste en la cocción a una temperatura entre 1300 y 1400 °C, una mezcla homogénea de piedra caliza y arcilla que forma clínker. Posteriormente, se muele el clínker y se añaden bajos porcentajes de yeso y material puzolánico.

##### **2.2.1.2 Cemento tipo HE**

Es un cemento de alto rendimiento en cuanto a propiedades mecánicas a temprana edad, puede ser utilizado en edificaciones, obras viales, estructuras de hormigón premezclado y prefabricados de hormigón, cuenta con licencia ambiental y cuenta con certificado de cumplimiento de la marca de calidad INEN (UNACEM, 2018).

##### **2.2.1.3 Agregados**

Los agregados son materiales granulares procedentes de la descomposición natural de la roca, u obtenidos por trituración. Los agregados ocupan alrededor del 60-75% del volumen de concreto y afectan las propiedades en estado fresco y endurecido. El agregado fino se define como aquel que pasa por el tamiz de 3/8" y se retiene en la malla No. 200, se utiliza en el concreto para mejorar las propiedades de la mezcla plástica, facilitar el acabado, promover la uniformidad y evitar la segregación. La arena debe pasar las pruebas de consistencia estándar,

impurezas orgánicas que podrían reaccionar desfavorablemente con los álcalis cementosos (Joe, 2012).

#### **2.2.1.4 Agua**

El agua de mezcla es la cantidad total de agua contenida en el hormigón fresco, esta cantidad se utiliza para el cálculo de la relación agua-cemento (A/C). El agua de amasado está compuesta por:

- El agua añadida a la mezcla.
- Humedad superficial de los áridos.
- Una cantidad de agua de los aditivos.

El agua de amasado cumple una doble función en la tecnología del hormigón: por un lado, permite hidratar el cemento y, por otro, es fundamental para garantizar la trabajabilidad y la buena compactación del hormigón. El agua de amasado no debe contener sustancias en suspensión o disueltas que alteren el fraguado del hormigón. Los requisitos físicos y químicos que debe cumplir el agua para ser utilizada en el diseño del hormigón se especifican en la norma NTE INEN 2617 "*Hormigón de cemento hidráulico*". *Agua para mezclar. Requisitos*".

### **2.2.2 Propiedades del hormigón fresco**

#### **2.2.2.1 Consistencia**

Se define como la menor o mayor facilidad con la que el hormigón fresco se deforma y varía en función de los siguientes factores:

- Cantidad de agua para amasar.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma del agregado.
- Método de compactación.

El cono de Abrams es el método más usado en nuestro medio, y consiste en colocar el hormigón en un cono de metal truncado, con un diámetro de 8 pulgadas en la base, 4 pulgadas en la parte superior y una altura de 12 pulgadas, en 3 capas compactadas con 25 golpes cada una y medir el asentamiento. Los hormigones según su consistencia se clasifican en:

**Tabla 2.1 Consistencia y formas de compactación en función del asentamiento de la mezcla**

CONSISTENCIAS	ASENTAMIENTO CONO DE ABRAMS (cm)	FORMA DE COMPACTACIÓN
Seca	0 a 2	Vibrado energético en taller
Plástica	3 a 5	Vibrado energético en obra
Blanda	6 a 9	Vibrado o apisonado
Fluida	10 a 15	Barra
Líquida	>16	Barra

*Fuente: (CONSTRUCTOR CIVIL, 2014).*

### 2.2.2.2 Trabajabilidad

Se define como la facilidad para transportar, colocar y compactar el hormigón fresco sin segregación (Sanhueza, 2015). Los siguientes factores influyen en la trabajabilidad del hormigón:

- Tipo y duración del transporte.
- Consistencia del hormigón (deflexión o asentamiento del cono de Abrams).
- El tamaño, forma y textura de la superficie del agregado fino y grueso.
- Aire encendido.
- Cantidad de agua.
- Temperatura.
- Aditivos

Por su trabajabilidad, el hormigón se divide en:

**Tabla 2.2 Clasificación de los hormigones según su trabajabilidad**

TRABAJABILIDAD	ASENTAMIENTO EN CONO DE ABRAMS (cm)
Poco trabajables	0 - 2
Trabajables	3 - 5
Muy trabajables	6 - 9

*Fuente: (CONSTRUCTOR CIVIL, 2014).*

### 2.2.2.3 Homogeneidad

Es la cualidad del hormigón que sus componentes estén distribuidos uniformemente en la masa, es decir, en cualquier parte de su masa los componentes del hormigón deben estar perfectamente mezclados y en las proporciones previstas al diseñar la mezcla, la homogeneidad del hormigón. Depende de la mezcla, el transporte y la instalación adecuados.

#### 2.2.2.4 Cohesión

Se define como una propiedad que permite controlar la segregación en la etapa de transferencia de la mezcla y facilita la manipulación durante la compactación en sitio (Chinga, 2015).

#### 2.2.2.5 Exudación

Este fenómeno es causado por la subida del agua de amasado durante el fraguado. Los ingredientes del concreto fresco tienen diferentes densidades, los agregados tienden a sedimentarse y el agua menos densa sube, provocando que el agua forme una capa delgada, débil y porosa en la superficie del concreto (Ingeniero de Caminos, 2016).

### 2.2.3 Propiedades del hormigón endurecido

#### 2.2.3.1 Densidad

Es la relación de la masa del hormigón y su volumen. Las densidades de los distintos tipos de hormigones oscilan entre:

*Tabla 2.3 Tipos de hormigón según su densidad*

Tipo de Hormigón	Densidad
Ligero	< 2000
Normal o Convencional	2000 - 2800
Pesado	>2800

Elaborado por: (Valarezo & Mendoza)

#### 2.2.3.2 Resistencia a la compresión

*Figura 2.1 Ensayo de compresión simple en cilindros de hormigón.*



Fuente: (Valarezo & Mendoza).

Es la propiedad principal del hormigón o mortero, definida como la capacidad de transferir carga por unidad de área, medida en unidades de tensión (kg/cm<sup>2</sup>, MPa). Este parámetro mecánico del hormigón está influenciado por la resistencia e interacción de sus diversos componentes, como la resistencia de la matriz o pasta de cemento y la resistencia de los áridos pétreos.

El ensayo se realiza sobre muestras cilíndricas, con base en la norma NTE INEN 1573 "Concreto cemento-hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto de cemento" o ASTM C 39 "Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto" aplicando progresivamente una carga de compresión axial a las muestras cilíndricas, a una velocidad consistente con el código, hasta que la muestra se agrieta o falla (consulte la Figura 2.2). La resistencia a la compresión está determinada por la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- $f'c$ : Resistencia a compresión. (kg/cm<sup>2</sup>)
- P: Carga máxima soportada por la probeta. (kg)
- A: Área de la sección transversal de la probeta. (cm<sup>2</sup>)

Las muestras analizadas muestran varios tipos de grietas, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 2.2. Tipos de fallas por compresión en cilindros de hormigón

TIPOS	FALLA EN LA PROBETA	DESCRIPCIÓN
1		Conos en ambos extremos razonablemente bien formados, fisuras a través de la cabecera menor a 25mm.
2		Cono bien formado en unos de los extremos, fisuras verticales que recorren a través de la cabecera, cono no muy definido en el otro extremo.
3		Fisura vertical columnas a través de ambos extremos, conos no muy definidos.
4		Fractura diagonal sin fisuras a través de los bordes, golpear con un martillo para distinguir del Tipo 1.
5		Fracturas a los lados, en el extremo superior o en el fondo (Ocurren comúnmente cuando se ensaya con neoprenos)
6		Similar a la 5, pero el extremo del cilindro está en punto.

Fuente: (NTE INEN 1573, 2010).

### 2.2.3.3 Resistencia a la flexión

*Figura 2.3 Ensayo a flexión en vigas de hormigón*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

Es una medida del momento resistente a la falla de una viga o losa de concreto no reforzado. La resistencia a la flexión se expresa en módulo de ruptura (MR) y se determina mediante el método de prueba ASTM C78 o ASTM C293.

Las pruebas de resistencia a la flexión se utilizan para diseñar pavimentos rígidos.

El módulo de ruptura se utiliza como parámetro para pruebas de campo y aceptación de pavimentos.

Si la falla ocurre en el tercio medio de la viga

$$MR = \frac{P * L}{b * d^2}$$

Donde:

- MR: Módulo de rotura. (kg/cm<sup>2</sup>)
- P: Carga máxima. (kg)
- L: Luz entre apoyos de la viga. (cm)
- b: Ancho de la viga. (cm)
- d: Altura de la viga. (cm) Si la falla ocurre fuera del tercio medio de la viga

Si la falla ocurre fuera del tercio medio de la viga

$$MR = \frac{3 * P * a}{b * d^2}$$

Donde:

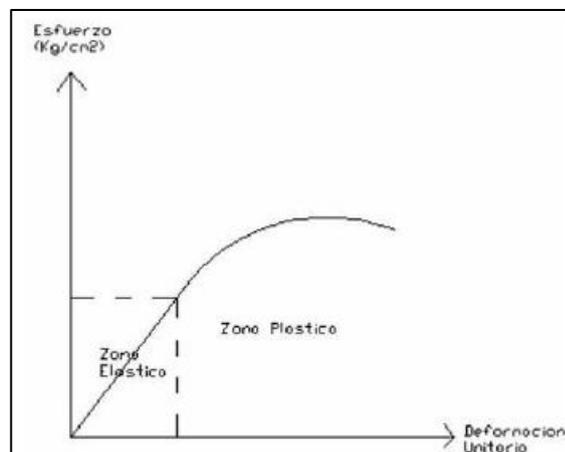
- MR: Módulo de rotura. (kg/cm<sup>2</sup>)
- P: Carga máxima. (kg)
- a: Distancia entre la sección de falla y el apoyo más próximo medido sobre el eje longitudinal de la cara inferior de la viga. (cm)
- b: Ancho de la viga. (cm)
- d: Altura de la viga. (cm)

#### 2.2.3.4 Módulo de elasticidad

(Frías Muñoz y Salazar Amagua, 2019) afirman: “El módulo de elasticidad es una relación tensión-deformación que mide la resistencia del hormigón a la deformación. Esta propiedad es muy importante porque representa la rigidez del material bajo carga impuesta. En materiales completamente elásticos, el módulo de elasticidad es constante e independiente de la tensión aplicada, también se le llama módulo de Young, mientras que en materiales llamados inelásticos, el módulo de elasticidad depende del valor de la tensión aplicada.

La Figura 2.4 muestra la característica tensión-deformación de un elemento de concreto en la cual se pueden observar dos zonas, la primera corresponde a la zona elástica donde la tensión y deformación pueden variar aproximadamente del 0% al 45% de la resistencia a la compresión del concreto, la segunda corresponde a la zona plástica, que representa una línea curva resultante de las microfisuras que se presentan en el concreto al recibir una carga, estas grietas se ubican en la superficie de la pasta agregada y representan del 45% al 98% de la resistencia. del hormigón (Jesús Osorio, 2016).

*Figura 2.4 Diagrama esfuerzo – deformación unitaria del hormigón.*



*Fuente: (Osorio, 2018).*

Para obtener el valor del módulo de elasticidad, se utiliza el método secante para trazar una línea secante en la curva tensión-deformación del ensayo de compresión (ver Figura 2.1), que da los siguientes puntos:

En los modelos elásticos de estructuras destinadas a acciones sísmicas, según los métodos enumerados en el código de construcción ecuatoriano NEC, el módulo de elasticidad del concreto se calcula mediante la siguiente expresión.

$$E_c = 4.7 * \sqrt{f'_c}$$

Donde:

- $f'_c$ : Resistencia a la compresión del hormigón. (MPa)

#### 2.2.3.5 Módulo de Poisson

El módulo de Poisson del hormigón es la relación entre la deformación transversal y la deformación longitudinal o axial del elemento. Este parámetro generalmente se determina de acuerdo con *el método de prueba estándar ASTM C 469 para determinar el módulo elástico estático y la relación de Poisson. hormigón (cemento) sometido a compresión*” (Constructor Civil, 2011).

El módulo de Poisson se determina con la siguiente expresión:

$$v = \frac{\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}}{\epsilon_{t2} - 0.00005}$$

Donde:

- $v$ : Coeficiente de Poisson
- $\epsilon_{t2}$ : Deformación específica transversal a la mitad de la altura del espécimen producida por el esfuerzo  $S_2$
- $\epsilon_{t1}$ : Deformación específica transversal a la mitad de la altura del espécimen producida por el esfuerzo  $S_1$

#### 2.2.3.6 Ductilidad

Es la capacidad de un material de continuar deformándose de forma no lineal incluso con aumentos de carga mínimos, nulos o incluso reducidos. El índice de plasticidad sirve como

referencia para la capacidad de un material para disipar energía cuando entra en el rango inelástico. La expresión para calcular la plasticidad es la siguiente:

$$\mu = \frac{Du}{Dy}$$

Donde:

- Du: Desplazamiento último.
- Dy: Desplazamiento de fluencia.

## 2.3 Fibras en el Hormigón

El hormigón reforzado con fibra se compone de cemento, agua, áridos de piedra y fibras dispersas orientadas aleatoriamente. Las fibras del hormigón están destinadas a aumentar la resistencia a la tracción, reducir el agrietamiento, aumentar la resistencia al transmitir tensiones a través de la sección agrietada y reducir los efectos de la contracción de la adherencia. Aumenta la resistencia a los golpes y la fatiga.

### 2.3.1 Fibras de Tereftalato de polietileno (PET)

El Tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietileno Tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, Polyethylene Terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de textiles y bebidas.

El PET es un polímero que se obtiene químicamente mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

*Figura 2.5 Fibras de PET aplicadas en la construcción*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

Morteros reforzados con fibras de PET reciclado permite entregar una mayor resistencia mecánica y rigidez, aunque también pudiera representar disminución en los costos de producción respecto a los morteros convencionales.

Estudios realizados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), determinan que un mortero convencional tiene resistencia aproximada a la flexión de 15 por ciento, mientras que al usar fibras de PET puede aumentar entre un 20 y 30 por ciento.

Dentro de sus propiedades más relevante del PET, se tiene:

- Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza.
- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor.
- Totalmente reciclable.
- Liviano.
- Impermeable.

## **2.4 Mampostería**

La mampostería es un sistema constructivo tradicional que consiste en construir muros colocando manualmente los elementos o materiales que los constituyen (los llamados muros), utilizando una mezcla de cemento, arena y agua (Cibao, 2018). Los tipos de muros incluyen: muro de carga y muro sin carga.

Un muro no portante es aquel que tiene como función principal dividir el espacio, sin una función explícita u oculta de transferencia de cargas desde niveles superiores. Este tipo de muros son tabiques o fachadas de edificios con sistemas portantes de hormigón, acero o incluso madera. El muro de carga, además de las características indicadas anteriormente, requiere una mayor resistencia de los elementos, suficiente para transferir las cargas de niveles superiores.

## **2.5 Mampuestos**

Los elementos utilizados para construir un muro o muros se denominan mampostería y pueden incluir ladrillos, bloques prefabricados de cemento, piedras cortadas de formas regulares o irregulares, entre otros.

## **2.6 Bloques de hormigón**

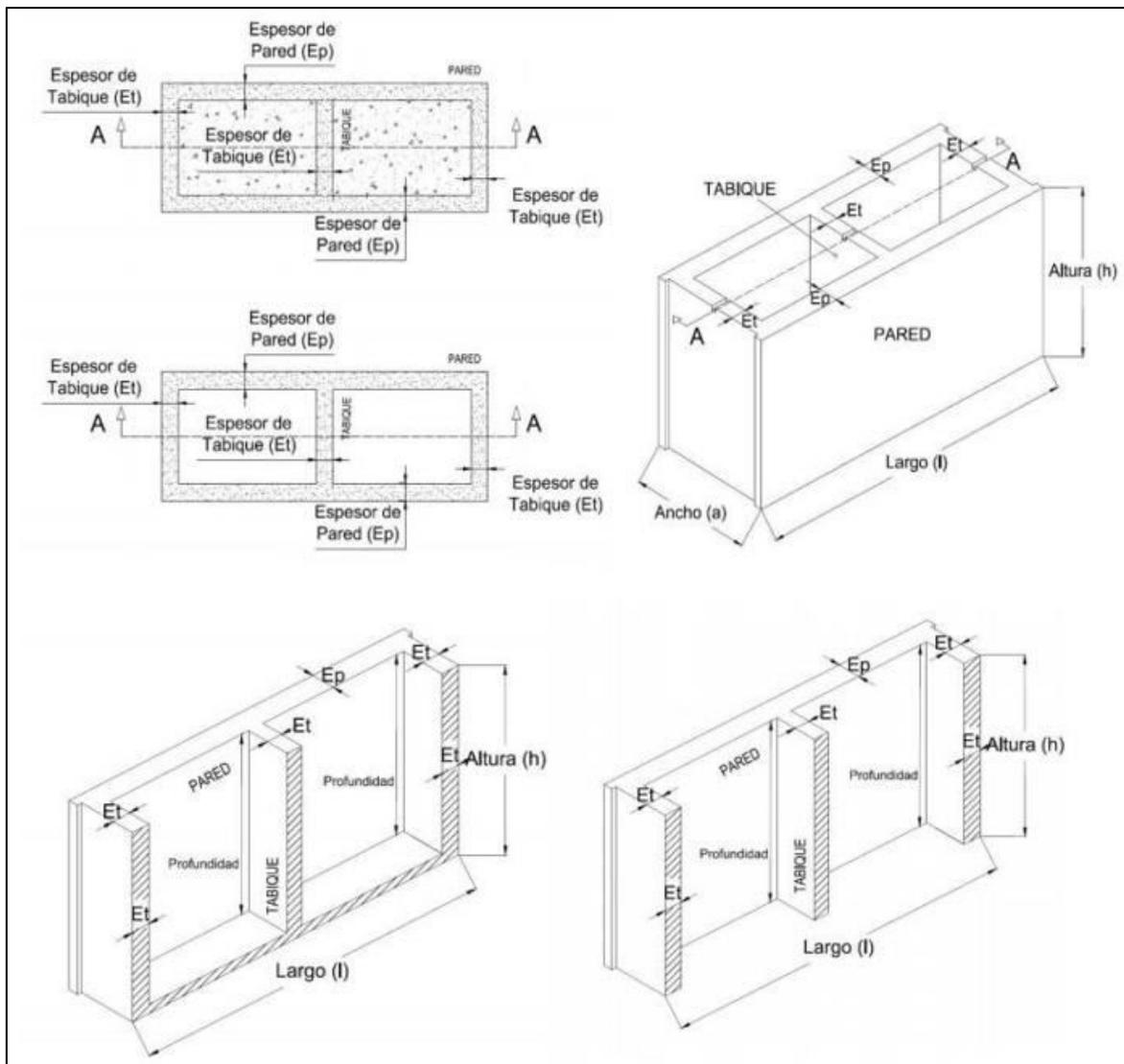
Un bloque de hormigón es un cubo de rectangular prefabricado, con o sin agujeros en

su interior, fabricado con cemento hidráulico, agua, árido fino y grueso de granulación específica, con o sin aditivos, con una forma y dimensiones que faciliten su transporte, almacenamiento y montaje. en muro cerrado o reforzado (NTE INEN 3066, 2016). En la Figura 2.6 se puede apreciar la nomenclatura de las partes del bloque de hormigón,

Donde:

- $l$  = largo,  $h$  = altura,  $a$  = ancho,  $E_p$  = espesor pared,  $E_t$  = espesor tabique.

**Figura 2.6 Nomenclatura de partes de bloque de hormigón.**



**Fuente:** (NTE INEN 3066, 2016).

### 2.6.1 Clasificación de los bloques de hormigón

Según la norma (NTE INEN 3066, 2016) los bloques se clasifican de acuerdo con el uso (Ver Tabla 2-4) y densidad (Ver Tabla 2-5).

*Tabla 2.4 Clasificación de los bloques de hormigón de acuerdo con el uso*

CLASE	USO
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamiento en losas

*Fuente: (NTE INEN 3066, 2016).*

*Tabla 2.5 Clasificación de los bloques de hormigón de acuerdo con la densidad*

TIPO	DENSIDAD DEL HORMIGÓN (kg/m <sup>3</sup> )
Liviano	< 1680
Mediano	1680 - 2000
Normal o convencional	2000 - 2800
Pesado	> 2800

*Fuente: (NTE INEN 3066, 2016).*

La mampostería estructural es un sistema formado por bloques de hormigón que forman sistemas monolíticos capaces de soportar cargas de gravedad, terremotos, viento, etc. La albañilería no estructural se utiliza principalmente en tabiques para no rigidizar la estructura ya que esto puede causar problemas como cortes cortos, columnas y suelos blandos.

### 2.6.2 Dimensiones del bloque de hormigón

La Tabla 2.10 muestra el espesor mínimo de tabiques, paredes y el área mínima normalizada de tabiques para bloques de clase (A). La tolerancia máxima de largo, ancho y alto es de  $\pm 3$  mm de las dimensiones nominales. El espesor mínimo de paredes y tabiques deberá ser de 13 mm para bloques de clase B y C.

*Tabla 2.6 Dimensiones mínimas de paredes y tabiques para bloques de Clase A.*

ANCHO MODULAR DEL BLOQUE (mm)	ESPESORES MÍNIMOS DE PAREDES Y TABIQUES (mm)		ÁREA MÍNIMA NORMALIZADA DE TABIQUES (mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
	PAREDES	TABIQUES	
≤ 100	19	19	45140
101 a 150	25	19	45140
> 150	32	19	45140

*Fuente: (NTE INEN 3066, 2016).*

## 2.6.3 Dimensiones modulares y nominales

### 2.6.3.1 Dimensión modular

La norma (NTE INEN 3066, 2016) especifica que: “La dimensión modular corresponde al largo, ancho y alto de los bloques de concreto, es el resultado de la suma de la dimensión nominal y el ancho de una junta determinada”.

### 2.6.3.2 Dimensión nominal

La norma (NTE INEN 3066, 2016) establece que: “La dimensión nominal corresponde al largo, ancho y alto de los bloques de concreto al final del proceso productivo”, que se pueden combinar entre sí, considerando que el largo es mayor que el ancho. Además, si se acuerda entre el fabricante y el destinatario, es posible producir bloques de hormigón con dimensiones distintas a las indicadas en la Tabla 2-7.

*Tabla 2.7 Dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón.*

Dimensiones modulares			Dimensiones nominales		
Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
400	300	200	390	290	190
		250			240
300	200		290	190	
		150			140
200	100	100	190	90	90

*Fuente: (NTE INEN 3066, 2016).*

## 2.6.4 Pruebas obligatorias

Según la norma (NTE INEN 3066, 2016), los bloques de concreto deben ser sometidos a los siguientes ensayos: Resistencia a la compresión, absorción de agua y densidad.

### 2.6.4.1 Resistencia a la compresión

Esta prueba implica determinar la carga que hace que un bloque de concreto se agriete. Los bloques de concreto deben cumplir con la resistencia mínima neta a la compresión simple especificada en la Tabla 2.8 Resistencia a la compresión mínima para bloques de hormigón.

*Tabla 2.8 Resistencia a la compresión mínima para bloques de hormigón*

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA NETA MÍNIMA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)		
	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Promedio de 3 bloques	13.8	4	1.7
Por bloque	12.4	3.5	1.4

*Fuente: (NTE INEN 3066, 2016).*

*Figura 2.7 Ensayo de compresión en bloques de hormigón*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

#### **2.6.4.2 Absorción de agua**

Para la prueba de absorción de agua se requiere una muestra compuesta por 3 bloques libres de defectos de cada lote, los cuales serán sumergidos en agua hasta su saturación, pesados y secados. Los bloques deben cumplir con los valores máximos especificados en la Tabla 2.9.

*Tabla 2.9 Absorción de agua máxima para los bloques de Clase A.*

TIPO	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN DE AGUA PROMEDIO MÁXIMA (kg/m <sup>3</sup> )	ABSORCIÓN DE AGUA MÁXIMA POR UNIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
Liviano	< 1 680	288	320
Medio	1680 a 2000	240	272
Normal	> 2 000	208	240

*Fuente:* (NTE INEN 3066, 2016).

### **2.7 Muretes constituidos por bloques de hormigón**

Es un sistema constructivo que consiste en unir bloques de concreto en forma de viga mediante un mortero compuesto por cemento, arena y agua en proporciones adecuadas para crear elementos de mayor tamaño, como se muestra en Figura 2.8. El mortero adhesivo deberá cumplir con la norma NTE INEN 0247 (ASTM C207). Estos morteros, de acuerdo con sus principales propiedades, deben caracterizarse por una buena plasticidad, consistencia y capacidad de retener una mínima cantidad de agua para hidratar el cemento, así como proporcionar una adecuada adherencia a los elementos de albañilería para desarrollar su efecto cementoso. (CNE-SE-MP, 2014).

**Figura 2.8 Murete de bloques de hormigón**

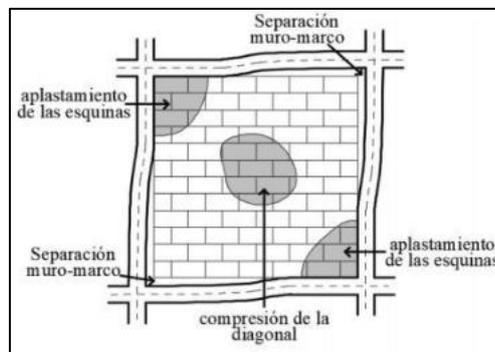


**Fuente:** (Valarezo & Mendoza).

### Resistencia a la compresión en muretes constituidos por bloques de hormigón

En un edificio, el muro está sujeto a cargas verticales que hacen que falle por aplastamiento, lo que crea importantes tensiones de compresión en las esquinas del muro, como se muestra en la Figura 2.9.

**Figura 2.9 Falla por aplastamiento en mampostería.**



**Fuente:** (Pérez, Castorena, Reyes, Barraza, & Graciano, 2019)

Ensayo de compresión de muros de bloques de concreto, que consiste en aplicar una carga vertical que aumenta gradualmente a un muro de dimensiones conocidas hasta que el muro falla, en este ensayo se tomó en cuenta la norma ASTM E519/E519M-22

La tensión de compresión de un muro de bloques de hormigón se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- $\sigma c$ : Esfuerzo a la compresión del murete de bloques de hormigón. (MPa)
- P: Carga máxima sobre el murete de bloques de hormigón. (N)
- A: Área del murete perpendicular a la acción de la carga. (mm<sup>2</sup>)

De acuerdo con la norma mexicana mx-C-464-Onncce-2010, se debe tener en cuenta que las dimensiones de la mampostería utilizada en la construcción varían dependiendo de las necesidades, por lo que se utiliza un nuevo factor de corrección. Por tanto, la nueva tensión de compresión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma c^* = \frac{\sigma c}{1 + 2.5Cm}$$

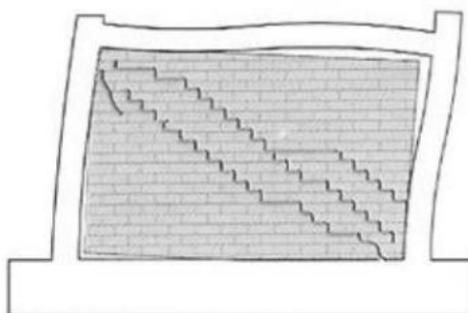
Donde:

- $\sigma c^*$ : Esfuerzo a la compresión del murete de bloques de hormigón corregido.
- Cm: Coeficiente de variación
- $Cm \geq 0.10$  Control de Calidad
- $Cm \geq 0.15$  Otros casos (Resistencia a la Compresión)
- $Cm \geq 0.20$  Otros casos (Resistencia al Corte)

### 2.7.1 Tensión diagonal en muretes

Cuando ocurre un terremoto, la mampostería del edificio generalmente se agrieta debido al corte y al deslizamiento. La falla por corte en mampostería ocurre cuando la escalera se desliza a través de la junta de mortero. La siguiente figura muestra el tipo de falla por corte.

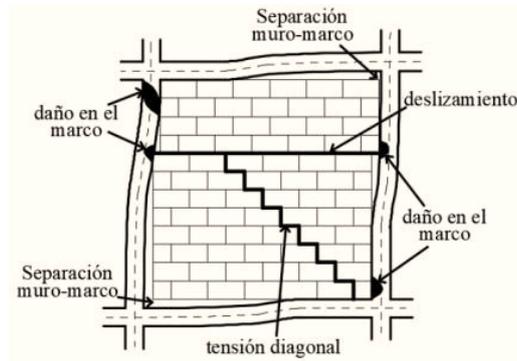
*Figura 2.10 Falla por corte en mampostería*



*Fuente: (Arboleda, 2013).*

El daño por deslizamiento ocurre a lo largo de la junta horizontal de mortero (ver Figura 2.11) y resulta de una falta de adherencia entre los elementos que componen el muro.

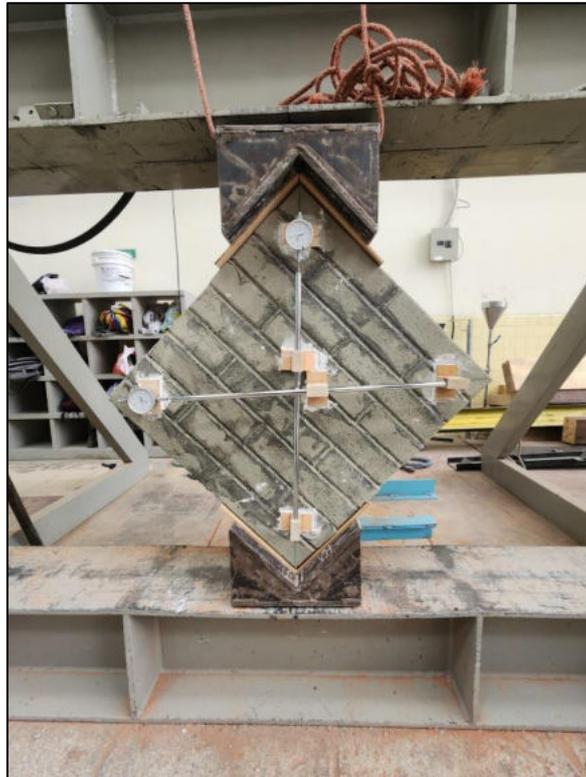
**Figura 2.11** Falla por deslizamiento en mampostería



**Fuente:** (Pérez, Castorena, Reyes, Barraza, & Graciano, 2019)

Por lo tanto, para simular el comportamiento del muro bajo carga lateral sísmica, se realiza una prueba de tensión diagonal aplicando una carga vertical a las esquinas del muro, con el muro colocado en un ángulo de  $45^\circ$ , como se muestra en la Figura 2.12, que provoca tensiones de tracción en la trayectoria diagonal de las esquinas sometidas a cargas de compresión.

**Figura 2.12** Ensayo de tensión diagonal en muretes.



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza).

## 2.8 Consideraciones para diseño sismorresistente

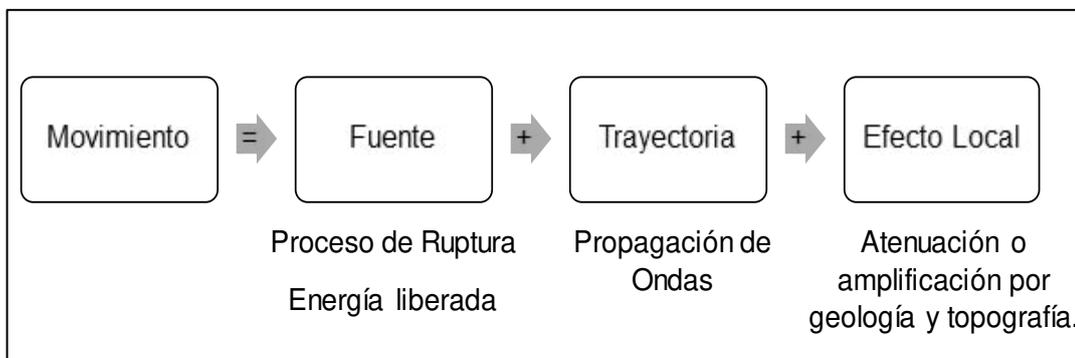
### 2.8.1 Sismología

La sismología estudia la formación, propagación y registro de las ondas elásticas en la Tierra y las fuentes que las producen, así como las placas tectónicas y todo lo relacionado con los terremotos: la fuente que las produce (ubicación, orientación, mecanismo, tamaño, etc.), generada ondas elásticas a través de ellos (método de propagación, dispersión, amplitudes, etc.). Los terremotos son movimientos repentinos y transitorios del suelo resultantes de la liberación repentina de energía elástica almacenada en la Tierra. Esta liberación de energía se produce gracias a las ondas sísmicas. (Departamento de Ciencia y Tecnología de Geodesia y Topografía Departamento de Geofísica Notas de y Luis Estrada, 2012).

### 2.8.2 Análisis de Peligrosidad Sísmica

Desde una perspectiva amplia, un peligro sísmico puede definirse como el movimiento esperado en un determinado lugar debido a sismos ocurridos en su entorno o zona de influencia. Por tanto, las fases de la estimación del riesgo sísmico pueden expresarse simplemente como la suma de tres factores determinantes. ("Universidad Politécnica de Madrid", 2016).

*Figura 2.13 Factores que intervienen en la evaluación de la peligrosidad sísmica.*



*Fuente:* ("Universidad Politécnica de Madrid," 2016).

La probabilidad de superar, en un período de tiempo determinado y en una zona determinada, movimientos del suelo cuyos parámetros de aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad están cuantificados. (CEN, 2015).

### 2.8.3 Peligro sísmico del Ecuador y efectos sísmicos locales NEC –SE – DS

NEC-15 hace una buena contribución a la seguridad sísmica de las estructuras, pero cuando se trata de espectros, proporciona información a nivel macro como cualquier regulación sísmica. Por ejemplo, si queremos conocer el espectro de aceleración de un suelo determinado, primero debemos realizar una investigación edafológica de la zona. Pensemos que si quieren hacer esto; Sin embargo, en una gran proporción de los casos los ensayos se realizan a una profundidad de 10 o 12 m, por lo que existe una gran incertidumbre en el terreno debajo y de la misma manera en la determinación del tipo de suelo según el NEC. -15. La Tablas 2.10 muestra los factores de ubicación según el tipo de suelo, que van de “A” a “F”. El suelo tipo "A" es una roca con velocidad de onda de corte adecuada, y el suelo tipo "F" es inestable durante eventos sísmicos extremos.  $V_s = 1500m/s$ (Roberto et al., 2013)

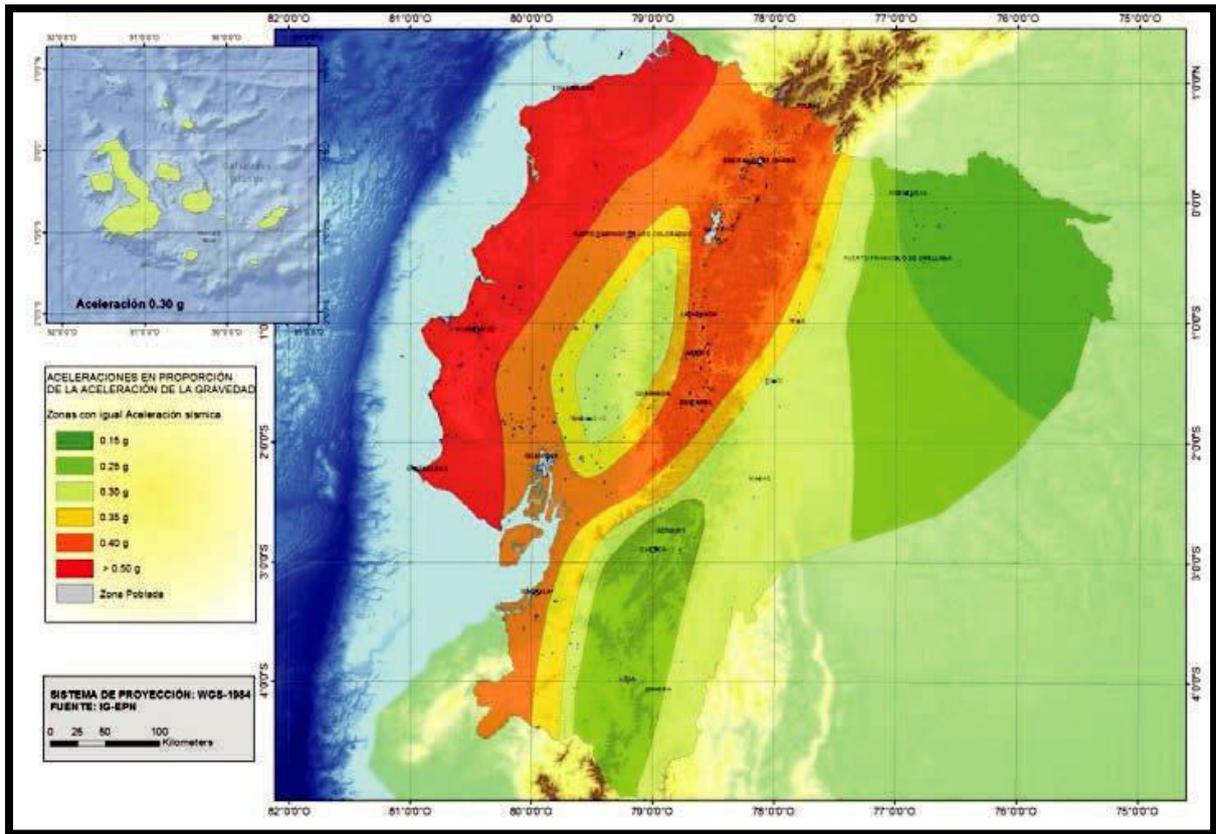
Este capítulo de las Normas Ecuatorianas de Edificación presenta los requisitos y metodologías que se deben utilizar principalmente en el diseño de edificaciones sísmicas y , en segundo lugar, otras estructuras; complementado con normas extranjeras reconocidas.

Ecuador está dividido en seis zonas sísmicas, caracterizadas por un valor de índice de zona Z. La mayor parte del territorio del Ecuador se encuentra en la zona de alto riesgo sísmico definida en el NEC-SE-DS, excepto el noreste. Ecuador, que presenta un riesgo sísmico medio, y la costa, que presenta un riesgo sísmico muy alto.

### 2.8.4 Zonificación sísmica y factor de zona Z

Para edificios en uso normal, se supone el valor esperado del sismo de diseño, expresado como una fracción de la aceleración debida a la gravedad. El sitio de construcción de la instalación está marcado por una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizadas por el coeficiente zonal Z. El mayor peligro sísmico ocurre en la costa, donde la máxima aceleración de la roca es  $A_0 = 0.5g$ . Donde está la aceleración debida a la gravedad y la más baja es en la región nororiental con el valor según el mapa de la Figura 2.14.

Figura 2.14 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z



Fuente: Nec-2015

El mapa de zonas sísmicas del proyecto surge de los resultados de estudios de amenaza sísmica superior al 10% en 50 años (período de retorno de 475 años), que incluye la saturación en valores de aceleración sísmica  $d$  de 0,50 g de la roca del Ecuador. costa. que caracteriza la zona VI.

Tabla 2.10 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: (NEC, 2015).

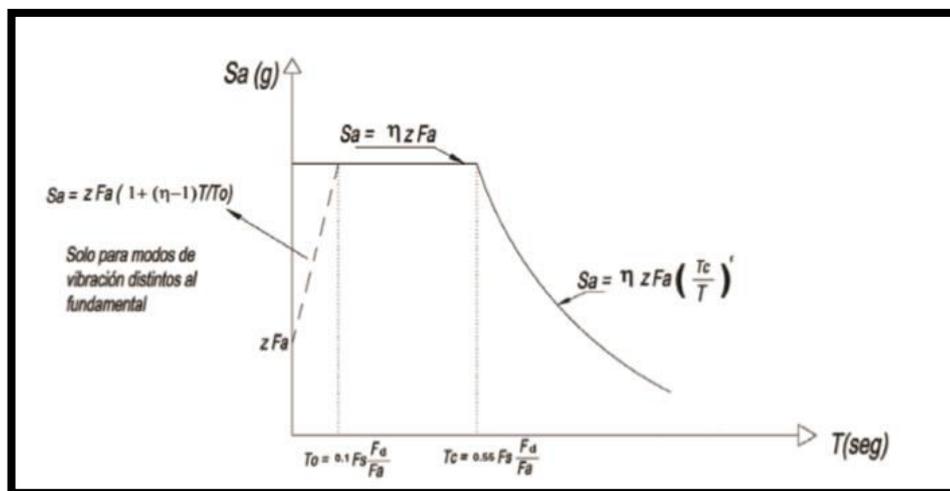
### 2.8.5 Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

El espectro de respuesta elástica de las aceleraciones de  $S_a$ , expresado como fracción de la aceleración gravitacional, para el nivel sísmico de diseño se muestra en la Figura 2.15, según el factor de zona sísmica Z,

- El tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,

- La consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$ .

**Figura 2.15** Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño



**Fuente:** (NEC, 2015)

$\eta$ : Razón entre la aceleración espectral  $S_a (T = 0.1 s)$  y el PGA para el período de retorno seleccionado.  $F_a$  Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$F_d$  Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$F_s$  Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos

$S_a$  Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del período o modo de vibración de la estructura

$T$  Período fundamental de vibración de la estructura

$T_0$  Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

$T_c$  Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

$Z$  Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ .

$$S_a = \eta Z F_a \rightarrow \text{Para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \rightarrow \text{Para } 0 \leq T \leq T_c$$

$\eta$ : Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.  $F_a$  Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$r$ : Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

Valores de r	
Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E	1
Para tipo de suelo E.	1,5

### 2.8.5.1 Determinación de la Razón ( $\eta$ ) entre la aceleración espectral $S_a(T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

Del análisis de las ordenadas de espectros de peligrosidad uniforme en la roca para la probabilidad de superar el 10% en 50 años ( $T_r = 475$  años), que se obtienen a partir de los valores de aceleración espectral determinados por las curvas de peligrosidad sísmica, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno  $Z$ , se determinaron los valores del coeficiente de mejora espectral  $\eta$  ( $S_a/Z$ , en roca) NEC,2015, los cuales varían según la región Ecuador, tomando los siguientes valores:

*Tabla 2.11 Valores de  $\eta$  dependiendo de la región del Ecuador*

Valores de $\eta$ dependiendo de la región del Ecuador	
Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas)	1,8
Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos	2,48
Provincias del Oriente	2,60

*Fuente: (NEC, 2015).*

### 2.8.6 Análisis sísmico – combinaciones modales

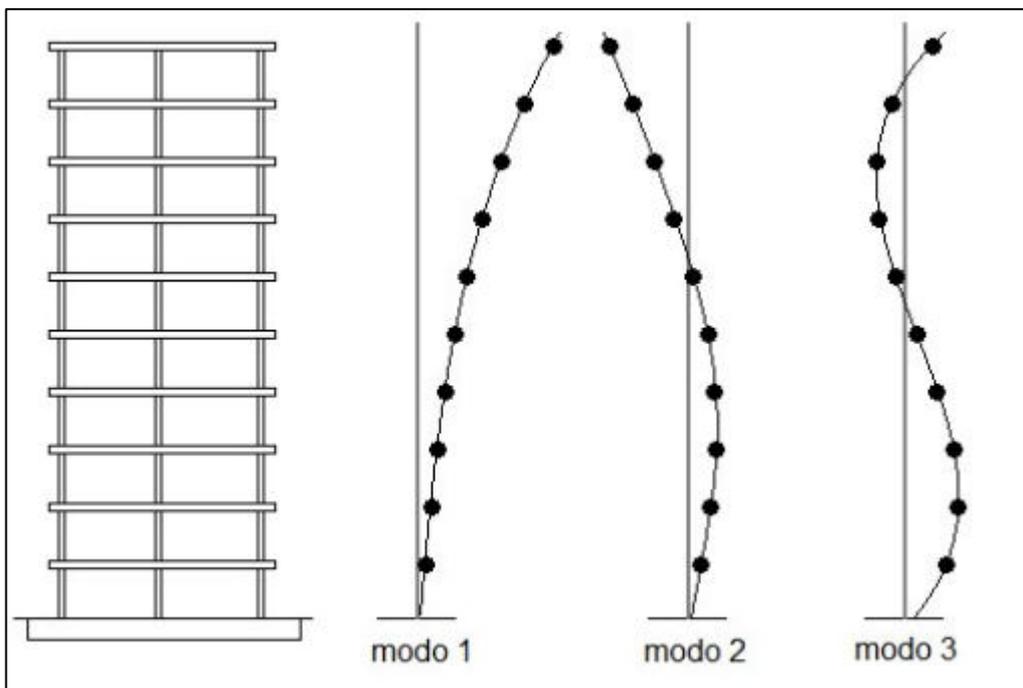
El análisis sísmico de una estructura se caracteriza por la definición de los diferentes periodos de vibración característicos de la estructura en función de su configuración geométrica y de la matriz de rigidez de la estructura. Es con esta información que los programas de análisis estructural definen los diferentes modos de vibración de la estructura, que no son más que los períodos característicos del edificio. Cada período de vibración (modo) está asociado con el factor de participación modal ( $\lambda_i$ ) que representa el factor de participación de la masa sísmica para dicho modo de vibración.

### 2.8.7 . Combinación Modal

Los estándares de análisis sísmico requieren una participación modal mínima, que suele ser del 90% de la masa participante. Esto se consigue aumentando el número de modos de vibración de forma que la masa participante acumulada sea superior al valor especificado en cada una de las direcciones analizadas.

Si es necesario, se puede aumentar la frecuencia máxima de vibración analizada e incluso se puede revisar la configuración del sistema estructural antisísmico. Cada uno de estos modos de vibración tiene un período asociado, que puede relacionarse con una aceleración a través del espectro de diseño. Cada una de estas aceleraciones afectará la masa de la estructura en función de la matriz de masa sísmica (la masa considerada en el análisis sísmico), que definirá las fuerzas sísmicas aplicadas a la estructura. La suma de estas fuerzas sísmicas corresponderá al cizallamiento basal de la estructura. Teniendo en cuenta que el análisis modal definirá  $n$  modos de vibración, estos deben combinarse en una sola respuesta que corresponderá a la respuesta sísmica de la estructura. La combinación de los diferentes modos de vibración es lo que se conoce como combinación modal.

*Figura 2.16 Modos de vibración de una estructura*



## 2.9 Marco Legal

En la elaboración de los diferentes ensayos para validación de materiales y compuestos se emplean las siguientes normas.

*Tabla 2.12 Ensayos requeridos para agregados y compuestos*

<b>NORMA</b>	<b>ENSAYO</b>
NTE INEN 156	DENSIDAD DEL CEMENTO
ASTM C-33 NTE INEN 696	ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA
ASTM C-29 NTE INEN 858	PESOS VOLUMÉTRICOS
ASTM C-39 NTE INEN 1573	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES CILÍNDRICOS
ASTM C-78 NTE INEN 2871	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN
ASTM E519 E519M- 22	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA TENSIÓN DIAGONAL (CORTE) EN CONJUNTOS DE MAMPOSTERÍA
ASTM C-140 INEN 3066	BLOQUES DE HORMIGÓN REQUISITOS Y MÉTODOS

*Fuente: (ASTM - NTE INEN).*

## **CAPÍTULO 3 DISEÑO METODOLÓGICO**

El presente trabajo de investigación experimental tiene como propósito la elaboración de bloques de mampostería, cuya finalidad es el diseño de un bloque con geometría y morfología tipo lego, así como también el diseño final de sus componentes para obtener un bloque que cumpla estándares de resistencia, calidad, estética.

### **3.1 Tipo de investigación**

Por las características de la investigación, ésta forma parte de un tipo de investigación experimental, donde se requiere explicar la relación entre algunos eventos (causa) y sus posibles efectos (efecto), la cual para esta investigación está orientada a las posibles mejoras en las resistencias finales del concreto convencional.

### **3.2 Síntesis, pruebas a desarrollar**

- Colección de materiales utilizados para la producción de bloques de mampostería tradicionales, así como materiales adicionales.
- Realizar diferentes análisis de dosificación cumpliendo con las normativas existentes.
- Desarrollar cilindros con diferentes dosificaciones, unos convencionales y materiales alternativos que será el componente por experimentar.
- Realizar las pruebas necesarias para obtener una variedad de respuestas y así proporcionar un análisis más amplio de cada uno de los comportamientos mecánicos presentes en ellas.
- Realizar los ensayos necesarios para obtener una variedad de respuestas y así, obtener más ampliamente los comportamientos mecánicos que en estos se presente.
- Con el fin de obtener un análisis detallado, los resultados obtenidos se introducirán dentro de tablas comparativas Análisis.

### 3.3 Materiales y agregados empleados

#### 3.3.1 Recolección de materiales

Para el desarrollo de la matriz sismorresistente de mampostería se decidió seleccionar materiales que en conjunto forman un mortero, como agregados finos de piedra, cemento, agua potable y materiales reciclados, como fibras PET, que en conjunto garantizarán mortero de calidad, durabilidad y mejor ejecución mecánica.

*Figura 3.1 Materiales empleados para la fabricación de bloque tipo lego*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

Los agregados pétreos juegan un papel importante, ya que representan el 60% o más del volumen del mortero, por lo tanto, estos materiales que conforman hormigones, así como también mampostería deben mostrar una resistencia y parámetros necesarios. Por esta razón, se hace necesario conocer los parámetros físicos y mecánicos de los materiales para obtener un mortero de alta calidad, a través de los ensayos requeridos.

#### 3.3.2 Ensayos realizados a los materiales

##### 3.3.2.1 Granulometría

Se define como la distribución de los tamaños de partícula que componen una masa de agregados. Se determina mediante un análisis de tamaño de partícula que consiste en dividir una muestra agregada en fracciones de igual tamaño. Los ensayos granulométricos son importantes para el diseño de hormigones, debido a su relevante influencia en su resistencia. La prueba se realiza de acuerdo con NTE INEN 696 y ASTM C-136.

Los requerimientos de la granulometría del agregado grueso según la norma ASTM C-33 permite límites amplios y una gran variedad de tamaños granulométricos como se especifica en la siguiente tabla:

**Tabla 3.1 Límites granulométricos para agregado grueso**

Tamiz	Especificaciones ASTM			
	2"	1 ½ "	1"	¾ "
2 ½ "	100	-	-	-
2"	95-100	-	-	-
1 ½ "	-	100	100	-
1"	35-70	90-100	95-100	100
¾ "	-	20-55	-	90-100
½ "	-	0-10	25 - 60	-
3/8"	-	0-5	-	-
Nº 4	-	-	0-10	0-10
Nº 8	-	-	0-5	0-5
Fondo				

*Fuente:* ASTM C-33.

Para el análisis granulométrico del agregado fino los tamices a considerar serán el 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100. Los porcentajes que pasan cada malla según la norma se indica en la tabla siguiente:

**Tabla 3.2 Límites granulométricos para el agregado fino.**

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.52 mm 3/8"	100
4.75 mm No.4	95 a 100
2.36 mm No.8	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
0.60 mm (No.30)	25 a 60
0.30 mm No.50	10 a30
0.15 mm (No. 100)	2a 10

*Fuente:* ASTM C-33

### 3.3.2.2 Módulo de finura

El módulo de finura permite estimar que tan fino o grueso es un material. Se obtiene mediante la norma ASTM C-125 sumando los porcentajes retenidos acumulados en una serie especificada de tamices que cumple la relación 1:2, desde el tamiz #100 hasta el tamaño máximo que se encuentre y dividiendo la suma entre 100.

Comúnmente se considera que la arena presenta un módulo de finura adecuado para la

elaboración de hormigón, si no es menor de 2,2 ni mayor a 3,2 y para el agregado grueso no debe ser mayor a 6.

### **3.3.2.3 Peso volumétrico de los agregados**

El mismo procedimiento se aplica a los agregados finos y gruesos. Para realizar esta prueba, se verifica que el agregado esté seco, luego se pesa el recipiente vacío y mediante un cucharón, se coloca el agregado desde una altura de 5 cm hasta que se llene por completo, utilizando una regla de 30 cm, se enjuaga. Finalmente, se pesa el contenedor con el agregado y se calcula.

## **3.4 Diseño de mezclas de prueba**

El método más utilizado para realizar una dosificación de hormigón es el de: American Concrete Institute (ACI 211.1-91). La dosificación se realiza con tablas que tiene como base ensayos realizados en laboratorio, con el propósito de recomendar a los diseñadores de mezclas de hormigón, para encontrar una adecuada dosificación en función de la resistencia esperada.

A continuación, se detalla el procedimiento para dosificación de una mezcla de concreto.

La dosificación de morteros para conseguir resistencia total depende de la relación cemento: arena, estas relaciones varían según la resistencia que queramos conseguir, es como la relación cemento. Por esta razón, es conveniente generar mezclas representativas mediante ensayos de laboratorio, seleccionando la cantidad adecuada de material para cada componente del mortero, lo que permitirá obtener una mezcla duradera y resistente. En el marco de este proyecto de investigación, se preparan mezclas de prueba con diferentes relaciones cemento: arena, y en función de las resistencias obtenidas con cada mezcla, se selecciona la mezcla ideal que cumpla con los requerimientos de la investigación, a la cual se le adicionan materiales reciclados en porcentajes, con el fin de obtener materias primas para mampostería.

### **3.4.1 Resistencia de diseño o resistencia esperada**

El ACI requiere que la resistencia de diseño de una mezcla de hormigón sea igual a una resistencia especificada, teniendo en cuenta además las variaciones en los materiales, los métodos de mezcla, la manipulación y colocación, la densidad y las pruebas de muestras. La resistencia de diseño ( $f'_c$ ) debe ser mayor que la resistencia requerida y se considera como la resistencia promedio requerida para la mezcla de concreto.

*Tabla 3.3 Resistencia promedio  $f'c$  cuando no hay datos para determinar desviación estándar*

Resistencia a compresión especificada $f'c$ , Mpa	Resistencia compresión media requerida, Mpa
Menos de 21	$f'c+7$
21 a 35	$f'c+ 8.5$
Más de 35	$1.10 f'c + 5.0$

*Fuente:* ACI 318.

### 3.4.2 Selección de revenimiento

De acuerdo con el tipo de trabajo que se va a realizar. Si las características técnicas del trabajo no indican la disminución requerida para la preparación de la mezcla, se puede seleccionar el valor adecuado utilizando la siguiente tabla:

*Tabla 3.4 Revenimientos recomendados según el elemento de hormigón*

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN	Revenimiento (cm.)	
	Máximo	Mínimo
Concreto reforzado en muros y zapatas	8	2
Concreto en zapatas simples, corazas y muros de cimentación	8	2
Muros y vigas de concreto reforzado	10	2
Columnas para edificios	10	2
Losas y pavimentos	8	2
Concreto masivo	5	2

*Fuente:* ACI 211.1-91.

### 3.4.3 Elección del tamaño máximo del agregado

La normativa ACI especifica que el tamaño máximo nominal no debe exceder: 3/4 partes de la mínima distancia libre entre barras de refuerzo, 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrado, o 1/3 del espesor de la losa o concreto de contrapiso.

Para el tamaño máximo de partícula se ha optado por escoger un tamaño de agregado que no supere los 12,7 mm (1/2 pulgada), esto es debido a que para el proceso de fabricación de los bloques un agregado de mayor diámetro entorpecería la forma en el acabado de la forma tipo lego que en la parte superior del diseño del bloque tiene forma cilíndrica.

### 3.4.4 Estimación de la cantidad de agua y contenido de aire

La cantidad de agua requerida para producir un determinado revenimiento depende del tamaño máximo de agregado, la granulometría de los agregados y de la cantidad de aire en la

mezcla.

La Tabla 3.5 preparada de acuerdo con las recomendaciones de ACI 211 proporciona una primera estimación del agua de mezcla para hormigón con diferentes tamaños máximos de agregado.

**Tabla 3.5 Requerimientos de agua de mezclado y contenido de aire**

Asentamiento cm	Agua en Lt./m <sup>3</sup> , para los tamaños máximos nominales de agregados y consistencia indicada							
	3/8"	1/2 "	3/4"	1"	1 1/2 "	2"	3"	6"
<b>Concretos sin aire incorporado</b>								
2 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113
5 a 10	228	200	205	193	181	169	145	124
15 a 20	243	201	216	202	190	178	160	---
<b>Concretos con aire incorporado</b>								
2 a 5	181	175	168	160	150	142	122	107
5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 a 20	216	205	197	184	174	166	154	---
<b>Cantidad de aire en el hormigón</b>	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

*Fuente:* ACI 211.1-91.

### 3.4.5 Selección de la relación agua cemento

La relación agua cemento se determina no solo en función de los requisitos de resistencia sino también por la durabilidad. Para concretos de cemento portland se puede tomar los valores de relación a/c que se exponen en la Tabla 3.6 en función de su resistencia.

**Tabla 3.6 Relación agua/cemento según la resistencia del hormigón**

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire
450	0,38	-
400	0,43	-
350	0,48	0,4
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,7	0,61
150	0,8	0,71

*Fuente:* ACI 211.1-91.

### 3.4.6 Contenido de cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de hormigón se determina dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c.

$$\text{Contenido de cemento } \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{\text{Contenido de agua } \left(\frac{lbs}{m^3}\right)}{\text{relacion a/c}}$$

$$\text{Volumen de cemento } (m^3) = \frac{\text{Contenido de cemento } \left(\frac{lbs}{m^3}\right)}{\text{Peso específico del cemento } \left(\frac{kg}{m^3}\right)}$$

### 3.4.7 Estimación del agregado grueso y agregado fino

El contenido de agregado grueso se determina con la Tabla 3.7, elaborada por el comité del ACI 211, que está en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino.

*Tabla 3.7 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de hormigón*

Tamaño máximo del agregado	Volúmenes de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulo de finura (b/br)				
	mm	2,4	2,6	2,8	3
pulg	mm	2,4	2,6	2,8	3
3/8 "	9,5	0,5	4,8	4,6	4,4
1/2 "	12,7	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4 "	19,1	0,66	0,64	0,62	0,6
1 "	25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	38,1	0,76	0,74	0,72	0,7
2'	50,8	0,78	0,76	0,74	0,72
3 "	76,2	0,81	0,79	0,77	0,75
6 "	152,4	0,87	0,85	0,84	0,81

Fuente: ACI 211.1-91.

Con el valor de volumen obtenido de la Tabla 3.7, se calcula la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cubico de hormigón multiplicándolo por el peso volumétrico varillado.

$$\text{Peso del agregado grueso } \left(\frac{kg}{m^3}\right) = \left(\frac{b}{br}\right) * \text{peso unitario compactado}$$

- Definido el peso del agregado grueso se determina el volumen:

$$\text{Volumen agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso del agregado grueso (kg)}}{\text{Densidad específica del agregado grueso} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

- La cantidad de agregado fino se determina por diferencia entre un metro cubico y el volumen total de los componentes de la mezcla.

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{V. agua} + \text{V. aire} + \text{V. cemento} + \text{V. a. grueso})$$

- Definido el peso del agregado fino se determina el volumen:

$$\text{Peso agregado fino} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = (\text{Vol. agregado fino})(\text{Densidad esp. del agregado fino})$$

### 3.5 Especímenes para ensayos al hormigón en estado endurecido

Un ensayo es el promedio de dos o más probetas realizadas de la misma muestra de hormigón y ensayadas a la edad establecida para la determinación de su resistencia. En esta fase se establecen a que días se van a fallar los cilindros con las diferentes medidas de dosificación para una buena determinación de sus propiedades mecánicas.

#### 3.5.1 Preparación de cilindros para ensayos de resistencia a la compresión

Con el fin de proporcionar un análisis detallado del comportamiento mecánico resultante, se determinó que los cilindros se ensayarán a los días 7, 14 y 28 y para reducir el margen de error, se fabricaron 3 cilindros por cada día de falla para un total de 9 cilindros por dosis, dando como resultado un total de 36 cilindros. Esto se hizo con el fin de poder visualizar la dosificación ideal de un buen comportamiento del mortero en el diagrama.

*Figura 3.2 Probetas cilíndricas*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

### 3.5.1.1 Elaboración de vigas para resistencia a la flexión

Para la prueba de viga de flexión, se seleccionaron los días en los cuales las vigas fallarían para las diferentes dosificaciones. Así, se determinó la falla de las vigas los días 7 y 28 y para reducir el margen de error se realizaron 3 vigas por cada día de falla para un total de 6 vigas por dosis, dando como resultado Un total de 24 vigas en total.

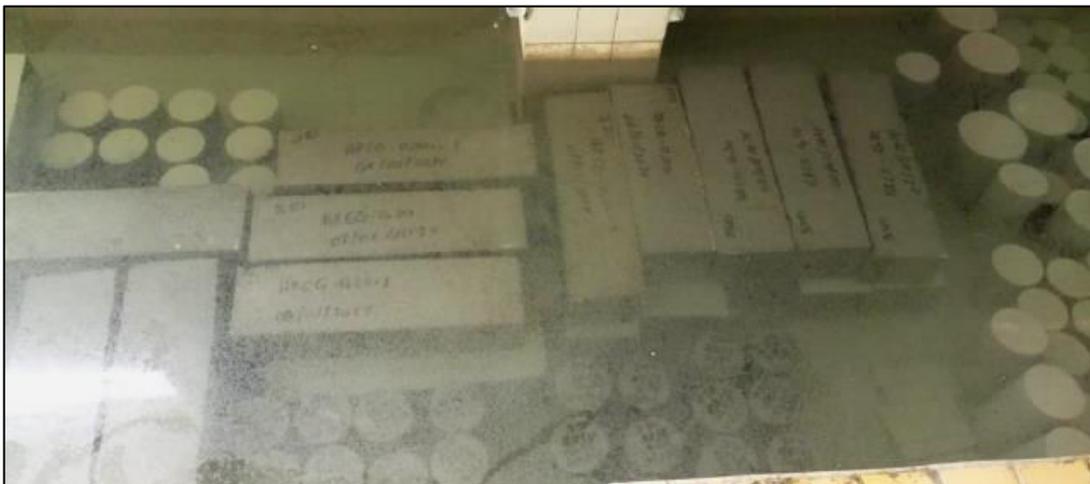
*Figura 3.3 Probetas usadas para elaboración de muestras*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

Después de 24 horas de ser moldeados, se retiran los especímenes de los moldes para ser curados en un ambiente húmedo a  $23\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ . Esta condición se puede cumplir utilizando una cisterna de almacenamiento de agua (ver NTE INEN 2528 y ASTM C330).

*Figura 3.4 Especímenes inmersos en agua para respectivo curado*



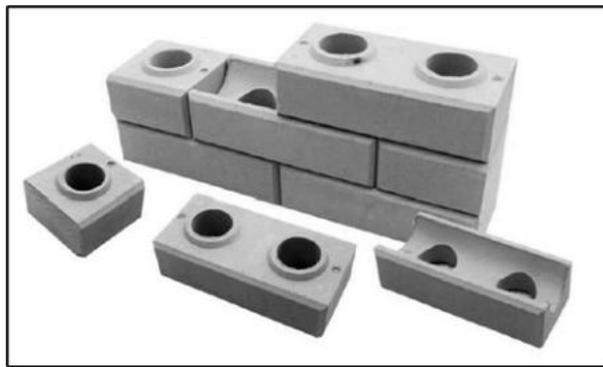
*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

### 3.6 Elaboración de bloques: propiedades físicas y mecánicas

Una vez obtenido la dosificación idónea se realizará un bloque estructural con una máquina moldeadora con el modelo que se ha planteado desde el inicio en este proyecto que es un modelo tipo lego.

Una vez que el bloque haya secado y de forma respectiva la resistencia de diseño a los 28 días, el bloque se lo someterá a ensayos para comprobar su resistencia, así como también se realizará la comparación con bloques convencionales que se encuentran disponibles en el mercado de la construcción.

*Figura 3.5 Modelo de bloques tipo lego*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

### 3.7 Elaboración de muretes

Una vez fabricados los bloques finales, endurecidos y logrado su máxima resistencia, (28 días). se procede a fabricar los muretes. Por lo tanto, es necesario utilizar mortero o pegamento que unifique los bloques. Los muros se forman sobre una superficie recta, donde un bloque se extiende sobre otro en forma de viga, unidos con mortero.

*Figura 3.6 Muretes de bloque tipo lego*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza).

### 3.8 Modelación de un sistema estructural

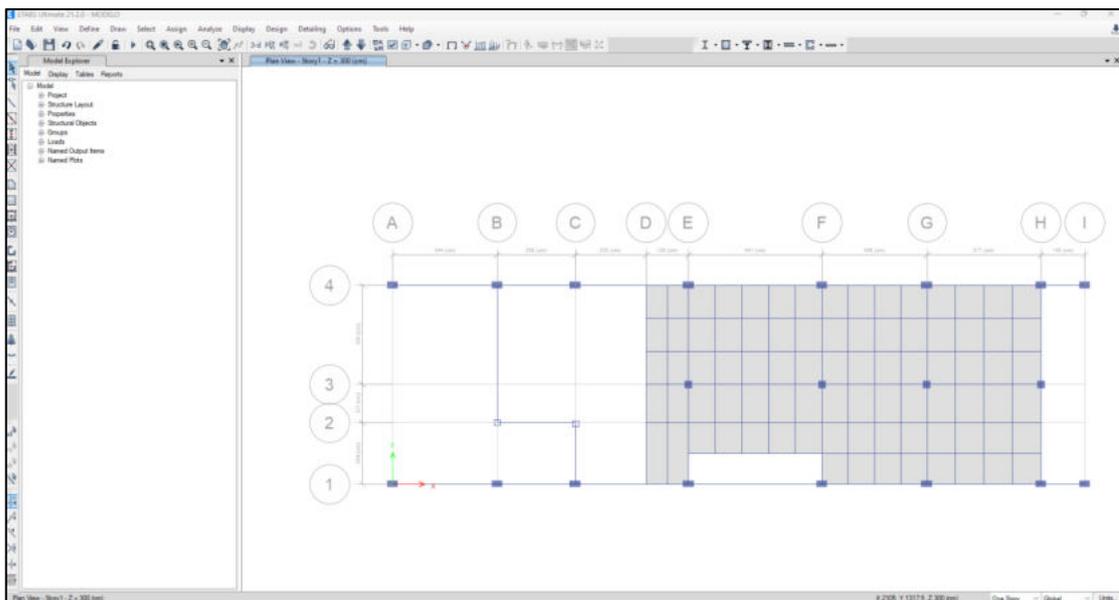
Para el presente proyecto se asumirá una estructura a base de hormigón armado, de uso residencial de 2 plantas aplicando las normas y códigos vigentes como:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – 2015).
- Instituto Americano del concreto (ACI 318 – 14)

Para el análisis estructural de la edificación se lo realiza mediante uso del software ETABS, que es una herramienta computacional enfocado en el análisis de estructuras, que permite realizar dimensionamiento, modelado, calculo y análisis estructurales como:

- Análisis lineal y no lineal.
- Dimensionamiento de estructuras metálicas y de hormigón armado
- Análisis estático y dinámico
- Generación de acciones sísmicas y de viento.

*Figura 3.7 Configuración en planta de estructura*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

## CAPÍTULO 4 ANALISIS Y RESULTADOS

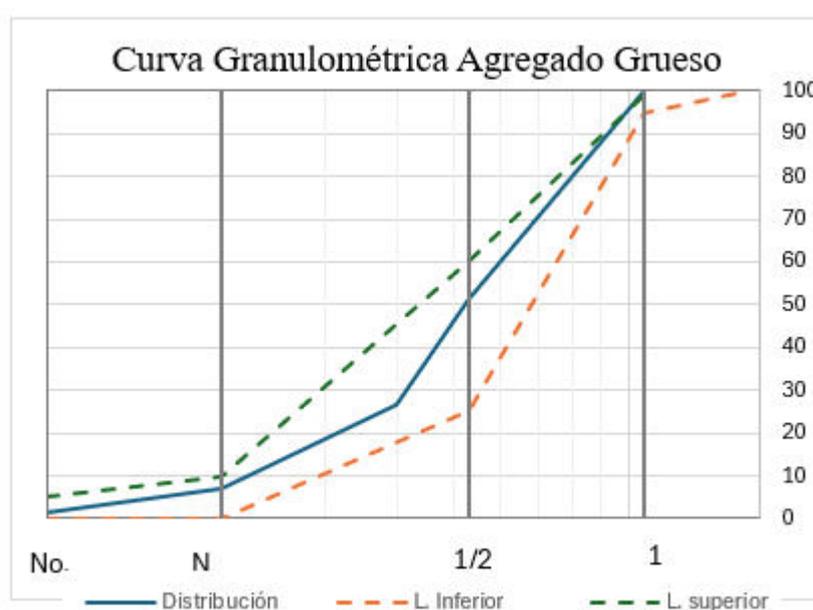
### 4.1 Análisis de las características de los materiales empleados

#### 4.1.1 Granulometría de los agregados

##### 4.1.1.1 Agregado grueso

Los resultados obtenidos del ensayo de distribución granulométrica para un tamaño máximo nominal de diámetro de partícula de 12.7 mm, se encuentra dentro de los límites permisibles por lo que se considera que el material posee una excelente graduación.

*Figura 4.1 Distribución granulométrica agregado grueso*



*Fuente:* Norma ASTM C-33 e INEN 872

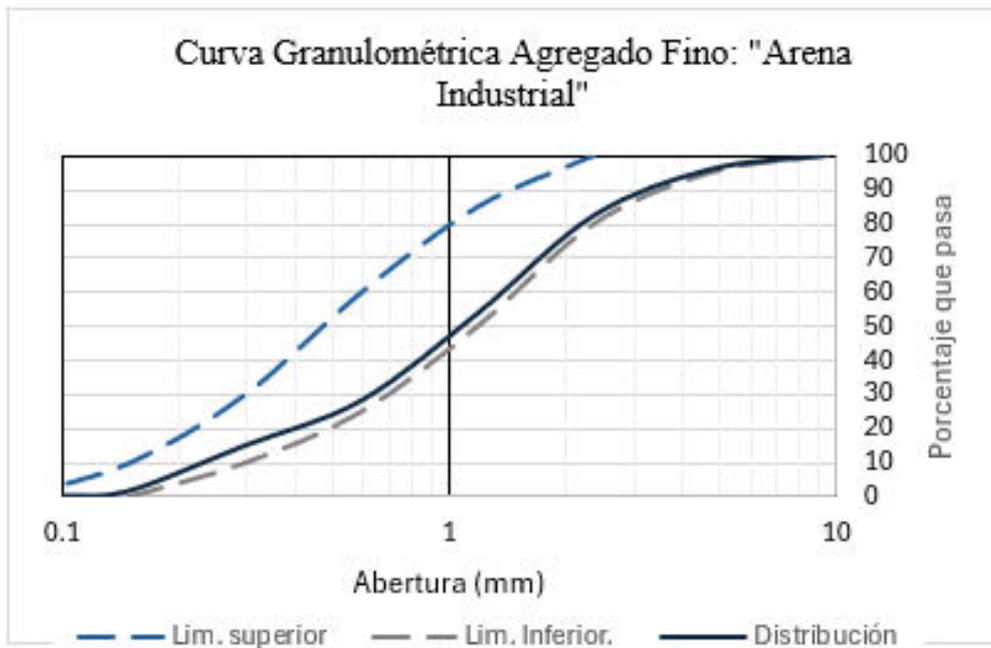
##### 4.1.1.2 Agregado Fino

Para este proyecto se tomó en cuenta el uso de dos materiales, el primero conocido como arena industrial donde es materia triturado de cantera cuyos diámetros máximos de partícula no superan los 5 milímetros (tamiz No.4). y el módulo de finura dio como resultado (MF:3.24).

El segundo agregado fino es una arena corriente o también conocida como arena de río, proveniente de la cantera río Daule V. Provincia del Guayas, la misma que cumple con los límites granulométricos recomendados. El módulo de finura obtenido de esta arena es de (MF:2.50).

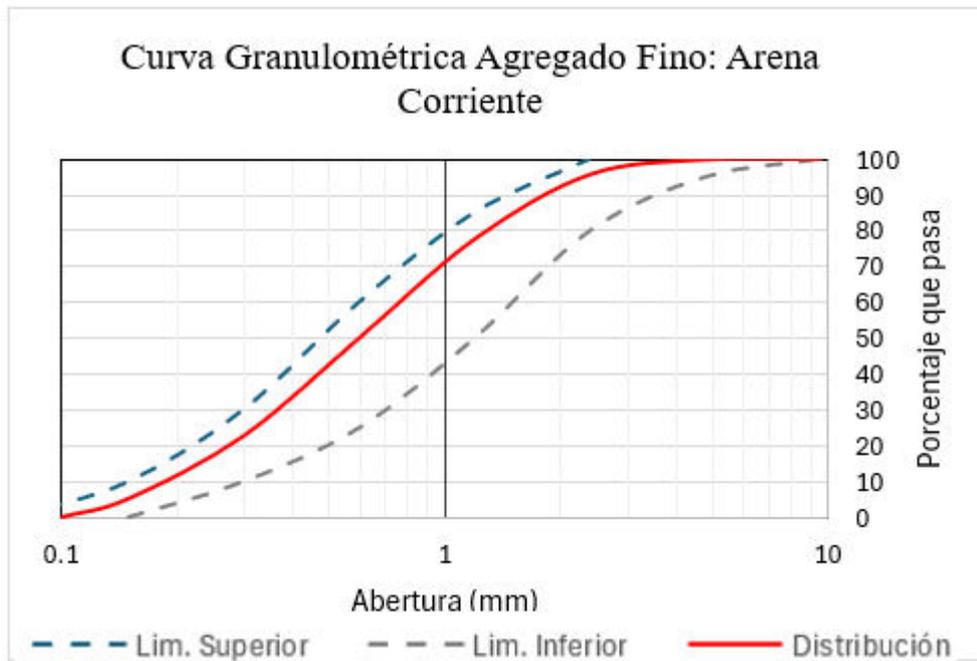
Las distribuciones granulométricas de estos materiales se muestran a continuación:

**Figura 4.2 Distribución granulométrica “arena industrial”**



**Fuente:** Norma ASTM C-33 e INEN 872

**Figura 4.3 Distribución granulométrica “arena corriente”**



**Fuente:** Norma ASTM C-33 e INEN 872

#### 4.1.2 Propiedades para los agregados para el diseño de mezclas de prueba

De acuerdo con las normas y procedimientos establecidos que se han mencionado en el capítulo anterior se muestra en la siguiente tabla los resultados de las propiedades de los agregados finos y agregado grueso que servirán para luego desarrollar el diseño de mezclas de prueba.

*Tabla 4.1 Propiedades de los agregados*

PROPIEDADES	MATERIAL		
	Arena de río	Arena Industrial	Grava
% HUMEDAD	1,00	0,44	0,39
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S) kg/m <sup>3</sup>	2500	2765	2890
% ABSORCION	2,82	1,78	0,75
PESO VOLUMETRICO SUELTO (P.V.S) kg/m <sup>3</sup>	1421	1718	1670
PESO VOLUMETRICO VARILLADO (P.V.V) kg/m <sup>3</sup>	-	1896	1750

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

#### 4.2 Dosificación de mezclas de prueba

##### 4.2.1 Elaboración de hormigón

Para el desarrollo de este proyecto se ha considerado elaborar como base un hormigón de diseño cuya resistencia sea de 21 MPa o 210 kg/cm<sup>3</sup>. La elaboración de diseño de este hormigón servirá como base para luego incorporar material reciclado (PET). Y realizar los ensayos físicos y mecánicos comparándolos con la resistencia patrón.

El diseño del hormigón para la elaboración de este proyecto se lo realizará bajo la metodología ACI 2.11. Dicha metodología se la ha mencionado en el capítulo anterior, así como también los pasos a seguir según los valores de las propiedades de los agregados. Los valores que servirán con diseño del hormigón se encuentran en la Tabla 4.1.

La Tabla 4.2 mostrada a continuación detalla las cantidades calculadas según el orden de los pasos a seguir. El diseño del hormigón bajo la metodología ACI 2.11 dentro de su desarrollo estima los pesos de los agregados asumiendo como volumen de diseño un metro cubico de hormigón, al final del último paso se hace las respectivas correcciones en función

de la absorción y la humedad tanto para los agregados gruesos y finos respectivamente.

*Tabla 4.2 Resumen de pasos para elaboración de diseño de hormigón*

<b>Pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>cantidad</b>
<b>1</b>	<b>Resistencia adoptada</b>	294 kg/cm <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>Volumen aire atrapado</b>	0,025 m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>Contenido de agua</b>	199 kg
<b>4</b>	<b>Relación agua cemento A/C</b>	0,57
<b>5</b>	<b>Contenido de cemento</b>	346,21 kg
<b>6</b>	<b>Agregado grueso</b>	
6,1	b/bo	0,59
6,2	Peso agregado grueso	1032,50 kg
<b>7</b>	<b>Volumen absoluto</b>	
7,1	V. Cemento	0,11 m <sup>3</sup>
7,2	V. Aire	0,03 m <sup>3</sup>
7,3	V. Agua	0,20 m <sup>3</sup>
7,4	V. Agregado grueso	0,36 m <sup>3</sup>
7,5	V. total	0,69 m <sup>3</sup>
<b>8</b>	<b>Peso agregado fino</b>	772,07 kg
<b>9</b>	<b>Presentación de diseño</b>	
9,1	Cemento	346,21 kg
9,2	Agregado grueso	1032,50 kg
9,3	Agregado fino	772,07 kg
9,4	Agua	199,00 kg
<b>10</b>	<b>Presentación final corregido por humedad</b>	
10,1	Cemento	346,21 kg
10,2	Agregado grueso	1037,66 kg
10,3	Agregado fino	779,79 kg
10,4	Agua	182,21 kg

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

Debido a que los resultados de pesos requeridos de los agregados y componentes para la elaboración del hormigón está referido para la fabricación de un metro cubico de hormigón, se debe calcular el volumen real que se necesita para la elaboración de este proyecto. Donde se ha considerado que, para cada prototipo, la elaboración de 9 cilindros de cuyas dimensiones son de 20 centímetros de altura y 10 centímetros de diámetro. Así como también 6 vigas de dimensiones de 15x15x54 centímetros. Cuyo volumen total será de 0.087 metros cúbicos.

*Tabla 4.3 Pesos para elaboración de prototipo de hormigón*

<b>Proporción</b>	<b>Cantidad</b>
Volumen a elaborar	0.087 m <sup>3</sup>
Cemento	30.13 kg
Agregado grueso	90.32 kg
Agregado fino	67.87 kg
Agua	15.86 kg

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

En consideración a que se está trabajando con la incorporación de dos agregados finos, se ha considerado usar el en cantidades iguales esto es 50% para cada arena en función al peso calculado como se muestra en la Tabla 4.3.

*Figura 4.4 Agregado fino*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La Figura 4.4 Agregado fino muestra en la parte izquierda el agregado fino arena de río, y en el lado derecho el agregado fino, piedra triturada.

#### **4.2.2 Incorporación de material reciclado (PET) al hormigón**

Se ha considerado la incorporación de material reciclado (PET), esto en base a los valores de peso calculado en el anterior ítem. La adición de este material se lo considera con relación al peso del agregado grueso. Generando así un porcentaje de material a agregarse.

La siguiente tabla muestra los valores a considerar para la elaboración de las mezclas de prueba, cuyos porcentajes oscilan en la incorporación de PET entre 1 y 5%.

Una vez elaborados los prototipos se procederá a realizar las pruebas respectivas teniendo en consideración los días de ensayo en función del día de elaboración de los prototipos.

*Tabla 4.4. Material PET considerado para cada prototipo*

<b>PET (tereftalato de polietileno)</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Peso (gr)</b>
Prototipo 1	0%	0
Prototipo 2	1%	914
Prototipo 3	3%	2770
Prototipo 4	5%	4488

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

*Figura 4.5 Elaboración de hormigón*



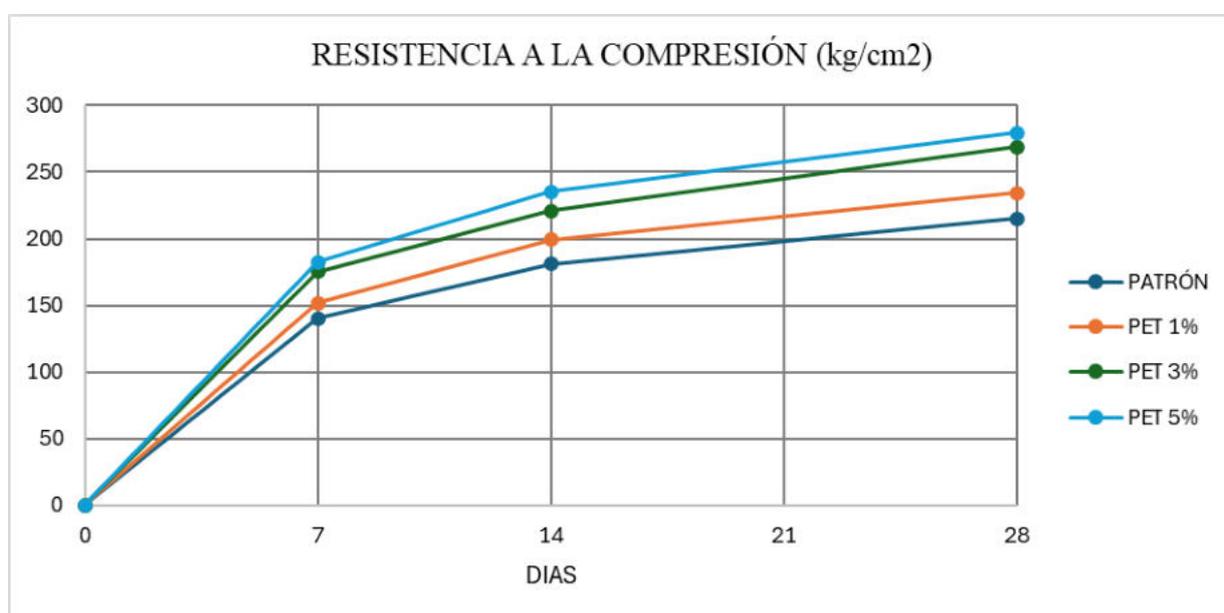
*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

### 4.3 Propiedades mecánicas de los especímenes

#### 4.3.1 Resistencia a la compresión de las dosificaciones de las mezclas de prueba

La Figura 4.6 muestra de forma gráfica los resultados obtenidos durante la prueba de resistencia a la compresión de los cilindros elaborados para este proyecto de investigación. Se puede observar las diferentes resistencias promedio en función del porcentaje de material reciclado PET que se ha incorporado a cada mezcla.

*Figura 4.6 Resultados obtenidos de resistencia de los cuatro prototipos de mezclas.*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

*Tabla 4.5 Resistencia a la compresión de hormigones realizados*

DIAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )			
	P1- PATRÓN	P2 -PET 1%	P3 - PET 3%	P4 - PET 5%
7	140.40	151.63	175.50	182.52
14	181.20	199.32	221.06	235.56
28	215.00	234.35	268.75	279.50
<b>DENSIDAD (kg/cm<sup>3</sup>)</b>	2143.69	2137.00	2128.00	2117.40

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

Los resultados obtenidos muestran un incremento en la resistencia con relación a la incorporación de material reciclado PET, en términos generales se observa que al agregarle

material PET al 1% del peso del agregado grueso la resistencia final a la compresión aumenta en un 9% de la resistencia del hormigón convencional. Mientras que en el análisis de los siguientes prototipos donde el porcentaje incorporado de material PET es mayor la resistencia incrementa aproximadamente en 25% para el contenido de material reciclado al 3%, y aumenta al 30% al agregarle un 5% de material reciclado PET.

La Tabla 4.5 muestra también las densidades promedias obtenidas a la edad de los 28 días después de la fabricación de los especímenes. Donde se puede apreciar una ligera disminución en sus densidades, esto es en 0.3%, 0.7% y 1.2% respectivamente de acuerdo con la cantidad de material reciclado de 1%, 3% y 5% con respecto al peso del agregado grueso.

*Figura 4.7 Rotura de especímenes cilíndricos*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

### **4.3.2 Resistencia a la flexión Módulo de rotura**

La resistencia a la flexión o módulo de rotura se define como la capacidad de deformación a la flexión. Para la elaboración de este proyecto se han fabricado para cada prototipo 3 vigas para cada día de prueba, esto es a los 7 y 28 días.

*Tabla 4.6 Módulos de rotura de especímenes*

DIAS	MÓDULO DE ROTURA - RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )							
	P1- PATRON		P2 -PET 1%		P3 - PET 3%		P4 - PET 5%	
	MR. Experimental	MR. Teórico 2.5√f <sub>c</sub>	MR. Experimental	MR. Teórico 2.5√f <sub>c</sub>	MR. Experimental	MR. Teórico 2.5√f <sub>c</sub>	MR. Experimental	MR. Teórico 2.5√f <sub>c</sub>
7	31.72	29.62	32.28	30.78	34.35	33.12	34.42	33.77
28	38.86	36.66	39.97	38.27	41.96	40.98	42.58	41.80

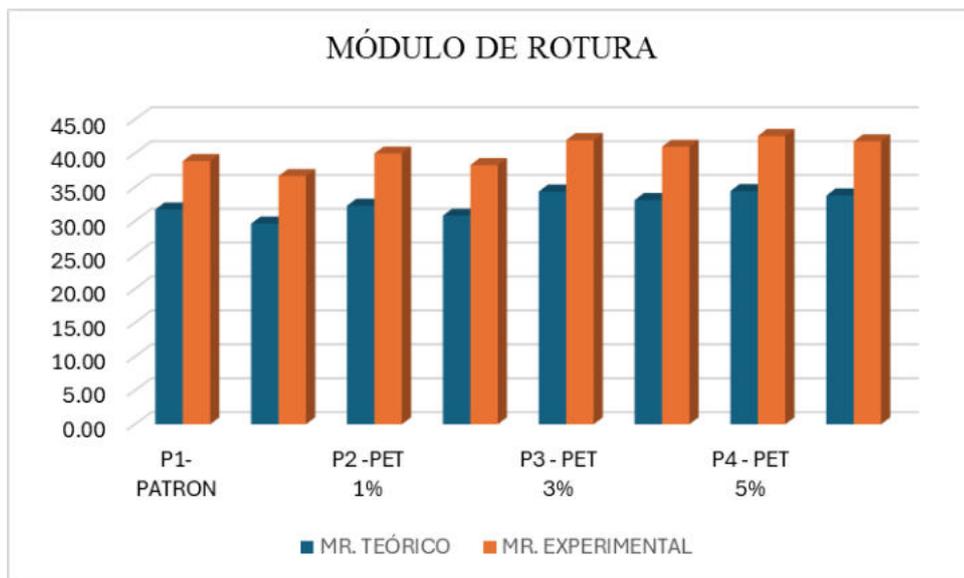
*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La Tabla 4.6 muestra los valores obtenidos de forma experimental, así como también los valores teóricos determinados con la ecuación que está en función de la resistencia a la compresión (f<sub>c</sub>).

La Figura 4.8 muestra de forma gráfica los resultados obtenidos de los módulos de rotura de los especímenes ensayados donde se observa que los valores obtenidos de forma experimental poseen un ligero aumento con referencia a los valores calculados de manera teórica. Mismos que en ambos casos también se incrementan en función de los días que se han ensayado.

Así mismo se puede apreciar que la resistencia a la flexión del espécimen 3 no difiere notablemente con la resistencia a la flexión del espécimen 4, apenas un incremento aproximado de 1.5%. con respecto al uso de mayor material reciclado PET para el espécimen P4-PET.

*Figura 4.8 Resistencia a la flexión de los especímenes*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

**Figura 4.9 Ensayo de flexión en vigas**



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

### 4.3.3 Módulo de elasticidad teórico

En función a la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) de los especímenes ensayados y con el uso de la ecuación para poder determinar el módulo de elasticidad, en la siguiente tabla se muestran los valores teóricos calculados.

**Tabla 4.7 Modulos de elasticidad de los especímenes**

DIAS	MÓDULO ELASTICO (MPa)			
	P1- PATRÓN	P2 -PET 1%	P3 - PET 3%	P4 - PET 5%
7	18.12	18.83	20.26	20.66
14	20.58	21.59	22.73	23.47
28	22.42	23.41	25.07	25.56

**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

Como en este paso se ha obtenido los valores de módulos de elasticidad en función de la resistencia a la compresión, de igual manera los valores de módulos elásticos también se incrementan de al aumentar el contenido de material reciclado (PET), para el caso donde se ha incorporado la mayor cantidad de material reciclado el módulo elástico aumenta aproximadamente en un 14%.

### 4.4 Diseño de bloque

Luego de poder determinar las propiedades física y mecánica de los especímenes, se ha optado por escoger una dosificación acorde a los valores obtenidos en función de sus resistencias. Para este proyecto se ha escogido para el proceso de elaboración de los bloques el

diseño de hormigón del prototipo P-3 PET. Donde dicha dosificación ha sido diseñada incorporando el 3% de material reciclado PET con respecto al peso del agregado grueso.

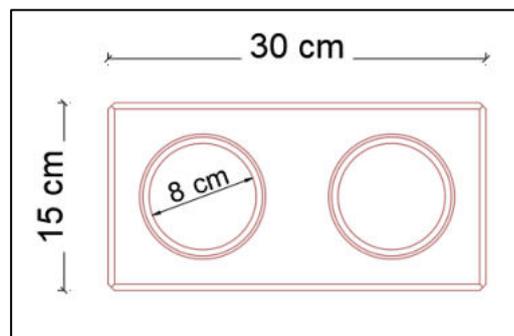
*Figura 4.10 Elaboración de bloque tipo lego*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La Figura 4.10 muestra la elaboración del bloque con una maquina moldeadora aplicando el modelo que se ha planteado desde el inicio en este proyecto que es un modelo tipo lego. las dimensiones de los bloques se muestran en la Figura 4.11, donde se puede apreciar que sus medidas tanto para su longitud y ancho de 0,30 y 0,15 metros respectivamente. La altura para este tipo de bloque es de 0.07 metros o 7 centímetros.

*Figura 4.11 Dimensiones de bloque tipo lego*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

la morfología particular de este bloque es que sus agujeros son de secciones circulares con diámetros internos de 8 centímetros cada uno.

Una vez elaborado los bloques y alcanzado la edad de 28 días se procede a ensayar los bloques para poder determinar sus resistencias físicas y mecánicas.

#### 4.5 Propiedades físicas mecánicas de los bloques

##### 4.5.1 Densidad

La densidad promedio alcanzada se la obtiene en relación con el peso y el volumen que ocupa el bloque, dando como resultado una densidad promedio de 2175 kg/m<sup>3</sup>.

*Figura 4.12 Proceso de basculado de bloque tipo lego*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

##### 4.5.2 Resistencia a la compresión en mampuesto

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión de los bloques, de igual manera se realizó la misma prueba a un bloque convencional para este análisis el resultado de sus resistencias promedios se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla 4.8 Resultados de resistencia a la compresión promedio de bloques*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EDAD: 28 DIAS</b>
	<b>f<sub>m</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>BLOQUE CONVENCIONAL</b>	<b>160</b>
<b>BLOQUE TIPO LEGO</b>	<b>205</b>

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La Tabla 4.8 muestra los resultados de resistencias promedios tanto para los bloques convencionales y para el modelo de bloque tipo lego de este proyecto, se puede apreciar que la resistencia adquirida del bloque tipo lego es mayor que la resistencia del bloque convencional aproximadamente en un 14%.

*Figura 4.13 Ensayo de resistencia a la compresión de mampuesto*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La Figura 4.13 muestra de lado izquierdo el ensayo de resistencia a la compresión del mampuesto tradicional y en el lado derecho el desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión del bloque tipo lego de este proyecto de investigación.

#### **4.6 Propiedades mecánicas de muretes**

Se ha considerado en este proyecto de investigación desarrollar ensayos de resistencia en muretes, donde se los ha unido con un ligante de resina para grafiado con nombre comercial RESINPLAST, a este material se le adiciona cemento Tipo UG.

La muestra la elaboración de muretes para luego realizar los ensayos de compresión axial y tracción diagonal.

De la misma forma se hará la comparación de sus propiedades resistentes con bloques convencionales que se encuentran disponibles en el mercado.

**Figura 4.14 Elaboración de muretes**



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

#### **4.6.1 Resistencia a la compresión axial en muretes**

Se realizaron muretes de mampostería de 60x60cm, tanto de bloques sismorresistentes como de convencionales, obteniendo los siguientes resultados.

*Tabla 4.9 Resistencias promedios en muretes*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE MURETES</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EDAD: 28 DIAS</b>	
	<b>f<sub>m</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m</sub> (MPa)</b>
<b>BLOQUE CONVENCIONAL</b>	92.53	9.43
<b>BLOQUE TIPO LEGO</b>	119.88	12.22

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que la resistencia axial adquirida por el murete del bloque tipo lego es mayor que la resistencia del murete bloque convencional aproximadamente en un 30%.

#### **4.6.2 Resistencia a la compresión diagonal**

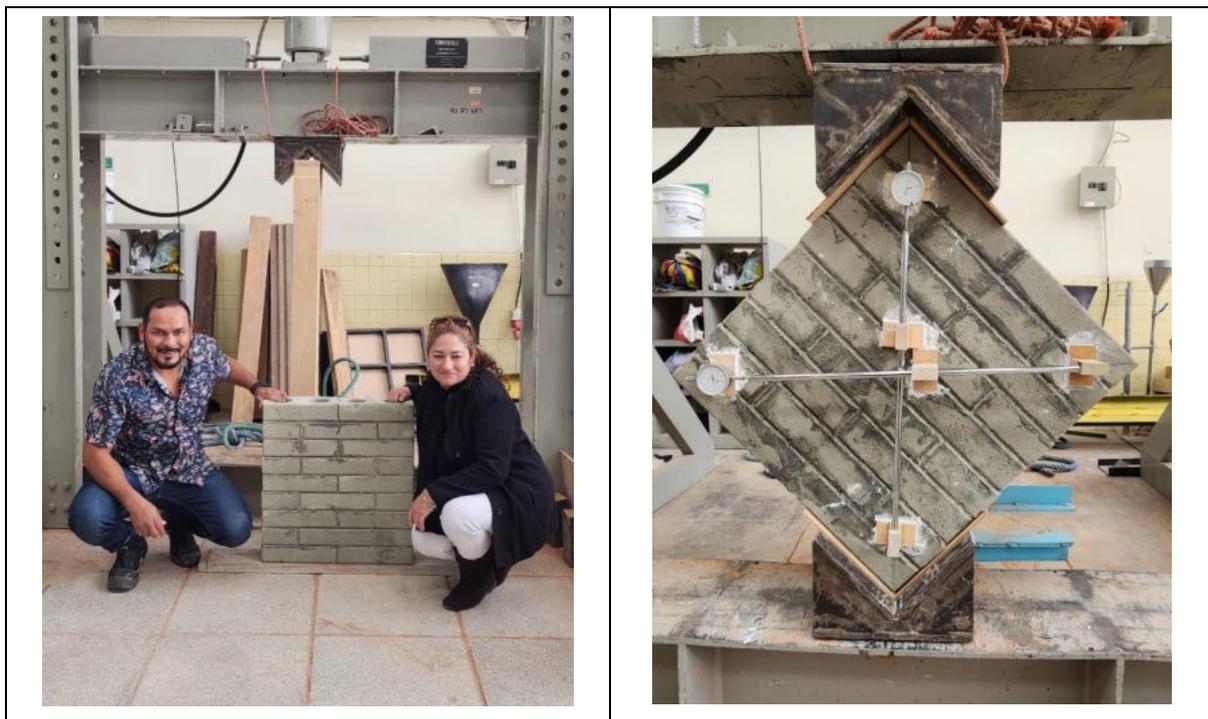
En la Tabla 4.9 Resistencias promedios en muretes se puede observar que el esfuerzo cortante del murete constituido con los bloques elaborado en la presente investigación aumenta alrededor del 300%, esto debido a las características de la mezcla.

*Tabla 4.10 Resistencia a la tensión diagonal*

RESISTENCIA A LA TENSION DIAGONAL EN DE MURETES	
DESCRIPCIÓN	EDAD: 28 DIAS
BLOQUE CONVENCIONAL	2.45
BLOQUE TIPO LEGO	8.48

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

*Figura 4.15 Ensayo de tensión diagonal en muretes*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

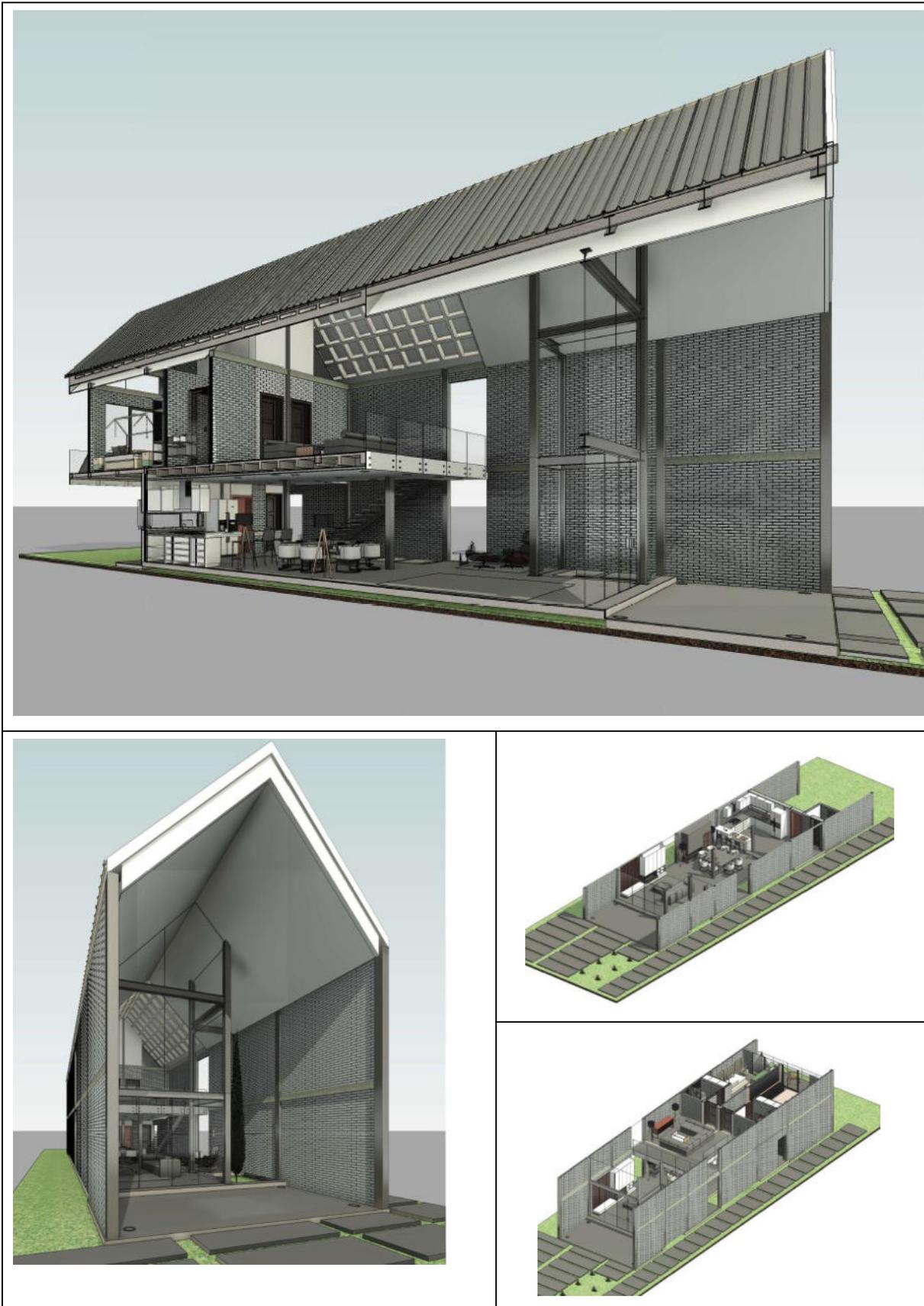
## **4.7 Análisis de comportamiento estructural**

### **4.7.1 Modelación de sistema estructural**

Con el propósito de realizar el análisis sísmico orientado al comportamiento mampostería confinada se ha asumido una edificación habitacional de 2 plantas, que comprende 2 vanos en una dirección y 7 vanos en la otra dirección.

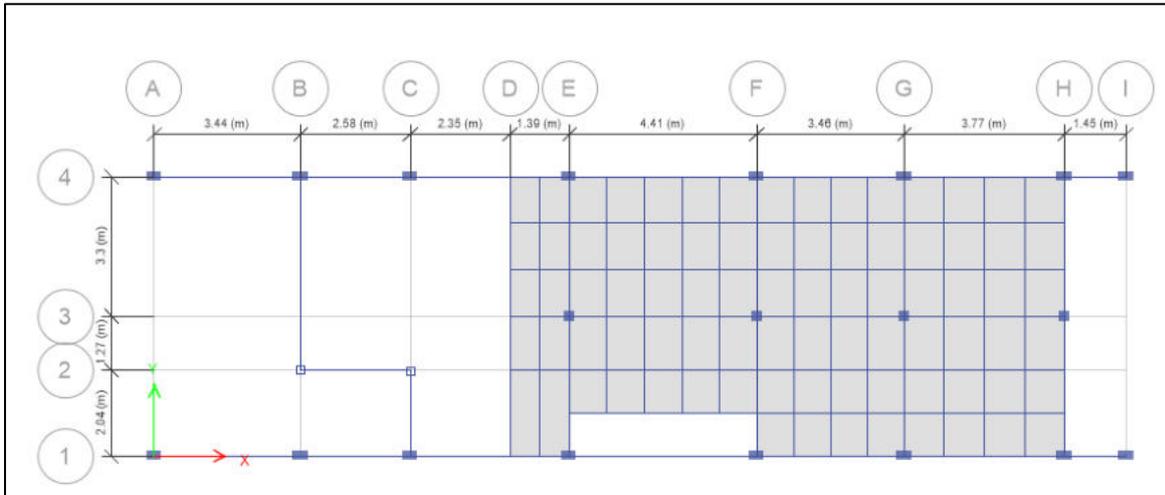
Las dimensiones y la implantación se muestran en la siguiente ilustración:

*Figura 4.16 Vista en 3D de modelo arquitectónico de vivienda*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

**Figura 4.17 Dimensiones de edificación**



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

**Figura 4.18 Vista isométrica en 3D de edificación**



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

#### 4.7.1.1 Normas y códigos por usar

Para el presente estudio se usa los siguientes código y normas:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – 2015).
- Instituto Americano del concreto (ACI 318 – 14)
- Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures (FEMA 440, 2005)

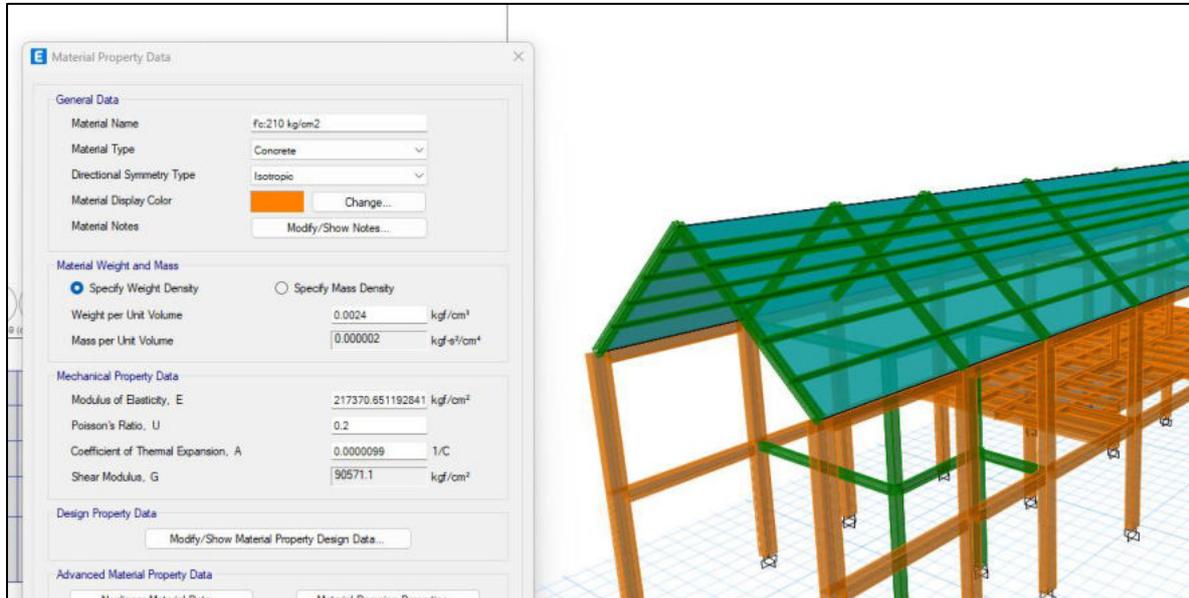
#### 4.7.1.2 Propiedades del hormigón para el análisis estructural

En el sector de la construcción generalmente una de las resistencias a la compresión más usadas en el hormigón es trabajar con una resistencia de  $f'c$ :  $210 \text{ kg/cm}^2$  misma que se usara en este análisis.

En función de la resistencia a la compresión del hormigón se calcula el módulo de elasticidad del mismo:

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'c} \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$
$$E_c = 15000 * \sqrt{210} = 217370.65 \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

Figura 4.19 Propiedades del hormigón



Fuente: (Valarezo & Mendoza)

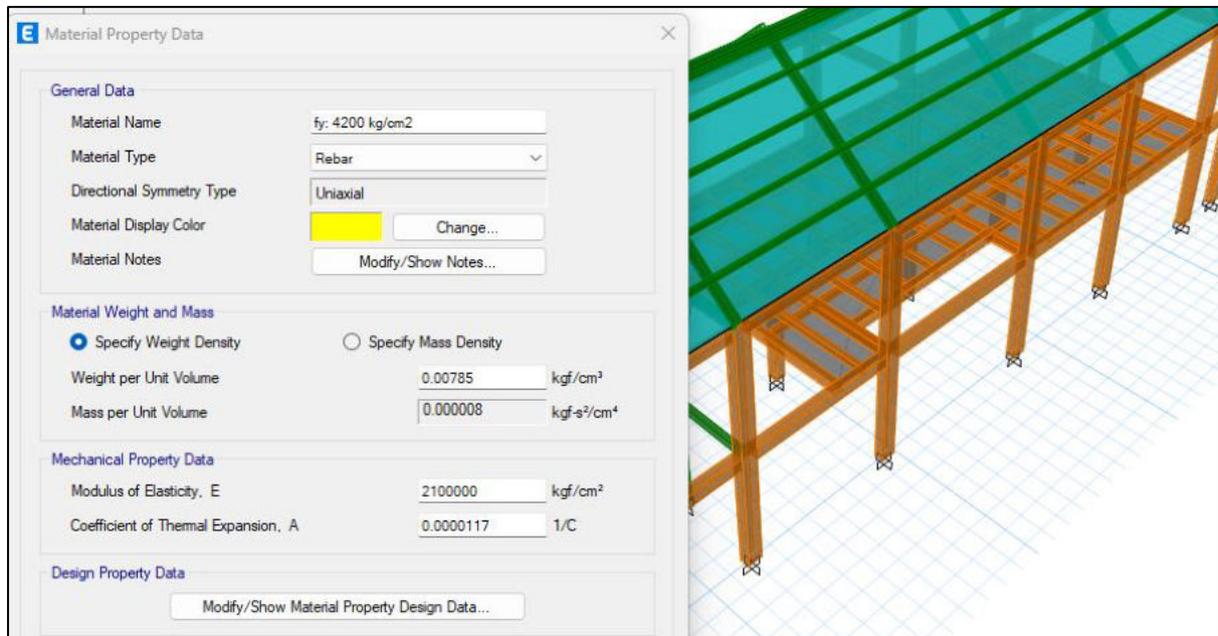
#### 4.7.1.3 Propiedades del acero de refuerzo

Generalmente se emplea un acero de refuerzo longitudinal y transversal común en nuestro medio de la construcción con norma ASTM 615, que presentan las siguientes

características:

- $F_y$ : Resistencia a la fluencia del acero 4200 kg/cm<sup>2</sup>
- $E_s$ : Módulo de elasticidad 2100000 kg/cm<sup>2</sup>.

*Figura 4.20 Propiedades del acero de refuerzo*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

#### 4.7.1.4 Cargas de diseño

##### Carga Muerta

La carga muerta corresponde al peso propio de los diferentes elementos que conforman la estructura entre las cuales se distinguen las columnas, vigas y losas. También se tiene en consideración cargas permanentes como mampostería, enlucidos, acabados, etc.

La siguiente tabla muestra en resumen de forma detallada las cargas muertas consideradas para este análisis:

*Tabla 4.11 Cargas permanentes consideradas*

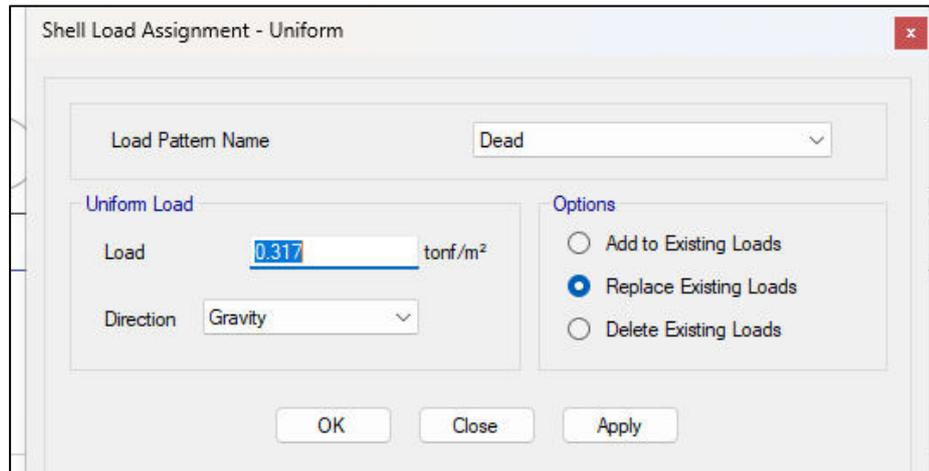
CARGA PERMANENTE POR M <sup>2</sup>		
DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
Mampostería de la losa	t/m <sup>2</sup>	0,088
Mampostería (paredes)	t/m <sup>2</sup>	0,085
Masillado	t/m <sup>2</sup>	0,044
Enlucido	t/m <sup>2</sup>	0,044
Cielo falso	t/m <sup>2</sup>	0,016
Cerámica	t/m <sup>2</sup>	0,022
Instalaciones	t/m <sup>2</sup>	0,02
<b>TOTAL, DE CARGA PERMANENTE</b>	<b>t/m<sup>2</sup></b>	<b>0,319</b>

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

### Carga viva

La carga vida está relacionada con la ocupación y el uso de la edificación no correspondientes a cargas sísmicas o accidentales. Para este proyecto se ha considerado un fin habitacional por lo que se estable carga viva de  $0.20T/m^2$ , cuyo valor ha sido tomado de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Así como también se ha considerado la carga de cubierta de  $0.071T/m^2$ .

**Figura 4.21 Configuración de carga muerta**



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

#### **4.7.1.5 Combinaciones de carga**

Para el presente modelo estructural se toma en consideración las combinaciones de cargas establecidas y definidas en la Norma Ecuatoria de la Construcción:

$$U = 1.4 D$$

$$U = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 \max(Lr; S; R)$$

$$U = 1.2 D + 0.6 \max (Lr; S; R) + \max(L; 0.5W)$$

$$U = 1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 \max(Lr; S; R)$$

$$U = 1.2 D + 1.0 E + L + 0.2S$$

$$U = 0.9 D + 1.0 E$$

Donde:

- D: Carga muerta
- E: Carga sísmica
- L: Carga viva
- Lr: Sobrecarga cubierta
- S: Carga de granizo
- W: Carga de viento
- R: Carga de lluvia

#### 4.7.1.6 Zonificación sísmica y espectro de diseño

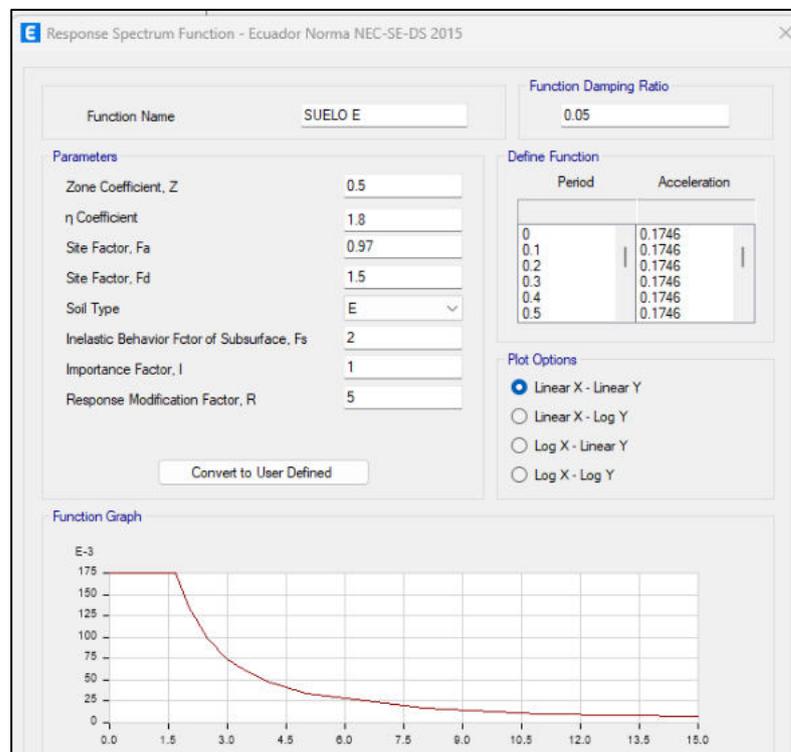
Bajo las consideraciones mencionadas en el capítulo 2.8.4 de este proyecto de investigación se ha escogido los siguientes factores sísmicos considerando que la edificación se encontrará en una zona de alto peligro sísmico. Como se muestra a continuación.

**Tabla 4.12 Factores sísmicos**

Factores sísmicos	Valores
Zona sísmica	VI
Tipo de suelo	E
Coefficiente de amplificación de suelo $F_a$	0.97
Coefficiente de desplazamiento en roca $F_d$	1.5
Coefficiente de comportamiento no lineal $F_s$	2
Razón de aceleración y PGA ( $\eta$ )	1.8
Coefficiente de Importancia $I$	1
Factor de reducción sísmica $R$	5

**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

**Figura 4.22 Configuración de espectro de diseño**



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

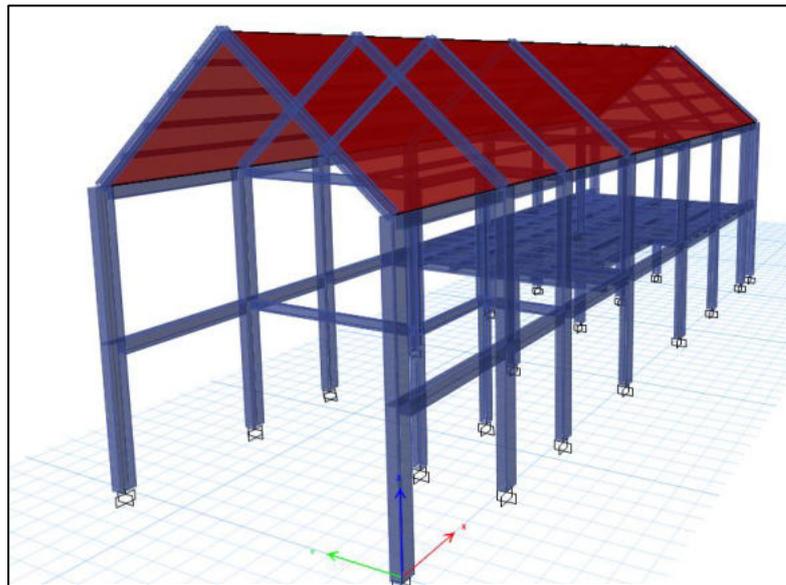
En relación de los factores sísmico para el análisis sísmico para este proyecto como lo muestra la Tabla 4.12, se genera el espectro de diseño sísmico como lo muestra la Figura 4.22 Configuración de espectro de diseño.

#### 4.7.2 Respuestas estructurales

Para los análisis estructurales considerados en este proyecto son: Derivas de Piso, Participación de masas.

##### 4.7.2.1 Estructura sin mampostería

*Figura 4.23 Estructura sin mampostería*



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

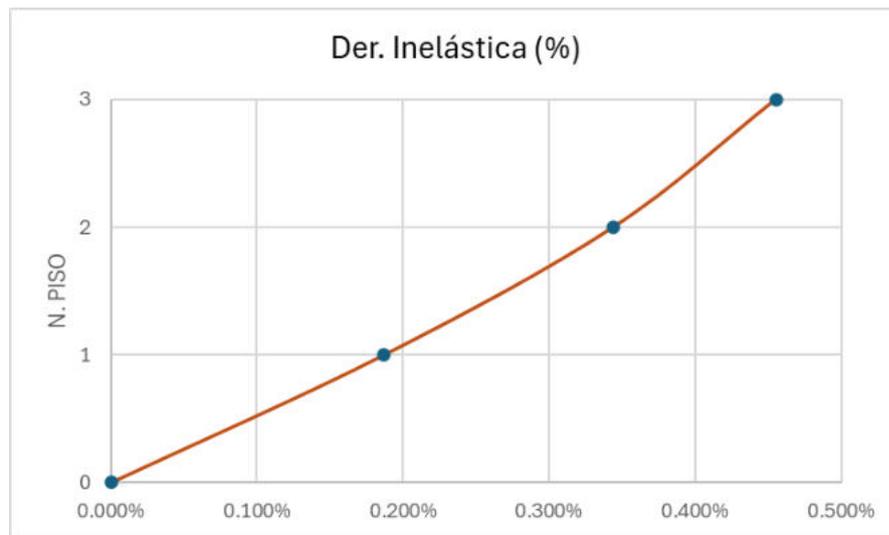
*Tabla 4.13 Participación de masa. Estructura sin mampostería*

PARTICIPACIÓN MODAL ESTRUCTURA SIN MAMPOSTERIA						
Case	Mode	Period (s)	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal	1	0.328	0.0001	0.7999	0.0001	0.7999
Modal	2	0.272	0.0002	0.0451	0.0003	0.845
Modal	3	0.175	0.8785	0.0001	0.8788	0.8451
Modal	4	0.154	0.0082	0.0004	0.887	0.8455
Modal	5	0.14	7.503E-07	0.0845	0.887	0.93
Modal	6	0.13	0	0.0028	0.887	0.9328
Modal	7	0.115	0.0316	0	0.9186	0.9328
Modal	8	0.103	5.177E-06	0.0438	0.9186	0.9766
Modal	9	0.093	0.0001	0.001	0.9188	0.9775
Modal	10	0.089	0	5.657E-06	0.9188	0.9775
Modal	11	0.086	0	0.0003	0.9188	0.9779
Modal	12	0.084	2.517E-06	0.0013	0.9188	0.9792

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La Tabla 4.13 muestra el periodo fundamental de vibración con un valor de 0.328 segundos, asimismo se puede apreciar que la participación modal supera la mínima requerida que es del 90 %, para este caso el análisis sísmico según las combinaciones modales resulta eficiente para la estructura seleccionada.

**Figura 4.24 Deriva Inelástica**



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

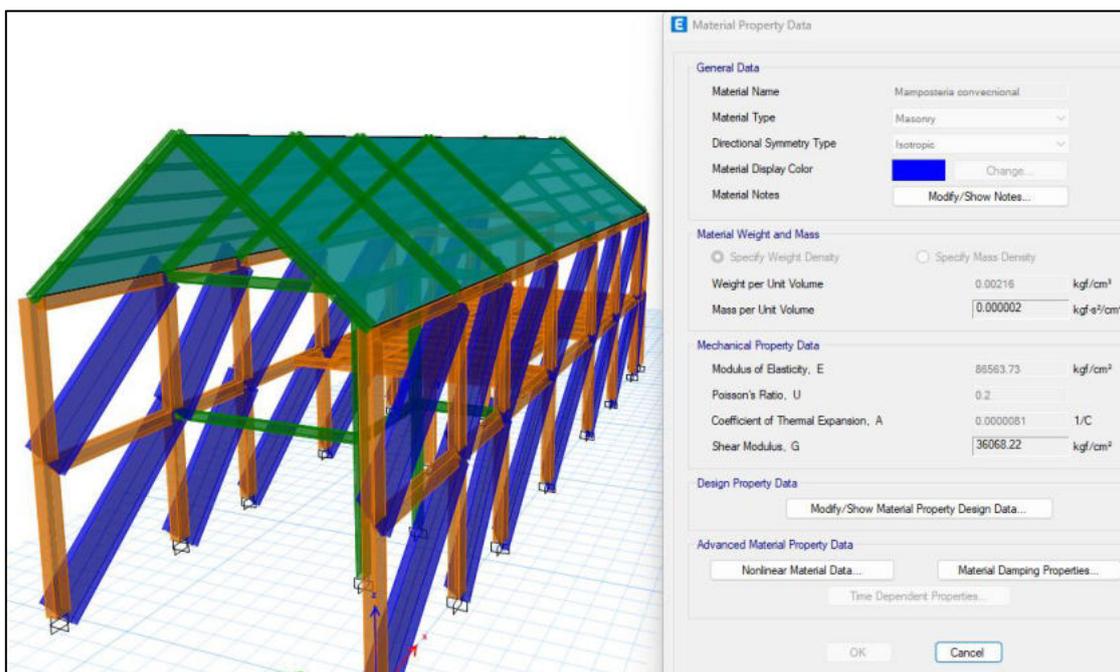
La norma NEC-15 recomienda que las derivas máximas entre pisos para el diseño no deben exceder de 0.02 para elementos de hormigón armado, estructuras metálicas y de madera y para elementos de mampostería no debe exceder de 0.01.

La Figura 4.24 muestra las derivas inelásticas entre pisos que según las recomendaciones de la NEC-15 no deben superar el 2% para estructuras que en este caso son elementos de hormigón armado.

#### **4.7.2.2 Estructura con mampostería convencional**

Se aplican secciones de elementos diagonales, con las propiedades en este caso de la mampostería tradicional cuyas propiedades se ingresan en el software para luego realizar en análisis como lo muestra la siguiente figura:

**Figura 4.25 Configuración de mampostería**



**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

Las dimensiones de las diagonales insertadas que cumplen la función de puntales para poder incorporar la resistencia de la mampostería se las ha estimado en función de en ancho del muro y el largo en relación de la medida de su diagonal dividida para 4 (D/4).

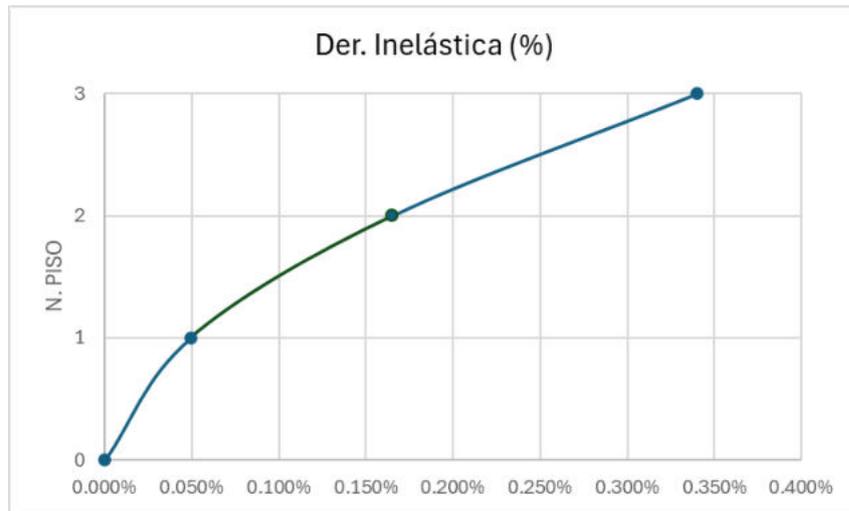
**Tabla 4.14 Participación de masa estructura mampostería convencional**

PARTICIPACIÓN MODAL ESTRUCTURA CON MAMPOSTERIA CONVENCIONAL						
Case	Mode	Period (s)	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal	1	0,234	0,558	0,8147	0,558	0,8147
Modal	2	0,201	0,0033	0,0168	0,5613	0,8316
Modal	3	0,145	0,5595	0,0002	0,5628	0,8317
Modal	4	0,13	0,2687	0,1049	0,8282	0,9366
Modal	5	0,127	0,6635	0,0474	0,9322	0,984
Modal	6	0,122	0,2694	0,0011	0,9329	0,9851
Modal	7	0,116	0,6636	0,0001	0,933	0,9852
Modal	8	0,115	0,2698	0,0002	0,9334	0,9854
Modal	9	0,112	0,6674	0,0017	0,9372	0,9871
Modal	10	0,107	0,2715	0,0021	0,9389	0,9893
Modal	11	0,103	0,6676	1,609E-06	0,9391	0,9893
Modal	12	0,093	0,2878	0,0072	0,9554	0,9965

**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

La tabla anterior muestra el periodo fundamental de vibración del modo 1, siendo el valor de 0.234 segundos, que en comparación con el periodo analizado de la estructura sin mampostería en este caso resulta menor.

**Figura 4.26 Deriva inelástica mampostería convencional**



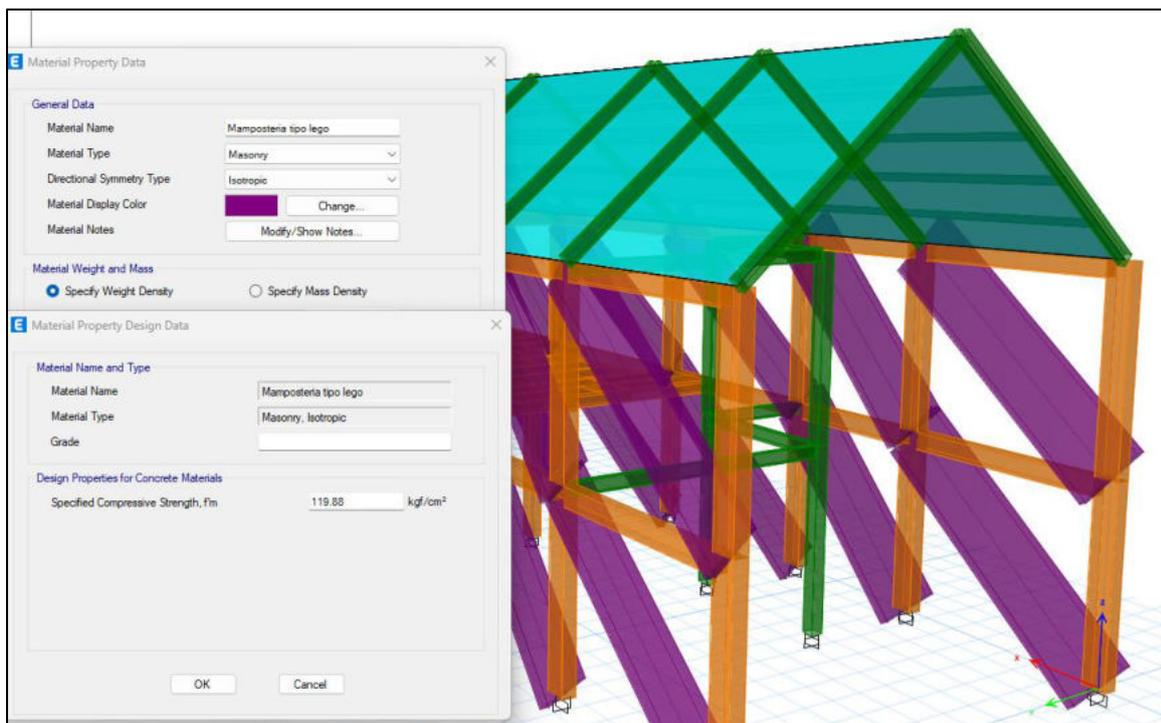
**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

La figura muestra la deriva inelástica de la edificación, teniendo en cuenta que estas no superan el 2%, como es lo recomendable. Así como también para el caso de la mampostería no supera el 1%.

#### 4.7.2.3 Estructura con mampostería tipo lego

Se aplican secciones de elementos diagonales, con las propiedades en este caso de la mampostería bloque tipo lego, cuyas propiedades se ingresan en el software para luego realizar en análisis como lo muestra la siguiente figura:

**Figura 4.27 Configuración de mampostería tipo lego**



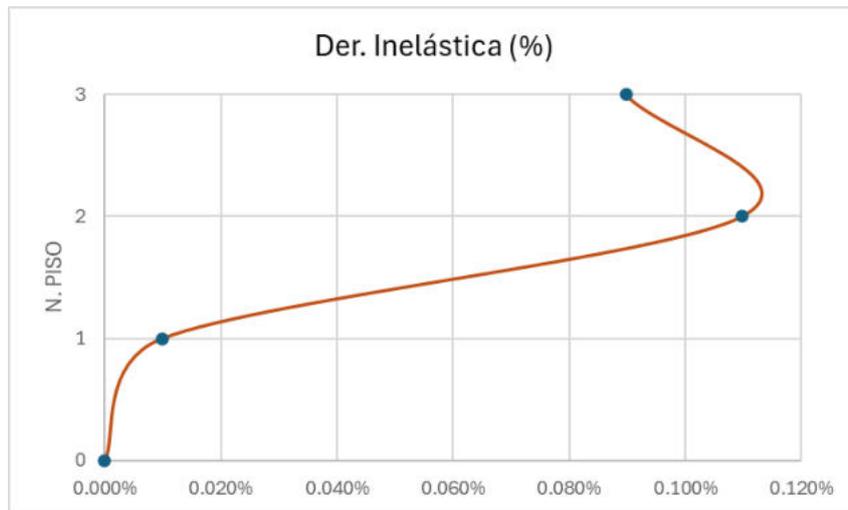
**Fuente:** (Valarezo & Mendoza)

**Tabla 4.15 Participación de masa estructura con mampostería tipo lego**

PARTICIPACIÓN MODAL ESTRUCTURA CON MAMPOSTERIA TIPO LEGO						
Case	Mode	Period (s)	UX	UY	SumUX	SumUY
Modal	1	0.201	0.5001	0.8237	0.5001	0.8147
Modal	2	0.145	0.0104	0.0125	0.5106	0.8316
Modal	3	0.13	0.0012	2.909E-05	0.5117	0.8317
Modal	4	0.127	0.018	0.0086	0.5297	0.9366
Modal	5	0.122	3.888E-06	6.43E-07	0.5297	0.984
Modal	6	0.116	0.3579	0.1136	0.8876	0.9851
Modal	7	0.115	0.058	0.0214	0.9456	0.9852
Modal	8	0.112	0	5.56E-06	0.9456	0.9854
Modal	9	0.107	0.0034	0.0024	0.949	0.9871
Modal	10	0.103	0.0125	0.0062	0.9615	0.9893
Modal	11	0.093	0.0054	0.0018	0.9669	0.9893
Modal	12	0.089	0.0131	0.0058	0.9801	0.9965

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

**Figura 4.28 Deriva inelástica estructura mampostería tipo lego**



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La figura muestra la deriva inelástica de la edificación, teniendo en cuenta que estas no superan el 2% como es lo recomendable. Así como también para el caso de la mampostería no supera el 1%.

#### 4.7.2.4 Comparación de resultados

Según los resultados obtenidos en el comportamiento estructural realizado, se ha realizado la incorporación de puntales diagonales en el sentido figurado como X-X, donde se puede apreciar la disminución de periodos fundamentales, así como también la disminución de derivas.

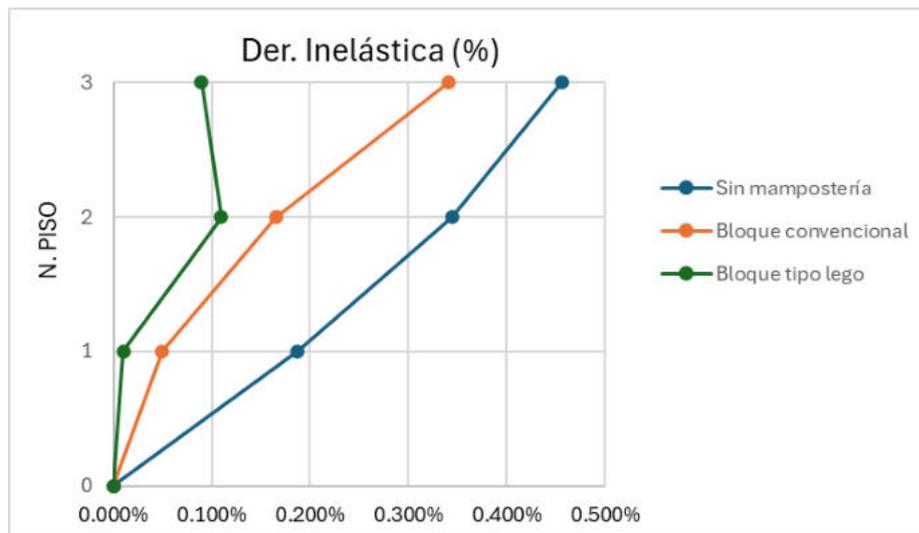
**Tabla 4.16** Tabla de resultados análisis sísmicos

<b>RESULTADOS</b>	<b>Periodo (s)</b>	<b>Deriva Max. (%)</b>
ESTRUCTURA SIN MAMPOSTERÍA	0.328	0.456
ESTRUCTURA CON MAMPOSTERÍA CONVENCIONAL	0.234	0.340
ESTRUCTURA CON MAMPOSTERÍA TIPO LEGO	0.201	0.110

*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La Tabla 4.16, muestra de forma resumida los resultados obtenidos de las tres comparaciones realizadas, siendo notable que existe disminución de derivas inelásticas y también disminución del periodo fundamental de vibración.

**Figura 4.29** Resumen de derivas inelásticas



*Fuente:* (Valarezo & Mendoza)

La figura muestra las derivas inelásticas para cada estructura analizada, se puede apreciar que las derivas se reducen en función de la mampostería, si se tiene en cuenta con la mampostería tipo lego las derivas son menores al 0,11%.

#### 4.8 Análisis de precio unitario de fabricación bloque tipo lego

Tabla 4.17 Precio unitario en función de un metro cubico de volumen de fabricación

1. MATERIALES					
	Descripción	unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	6.92	\$ 8.20	\$ 56.74
2	Agregado Grueso	m3	0.47	\$ 18.70	\$ 8.75
3	Agregado fino	m3	0.37	\$ 14.50	\$ 5.39
4	Agua	m3	0.20	\$ 0.90	\$ 0.18
5	PET	kg	30.98	\$ 0.40	\$ 12.39
<b>Total materiales</b>					<b>\$ 83.46</b>
2. MANO DE OBRA					
	Descripción	unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Peón	Hora	4	\$ 4.10	\$ 16.40
2	Operario de equipo	Hora	4	\$ 4.10	\$ 16.40
<b>Total mano de obra</b>					<b>\$ 32.80</b>
3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS					
	Descripción	unidad	Cantidad	Precio productivo	Costo total
1	Concretera 1 saco	Día	0.3	\$ 35.84	\$ 10.75
2	Maquina moldeadora	Día	0.3	\$ 25.30	\$ 7.59
<b>Total mano de obra</b>					<b>\$ 18.34</b>
<b>Total precio unitario por cada metro cúbico</b>					<b>\$ 134.60</b>

Fuente: (Valarezo & Mendoza)

La Tabla 4.17 Muestra el costo unitario de fabricación de bloque tipo lego en función de un metro cubico de volumen de fabricación. Teniendo en consideración el costo de los materiales necesario, la mano de obra, así como también los equipos a emplear.

Tabla 4.18 Precio unitario bloque tipo lego

PRECIO DE UNITARIO DE FABRICACIÓN	
DENSIDAD DEL BLOQUE LEGO	2175 kg/m3
PESO DE CADA BLOQUE	4,425 kg
VOLUMEN QUE OCUPA CADA BLOQUE	0,002 m3
CANTIDAD DE BLOQUE POR CADA m3 DE HORMIGÓN	500 Unidades
<b>PRECIO DE UNITARIO DE CADA BLOQUE TIPO LEGO</b>	<b>\$ 0,27</b>

Fuente: (Valarezo & Mendoza)

Definido el volumen unitario de cada bloque según su densidad y peso, se determina la cantidad de bloques que se pueden elaborar en función de un metro cúbico de hormigón, resultando la cantidad de 500 bloques, lo que determina que el costo unitario de fabricación por cada bloque es de 27 centavos de dólares americanos.

## **CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Se ha logrado diseñar un sistema de mampostería tipo LEGO optimizando la resistencia estructural, esto es agregándole material reciclado PET. En el cual sus resistencias mecánicas han aumentado significativamente.

La mampostería tipo lego desarrollada en esta investigación es de fácil modulación y aplicación ya que el diseño morfológico del mismo hace que los trabes y las distancias entre bloques sea perfectamente simétrico, así como también el aspecto físico y acabado del bloque donde no se hace necesario la aplicación de enlucido para mejorar su textura.

Se evaluó las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que componen dicho bloque tales como densidades, módulos de finura, pesos volumétricos y específicos, granulometrías y con el uso de la metodología de diseño de hormigón ACI 211.2 se dosificó de forma correcta para lograr la resistencia de diseño adecuada. Una vez pasada esta etapa se logró obtener resistencias de compresión y flexión de los especímenes. Para luego poder elaborar el bloque tipo lego.

Teniendo en consideración la cantidad de materiales a emplear, se pudo determinar en función al volumen y peso de cada material, el costo unitario de fabricación que ha resultado en un análisis de precio unitario el precio de fabricación de cada bloque que es de 27 centavos de dólares americanos.

### **5.2 Recomendaciones**

Se hace necesario en nuestro medio promover el uso y aplicación de materiales reciclados tales como es el caso de PET, donde sus ventajas en el campo constructivo son amplias. Lo cual genera mejorar el medio ambiente.

Conforme a lo realizado en este proyecto de titulación se hace necesario generar más investigación con respecto a elaboración de mezclas y morteros, realizando pruebas con diferentes materiales y diferentes dosificaciones para poder obtener materiales que cumplan con mayores propiedades resistentes a futuro, así como también tengan buena viabilidad económica.

## CAPÍTULO 6 BIBLIOGRAFIA

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE). (2011). NTE INEN 696-1. *Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso* Instituto de Normalización (INEN). Quito-Ecuador.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE). (2010). NTE INEN 856. Determinación de la densidad, densidad relativa y absorción del árido fino. Instituto de Normalización (INEN). Quito-Ecuador.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE). (2010). NTE INEN 858. Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. Instituto de Normalización (INEN). Quito-Ecuador.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE). (2011). NTE INEN 872. Áridos para hormigón. Requisitos. Instituto de Normalización (INEN). Quito-Ecuador.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA (NTE). (2016). INEN 3066. Bloques de Hormigón. Requisitos y Métodos de ensayo. Instituto de Normalización (INEN). Quito-Ecuador.

ASTM International. (2014). ASTM C 469. Método Estándar de Ensayo para Determinar el Módulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson del Concreto (cemento) en Compresión. West Conshohocken, PA.

ASTM International. (2017). ASTM C 39 (Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto). West Conshohocken, PA.

Carpio, V. (2019). Tesis de grado. Obtenido de Desarrollo de un material cementante compuesto a base de grafito, microsílíce y fibras sintéticas para la elaboración de paneles con alta resistencia a la deformación bajo sollicitaciones de esfuerzos de tensión, compresión y tracción: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17556>

Carrillo , J., & González, G. (2006). INFLUENCIA DE LA MAMPOSTERÍA NO REFORZADA EN EL COMPORTAMIENTO INELÁSTICO DE PÓRTICOS DE CONCRETO. Dialnet, 5-10.

Chinga, N. (14 de Octubre de 2015). SLIDESHARE. Obtenido de <https://es.slideshare.net/NaydiChingaGarcia/propiedades-del-concreto-53937506>

Cibao. (9 de Mayo de 2018). Mamposteria y su uso en la construccion. Obtenido de <https://www.cementocibao.com/mamposteria-usos-en-la-construccion/>

Constructor Civil. (15 de Enero de 2011). Concreto: Módulo de Poisson. Obtenido de <https://www.elconstructorcivil.com/2011/01/concreto-modulo-de-poisson.html>

CONSTRUCTOR CIVIL. (19 de Mayo de 2014). Blog del ingeniero civil. Obtenido de <http://notasconstructorcivil.blogspot.com/2011/05/consistencia-del-hormigon-y-cantidades.html>

Frías Muñoz , G., & Salazar Amagua, R. (2019). Tesis de grado. Obtenido de Diseño de hormigón de alta resistencia con escoria de acero reciclado como sustitución parcial: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20314/1/T-UCE-0011-ICF-209.pdf>

Ingeniero de Caminos. (2016). *Exudación del hormigón*. Obtenido de <https://ingeniero-de-caminos.com/exudacion-del-hormigon/>

INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES. (2017). *COMPONENTES Y PROPIEDADES DEL CEMENTO*. Obtenido de <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>

NEC. (2014). NEC-SE-HM. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-HM.pdf>

Nizama, J. (2015). Análisis pushover. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/289705048/Metodo-Pushover>

ASTM International. (2022). ASTM E519/E519M-22: Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages. West Conshohocken, PA: ASTM International.

ACI. (2012). State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete. ACI 544.1R-96.

Farmington Hills MI: American Concrete Institute. ACI. (2021). Building Code

Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19). Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.

Guevara, U. F., y Paredes, C. D. (2014). Cargas sísmicas Diseño sismo resistente, Código: NEC – SE –DS, Norma Ecuatoriana De La Construcción – NEC. Quito, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

NEC. (2015). Peligro sísmico. (M. Dirección de Comunicación Social, Ed.). Quito: 2014.

Esta norma es esencial para evaluar la resistencia al corte en estructuras de mampostería y es ampliamente utilizada en investigaciones y aplicaciones prácticas en ingeniería civil.

## ANEXOS

### Anexo 1 Granulometría agregado grueso

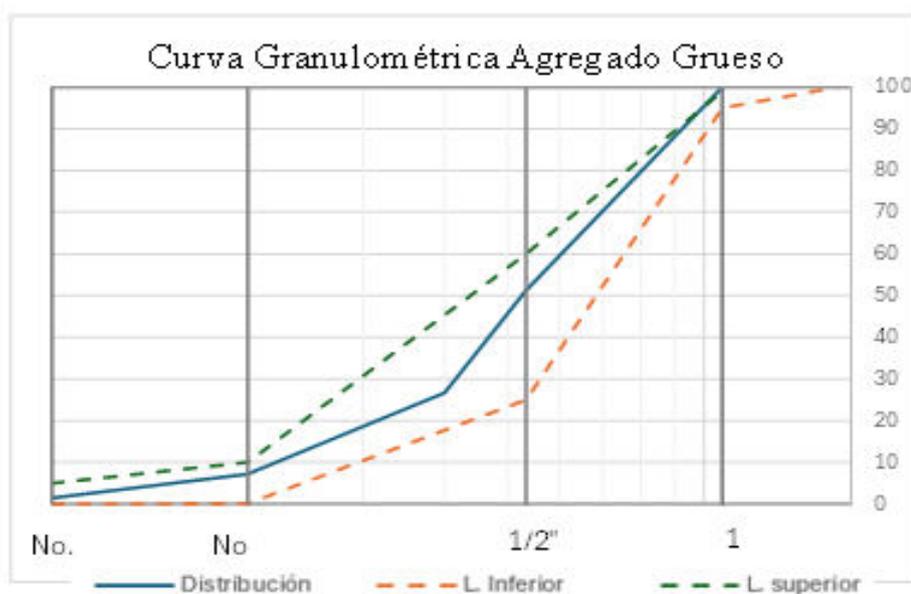
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"

#### ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

PROYECTO: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

MUESTRA: "AGREGADO GRUESO"

Tamiz	peso parcial (gr.)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
1	0	0.00%	0.00%	100.00%
1/2	1365	48.75%	48.75%	51.25%
3/8	687	24.54%	73.29%	26.71%
N4	548	19.57%	92.86%	7.14%
N8	200	7.14%	100.00%	0.00%
N100	0	0.00%	100.00%	0.00%
FONDO	0	0.00%	100.00%	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>2800</b>			



PESO VOLUMÉTRICO SUELTO: 1670 kg/cm<sup>3</sup>  
MÓDULO DE FINURA: 2.8

Anexo 2 Granulometría agregado fino "arena corriente"

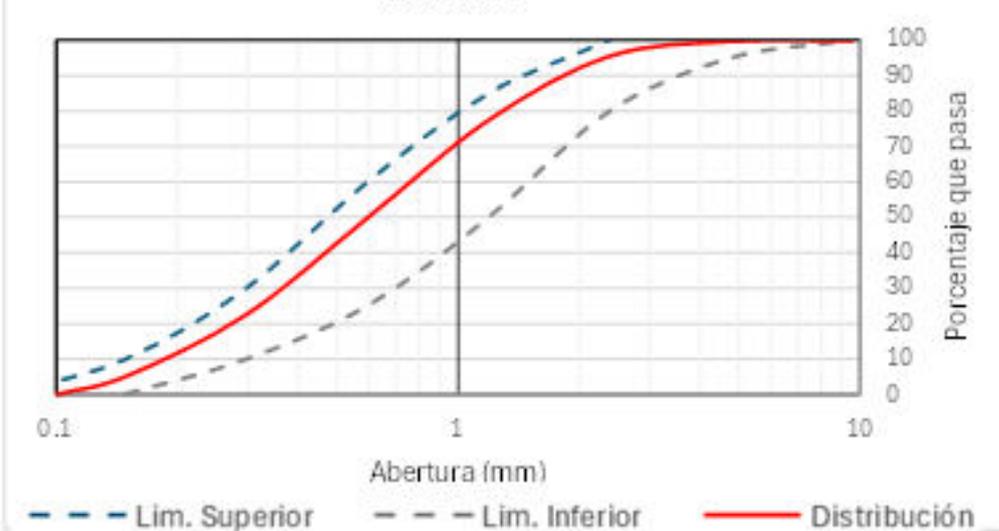
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**  
**LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**  
**ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**

**PROYECTO:** DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

**MUESTRA:** "ARENA CORRIENTE"

Tamiz	peso parcial (gr.)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/8*	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 4	4.70	0.22%	0.22%	99.78%
Nº 8	87.87	4.19%	4.42%	95.58%
Nº 16	378.65	18.07%	22.49%	77.51%
Nº 30	578.30	27.60%	50.09%	49.91%
Nº 50	572.90	27.34%	77.43%	22.57%
Nº 100	365.40	17.44%	94.87%	5.13%
Fondo	107.50	5.13%	100.00%	0.00%
TOTAL	2095.32			

Curva Granulométrica Agregado Fino: Arena Corriente



PESO VOLUMÉTRICO SUELTO: 1718 kg/cm<sup>3</sup>

MODULO DE FINURA: 2.21

**Anexo 3 Granulometría agregado fino "arena industrial"**

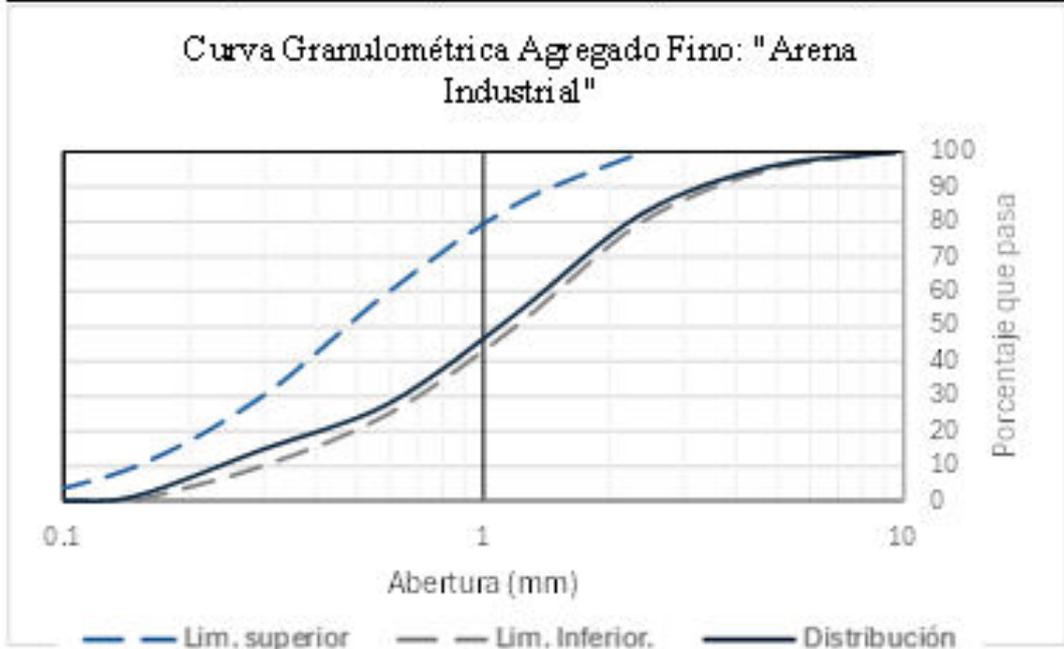
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**FAULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS**  
**LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

**ENSAYO GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**

**PROYECTO:** DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

**MUESTRA:** "ARENA INDUSTRIAL"

Tamiz	peso parcial (gr.)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/8*	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
Nº 4	41.30	4.13%	4.13%	95.87%
Nº 8	135.10	13.51%	17.65%	82.35%
Nº 16	287.50	28.76%	46.40%	53.60%
Nº 30	256.20	25.63%	72.03%	27.97%
Nº 50	132.30	13.23%	85.27%	14.73%
Nº 100	132.70	13.27%	98.54%	1.46%
Fondo	14.60	1.46%	100.00%	0.00%
TOTAL	999.70			



**PESO VOLUMETRICO SUELTO:** 1718 kg/cm<sup>3</sup>

**MODULO DE FINURA:** 2.21

## Anexo 4 Ensayos resistencia a la compresión PET 0%

### PROTOTIPO 1: PET 0%

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"

#### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	210
--	-----

CILINDRON N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	14/10/2024	7	4087	11050	140.69
2	7/10/2024	14/10/2024	7	4078	11100	141.33
3	7/10/2024	14/10/2024	7	4071	10930	139.17



Observaciones:


ELABORADO POR:  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

REVISADO POR:  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

# PROTOTIPO 1: PET 0%

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	210
--	-----

CILINDRO N.	FECHA		EDAD DIAS	Peso (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	21/10/2024	14	4065	14280	181.82
2	7/10/2024	21/10/2024	14	4078	14300	182.07
3	7/10/2024	21/10/2024	14	4071	14150	180.16



Observaciones:


ELABORADO POR:  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

REVISADO POR:  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

## PROTOTIPO 1: PET 0%

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>
--	------------

CILINDRO N.	FECHA		EDAD DIAS	Peso (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	4/11/2024	28	4065	17000	216.45
2	7/10/2024	4/11/2024	28	4078	16900	215.18
3	7/10/2024	4/11/2024	28	4071	16800	213.90



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

**Anexo 5 Ensayos resistencia a la compresión PET 1%**

**PROTOTIPO 2: PET 1%**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>
--	------------

CILINDRO N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	14/10/2024	7	4095	11940	152.02
2	7/10/2024	14/10/2024	7	4087	11988	152.64
3	7/10/2024	14/10/2024	7	4092	11800	150.24



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

## PROTOTIPO 2: PET 1%

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	210
--	-----

CILINDRON N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	21/10/2024	14	4087	15695	199.83
2	7/10/2024	21/10/2024	14	4078	15758	200.63
3	7/10/2024	21/10/2024	14	4091	15511	197.49



Observaciones:


ELABORADO POR:  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

REVISADO POR:  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

## PROTOTIPO 2: PET 1%

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>
--	------------

CILINDRO N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	4/11/2024	28	4065	18450	234.91
2	7/10/2024	4/11/2024	28	4074	18520	235.80
3	7/10/2024	4/11/2024	28	4087	18240	232.24



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

**Anexo 6 Ensayos resistencia a la compresión PET3%**

**PROTOTIPO 3: PET 3%**

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>
--	------------

CILINDRON N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	14/10/2024	7	4090	13800	175.71
2	7/10/2024	14/10/2024	7	4085	13900	176.98
3	7/10/2024	14/10/2024	7	4067	13650	173.80



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

### PROTOTIPO 3: PET 3%

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

#### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>210</b>
---	------------

CILINDRO N.	FECHA		EDAD DIAS	Peso (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	21/10/2024	14	4076	17400	221.54
2	7/10/2024	21/10/2024	14	4078	17480	222.56
3	7/10/2024	21/10/2024	14	4071	17200	219.00



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

### PROTOTIPO 3: PET 3%

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

#### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMENTRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>
--	------------

CILINDRON.	FECHA		EDAD DIAS	Peso (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	4/11/2024	28	4082	21150	269.29
2	7/10/2024	4/11/2024	28	4078	21240	270.44
3	7/10/2024	4/11/2024	28	4088	20900	266.11



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

**Anexo 7 Ensayos resistencia a la compresión PET 5%**

**PROTOTIPO 4: PET 5%**

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO**

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>210</b>
---	------------

CILINDRON N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	14/10/2024	7	4090	14350	182.71
2	7/10/2024	14/10/2024	7	4085	14460	184.11
3	7/10/2024	14/10/2024	7	4067	14200	180.80



Observaciones:


ELABORADO POR:  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

REVISADO POR:  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

## PROTOTIPO 4: PET 5%

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMETRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>210</b>
---	------------

CILINDRO N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	21/10/2024	14	4065	18520	235.80
2	7/10/2024	21/10/2024	14	4078	18660	237.59
3	7/10/2024	21/10/2024	14	4071	18300	233.00



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

## PROTOTIPO 4: PET 5%

**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
LABORATORIO "ING. ARNOLDO RUFFILLI"**

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

OBRA: DISEÑO DE BLOQUE TIPO LEGO

DIRECCION:

ALTURA (cm): 20

DIAMENTRO (cm): 10

<b>RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>210</b>
--	------------

CILINDRON N.	FECHA		EDAD DIAS	Pe so (gr.)	CARGA MAXIMA (Kg.)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
	TOMA	ROTURA				
1	7/10/2024	4/11/2024	28	4132	21950	279.48
2	7/10/2024	4/11/2024	28	4121	21820	277.82
3	7/10/2024	4/11/2024	28	4097	22100	281.39



Observaciones:


**ELABORADO POR:**  
LABORATORISTA CARLOS CARBO

**REVISADO POR:**  
ING. ISRAEL BERMEO MG.

## Anexo 8 Ensayo resistencia a la compresión de bloque



### LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGÓN Y ASFALTO

#### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO MASIZOS y HUECOS

Para: **Paul Valarezo/Katiusca Mendoza**

Fecha de rotura: **16 de diciembre de 2024**

Dimensiones del bloque (cm)	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Área neta (cm <sup>2</sup> )	Días de curado	Carga (Kg)	Resistencia área bruta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia área neta (Kg/cm <sup>2</sup> )
30x15x7	450	450	28	48060	106.8	106.8
30x15x7	450	450	28	51480	114.5	114.5

Arq. Javier Moreira Mera.  
Nº Senescyt 1016-14-1274849  
CONGEOTEC S.A.

## ANEXOS FOTOGRÁFICOS



## Anexo 9 Ensayo tensión diagonal de mampostería



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS

LEMM-PT015-IT-001



INFORME DE ENSAYO  
 TENSIÓN DIAGONAL EN CONJUNTOS DE MAMPOSTERÍA  
 NORMA: ASTM E519 - 22

Pág: 3 DE 5

INFORME N°: 17125

### DATOS DEL CLIENTE Y PERSONA DE CONTACTO

RAZÓN SOCIAL: MKM INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
 TELÉFONO: 0967061000  
 CORREO: mkmconstructoraec@gmail.com

NOMBRE DEL CONTACTO: Maira Katuska Mendoza  
 TELÉFONO: -  
 CORREO: -

### 1. DATOS GENERALES

PROYECTO (\*): Diseño de bloques tipo LEGO para vivienda  
 UBICACIÓN (\*): Guayaquil  
 CONTRATISTA (\*): -  
 FISCALIZACIÓN (\*): -  
 SOLICITADO POR (\*): Roy Valarezo - Maira Mendoza  
 RECEPCIÓN DE MUESTRAS: 16/1/2025  
 FECHA DE ENSAYO: 16/1/2025  
 EMISIÓN DE INFORME: 22/1/2025

### 2. DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN DEL MURETE: Murete construido con bloques tipo lego, conformado por nueve filas de bloques  
 DESCRIPCIÓN DEL BLOQUE: Bloques tipo lego con dos orificios circulares  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Muestras en condiciones adecuadas para el ensayo  
 LUGAR DE FABRICACIÓN (\*): No especificado  
 LUGAR DE MUESTREO (\*): No especificado  
 FECHA DE FABRICACIÓN (\*): No especificado  
 FECHA DE MUESTREO (\*): No especificado  
 EDAD (\*): No especificado

### 3. DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS

**DIMENSIONES PROMEDIO DEL MURETE**  
 ALTO (mm): 635,00  
 ANCHO (mm): 605,00  
 ESPESOR (mm): 150,00  
 DIAGONAL (mm): 860,00  
 LONG. CALIBRADA "g" (mm): 650,00  
 PESO (Kg): 76,30

**DIMENSIONES BRUTAS PROMEDIO DEL BLOQUE**  
 LARGO (mm): 300,00  
 ALTO (mm): 70,00  
 ESPESOR (mm): 150,00  
 DIAMETRO DE VACÍOS (mm): 85,00  
 % DEL ÁREA BRUTA DE LA UNIDAD "n" (%): 0,75

N°	CARGA (N)	Δ PERPEND. A LA CARGA (x 0,01mm)	Δ PARALELA A LA CARGA (x 0,01mm)	ESFUERZO CORTANTE (x 10 <sup>-2</sup> MPa)	DEFORMACIÓN UNITARIA A CORTE (x 10 <sup>-2</sup> mm/mm)
1	1000	0,5	3,0	0,03	0,7
2	3000	2	6,5	0,10	1,7
3	5000	4	11,0	0,17	3,0
4	7000	6	18,0	0,24	4,8
5	9000	8	23,5	0,30	6,3
6	11000	10	31,0	0,37	8,2
7	13000	13	38,0	0,44	10,2
8	15000	17	48,5	0,51	13,1
9	17000	22	61,5	0,58	15,0
10	19000	31	80,0	0,64	16,5
11	21000	47	107,5	0,71	17,0
12	23000	57	95,9	0,78	17,6
13	25000	68	105,4	1,13	17,8
14	27000	79	114,8	1,17	19,0
15	29000	86	124,3	1,17	21,5
16	31000	95	133,8	1,33	22,6
17	33000	105	143,3	1,37	25,6
18	35000	116	152,8	1,40	28,7
19	37000	124	162,3	1,40	32,1
20	39000	133	171,8	1,40	33,8
21	41000	146	181,3	1,40	35,1
22	43000	167	190,7	1,40	37,1

DOCUMENTO VÁLIDO ÚNICAMENTE CON EL SELLO SECO DE LA INSTITUCIÓN. EL LABORATORIO NO SE RESPONSABILIZA POR LA REPRODUCCIÓN Y/O ALTERACIÓN PARCIAL O TOTAL DEL DOCUMENTO. LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE SON DE ABSOLUTA RESPONSABILIDAD DEL MISMO.

TEL/FAX: 2-322-6515 MAIL: fmg.lem@ucan.edu.ec C6/BLA.17-03-26-30



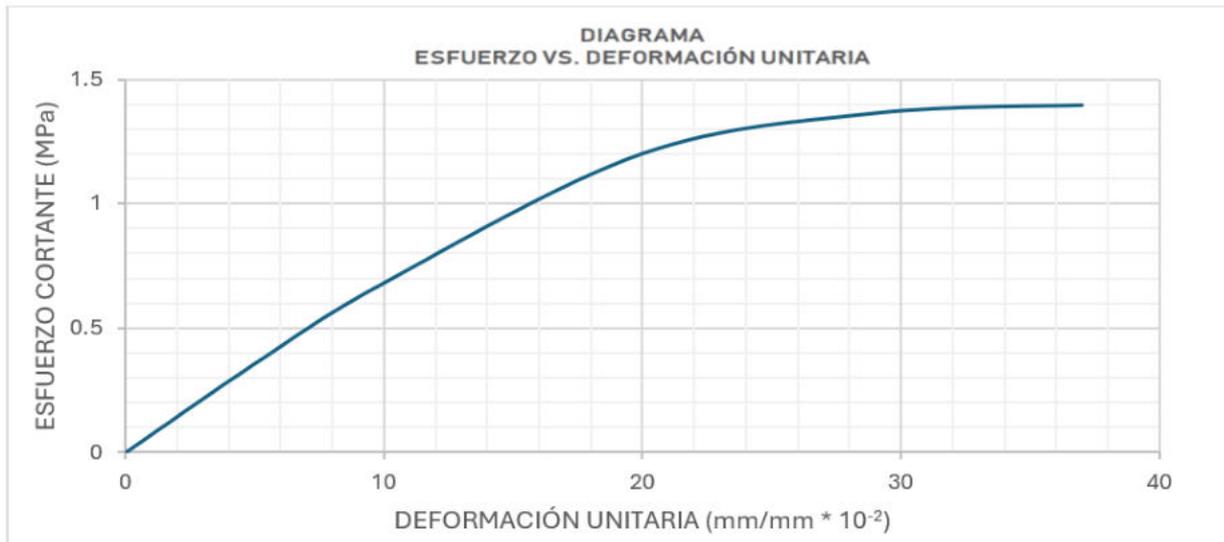
UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS



INFORME DE ENSAYO  
TENSION DIAGONAL EN CONJUNTOS DE MAMPOSTERÍA  
NORMA: ASTM E519 - 22

Pág: 4 DE 5

INFORME N°: 17125

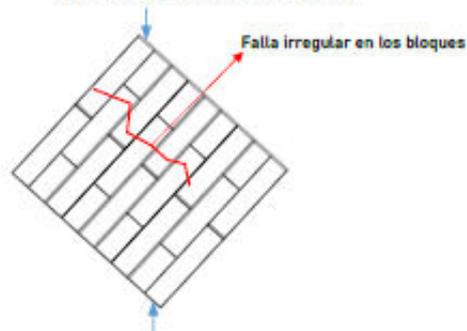


GRÁFICAS DEL ENSAYO

ESQUEMA DEL BLOQUE DE  
MAMPOSTERÍA



DIRECCIÓN DE APLICACIÓN DE CARGA



FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



4. INFORMACIÓN ADICIONAL:

- (\*) Corresponde a datos proporcionados por el cliente.
- El muestreo, curado y traslado de los especímenes es realizado por el cliente.
- Los resultados contenidos en el informe, se refieren únicamente a la muestra y condiciones en las que se realizó el ensayo.
- El LEMM no se responsabiliza por la información entregada por el cliente que pueda comprometer la validez de los resultados.
- El LEMM no se responsabiliza por los perjuicios que puedan presentarse por el uso de los resultados obtenidos.
- El LEMM no emite declaraciones de conformidad. De ser necesaria, será el cliente quien defina y acepte la regla de decisión y norma, o indique qué debe cumplir.

Ensayo realizado por: Ing. Luz Juinia - Tnigo. Milton Catota

Informe realizado por: Ing Daniel Amaguaña.

Ing. Luz Juinia  
RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Fraga MSc.  
DIRECTOR (E) DEL LABORATORIO

- FIN DEL DOCUMENTO -

## Anexo 10 Ensayo compresión axial de mampostería



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS**



INFORME DE ENSAYO  
 COMPRESIÓN EN CONJUNTOS DE MAMPOSTERÍA  
 NORMA DE REFERENCIA: ASTM C1314

Pág: 5 DE 5

INFORME N°: 17125

### DATOS DEL CLIENTE Y PERSONA DE CONTACTO

RAZÓN SOCIAL: MKM INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
 TELÉFONO: 0967061000  
 CORREO: mikmconstructoraec@gmail.com

NOMBRE DEL CONTACTO: Maira Katuska Mendoza  
 TELÉFONO: -  
 CORREO: -

### 1. DATOS GENERALES

PROYECTO (\*): Diseño de bloques tipo LEGO para vivienda  
 UBICACIÓN (\*): Guayaquil  
 CONTRATISTA (\*): -  
 FISCALIZACIÓN (\*): -  
 SOLICITADO POR (\*): Roy Valarezo - Maira Mendoza

RECEPCIÓN DE MUESTRAS: 16/1/2025  
 FECHA DE ENSAYO: 20/1/2025  
 EMISIÓN DE INFORME: 23/1/2025

### 2. DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN DEL MURETE: Murete construido con bloques tipo lego, conformado por seis filas de bloques.  
 DESCRIPCIÓN DEL BLOQUE: Bloques tipo lego con dos orificios circulares  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Muestras en condiciones adecuadas para el ensayo  
 LUGAR DE FABRICACIÓN (\*): No especificado  
 LUGAR DE MUESTREO (\*): No especificado

FECHA DE FABRICACIÓN (\*): No especificado  
 FECHA DE MUESTREO (\*): No especificado  
 EDAD (\*): No especificado

### 3. DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS

ITEM	IDENTIFICACIÓN	MURETE				MAMPUESTO			CARGA APLICADA (N)	ESFUERZO A COMPRESIÓN (Mpa)
		LARGO (mm)	ALTO (mm)	ESPESOR (mm)	PESO (Kg)	LARGO (mm)	ALTO (mm)	ESPESOR (mm)		
1	17125 - 3	294.00	424.00	151.00	25.14	300.00	70.00	150.00	41595.00	12.20

### GRÁFICAS DEL ENSAYO



### 4. INFORMACIÓN ADICIONAL:

- (\*) Corresponde a datos proporcionados por el cliente.
- El muestreo, curado y traslado de los especímenes es realizado por el cliente.
- Los resultados contenidos en el informe, se refieren únicamente a la muestra y condiciones en las que se realizó el ensayo.
- El LEMM no se responsabiliza por la información entregada por el cliente que pueda comprometer la validez de los resultados.
- El LEMM no se responsabiliza por los perjuicios que puedan presentarse por el uso de los resultados obtenidos.
- El LEMM no emite declaraciones de conformidad. De ser necesaria, será el cliente quien defina y acepte la regla de decisión y norma, o indique qué debe cumplir.

Ensayo realizado por: Ing. Luz Juinia - Tnlgo. Milton Catota  
 Informe realizado por: Ing Daniel Amaguaña.

Ing. Luz Juinia  
 RESPONSABLE DEL ÁREA

Ing. Jorge Fraga MSc.  
 DIRECTOR (E) DEL LABORATORIO

- FIN DEL DOCUMENTO -

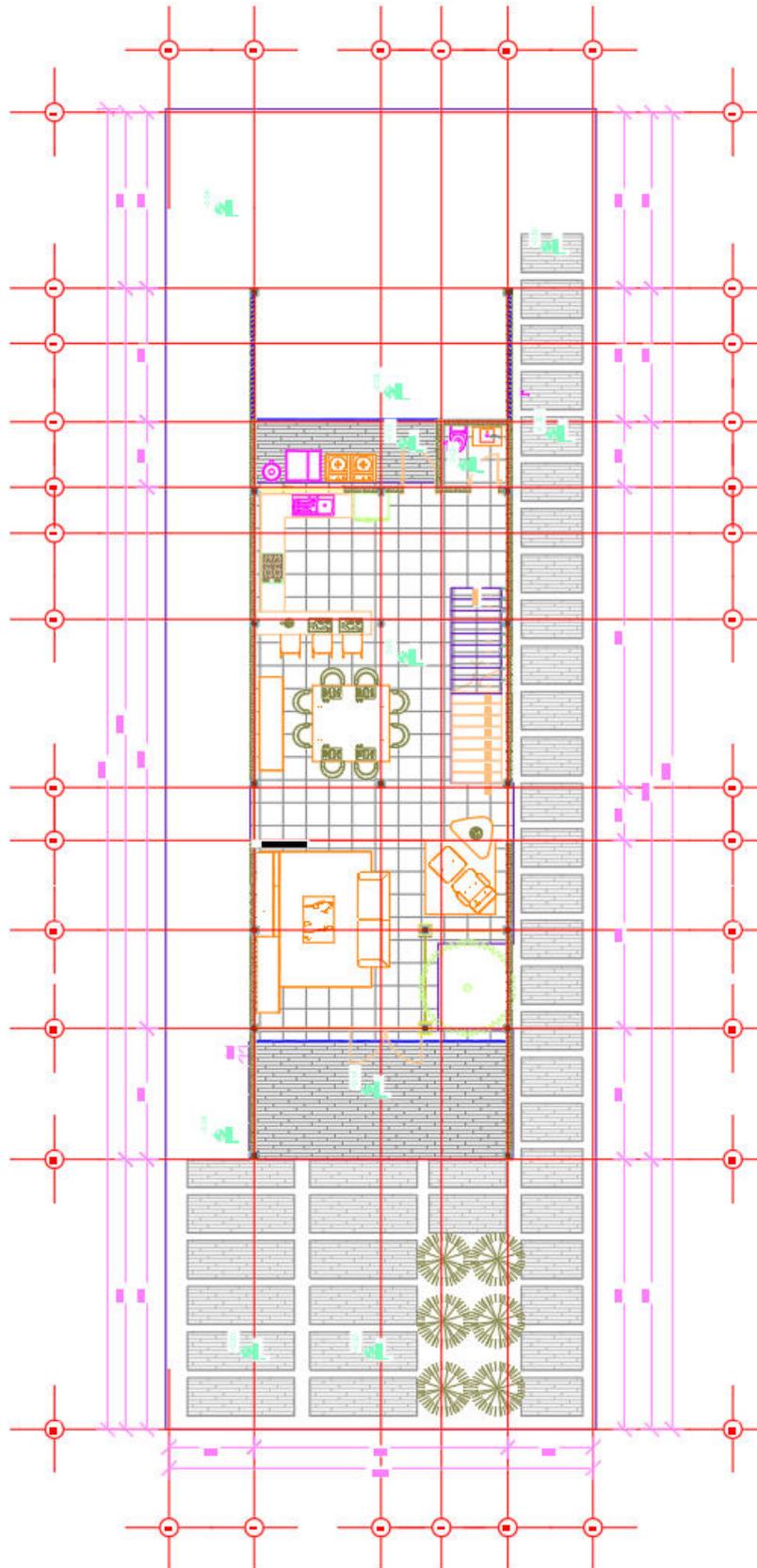
## Resinplast

RESINPLAST es una RESINA VINIL ACRYLICA usado para formular pinturas de bajos y altos PVC de acabado satinado semi-brillante también usado para empastes y estucos mampostería también como primario para muros diseñado para proporcionar una alta resistencia al uso al interior y exterior sin perder propiedades de sellado generando una mejor adherencia del acabado y buena resistencia a bajos signos de alcalinidad

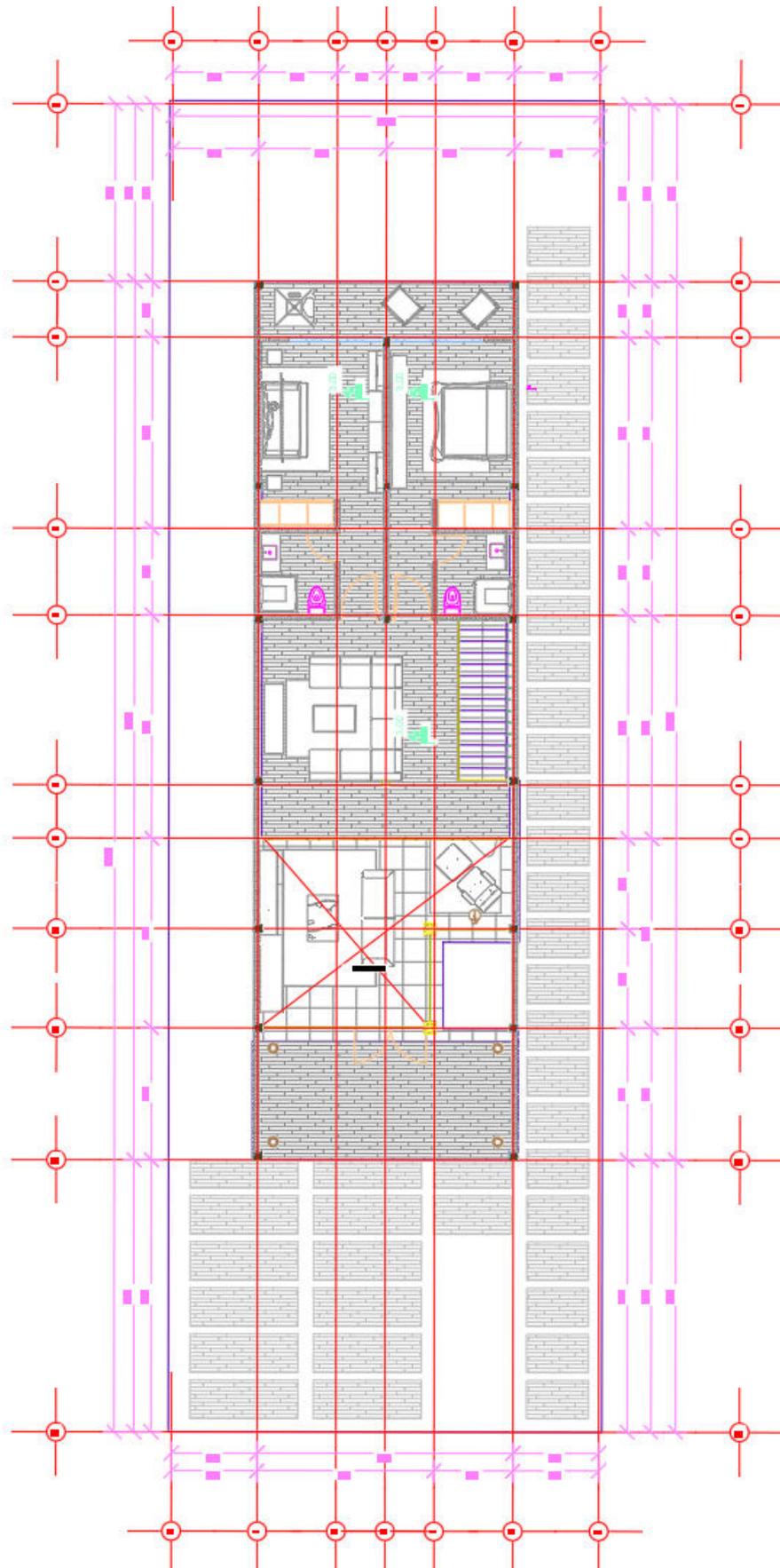


## Anexo 12 Modelo arquitectónico Vivienda

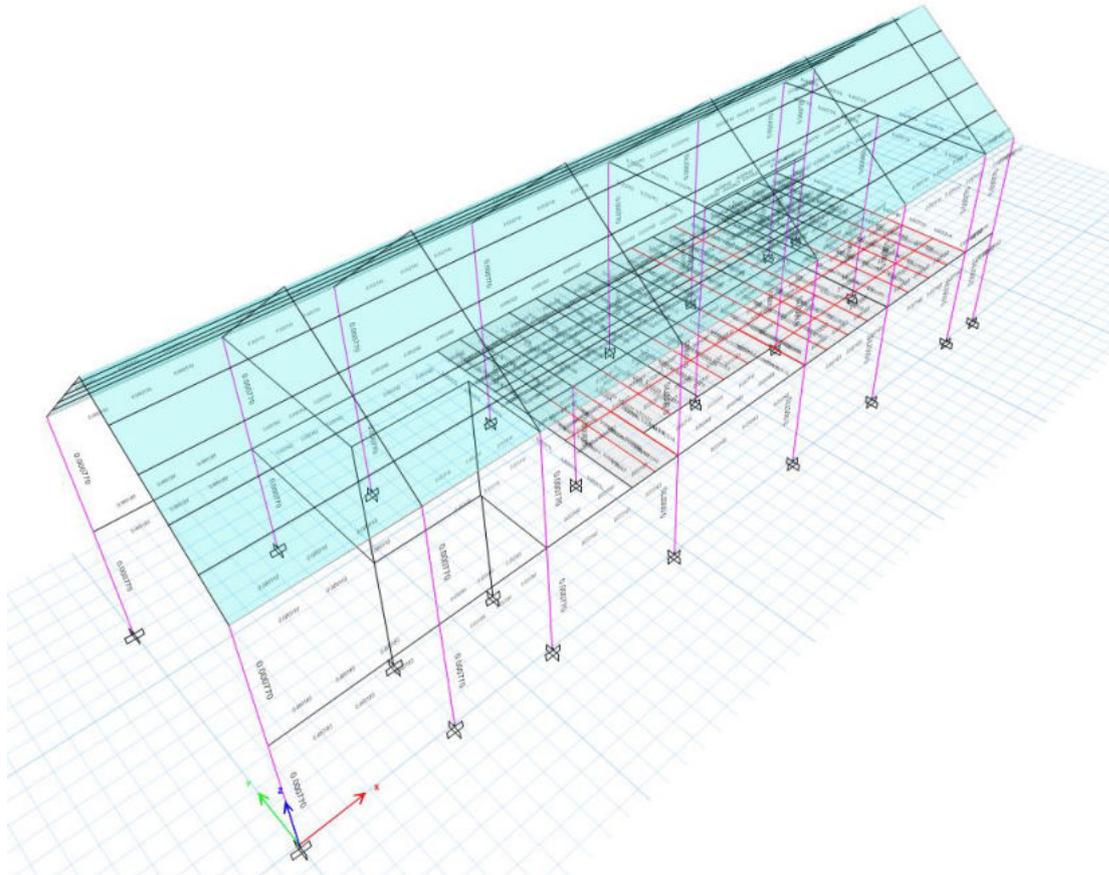
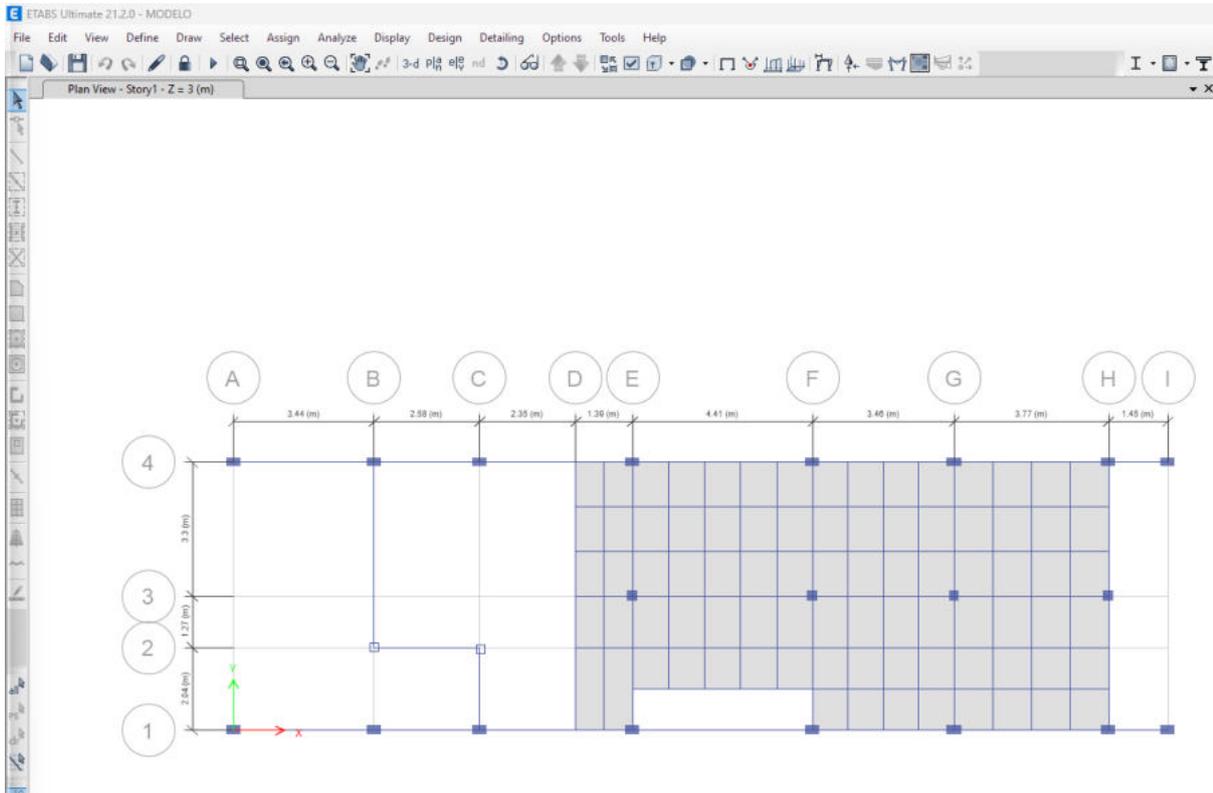
### Planta Baja



# Planta Alta

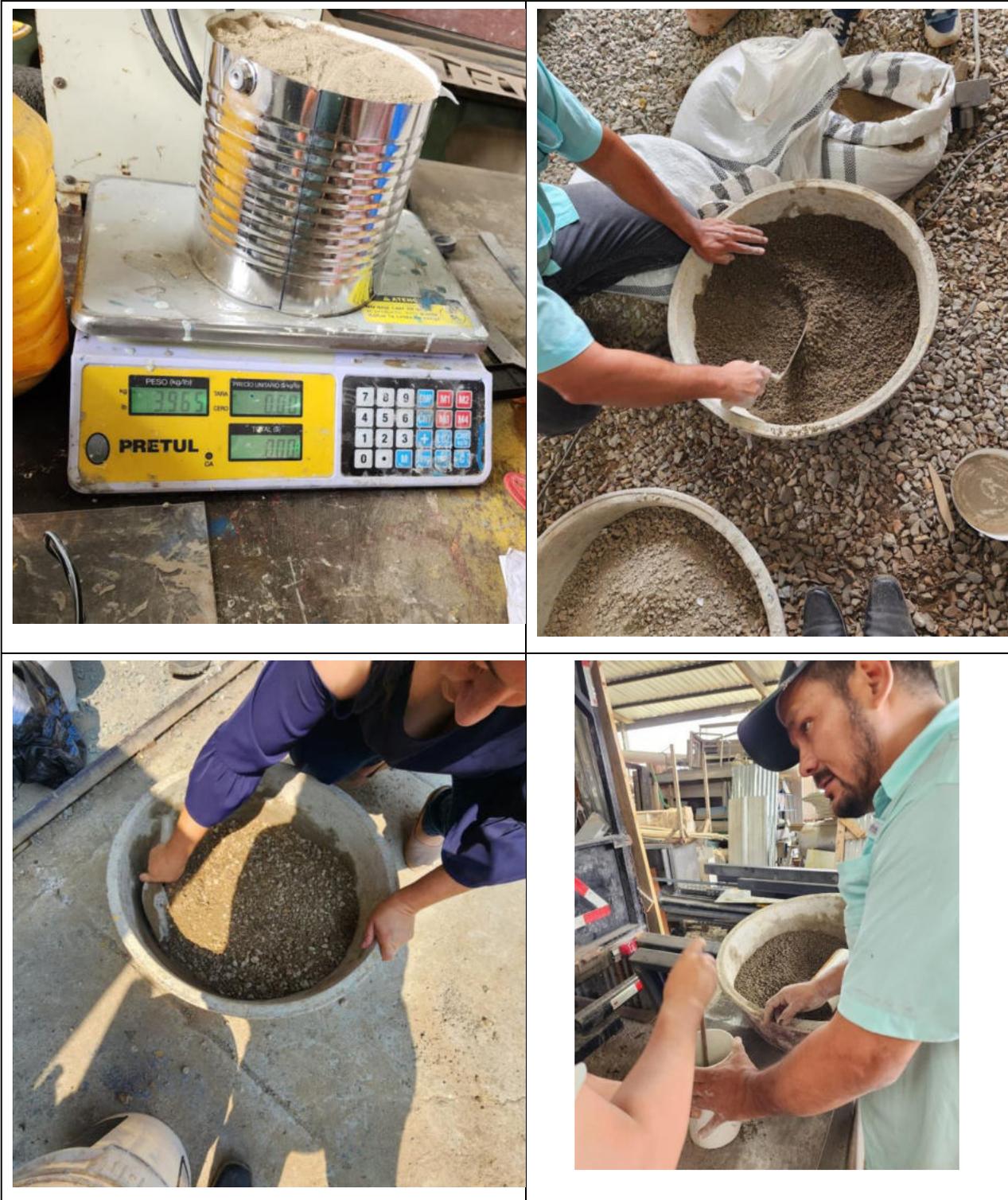


## Anexo 13 análisis estructural con ETABS



## Anexo 14 Registros fotográficos

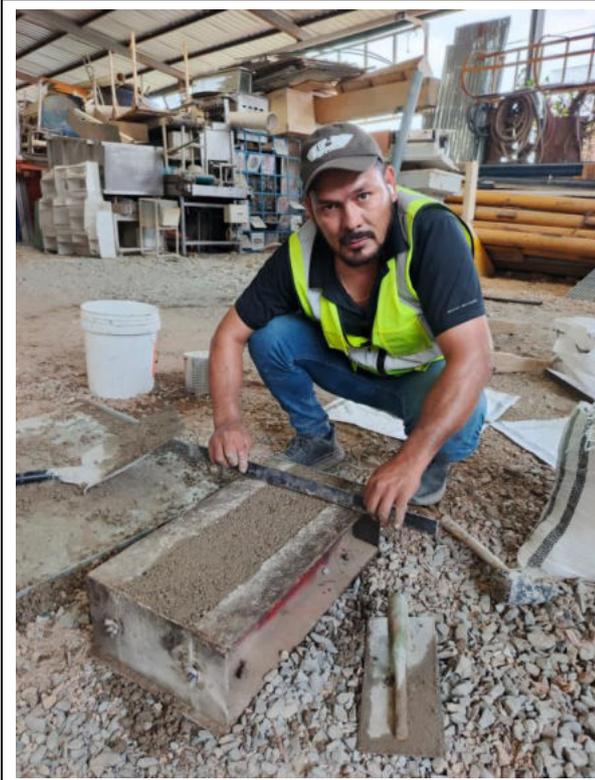
### Elaboración de hormigones



## Ensayo de cilindros de hormigón



## Ensayo de Vigas a flexión



## Bloques tipo lego



## Ensayo de muretes a compresión axial



## Ensayo de tensión diagonal

