

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE UN PROTOTIPO DE BLOQUES DE
HORMIGÓN, USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE
MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL, QUE BUSCA MEJORAR
DESEMPEÑO DE LAS EDIFICACIONES DURANTE EVENTOS
SÍSMICOS.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MENCIÓN ESTRUCTURAS**

ALEXANDER XAVIER CASAGALLO CUADRADO
acasagallo@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JORGE RICARDO VINTIMILLA JARAMILLO MSc.
jvintimilla@gmail.com

Quito, abril 2017

DECLARACIÓN

Yo, ALEXANDER XAVIER CASAGALLO CUADRADO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

**ALEXANDER XAVIER
CASAGALLO CUADRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ALEXANDER XAVIER CASAGALLO CUADRADO, bajo mi supervisión.

ING. JORGE VINTIMILLA MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por su guía y apoyo a lo largo de toda mi educación. Porque fueron ellos quien me guiaron a cumplir mis objetivos a cumplir mis sueños y me encaminaron a ser cada día mejor.

A mis abuelos por darme su apoyo y consejo ante las adversidades, porque siempre estuvieron a mi lado brindándome experiencia.

Y a mis amigos y compañeros, porque gracias a ellos esta etapa de la vida ha sido maravillosa porque me han apoyado en los momentos de confusión y me han brindado una mano en los momentos de necesidad.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, por mantenerme a su lado y apoyarme en cada momento de mi vida, por soportar mis fallas y guiar mi camino hacia mis sueños.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE FOTOGRÁFICO	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
PRESENTACIÓN	XVII
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3. ALCANCE	2
1.4. METODOLOGÍA	3
1.4.1. ENSAYOS INDIVIDUALES	3
1.4.2. ENSAYOS DE MURETES Y PRISMAS	3
1.4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO	4
CAPÍTULO 2	5
DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO	5

2.1. ANTECEDENTES	5
2.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA	7
2.1.2. TIPOS DE FALLAS EN LA MAMPOSTERÍA	9
2.2. DISEÑO DEL PROTOTIPO	12
2.2.1. SELECCIÓN DE LA MALLA DE REFUERZO	13
2.2.2. DOBLADO Y COLOCACIÓN DE LA MALLA EN EL PROTOTIPO	14
2.3. ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO	14
2.3.1. PREPARACIÓN DE LA MALLA	14
2.3.2. FUNDICIÓN DEL BLOQUE	20
CAPÍTULO 3	
ENSAYOS COMPARATIVOS	25
3.1. ENSAYOS INDIVIDUALES	25
3.1.1. CLASIFICACIÓN DEL BLOQUE	25
3.1.2. DIMENSIONES	26
3.1.3. ENSAYO DE ABSORCIÓN	26
3.1.4. ENSAYO A COMPRESIÓN	27
3.2. ENSAYOS DE PRISMAS Y MURETES	29
3.2.1. DOSIFICACIÓN DEL MORTERO	29
3.2.2. ENSAYO DE PRISMAS	30
3.2.3. ENSAYO DE MURETES	50
3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
3.3.1. ENSAYOS INDIVIDUALES	66
3.3.2. ENSAYO EN MAMPOSTERÍA	66
CAPÍTULO 4	73
ANÁLISIS ECONÓMICO	73
4.1. ANÁLISIS DE COSTOS DEL BLOQUE CONVENCIONAL	73
4.2. ANÁLISIS DEL PROTOTIPO	75
4.2.1. ANÁLISIS CON PARÁMETROS ARTESANALES.	75
4.2.2. ANÁLISIS CON PARÁMETROS LEGALES	78
4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO	79
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 FALLAS A CORTE POR DESLIZAMIENTO	10
FIGURA 2.2 FALLAS A CORTANTE POR TRACCIÓN DIAGONAL	11
FIGURA 2.3 FALLA A COMPRESIÓN	12
FIGURA 2.4 CATÁLOGO DE MALLAS DELGADAS DE ACERO	13
FIGURA 2.5 ESQUEMA DE ARMADO DEL PROTOTIPO	14
FIGURA 2.6 PLANO PARA CORTE Y DOBLADO DE MALLA	16
FIGURA 3.1 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 1	32
FIGURA 3.2 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 2	33
FIGURA 3.3 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 3	34
FIGURA 3.4 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 4	35
FIGURA 3.5 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 5	36
FIGURA 3.6 CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE PRISMAS CONSTRUIDOS CON BLOQUES NORMALES.	37
FIGURA 3.7 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA DE CONTROL 1	40
FIGURA 3.8 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA DE CONTROL 2	41
FIGURA 3.9 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 1	42
FIGURA 3.10 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 2	43
FIGURA 3.11 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 3	44
FIGURA 3.12 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 4	45
FIGURA 3.13 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 5	46
FIGURA 3.14 CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN DE PRISMAS PROTOTIPO	47
FIGURA 3.15 INFORMACIÓN OBTENIDA DE LAS CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN Y CRITERIOS ASUMIDOS	49
FIGURA 3.16 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 1	53
FIGURA 3.17 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 2	54
FIGURA 3.18 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 3	55
FIGURA 3.19 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 4	56

FIGURA 3.20 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 5	57
FIGURA 3.21 CURVAS ESFUERZO CORTANTE VS DEFORMACIÓN VERTICAL DE MURETES CONSTRUIDOS CON BLOQUES NORMALES	58
FIGURA 3.22 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 1	60
FIGURA 3.23 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 2	61
FIGURA 3.24 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 3	62
FIGURA 3.25 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 4	63
FIGURA 3.26 CURVAS ESFUERZO CORTANTE VS DEFORMACIÓN VERTICAL DE MURETES CONSTRUIDOS CON BLOQUES NORMALES	64
FIGURA 3.27 COMPARACIÓN DE ESFUERZOS A COMPRESIÓN Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS.	66
FIGURA 3.28 COMPARACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS A COMPRESIÓN	67
FIGURA 3.29 COMPARACIÓN DE LAS TENACIDADES $\lambda=0,85$ Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS A COMPRESIÓN	68
FIGURA 3.30 COMPARACIÓN DE LOS GRADOS DE DUCTILIDAD $\lambda=0,85$ Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS A COMPRESIÓN	68
FIGURA 3.31 CURVAS ESFUERZO A COMPRESIÓN DEFORMACIÓN DE TODAS LAS PROBETAS	69
FIGURA 3.32 COMPARACIÓN DE LOS ESFUERZOS CORTANTES	70
FIGURA 3.33 COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE CORTE EN TODAS LAS PROBETAS	70
FIGURA 3.34 COMPARACIÓN DE LA TENACIDAD A CORTE EN TODAS LAS PROBETAS	71
FIGURA 3.35 CURVAS ESFUERZO CORTANTE VS DEFORMACIÓN UNITARIA VERTICAL EN TODAS LAS PROBETAS.	72
FIGURA 4.1 INCREMENTO DEL PRECIO ANALIZADO POR RUBROS PARA LOS 3 CASOS	79

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

FOTO 2.1 DAÑO A CORTE EN MAMPOSTERÍA ATACAMES	6
FOTO 2.2 FÁBRICA DE LA SEÑORA CECILIA MARCALLO EN PASTOCALLE15	15
FOTO 2.3 ROLLO DE MALLA HEXAGONAL 40M.	17
FOTO 2.4 PIEZAS DE MALLA CORTADAS CADA 59CM.	17
FOTO 2.5 PIEZAS NECESARIAS PARA EL ARMADO DE UN CAJÓN DE MALLA	18
FOTO 2.6 PIEZAS DOBLADAS LISTO PARA EL ENSAMBLE	18
FOTO 2.7 CAJÓN DE MALLA ARMADO	19
FOTO 2.8 INTENTO FALLIDO DE FUNDICIÓN DEL PROTOTIPO	20
FOTO 2.9 AGREGADO GRUESO CON DIÁMETRO SUPERIOR A MEDIA PULGADA	21
FOTO 2.10 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA PARA LA FUNDICIÓN DE LOS BLOQUES	22
FOTO 2.11 ETAPA DE PENSADO EN LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN	23
FOTO 2.12 CAJÓN DE MALLA EN EL INTERIOR DEL MOLDE LISTO PARA LA FUNDICIÓN	23
FOTO 2.13 BLOQUES PROTOTIPO DESPUÉS DE LA FUNDICIÓN	24
FOTO 3.1 PRISMA DE MAMPOSTERÍA A SER ENSAYADO	30
FOTO 3.2 TIPOS DE FALLAS PRESENTADAS EN LOS BOQUES CONVENCIONALES EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN.	31
FOTO 3.3 ENSAYO A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE CONTROL	38
FOTO 3.4 TIPOS DE FALLAS PRESENTADOS EN LOS PRISMAS FORMADOS CON LOS PROTOTIPOS EN LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN.	39
FOTO 3.5 FALLA EN LOS TABIQUES DE LOS BLOQUES EVITANDO LA MALLA	39
FOTO 3.6 MURETE DE MAMPOSTERÍA A SER ENSAYADO	51
FOTO 3.7 TIPO DE FALLA PRESENTADO EN ENSAYO A TENSIÓN DIAGONAL EN LOS MURETES CON BLOQUES NORMALES	52
FOTO 3.8 TIPOS DE FALLA ENCONTRADOS EN LOS ENSAYOS A TENSIÓN DIAGONAL EN LOS MURETES CONSTRUIDOS CON EL PROTOTIPO	59

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 CLASIFICACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN SEGÚN SU USO	25
TABLA 3.2 CLASIFICACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN SEGÚN SU DENSIDAD	26
TABLA 3.3 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO DE LOS BLOQUES INDIVIDUALES SEGÚN EL ANEXO D INEN 3066 PARTE 1	27
TABLA 3.4 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO DE LOS BLOQUES INDIVIDUALES SEGÚN EL ANEXO D INEN 3066 PARTE 2	27
TABLA 3.5 RESISTENCIAS MÍNIMAS A COMPRESIÓN EN BLOQUES DE HORMIGÓN SEGÚN SU CLASE, INEN 3066	28
TABLA 3.6 RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO DE LOS BLOQUES ENSAYADOS	28
TABLA 3.7 DOSIFICACIÓN PARA MORTERO DE PEGA SEGÚN INEN 488	29
TABLA 3.8 RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN CÚBICA PARA EL MORTERO DE PEGA A LOS 28 DÍAS	29
TABLA 3.9 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 1	33
TABLA 3.10 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 2	34
TABLA 3.11 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 3	35
TABLA 3.12 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 4	36
TABLA 3.13 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 5	37
TABLA 3.14 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA DE CONTROL 1	41
TABLA 3.15 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA DE CONTROL 2	42
TABLA 3.16 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 1	43
TABLA 3.17 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 2	44
TABLA 3.18 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 3	45
TABLA 3.19 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 4	46
TABLA 3.20 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 5	47
TABLA 3.21 FACTORES DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ PARA ENCONTRAR F'M.	48
TABLA 3.22 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL ENSAYO REALIZADO	48

TABLA 3.23 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA	50
TABLA 3.24 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 1	53
TABLA 3.25 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 2	54
TABLA 3.26 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 3	55
TABLA 3.27 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 4	56
TABLA 3.28 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 5	57
TABLA 3.29 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 1	60
TABLA 3.30 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 2	61
TABLA 3.31 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 3	62
TABLA 3.32 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 4	63
TABLA 3.33 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A CORTE MEDIANTE TENSIÓN DIAGONAL	65
TABLA 4.1 DATOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA A LA SEÑORA MARCALLO PARA OBTENER INFORMACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SU FABRICA	74
TABLA 4.2 HOJA DE COSTOS DEL BLOQUE NORMAL PRODUCIDO EN LA FÁBRICA	75
TABLA 4.3 OBTENCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA EN LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO	76
TABLA 4.4 HOJA DE COSTOS DE LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO BAJO PARÁMETROS ARTESANALES	77
TABLA 4.5 HOJA DE COSTOS DE LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO BAJO PARÁMETROS LEGALES	78
TABLA 4.6 COMPARACIÓN DEL INCREMENTO DE PRECIOS RUBRO A RUBRO	79
TABLA 4.7 COMPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL RUBRO MANO DE OBRA	80
TABLA 4.8 COMPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL RUBRO MATERIALES	80

RESUMEN

El presente proyecto busca mejorar el desempeño de la mampostería no estructural ante la presencia de cargas laterales, comúnmente creadas por sismos. Para ello se desarrolla un prototipo de bloque de hormigón reforzado con una malla de acero en su interior que cumple la función de redistribuir los esfuerzos y de ayudar en las zonas de tracción.

En primer lugar, fue necesario diseñar el prototipo considerando las condiciones de fabricación de bloques de hormigón de la sierra centro-norte del Ecuador, en su mayoría artesanal, y el refuerzo de acero presente en el mercado. El diseño dio como resultado un refuerzo tipo cajón formado por malla con forma hexagonal galvanizada de acero con un espesor de 0,56mm. Este diseño genera menores desperdicios, facilidad al momento de fundir el bloque y disminuye la cuantía de acero procurando no elevar los costos de fabricación.

Posterior a eso, se creó un lote de bloques de hormigón prototipo con el fin de comparar sus propiedades mecánicas con las propiedades de los bloques de hormigón producidos comúnmente en la fábrica y comercializados en el sector. Se compararon las propiedades mecánicas individuales bajo la norma INEN 3066, vigente a finales del 2016, que toma en consideración: la clasificación, la absorción, la densidad, la resistencia a compresión, entre otras características. De igual forma se procedió a caracterizar la mampostería, en base a las normas ASTM C1314 y E519, mediante el ensayo de 12 prismas y 10 muretes de mampostería para obtener propiedades a compresión y tensión diagonal respectivamente.

Los ensayos arrojaron como resultados incrementos en propiedades individuales, del prototipo sobre el bloque normal, como la densidad y la resistencia a compresión. Estos incrementos son producto de un cambio necesario en la dosificación del hormigón utilizado en la fabricación del prototipo. Los ensayos de mampostería reflejaron incrementos en propiedades del prototipo como la resistencia a compresión, la tenacidad a compresión y a corte y decrementos en la resistencia a corte, los módulos de elasticidad y grados de ductilidad a compresión y a corte. Cualitativamente se observó un mejor mecanismo de falla en las probetas

construidas con el prototipo al no ser tan frágiles como las probetas construidas con bloques normales.

Una vez obtenidas las propiedades, se realiza un análisis económico para conocer el precio de venta al público del prototipo. El resultado fue un incremento del 800% en el precio. Este precio va acompañado de una mejora en las propiedades de los bloques de hormigón convencionales, haciéndolos mejores ante la presencia de fuerzas laterales, pero con bajos parámetros de densidad y resistencia en relación a la norma ecuatoriana.

ABSTRACT

The present project seeks to improve the performance of non - structural masonry in the presence of lateral loads, commonly created by earthquakes. For this purpose, a prototype concrete block reinforced with a steel mesh inside is developed, which serves to redistribute the efforts and to help in the traction zones.

In the first place, it was necessary to design the prototype considering the conditions of manufacture of concrete blocks of the central-north sierra of Ecuador, mostly artisan, and the reinforcement of steel present in the market. The design resulted in a drawer type reinforcement formed by galvanized hexagonal steel mesh with a thickness of 0.56mm. This design generates less waste, ease at the time of create the block and reduces the amount of steel trying not to raise manufacturing costs.

Subsequently, a batch of prototype concrete blocks was created to compare its mechanical properties with the properties of concrete blocks commonly produced in the factory and marketed in the sector. The individual mechanical properties were compared under INEN 3066, in force at the end of 2016, which takes into consideration: classification, absorption, density, compressive strength, among other characteristics. In the same way, the masonry was characterized, based on the ASTM C1314 and E519 standards, by means of the test of 12 prisms and 10 walls of masonry to obtain properties to compression and diagonal tension respectively.

The tests yielded increases in individual properties, from prototype to normal block, such as density and compressive strength. These increases are the result of a necessary change in the dosage of the concrete used in the manufacture of the prototype. The masonry tests showed increases in prototype properties such as compressive strength, compressive strength and shear and decreases in shear strength, modulus of elasticity and degrees of ductility at compression and shear. Qualitatively, a better failure mechanism was observed in the specimens constructed with the prototype as they were not as fragile as the specimens constructed with normal blocks.

Once the properties have been obtained, an economic analysis is made to know the retail price of the prototype. The result was an 800% increase in price. This price is accompanied by an improvement in the properties of conventional concrete blocks, making them better in the presence of lateral forces, but with low parameters of density and resistance in relation to the Ecuadorian standard.

PRESENTACIÓN

Este proyecto describe el proceso de fabricación y ensayos de un prototipo de bloque de hormigón reforzado con una malla de acero, distribuido de la siguiente manera:

En el primer capítulo se describe las condiciones que presenta actualmente la construcción ecuatoriana, sus problemas y sus requerimientos, se plantean hipótesis iniciales y objetivos bajo los cuales se ha trabajado en la presente investigación.

El segundo capítulo tiene tres grandes segmentos, el primero se encarga de describir el uso de mampostería en la construcción, sus características y las fallas más comunes presentadas durante un sismo. El segundo segmento describe el proceso de diseño donde se justifican las decisiones tomadas para el refuerzo del bloque, según las condiciones del mercado nacional y buscando una solución económica. Por último, se describe el proceso de fabricación del prototipo en el cual se aplican los parámetros del diseño y correcciones necesarias realizadas en el proceso de fabricación.

El tercer capítulo se encarga de caracterizar las propiedades mecánicas de la mampostería y propiedades individuales de bloques normales y prototipo, tomando como base la normativa nacional para los bloques individuales y las normas ASTM para la mampostería. Finalmente se realiza una comparación de las propiedades mecánicas entre los bloques normales y prototipo con el fin de buscar algunas mejoras.

El cuarto capítulo se encarga de revisar las condiciones económicas que presenta la fabricación del prototipo y de estimar su precio de mercado, bajo condiciones artesanales y formales. Para ello primero se analizó los costos de fabricación del bloque normal y después se comparó y revisó en que rubros se presentan mayores variaciones.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En la actualidad las construcciones ecuatorianas, en su mayoría, están conformadas por estructuras aporticadas rellenas con mampostería, esta práctica se presenta tanto en la construcción formal como en la informal. Esto se debe a que el Ecuador posee una cultura constructiva propia en la cual estos elementos son esperados por los usuarios de las edificaciones lo que repercute en el mercado que obliga a usarlos.

Al mismo tiempo los Ingenieros Civiles conscientes del peligro sísmico existente en el país, en algunas ocasiones, no aconsejan el uso de las estructuras aporticadas llenas de mampostería por varios motivos, como la falta de ductilidad y alta rigidez de la mampostería que altera el comportamiento del pórtico. Durante un sismo, la mampostería sufre grandes daños debido a su baja resistencia, baja ductilidad y alta rigidez, representando un elevado costo de reparación y el problema se complica con las instalaciones embebidas en las paredes, todo esto a pesar de que la estructura no sufra daños.

En experiencias internacionales, como la chilena, al presentarse este problema se ha optado por cambiar la tipología estructural a estructuras formadas por mampostería estructural o también llamada paredes portantes. Este método, de muy buen comportamiento estructural, condiciona la configuración arquitectónica y le quita la dinámica y versatilidad que le da el pórtico a la edificación. Se requiere ayudar a las estructuras aporticadas rellenas con mampostería a mejorar su comportamiento frente al sismo.

Por esto se hace necesario mejorar la resistencia, ductilidad y tenacidad de las mamposterías que rellenan los pórticos. En este estudio se busca conocer si existe alguna mejora al reforzar los bloques de hormigón con una malla de acero en su interior y comparar el costo de fabricación del prototipo propuesto y del bloque

convencional, para determinar la factibilidad técnica y económica de esta posible solución.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Verificar el comportamiento del prototipo de bloque de hormigón, creado con la finalidad de incrementar la ductilidad, tenacidad y resistencia de los bloques, para así mejorar el comportamiento ante sismos de las edificaciones, manteniendo la cultura constructiva ecuatoriana, precautelando la serviciabilidad y ductilidad de la mampostería no estructural. Se espera que el costo del bloque no se incremente con el prototipo.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar si el prototipo cumple con la normativa vigente, relacionada a la fabricación y requerimientos para bloques de hormigón.
- Comprobar experimentalmente si existe una mejora en la ductilidad de la mampostería usando el prototipo de bloques propuestos.
- Verificar la factibilidad técnica en la fabricación del prototipo presentado, y en el comportamiento final de la mampostería para su uso en obra.
- Determinar el costo de fabricación del prototipo y compararla con los costos generados por la mampostería tradicional.
- Obtener las propiedades mecánicas pertinentes del prototipo y de la mampostería creada por estos prototipos.

1.3. ALCANCE

El presente trabajo presenta un prototipo de bloque de hormigón, el cual está formado por el bloque convencional reforzado con una malla de acero en su interior, con lo que se busca mejorar la resistencia, ductilidad y tenacidad de los bloques y de las paredes construidas con estos bloques. Para verificar la mejora se realizarán

ensayos individuales al prototipo y al bloque convencional, y muretes construidos con los dos materiales. Se realizará una comparación económica con lo que se puede relacionar las mejoras mecánicas con el costo económico y si son aplicables a la construcción.

1.4. METODOLOGÍA

La presente investigación busca determinar la factibilidad técnica y económica de la elaboración de un prototipo de bloques de hormigón reforzados con una malla de acero en su interior cuya finalidad es mejorar el comportamiento de la mampostería durante eventos sísmicos. Es por ello que resulta necesario comparar ciertas propiedades mecánicas tanto de los bloques de hormigón convencionales como los del prototipo, de manera individual y de la mampostería creada con estos bloques. Con este fin se realizarán ensayos individuales según la norma vigente para bloques huecos de hormigón, la INEN 3066 “BLOQUES DE HORMIGÓN, REQUISITOS MÉTODOS Y ENSAYOS”, y ensayos que caractericen la mampostería con la ayuda de la NEC SE-MP 2015 “MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL” y las ASTM 519 y 1314.

1.4.1. ENSAYOS INDIVIDUALES

Como ya se mencionó antes, los ensayos individuales serán guiados por la INEN 3066 “BLOQUES DE HORMIGÓN, REQUISITOS MÉTODOS Y ENSAYOS”, excluyendo el ensayo de resistencia al fuego, debido a que no entrega información necesaria al presente trabajo. Serán considerados los ensayos de compresión, caracterización, absorción, densidad entre otros que de alguna manera tienen más relevancia para la ingeniería civil.

1.4.2. ENSAYOS DE MURETES Y PRISMAS

Con el objetivo de determinar las propiedades mecánicas de la mampostería se hace necesario ensayar prismas y muretes. La norma NEC-SE-MP 2015 “MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL” indica en sus anexos los procedimientos a seguirse para la construcción de este tipo de elementos, los ensayos serán

realizados bajo la norma ASTM E519-M y ASTM 1314 con el fin de obtener ciertas propiedades de las mamposterías como son su resistencia a compresión $f'm$, su resistencia a corte mediante el ensayo de tensión diagonal y su módulo de corte G .

La resistencia a corte, que es la más importante cuando existen cargas verticales, se ve influida por varios factores como son: la relación altura longitud en la pared, la resistencia del bloque y la resistencia del mortero (factores que será detallados en el siguiente capítulo). Con estos experimentos se determinarán las deformaciones y las cargas soportadas tanto a compresión como en tensión diagonal para determinar la ductilidad y tenacidad tanto del prototipo como el de los bloques normales.

1.4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para finalizar el proyecto se realizará un análisis económico, en el cual se analizarán los nuevos costos de producción utilizando el análisis de precios unitarios. El análisis en los bloques normales será verificado con los precios de venta reales de la fábrica y para el análisis del prototipo se tomarán en cuenta los incrementos generados por el refuerzo de acero, entre los cuales se debe considerar el material usado y los nuevos tiempos de fabricación, que repercuten en los rendimientos que también serán calculados. Al final se evaluarán los beneficios que presenta el prototipo con los costos de producción y así tener una perspectiva clara sobre su inserción al mercado para el uso en la construcción ecuatoriana.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

2.1. ANTECEDENTES

El uso de estructuras aporricadas rellenas de mampostería no reforzada es una práctica común a nivel mundial. Esta práctica tiene la característica de tener un desempeño pobre al momento de resistir sismos a nivel mundial, como se pudo observar en 1999 Kocaeli - Turquía, 2001 Bhuj - India, 2005 Kashmir - Pakistán, 2008 Sichuan – China, 2009 L'Alquila - Italia, en Chile 2010 (Kyriakides, 2011) y en 2016 en Ecuador.

Los daños observados en los pórticos rellenos de mampostería varían desde pequeños agrietamientos hasta daños severos, como grietas diagonales o colapsos fuera del plano (Kyriakides, 2011), ver foto 2.1. El diseño sismorresistente tiene por objetivo el proteger la vida y la integridad de las personas, por ello las estructuras están diseñadas para que sus ocupantes puedan evacuar de forma segura la edificación después de un sismo. El daño a las estructuras es permitido por los códigos de diseño a nivel mundial, pero en los últimos años el control de daños de elementos no estructurales ha sido un requerimiento mínimo de algunos códigos. Esto se debe a que la poca atención que se les ha entregado a los sistemas no estructurales han repercutido en una gran pérdida económica posterior a los últimos sismos. (FEMA 454, 2006)

FOTO 2.1 DAÑO A CORTE EN MAMPOSTERÍA ATACAMES



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Los elementos no estructurales tienen la característica de soportar únicamente su propio peso y transmitir esta fuerza a la estructura, esto hace que no tengan la capacidad de contribuir a la resistencia durante un sismo. Además, la rigidez que aportan las paredes que se encuentran dentro de pórticos cambian la rigidez de la estructura, en relación al cálculo estructural, creando concentraciones de esfuerzos y cambios en el desempeño de la estructura frente a un sismo (FEMA 454, 2006), siendo estas las culpables de la existencia de algunas de las patologías en la construcción.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción busca evitar este tipo de daños controlando derivas en la estructura, las cuales son muy grandes para la capacidad de las paredes. A pesar de ello la mampostería al poseer una rigidez muy grande provoca que sea la primera en verse afectada ante cualquier movimiento lateral. La necesidad de mejorar, de alguna forma, el comportamiento de este elemento se hace necesario, sobre todo al ser un elemento esperado por la mayoría de consumidores del mercado inmobiliario del país.

2.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA

Los materiales requieren de ciertas propiedades físicas mínimas para ser utilizados en la construcción, conocidas como requerimientos técnicos. Los requerimientos en la mampostería normalmente comprenden los esfuerzos a compresión, corte, absorción y tamaño. Otros ensayos también pueden estar enfocados en obtener información como sus componentes químicos o su módulo de ruptura. A pesar de ello, los ingenieros civiles están principalmente interesados en el esfuerzo a compresión y las deformaciones presentadas. (Crisafulli, 1997)

En el caso de la mampostería se requiere un buen entendimiento de las condiciones de los esfuerzos al estar compuesta por dos elementos, mortero y bloques. Primero las mamposterías estructurales trabajan a compresión lo que hace al esfuerzo de compresión como un factor predominante a conocer, sin embargo, las paredes frecuentemente se enfrentan a fuerzas de corte horizontal lo que hace necesario conocer los esfuerzos de la mampostería a corte y a tracción. (Hendry, 2004).

Los valores actuales para la resistencia de diseño de la mampostería se han obtenido de una base empírica de ensayos en paredes y pequeños especímenes. Si bien esto ha resultado en diseños seguros, da muy poca información sobre el comportamiento del material sometido a tensión. (Hendry, 2004)

2.1.1.1. ESFUERZO A COMPRESIÓN

Una serie de puntos importantes se han derivado de las pruebas de compresión de la mampostería y las pruebas estándar asociados a los materiales. Estos incluyen, primero, que la mampostería cargada en compresión uniforme fallará, ya sea por el desarrollo de grietas de tensión en paralelo al eje de carga o por una especie de falla de corte a lo largo de ciertas líneas en zonas débiles, el modo de fallo depende de si el mortero es débil o fuerte en relación a las unidades de mampostería. Segundo, se observa que la fuerza de mampostería en compresión es menor que la resistencia a la compresión nominal de las unidades obtenidas por una prueba de compresión estándar. (Hendry, 2004)

El ensayo de pequeños especímenes también se ve afectado por efectos encontrados en laboratorio como la fricción generada entre la placa de carga y la mampostería, que evita que esta se deforme en sentido transversal, incrementando su resistencia y la relación de aspecto (esbeltez) de la mampostería que tiene un rol importante en la resistencia a compresión. (Crisafulli, 1997)

2.1.1.2. TENSION DIAGONAL

Los efectos de tensión diagonal pueden surgir en la mampostería como resultado de carga en el plano que pueden ser causados por el viento, por cargas de gravedad excéntricas, por los movimientos térmicos o de humedad, por asentamientos en las cimentaciones o por sismos. La resistencia a tensión diagonal de mampostería, en particular a través de juntas horizontales, es baja y variable. Sin embargo, es esencial que exista una cierta adhesión entre las unidades y el mortero, y es necesario estar al tanto de las condiciones que son propicias para el desarrollo de la adherencia del mortero.

El mecanismo de adhesión unidad - mortero aún no se entiende completamente, pero se sabe que es un proceso físico-química en la que la estructura de poros de ambos materiales es crítica. Se sabe que la clasificación de la arena del mortero es importante y que las arenas muy finas son desfavorables a la adhesión. El contenido de humedad de la unidad en el momento de la colocación es también importante: ambos, unidades muy secas y totalmente saturados conducen a una baja resistencia de la unión. (Hendry, 2004)

2.1.1.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD

La relación esfuerzo deformación de la mampostería depende significativamente del material. La información experimental describe que las mamposterías construidas con ladrillo presentan una zona elástica lineal en el material, mientras las mamposterías construidas con bloques de hormigón se asemejan más a curvas no-lineales como la presentada al ensayar el hormigón.

El módulo de elasticidad de las unidades de mampostería presenta una gran variación que depende del material y del esfuerzo a compresión. Como no existe

un método normalizado para evaluar el módulo de elasticidad, comúnmente este valor es tomado como la secante del módulo de elasticidad desde cero hasta la tercera parte de esfuerzo a compresión del material.(Crisafulli, 1997)

Existen varias ecuaciones que relacionan la resistencia a compresión con el módulo de Young, la mayoría desarrollada para ladrillos de arcilla, que se presentan en publicaciones como la de Hendry, Crisafulli, NEC11 y NSR-10D (norma de construcción colombiana), pero al no poseer las unidades de mampostería de bloque de hormigón las mismas características, no se puede asumir que estas ecuaciones funcionen en la realidad nacional.

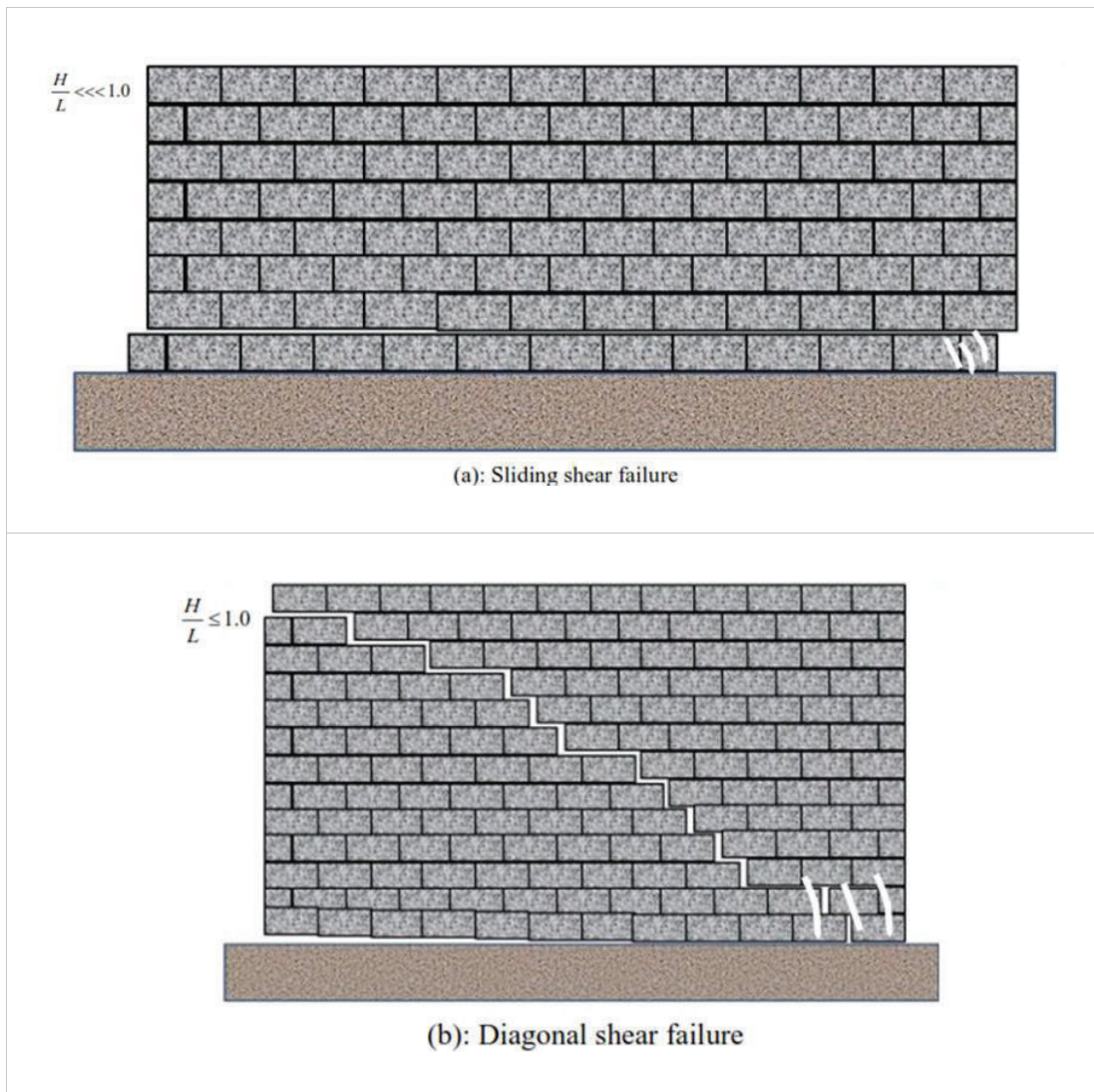
2.1.2. TIPOS DE FALLAS EN LA MAMPOSTERÍA

La mampostería posee varios problemas cuando se presentan cargas laterales, es necesario aclarar que las cargas laterales supuestas se aplicaran en el mismo plano de la mampostería, es por eso que en la siguiente explicación no se consideran el volcamiento ni la esbeltez. Dentro de las fallas que se presentan en la mampostería por carga lateral en su plano influyen algunos factores como: los geométricos, de carga y la resistencia de los materiales los cuales influyen en el tipo de falla a presentarse(Nazir, 2015).

2.1.2.1. FALLA POR FRICCIÓN CORTANTE

La falla de corte se presenta cuando la relación altura-longitud es mucho menor a 1, además de tener un mortero de baja resistencia o que no genera una adherencia adecuada entre las unidades de mampostería. Su presencia se incrementa cuando no existen cargas normales o esfuerzos de compresión o estos esfuerzos son muy bajos.(Nazir, 2015)

Cuando la pared es muy larga el deslizamiento se presenta en forma horizontal en la base de la pared, figura 3.1 a, mientras que cuando su longitud es menor se presenta una falla diagonal como se ve en la figura 3.1 b.

FIGURA 2.1 FALLAS A CORTE POR DESLIZAMIENTO

FUENTE: NAZIR SHAHID, 2015

2.1.2.2. FALLA POR TENSIÓN DIAGONAL

Al igual que la anterior falla de corte, se presenta cuando la relación altura-longitud es menor a 1 pero en esta ocasión el mortero tiene una mayor o igual resistencia a las unidades de mampostería por lo que se produce la falla a través de estas, como condición adicional pueden existir esfuerzos normales a la pared que incrementan la adherencia entre unidades de mampostería, evitando el deslizamiento, y al

mismo tiempo pre-esfuerzan los bloques creando una tendencia a que fallen con mayor facilidad a través de la diagonal como se muestra en la figura 3.2.

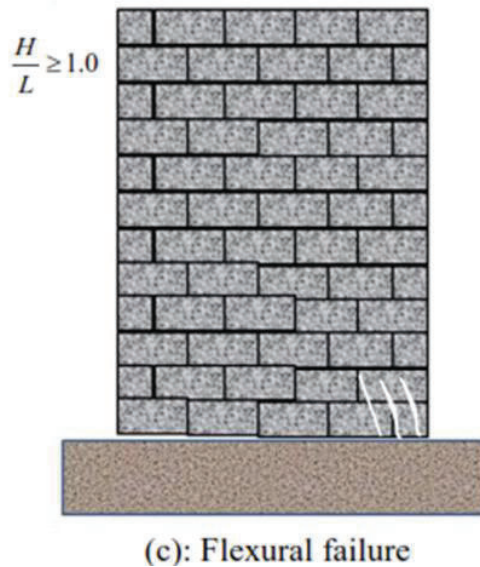
FIGURA 2.2 FALLAS A CORTANTE POR TRACCIÓN DIAGONAL



FUENTE: MANUAL DE CONSTRUCCIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMORRESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA, LA RED

2.1.2.3. FALLA POR COMPRESIÓN

Se presenta cuando la relación altura-longitud es mayor a uno, debido a que la mampostería tiende a trabajar a flexión, y se puede incrementar cuando existen esfuerzos normales aplicados a la pared, comúnmente se presenta una falla de aplastamiento en el pie de la pared como se observa en la figura 3.3.(Nazir, 2015)

FIGURA 2. 3 FALLA A COMPRESIÓN

FUENTE: NAZIR SHAHID, 2015

2.2. DISEÑO DEL PROTOTIPO

El objetivo al crear el prototipo es mejorar el comportamiento de los mampuestos ante la presencia de cargas laterales, como ya se revisó anteriormente este tipo de cargas generan principalmente fallas a cortante, que comúnmente se presentan por problemas en el mortero de pega o la resistencia a corte de los bloques individuales.

Los bloques fabricados con hormigón tienen un comportamiento anisotrópico lo que influye directamente en su resistencia a cortante, en donde se generan esfuerzos de tensión a 45 grados, estos esfuerzos no pueden ser absorbidos por el material lo que produce la falla de los bloques.

Este motivo obliga a mejorar la resistencia a tracción de los bloques de hormigón con una malla de acero en medio de cada bloque con el fin de repartir mejor los esfuerzos generados y otorgar propiedades mecánicas distintitas a las encontradas en los bloques comúnmente utilizados en la construcción de mampostería, tratando de mejorar su ductilidad, resistencia y tenacidad.

La malla de acero debe estar colocada de tal forma que no altere la elaboración normal de los bloques y a la vez que no represente una actividad que demore la

producción de los mismos, ya que puede ocasionar grandes incrementos en los costos de producción que repercutirán en el análisis de costo beneficio, por el mismo motivo es importante evitar el desperdicio de acero, aprovechando al máximo el material que para el prototipo constituirá el elemento más costoso de su producción.

2.2.1. SELECCIÓN DE LA MALLA DE REFUERZO

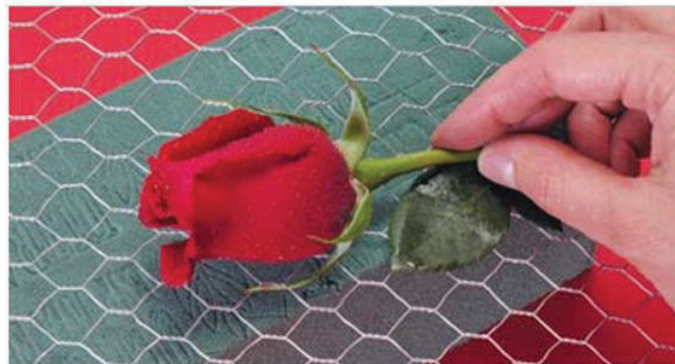
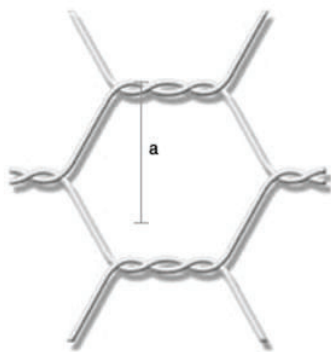
Con este antecedente se decide reforzar al bloque con una malla galvanizada de 0,56 mm de espesor que posee separaciones de 13mm en forma de rombo como se muestra en la figura 2.4.

FIGURA 2.4 CATÁLOGO DE MALLAS DELGADAS DE ACERO

Malla Exagonal

Código	Apertura (a) [pulgadas]	Apertura (a) [mm]	Alto Rollo [m]	Largo Rollo [m]	Peso Rollo [kg]	Diámetro Alambre [mm]	Usos
188078	1/2"	13	1,00	50	16,6	0,56	Criaderos de aves de corral pequeñas. Antipulpero
188079	1/2"	13	1,50	30	15,6	0,56	Criaderos de aves de corral pequeñas. Antipulpero
188080	5/8"	16	1,00	50	21,5	0,71	Criaderos de aves de corral medianas
188081	5/8"	16	1,50	30	20,0	0,71	Criaderos de aves de corral medianas
188082	3/4"	19	1,00	30	11,3	0,71	Arreglos florales
188083	3/4"	19	1,50	30	17,3	0,71	Arreglos florales
188084	1"	25	1,00	30	9,9	0,71	Protección para granjas, secciones para ventilación
188085	1"	25	1,50	30	14,8	0,71	Protección para granjas, secciones para ventilación
188086	2"	50	1,50	30	23,7	1,24	Criaderos de aves grandes
188087	2"	50	1,80	30	28,3	1,24	Criaderos de aves grandes

Capa de Zinc promedio 30 g/m²



FUENTE: IDEAL ALAMBREC

Se ha adoptado este tipo de refuerzo por ser el que mejor aproveche el material, no exagera la cuantía de acero ni deja espaciamentos excesivos en el material y permite el paso del agregado grueso o también llamado chasqui a través de los orificios de la malla, que según la INEN 638 se permite un diámetro máximo nominal

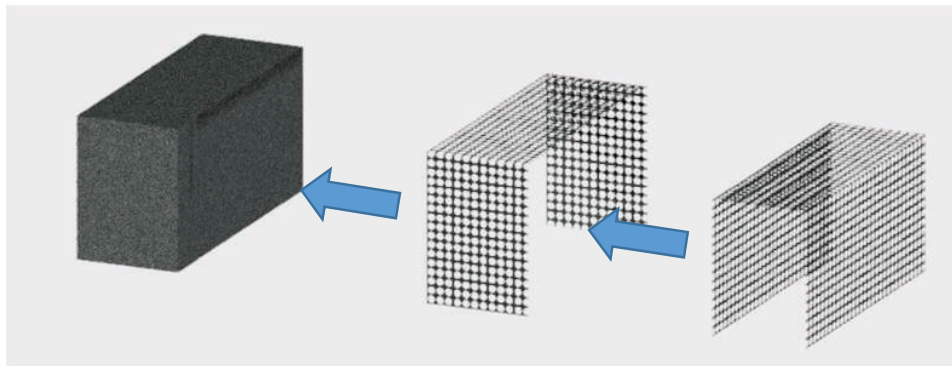
del agregado grueso de 10mm(INEN 638, 1993). Además, por su delgado espesor de alambre es fácil de cortar y no incrementa demasiado el peso del prototipo.

2.2.2. DOBLADO Y COLOCACIÓN DE LA MALLA EN EL PROTOTIPO

Se decidió colocar la malla de refuerzo únicamente en las paredes exteriores del bloque con el fin de no exagerar las cuantías de acero, facilitar la fabricación del prototipo y optimizar el proceso del doblado de la malla, procurando hacer lo más sencillo posible y así evitar incrementar los tiempos de fabricación, que representan un incremento de costos para el prototipo.

La malla de cada bloque estará conformada por dos partes, las cuales se sobrepondrán enredando los alambres restantes entre sí al momento de la fabricación del bloque para generar un cajón como se muestra en la figura 2.5.

FIGURA 2.5 ESQUEMA DE ARMADO DEL PROTOTIPO



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

2.3. ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO

2.3.1. PREPARACIÓN DE LA MALLA

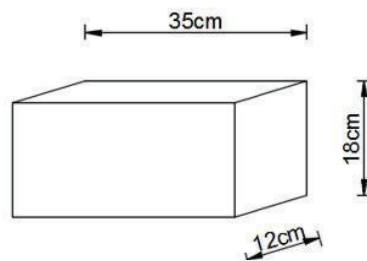
Para la elaboración del prototipo el primer paso necesario era encontrar una fábrica de bloques que acceda a fabricarlo, lo que se consiguió en la fábrica perteneciente a la señora Cecilia Marcallo ubicada en la entrada a Pastocalle, cerca de Laso, en la provincia de Cotopaxi.

FOTO 2.2 FÁBRICA DE LA SEÑORA CECILIA MARCALLO EN PASTOCALLE



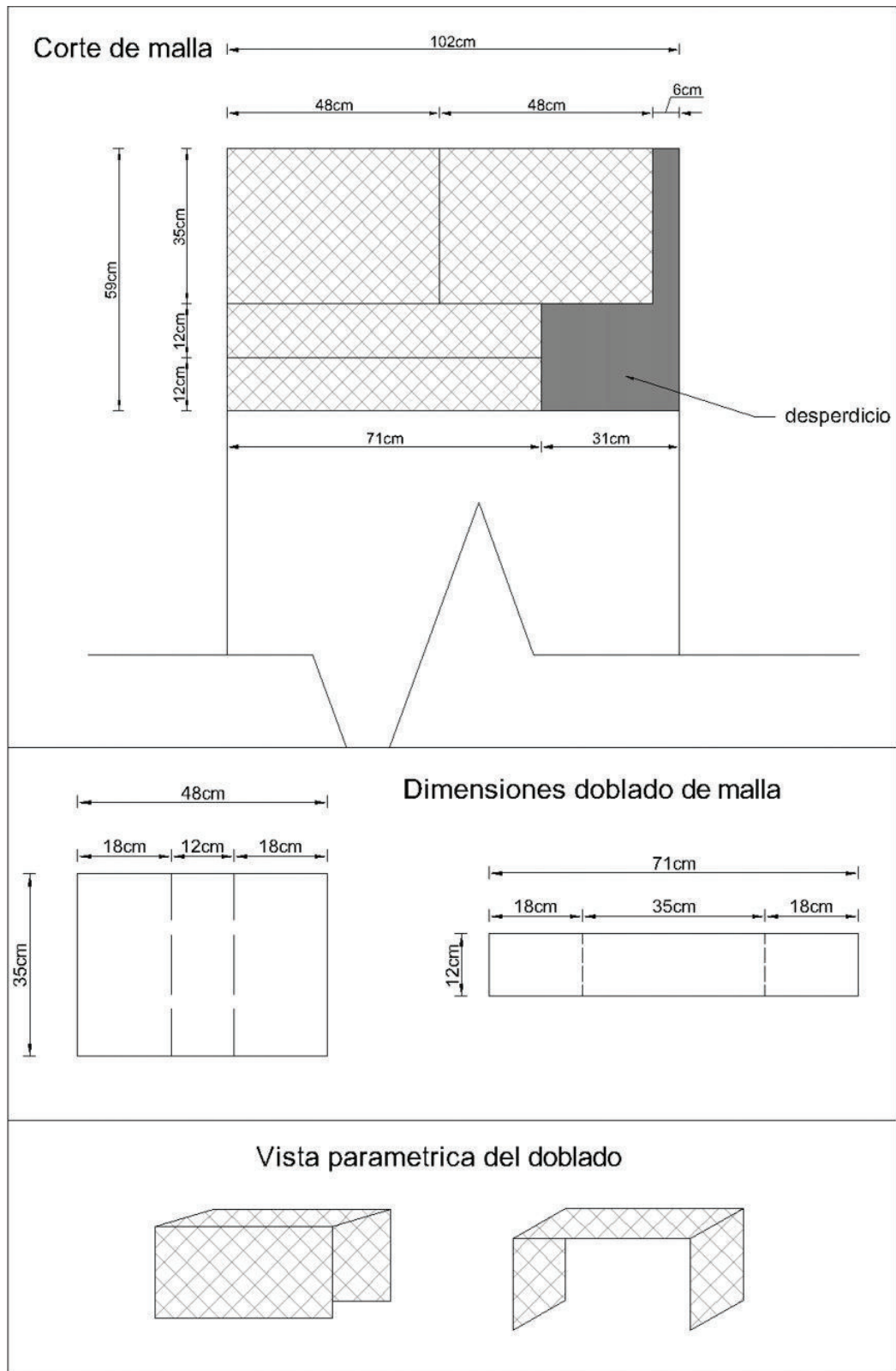
ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Una vez llegado a un acuerdo con la propietaria se procedió a tomar las medidas de los moldes en los cuales se fabrican los bloques, para así tener las dimensiones con las cuales la malla va a ser cortada, de este proceso se obtuvieron las siguientes medidas tomadas en la mitad del molde.



Con estas medidas, para aprovechar mejor el material se decidió comprar la malla de acero que según catalogo posee 1 metro de ancho, pero que en realidad tiene 1,02m. Con estos datos se dibujó el siguiente plano de fabricación el cual se utilizará en todo el proceso de preparación, corte y doblado de la malla.

FIGURA 2.6 PLANO PARA CORTE Y DOBLADO DE MALLA



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Como se observa en la figura 3.6 con cada 59 cm lineales de malla es posible fabricar 2 prototipos de bloques y se genera un pequeño desperdicio, aproximadamente el 16% del material. Es necesario aclarar que este tipo de armado fue el más eficiente después de una serie de intentos en los cuales el desperdicio era mayor, los cortes eran complicados y los dobleces ocupaban mucho tiempo.

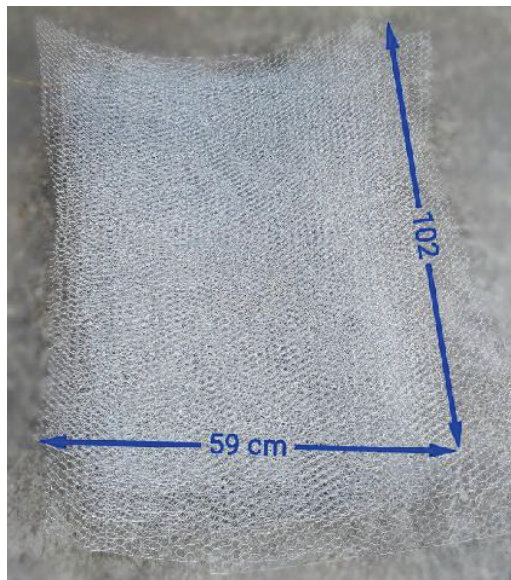
Con estos detalles listos se procedió a la compra de 40 metros en un rollo de la malla, material que servirá para la fabricación de 100 bloques prototipo. Del rollo se realizaron cortes cada 59 cm para obtener piezas como las siguientes.

FOTO 2.3 ROLLO DE MALLA HEXAGONAL 40m.



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FOTO 2.4 PIEZAS DE MALLA CORTADAS CADA 59cm.



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Después a cada pieza se le realizaron los cortes detallados en el plano para obtener el material necesario para la fabricación de 2 bloques, como se muestra a continuación.

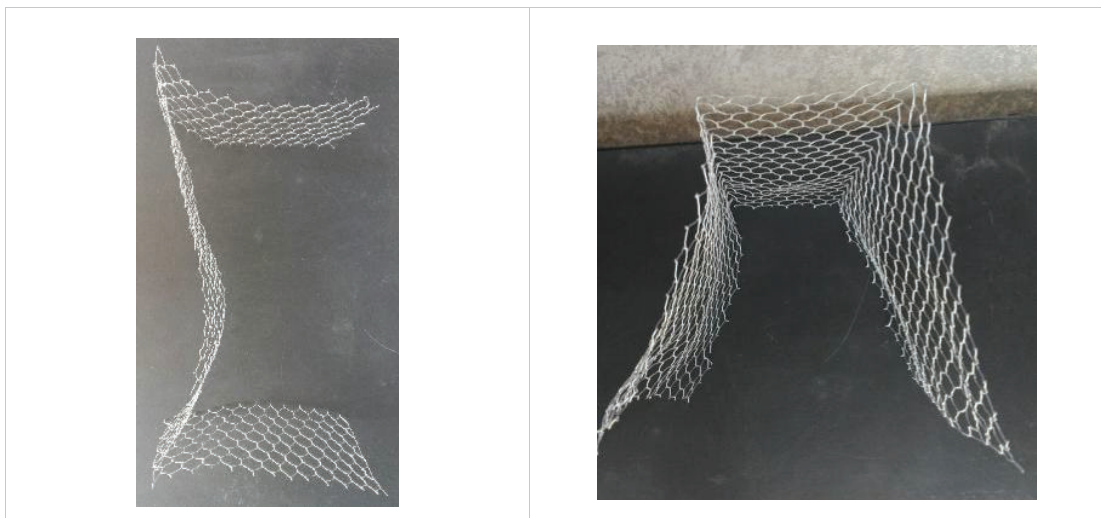
FOTO 2.5 PIEZAS NECESARIAS PARA EL ARMADO DE UN CAJÓN DE MALLA



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

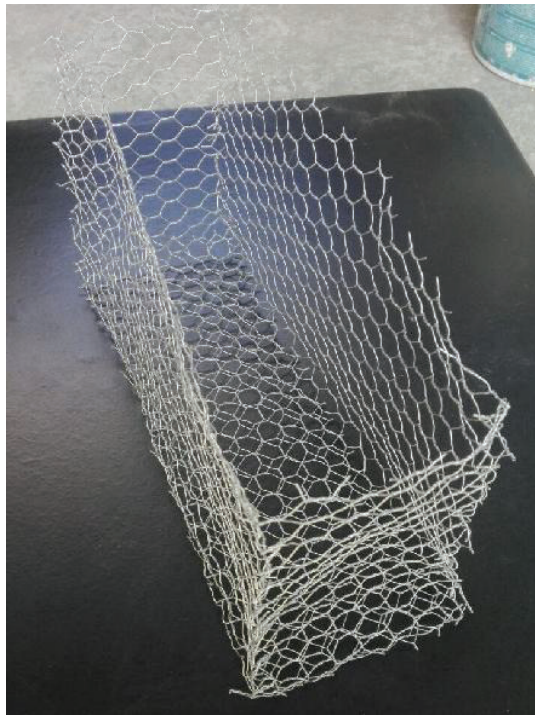
Una vez obtenidos los cortes se procedió a doblar los lados de las piezas recortadas y a separar los residuos.

FOTO 2.6 PIEZAS DOBLADAS LISTO PARA EL ENSAMBLE



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Por último, se unen las esquinas de la malla traslapando los fillos para obtener la forma final.

FOTO 2.7 CAJÓN DE MALLA ARMADO

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Con estos cajones hechos de malla se procedió a realizar una serie de pruebas de fundición en la fábrica, la mayoría de las cuales no fueron satisfactorias, el principal problema encontrado fue la interferencia que produjo la malla en el paso de la mezcla lo que generó bloques incompletos o con huecos en su interior que no cumplían con la calidad suficiente para ser utilizados en obra.

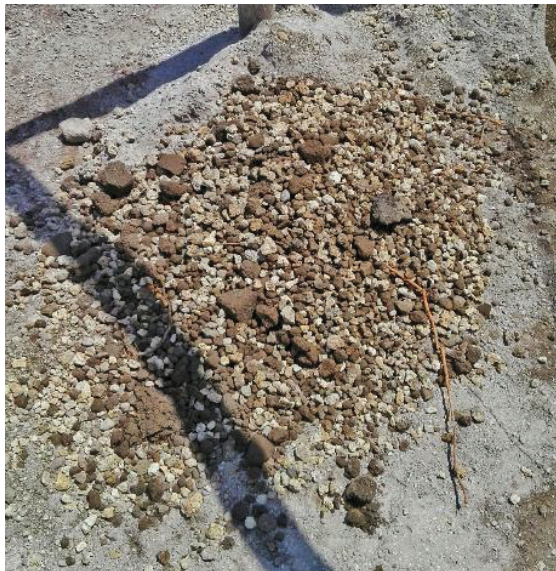
FOTO 2.8 INTENTO FALLIDO DE FUNDICIÓN DEL PROTOTIPO



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

2.3.2. FUNDICIÓN DEL BLOQUE

Debido a la cantidad de problemas encontrados se decidió analizar, empíricamente y en la fábrica, las cualidades del agregado grueso utilizado. Se encontró que existían diámetros nominales mayores a media pulgada como se observa en la foto 3.9. Lógicamente estos diámetros no son capaces de pasar por los orificios dejados por la estructura de malla, porque bloquean el paso de la mezcla y siendo esta la causa de la mayoría de fallas encontradas. Por ello se tomó la decisión de realizar una prueba con un material tamizado para controlar la granulometría de los agregados con lo cual se obtuvo una gran mejora, pero aún no satisfactoria.

FOTO 2.9 AGREGADO GRUESO CON DIÁMETRO SUPERIOR A MEDIA PULGADA

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Esto obligó a revisar la dosificación utilizada en la fábrica que, según su dueña, consiste en colocar dos carretillas de chasqui o agregado grueso liviano, una carretilla de polvo o agregado fino, un tercio de saco de cemento y aproximadamente 30 litros de agua no potable, proporción utilizada para una parada que es equivalente a 35 bloques. Revisando esta dosificación y viendo que las fallas con los agregados tamizados fueron menores se decidió incrementar la consistencia agregando agua y agregando polvo para tener una mezcla de 2 carretillas de chasqui, dos carretillas de polvo y un tercio de saco de cemento y buscando una mezcla con más pasta para que no tenga problemas al pasar en medio de la malla.

FOTO 2.10 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA PARA LA FUNDICIÓN DE LOS BLOQUES

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

A pesar de los cambios realizados en la dosificación las presencias de zonas huecas dentro del bloque permanecían, por lo que se decidió incrementar una secuencia de prensa en el proceso de fabricación, al final se realizarían 3 etapas de prensado para obtener resultados satisfactorios.

FOTO 2.11 ETAPA DE PRENSADO EN LA FABRICACIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Finalmente se logró un resultado satisfactorio cumpliendo con las siguientes condiciones:

1. Colocar el prisma rectangular de malla antes de bajar los moldes de encofrado de los bloques.

FOTO 2.12 CAJÓN DE MALLA EN EL INTERIOR DEL MOLDE LISTO PARA LA FUNDICIÓN



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

2. Los agregados deben ser tamizados con el fin de obtener diámetros nominales menores a media pulgada.
3. La dosificación debe ser cambiada para incrementar la cantidad de pasta añadiendo más polvo.
4. Durante la fundición se deben aplicar 3 etapas de prensado con el objetivo de evitar huecos y conseguir un buen vibrado de la mezcla en el bloque.

FOTO 2.13 BLOQUES PROTOTIPO DESPUÉS DE LA FUNDICIÓN



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

CAPÍTULO 3

ENSAYOS COMPARATIVOS

3.1. ENSAYOS INDIVIDUALES

Todos los ensayos individuales aquí detallados han sido guiados por la norma INEN 3066.

3.1.1. CLASIFICACIÓN DEL BLOQUE

La norma INEN 3066 clasifica a los bloques huecos de hormigón en base a su uso y a su densidad. De acuerdo a su uso, la tabla 1 del numeral cuatro de la norma INEN 3066 (INEN 3066, 2016) clasifica a los bloques de este estudio como bloques clase B para uso como mampostería no estructural, como se indica en el título de este proyecto.

TABLA 3.1 CLASIFICACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN SEGÚN SU USO

TABLA 1. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamientos en losas

FUENTE: NORMA INEN 3066

De acuerdo al ensayo de densidad, cuyos resultados se muestran en la tabla 3.3, los bloques estudiados cumplen con la clasificación de livianos como lo indica la tabla 2 del numeral 4 de la misma norma, los datos completos del ensayo de absorción son presentados en el anexo 1.

TABLA 3.2 CLASIFICACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE HORMIGÓN SEGÚN SU DENSIDAD

TABLA 2. Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad

Tipo	Densidad del hormigón (kg/m³)
Liviano	< 1 680
Mediano	1 680 a 2 000
Normal	> 2 000

FUENTE: NORMA INEN 3066

3.1.2. DIMENSIONES

EL único requerimiento de la norma en cuanto a las dimensiones para los bloques tipo B, clasificación en la que se encuentran los bloques, es que el espesor mínimo de los tabiques no debe ser menor a 13mm. A pesar de ello es de conocimiento común que en el mercado nacional las dimensiones ofertadas por los distintos fabricantes de bloques, son de 40 cm de longitud, 20 cm de altura y anchos de entre 10, 12 y 15 cm, pero por su fabricación artesanal las dimensiones varían, dependiendo de la fábrica presentando alteraciones de hasta 3 cm, por ello la toma de dimensiones que caracterizan el bloque se muestran en el anexo 3.

3.1.3. ENSAYO DE ABSORCIÓN

Al igual que con las dimensiones la norma no entrega requisitos mínimos de absorción para los bloques tipo B, pero la importancia de poseer ciertas características, como la densidad y el peso de los bloques, es grande al momento de diseñar las estructuras.

Como se mencionó en los objetivos, al diseñar el prototipo se procuró evitar el incremento del peso de los bloques, a pesar de ello por los problemas encontrados al momento de fabricación se incrementó la cantidad de agregado fino y considerando que el agregado grueso es el encargado de alivianar al bloque se esperaba un incremento en el peso del bloque.

Finalmente se encontró que el prototipo presenta una menor porosidad y una mayor densidad acompañada por un incremento del peso promedio de alrededor de medio kilo como se muestra en las siguientes tablas que resumen las propiedades promedio encontradas entre el prototipo, el bloque normal y sus respectivas variaciones.

TABLA 3.3 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO DE LOS BLOQUES INDIVIDUALES SEGÚN EL ANEXO D INEN 3066 PARTE 1

Tipo	Absorción	Absorción	Contenido de humedad	Densidad
	Kg/m ³	%	%	Kg/m ³
Normal	250,97	22,10%	4,39%	1135,54
Prototipo	274,19	20,70%	4,47%	1324,52
Variación	109%	94%	102%	117%

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

TABLA 3.4 RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO DE LOS BLOQUES INDIVIDUALES SEGÚN EL ANEXO D INEN 3066 PARTE 2

Tipo	Volumen Neto	Área neta promedio	Espesor equivalente	Porcentaje sólido
	mm ³	mm ²	mm	%
Normal	5,14E+06	2,76E+04	74,89	55,96%
Prototipo	5,17E+06	2,88E+04	78,15	58,76%
Variación	101%	104%	104%	105%

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Nota: El porcentaje de variación toma como referencia al bloque normal

3.1.4. ENSAYO A COMPRESIÓN

En el país comúnmente no se encuentran bloques de alta resistencia por su fabricación artesanal. La variación en la resistencia de los bloques genera una dispersión muy grande de bajas resistencias en todo el país. A pesar de ello en el campo de la construcción los bloques del sector de Latacunga y sus alrededores son conocidos por su mala calidad, pero su bajo costo los hace atractivos en el mercado nacional y son comúnmente usados en la construcción ecuatoriana.

El ensayo a compresión de unidades individuales de mampostería es de gran importancia ya que nos da una idea de la resistencia a compresión que puede llegar

a tener la mampostería. Incluso algunos códigos, como el colombiano, incluyen en sus textos ecuaciones que relacionan la resistencia a compresión del bloque con la resistencia a compresión de la mampostería $f'm$, un valor muy importante para el diseño de la mampostería estructural.

El ensayo a compresión se lo realizó en 6 bloques: 3 correspondientes a los bloques convencionales y 3 prototipos. Según la norma INEN 3066 la resistencia mínima esperada para bloques de mampostería no estructural o tipo B es de aproximadamente 41Kg/cm² como se muestra en la tabla 3.5. (INEN 3066, 2016)

TABLA 3.5 RESISTENCIAS MÍNIMAS A COMPRESIÓN EN BLOQUES DE HORMIGÓN SEGÚN SU CLASE, INEN 3066

TABLA 6. Resistencia neta mínima a la compresión en bloques de hormigón

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4
* 1 MPa = 10,2 kg/cm ²			

FUENTE: NORMA INEN 3066

Los resultados del ensayo se muestran en el anexo 3, los resultados promedio del ensayo a compresión de los bloques individuales se muestran en la tabla 3,6. Como se observa en la tabla los valores son inferiores a los esperados por la INEN 3066.

TABLA 3.6 RESISTENCIA A COMPRESIÓN PROMEDIO DE LOS BLOQUES ENSAYADOS

Tipo	Propiedades		Resistencia		
	Área neta promedio	Área Bruta	Carga	Resistencia área bruta	Resistencia área neta
	mm ²	mm ²	T	Kg/cm ²	Kg/cm ²
Normal	2,76E+04	4,93E+04	5,28	10,71	19,13
Prototipo	2,88E+04	4,90E+04	6,98	14,25	24,26
Variación	104%	99%	132%	133%	127%

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

3.2. ENSAYOS DE PRISMAS Y MURETES

3.2.1. DOSIFICACIÓN DEL MORTERO

La dosificación del mortero se la realizó de acuerdo a los valores entregados por la norma INEN 488 “MORTEROS, EVALUACIÓN PREVIA A LA CONSTRUCCIÓN Y DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE MORTEROS PARA MAMPOSTERÍA SIMPLE Y REFORZADA” que en su dosificación para el ensayo de 6 cubos de mortero entrega los siguientes datos ya convertidos a volúmenes de acuerdo a los pesos específicos determinados en laboratorio.

TABLA 3.7 DOSIFICACIÓN PARA MORTERO DE PEGA SEGÚN INEN 488

Dosificación de mortero de pega			
Material	Peso	Volumen	Relación en volumen
	g	cm3	
Cemento	500	550	1
Arena	1375	1594,5	2,90
Agua	272	272	0,49

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Con la dosificación entregada se procedió a construir los cubos de mortero con el fin de revisar la resistencia alcanzada a los 28 días, siguiendo el procedimiento de la norma INEN 488. Los resultados son mostrados en la siguiente tabla.

TABLA 3.8 RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN CÚBICA PARA EL MORTERO DE PEGA A LOS 28 DÍAS

Ensayo de cubos de mortero a los 28 días								
Número	Medido		Promedio		Área	Peso	Carga	Esfuerzo
	Ancho	Alto	Ancho	Alto				
	cm	cm	cm	cm				
1	5,1	5,2	5,15	5,15	26,52	277,6	5,65	213,03
	5,2	5,1						
2	5,1	5,1	5,05	5,10	25,76	275,8	5,92	229,86
	5,0	5,1						
3	5,1	5,0	5,10	5,05	25,76	268,9	5,57	216,27
	5,1	5,1						
Promedio								219,72

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

3.2.2. ENSAYO DE PRISMAS

La construcción de los prismas de mampostería será realizada basándose en la NEC-SE-MP 2015 “MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL” la cual especifica en sus anexos (numeral 10.1) los requerimientos para la construcción curado y ensayo de este tipo de elementos.

Siguiendo los requerimientos de la norma los prismas deben tener como dimensiones: el espesor de la mampostería, la longitud de una unidad de mampostería y una altura no menor a tres hiladas, el cociente entre la altura y el espesor debe ser igual o mayor a tres y debe representar las condiciones presentadas en obra.(NEC-SE-MP, 2014)

FOTO 3.1 PRISMA DE MAMPOSTERÍA A SER ENSAYADO



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

En el proceso de curado la norma indica que los primeros 14 días los prismas deben ser cubiertos por polietileno, y el tiempo faltante para los 28 días deben estar descubiertos en condiciones ambientales.

El ensayo a compresión debe realizarse a los 28 días, días antes se debe colocar una capa de refrentado con el objetivo de evitar irregularidades en las caras de los prismas y se debe tomar en consideración la siguiente información:

- a. Carga máxima registrada
- b. Resistencia prismática
- c. Observaciones relativas al modo de falla
- d. Curva de carga vs deformación.

3.2.2.1. ENSAYO A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA

3.2.2.1.1. PRISMAS DE BLOQUES NORMALES

Las 5 probetas se ensayaron a los 40 días con el fin de procurar un incremento de sus propiedades en el rango inelástico. Una vez ensayadas presentaron una resistencia en un rango entre 4 y 5 toneladas con fallas a lo largo de todo el prisma y de forma frágil en la cual se determinó que las paredes del bloque, zona de mayor longitud, son las zonas más afectadas.

FOTO 3.2 TIPOS DE FALLAS PRESENTADAS EN LOS BOQUES CONVENCIONALES EN EL ENSAYO A COMPRESIÓN.

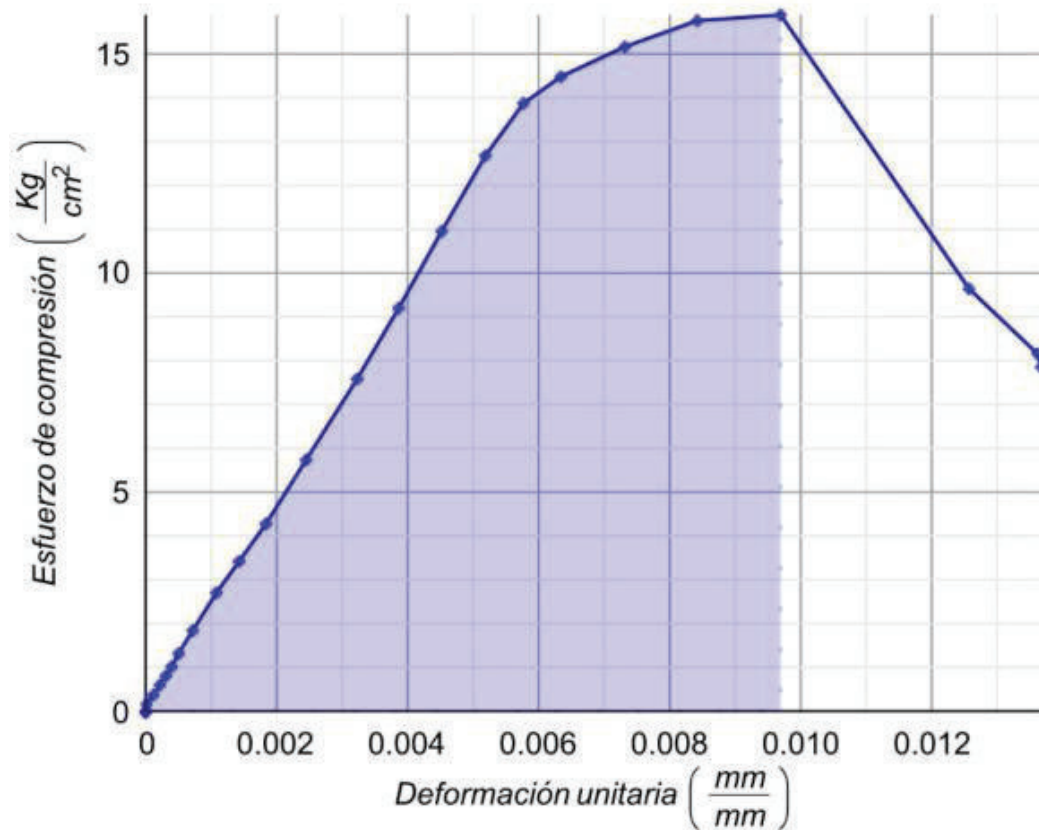


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

El ensayo arrojó las siguientes curvas de esfuerzo deformación, en donde se observa que la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad y el grado de ductilidad es semejante en todas las probetas, los datos detallados se muestran a continuación:

FIGURA 3.1 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 1

Curva esfuerzo vs deformación en prismas probeta 1



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

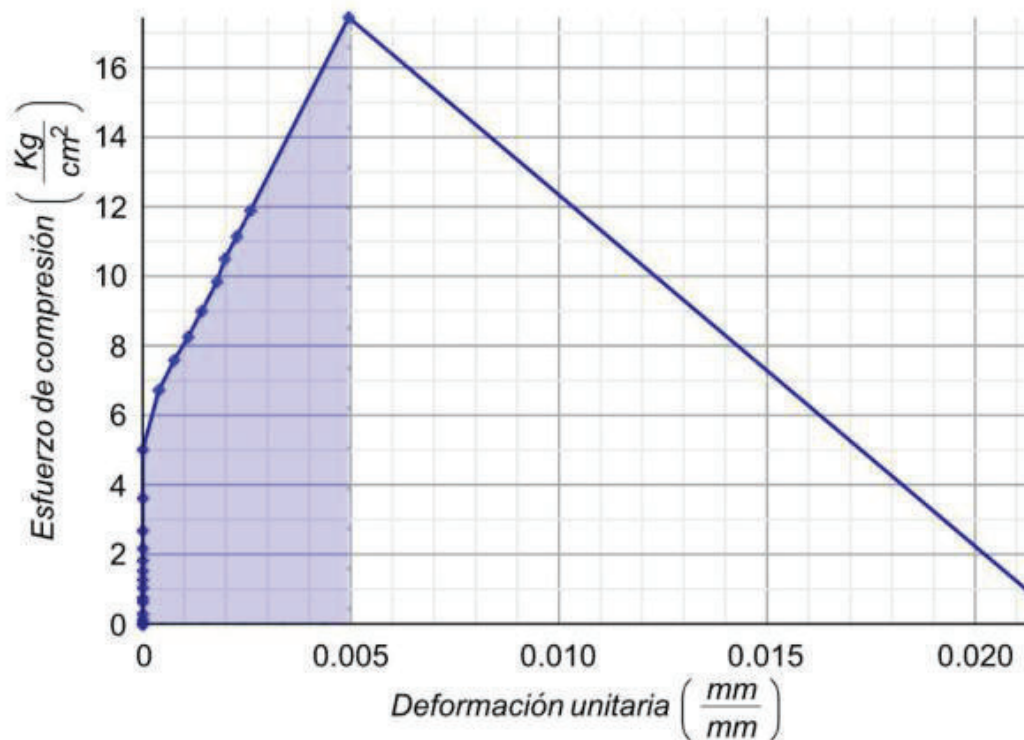
TABLA 3.9 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 1

Resultados		
Carga máxima	4,39	T
Esfuerzo máximo	15,89	Kg/cm ²
f _m	18,59	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	2720,90	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0997	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,93	
Ductilidad λ=45%	4,53	
Ductilidad λ=30%	6,99	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.2 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 2

Curva esfuerzo vs deformación en prismas probeta 2



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

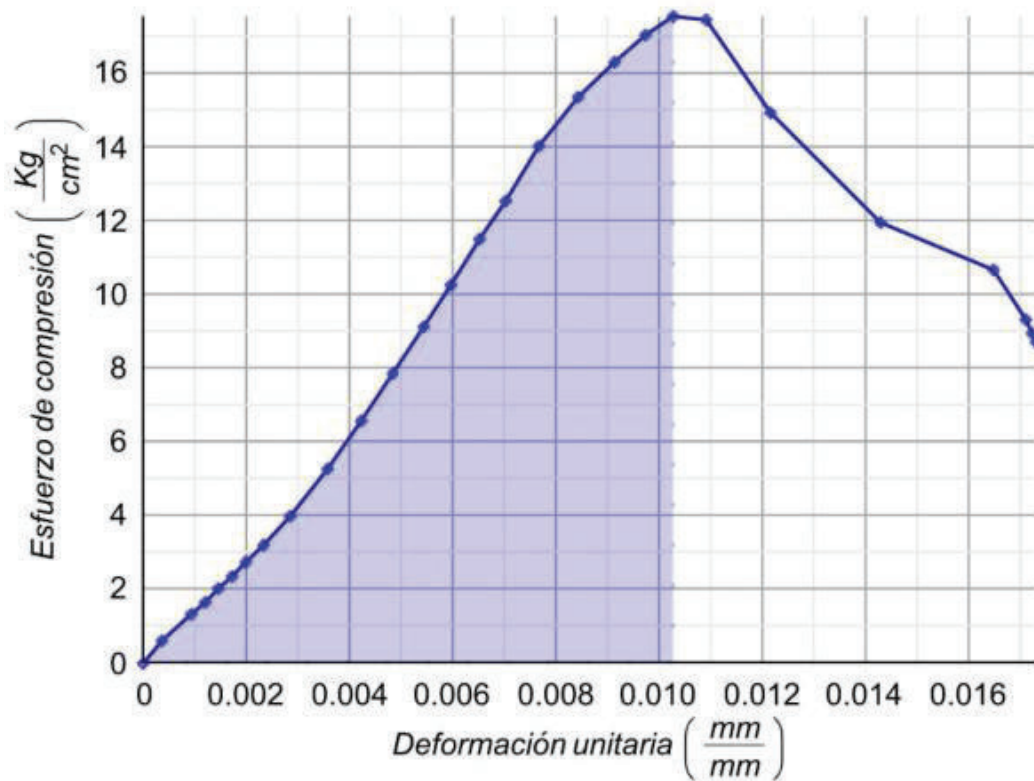
TABLA 3.10 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 2

Resultados		
Carga máxima	4,82	T
Esfuerzo máximo	17,44	Kg/cm ²
f _m	20,41	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	125225,37	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0573	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,96	
Ductilidad λ=45%	16,25	
Ductilidad λ=30%	334,55	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.3 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 3

Curva esfuerzo vs deformación en prismas probeta 3



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

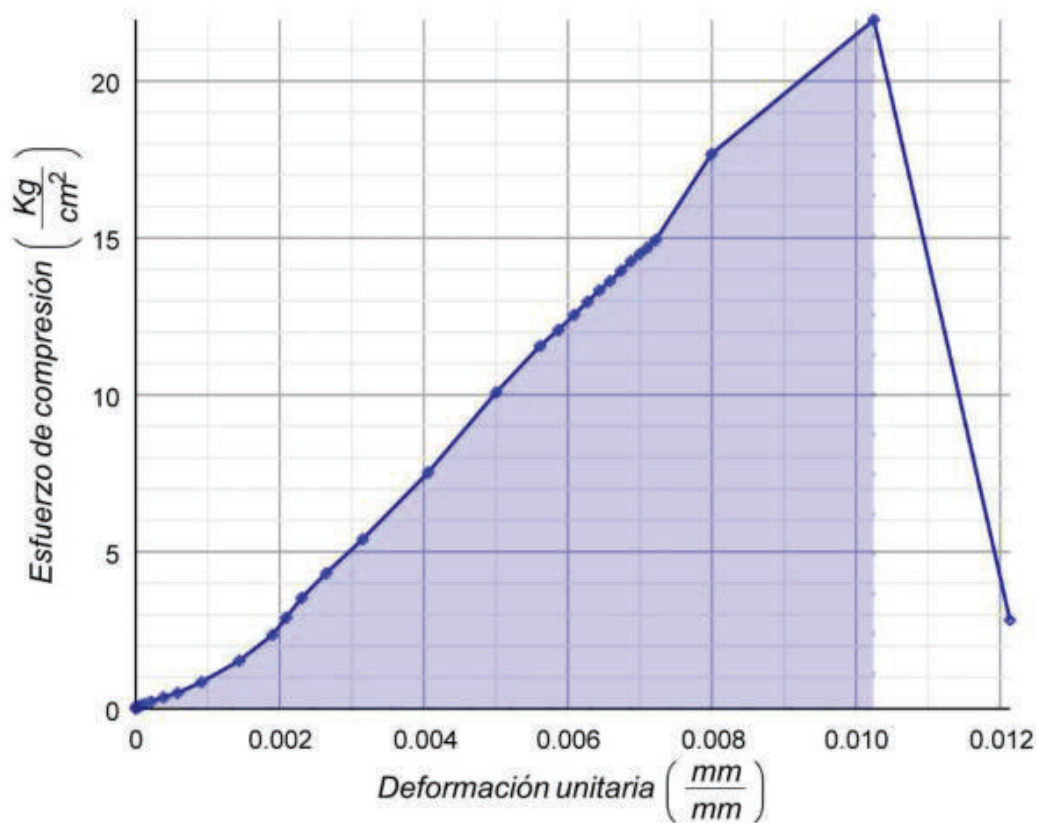
TABLA 3.11 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 3

Resultados		
Carga máxima	4,84	T
Esfuerzo máximo	17,54	Kg/cm ²
f _m	20,52	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1608,14	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0896	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,49	
Ductilidad λ=45%	3,61	
Ductilidad λ=30%	5,14	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.4 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 4

Curva esfuerzo vs deformación en prismas probeta 4



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

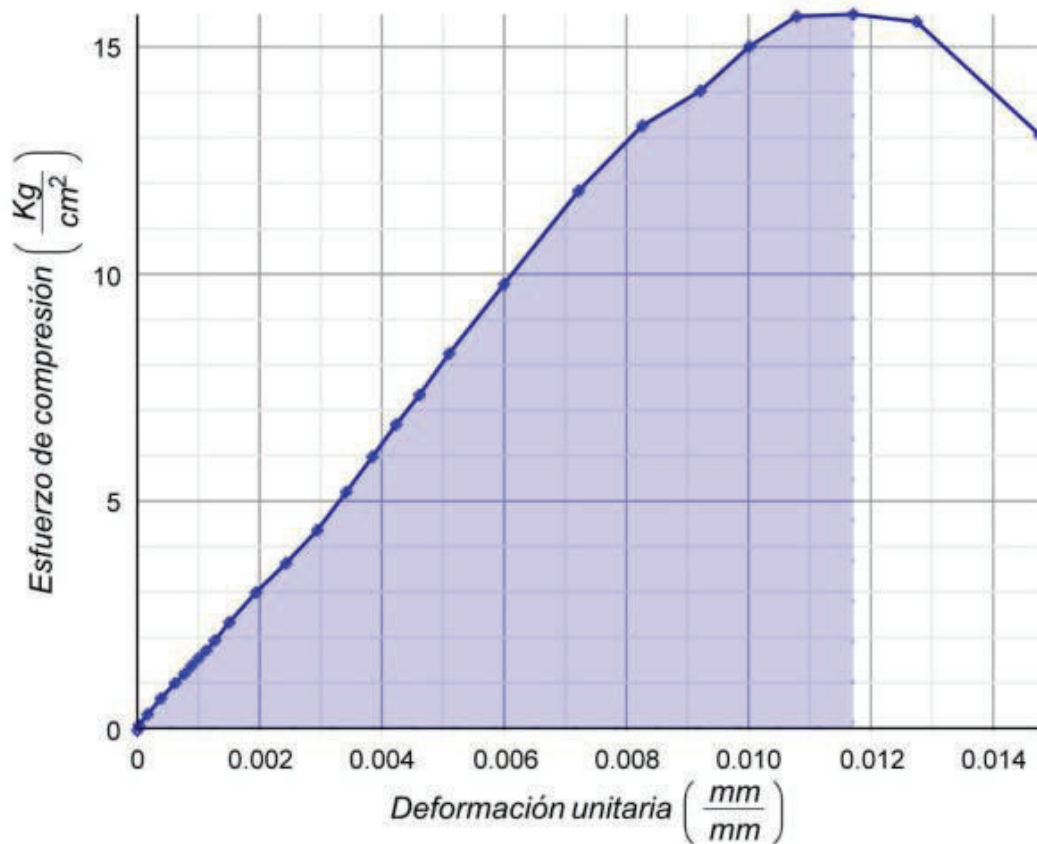
TABLA 3.12 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 4

Resultados		
Carga máxima	6,06	T
Esfuerzo máximo	21,95	Kg/cm ²
f'm	25,68	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	2164,19	Kg/cm ²
Tenacidad	0,1063	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,24	
Ductilidad λ=45%	2,32	
Ductilidad λ=30%	3,22	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.5 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMAS PROBETA 5

Curva esfuerzo vs deformación en prismas probeta 5



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

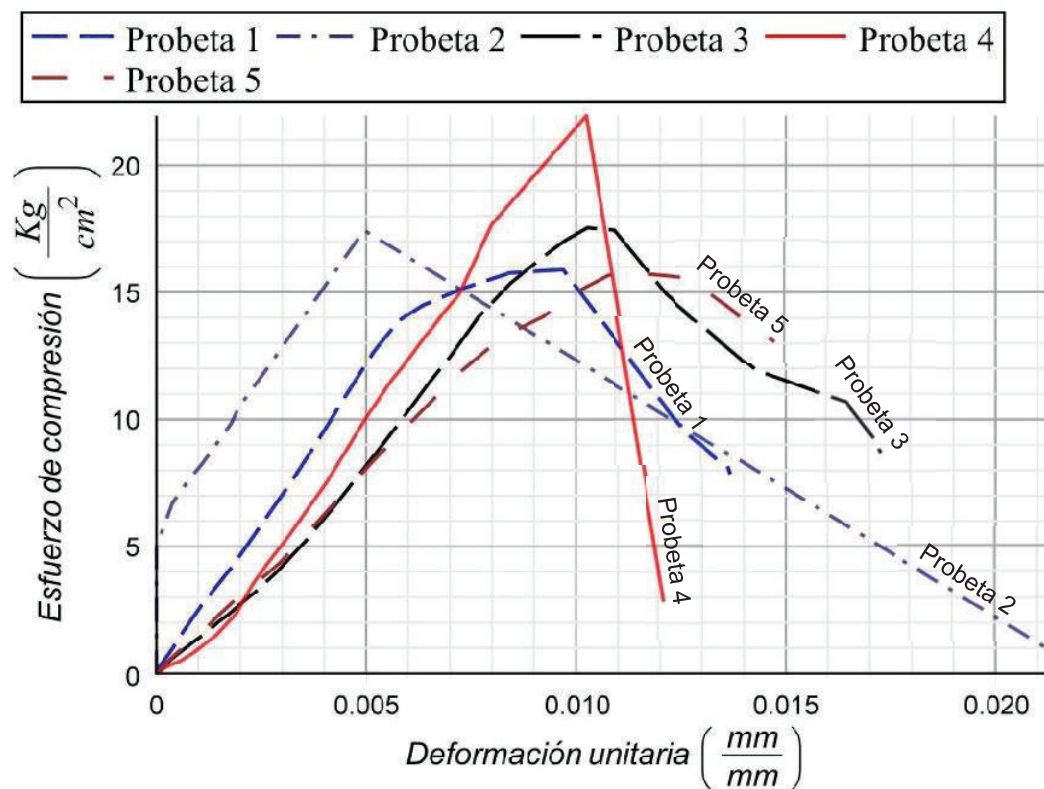
TABLA 3.13 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA 5

Resultados		
Carga máxima	4,34	T
Esfuerzo máximo	15,72	Kg/cm ²
f'm	18,39	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1532,41	Kg/cm ²
Tenacidad	0,1056	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,73	
Ductilidad λ=45%	4,40	
Ductilidad λ=30%	6,84	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.6 CURVAS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE PRISMAS CONSTRUIDOS CON BLOQUES NORMALES.

Curva esfuerzo vs deformación en prismas normales a compresión



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

3.2.2.1.2. PRISMAS DEL BLOQUE PROTOTIPO

Para el ensayo del prototipo, primero se ensayaron dos prismas de control que buscan determinar cuál es la incidencia del cambio de la dosificación en la resistencia de los prototipos, al igual que en los bloques normales, los bloques de control presentaron una serie de fallas frágiles.

FOTO 3.3 ENSAYO A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE CONTROL



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Los resultados del ensayo de los prismas de control muestran que existe un incremento en la resistencia de los bloques de hormigón.

Con esta información clara se procedió a ensayar los 5 prismas formados por los prototipos, en ellos se encontraron rangos de resistencia semejantes a los encontrados en los prismas de control con una clara diferencia en el sistema de falla, la cual evitó por completo la falla frágil y se presentó una falla por aplastamiento únicamente en una de las unidades de mampostería.

FOTO 3.4 TIPOS DE FALLAS PRESENTADOS EN LOS PRISMAS FORMADOS CON LOS PROTOTIPOS EN LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN.



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

También se encontró que presentaban una falla en los tabiques internos del bloque, a pesar de ello las unidades después del ensayo podía salir enteras y no por pedazos como se observó en el ensayo de los bloques normales.

FOTO 3.5 FALLA EN LOS TABIQUES DE LOS BLOQUES EVITANDO LA MALLA

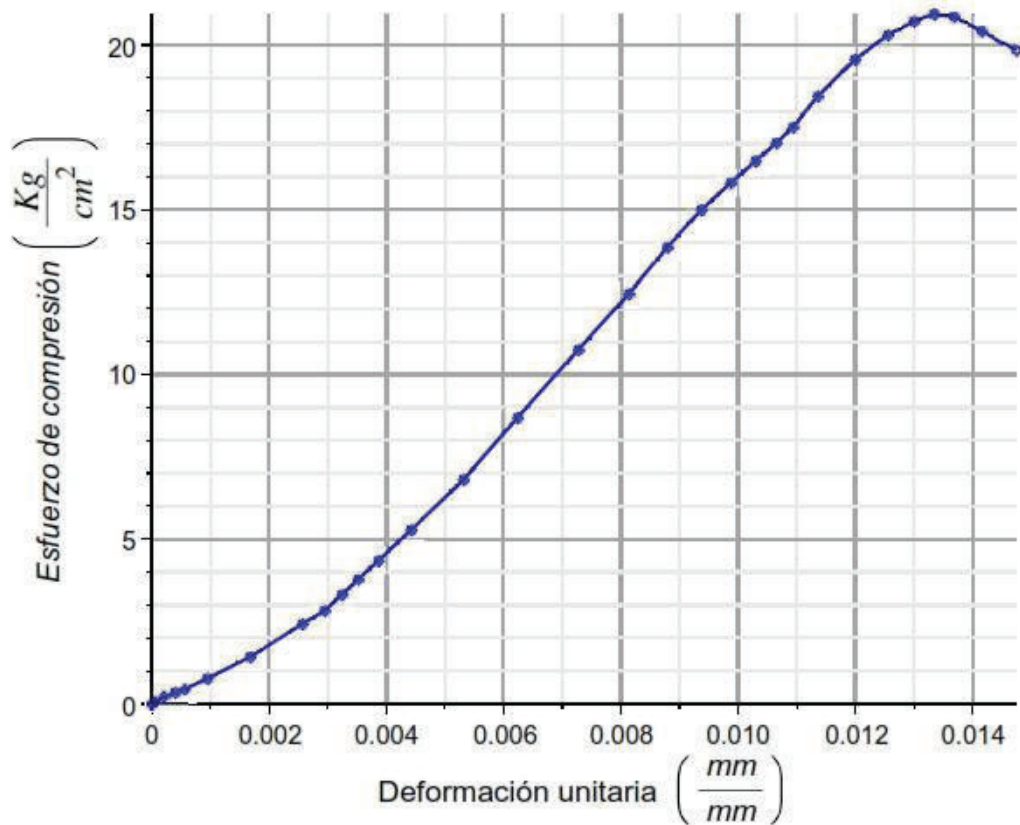


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Con este ensayo se obtuvieron las siguientes curvas esfuerzo deformación en la que se observa que los bloques de control y los prototipos presentan esfuerzos a compresión similares, pero el grado de ductilidad obtenido por los prototipos es mayor, los resultados detallados de los ensayos se encuentran a continuación:

FIGURA 3.7 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA DE CONTROL 1

Curva esfuerzo vs deformación en prismas probeta de control 1



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

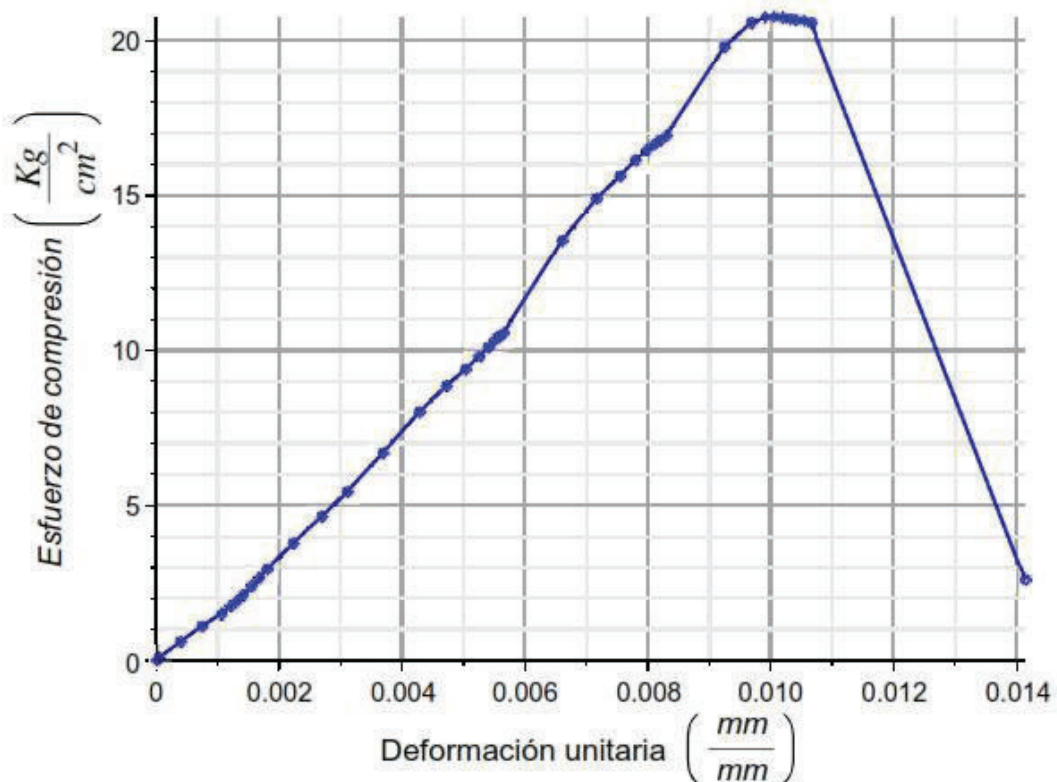
TABLA 3.14 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA DE CONTROL 1

Resultados		
Carga máxima	6,02	T
Esfuerzo máximo	20,93	Kg/cm ²
f'm	24,49	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1309,54	Kg/cm ²
Tenacidad	-	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	-	
Ductilidad λ=45%	-	
Ductilidad λ=30%	-	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.8 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA DE CONTROL 2

Curva esfuerzo vs deformación en prismas probeta de control 2



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

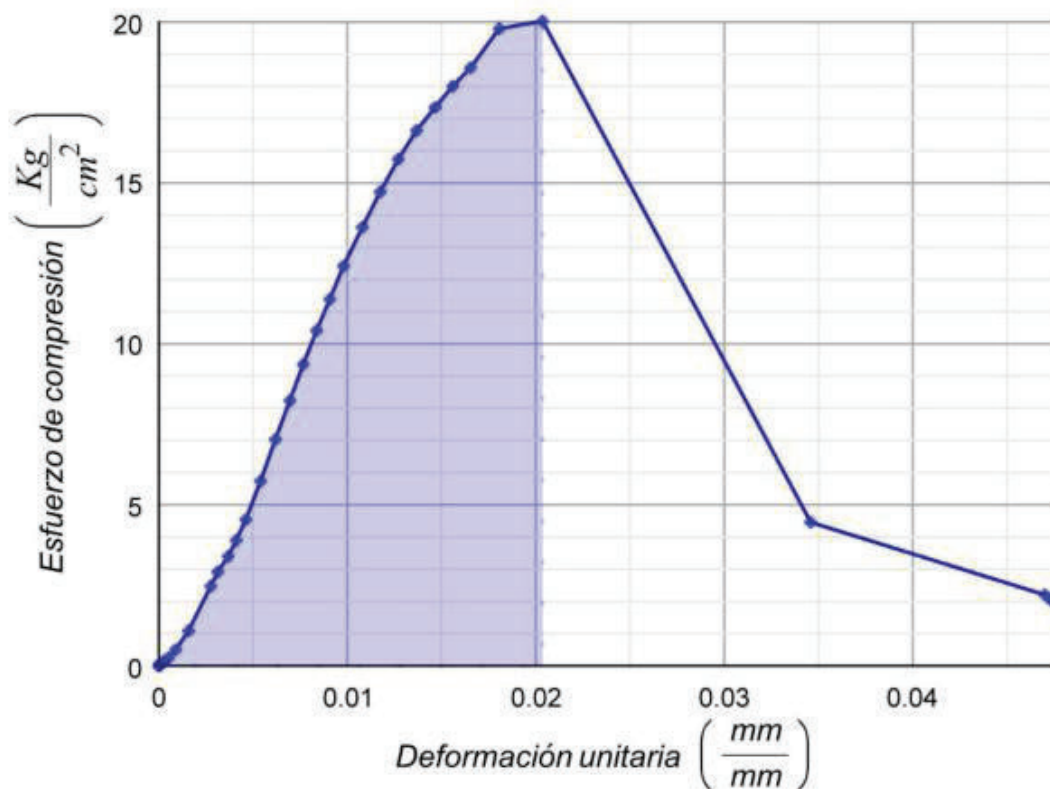
TABLA 3.15 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA DE CONTROL 2

Resultados		
Carga máxima	5,97	T
Esfuerzo máximo	20,75	Kg/cm ²
f'm	24,28	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1870,73	Kg/cm ²
Tenacidad	-	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	-	
Ductilidad λ=45%	-	
Ductilidad λ=30%	-	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.9 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 1

Curva esfuerzo vs deformación en prismas prototipo 1



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

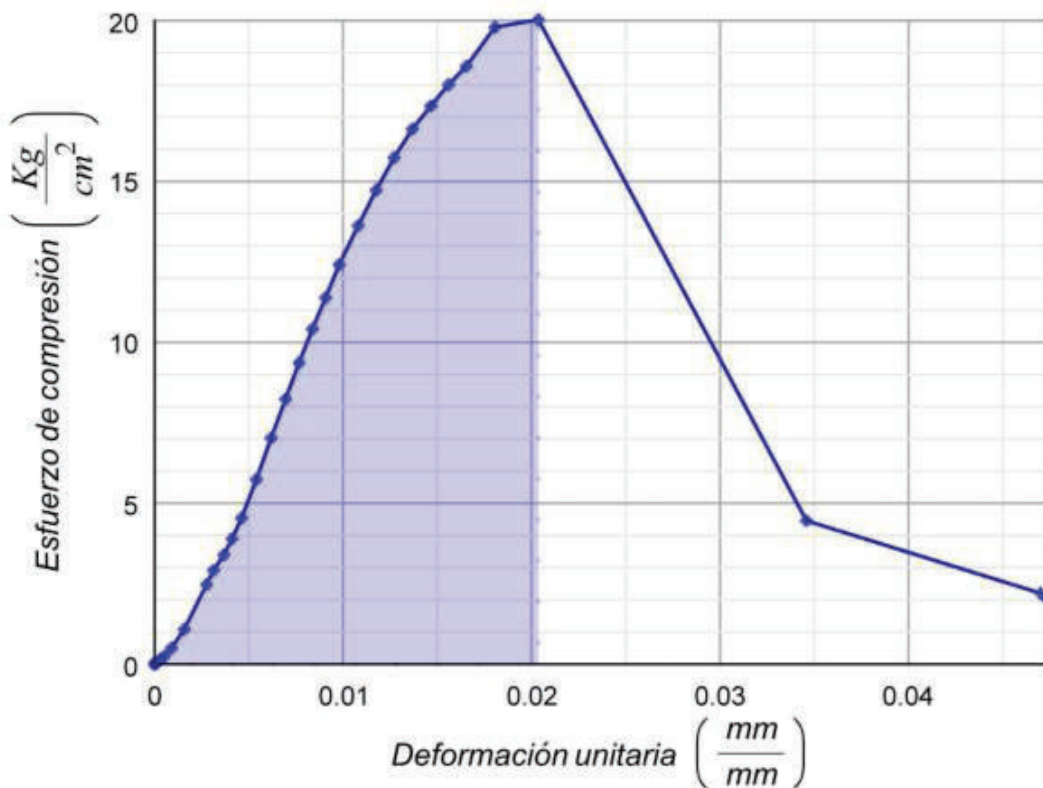
TABLA 3.16 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 1

Resultados		
Carga máxima	5,77	T
Esfuerzo máximo	20,03	Kg/cm ²
f'm	23,43	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1213,74	Kg/cm ²
Tenacidad	0,2361	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,63	
Ductilidad λ=45%	4,09	
Ductilidad λ=30%	5,97	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.10 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 2

Curva esfuerzo vs deformación en prismas prototipo 2



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

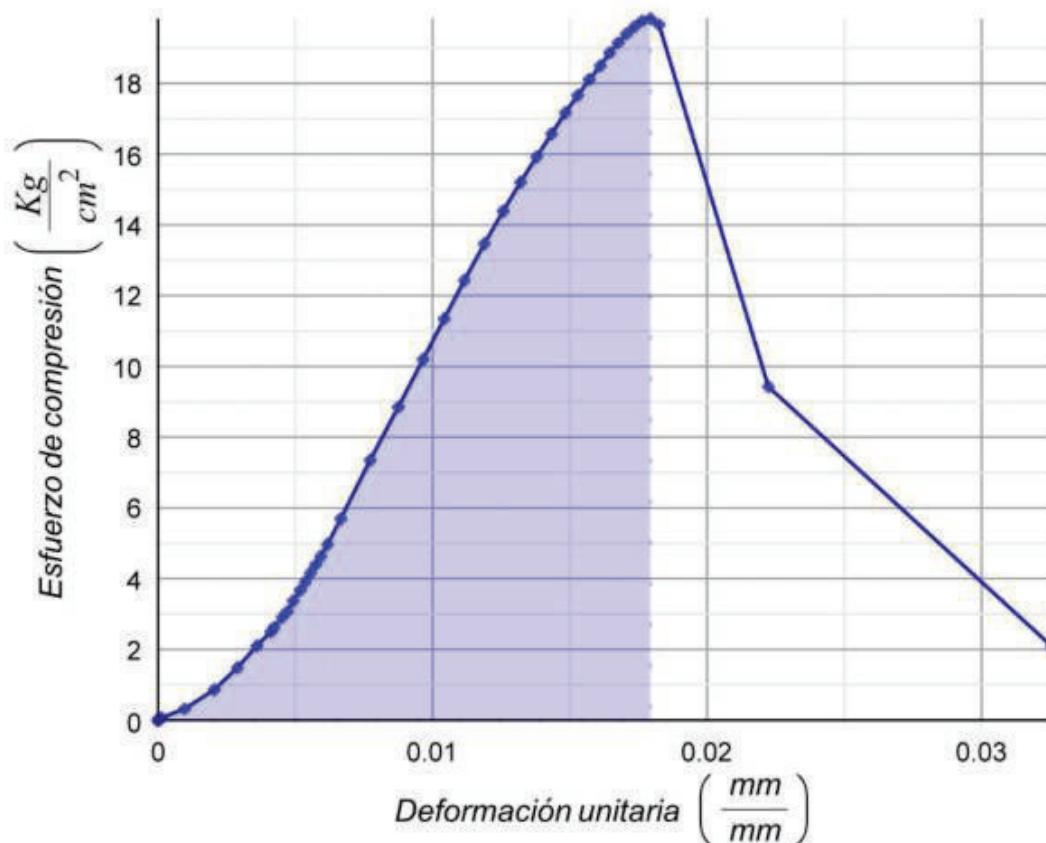
TABLA 3.17 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 2

Resultados		
Carga máxima	5,82	T
Esfuerzo máximo	20,21	Kg/cm ²
f'm	23,65	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1250,64	Kg/cm ²
Tenacidad	0,1352	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,28	
Ductilidad λ=45%	3,36	
Ductilidad λ=30%	5,34	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.11 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 3

Curva esfuerzo vs deformación en prismas prototipo 3



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

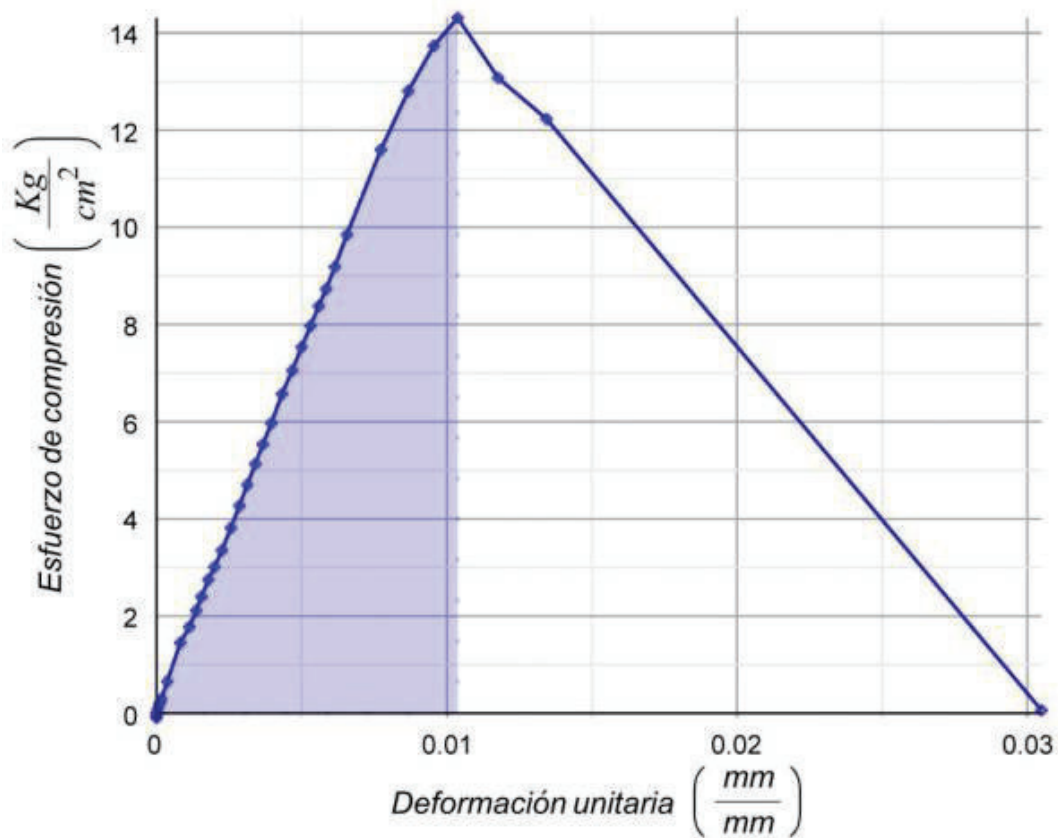
TABLA 3.18 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 3

Resultados		
Carga máxima	5,71	T
Esfuerzo máximo	19,83	Kg/cm ²
f _m	23,21	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	974,26	Kg/cm ²
Tenacidad	0,1680	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,33	
Ductilidad λ=45%	2,61	
Ductilidad λ=30%	3,98	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.12 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 4

Curva esfuerzo vs deformación en prismas prototipo 4



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

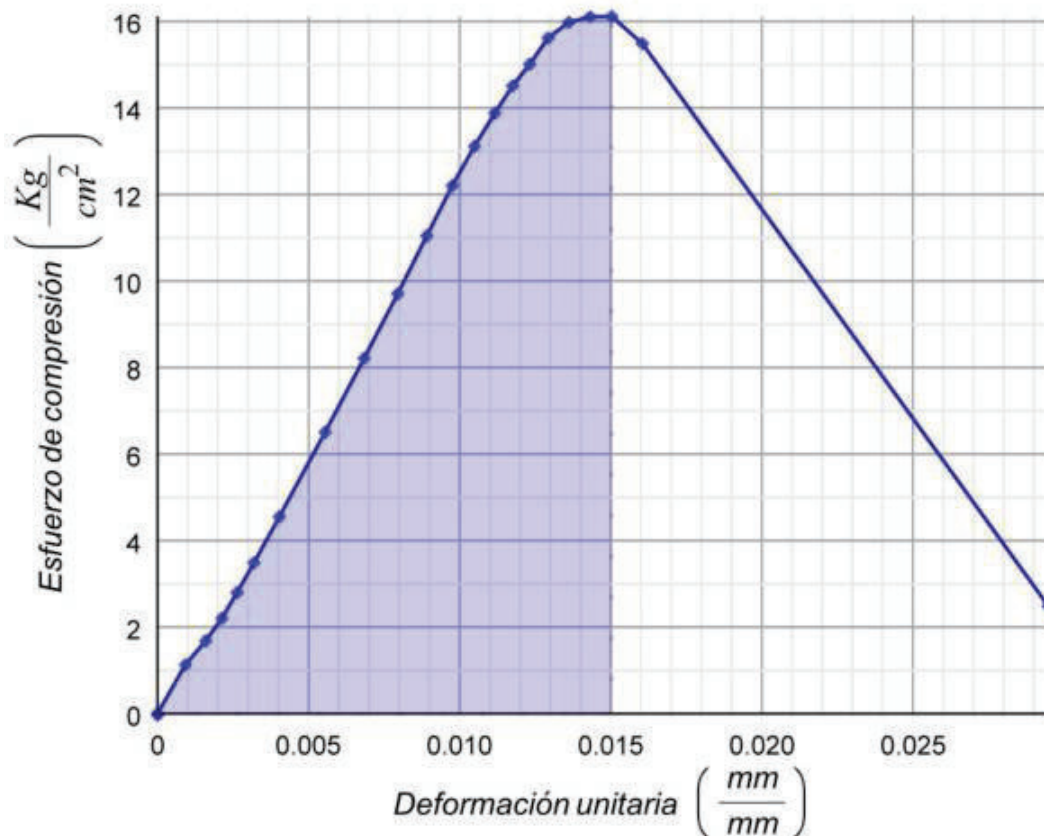
TABLA 3.19 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 4

Resultados		
Carga máxima	4,12	T
Esfuerzo máximo	14,31	Kg/cm ²
f'm	16,75	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1525,26	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0798	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,65	
Ductilidad λ=45%	4,29	
Ductilidad λ=30%	8,57	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.13 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN PRISMA PROTOTIPO 5

Curva esfuerzo vs deformación en prismas prototipo 5



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

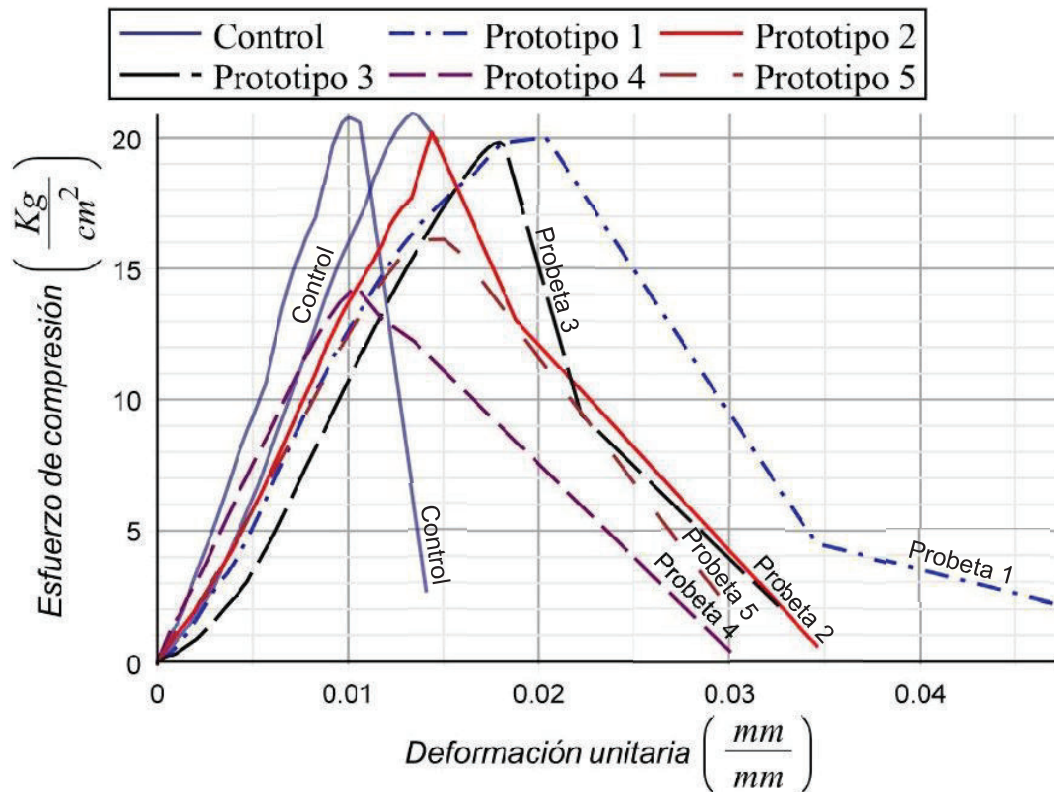
TABLA 3.20 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL PRISMA PROTOTIPO 5

Resultados		
Carga máxima	4,64	T
Esfuerzo máximo	16,11	Kg/cm ²
f'm	18,85	Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	1272,22	Kg/cm ²
Tenacidad	0,1346	Kg/cm ²
Ductilidad λ=85%	1,63	
Ductilidad λ=45%	4,02	
Ductilidad λ=30%	6,36	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.14 CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN DE PRISMAS PROTOTIPO

Curva esfuerzo vs deformación en prismas prototipo a compresión



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

3.2.2.2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Para procesar los datos se utilizó como referencia la norma ASTM C1314 la que indica que los esfuerzos están relacionados con el área neta de la sección que debe ser hallada como se indica en la norma ASTM C140, este paso fue obviado y se utilizaron los datos obtenidos con la norma ecuatoriana mostrados en la tabla 3.4. Así también indica que es necesario corregir el esfuerzo de la mampostería por esbeltez en función de la tabla 1 de la ASTM C1314 (ASTM C1314-16, 2014).

TABLA 3.21 FACTORES DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ PARA ENCONTRAR f'_m .

TABLE 1 Height to Thickness Correction Factors for Masonry Prism Compressive Strength

h_p/t_p^A	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Correction Factor	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

^A h_p/t_p —Ratio of prism height to least lateral dimension of prism.

FUENTE: NORMA ASTM C-1314

TABLA 3.22 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN PARA EL ENSAYO REALIZADO

Tabla de corrección por esbeltez		
Altura del prisma	58.00	cm
Espesor del prisma	13.50	cm
hp/tp	4.30	
Factor de corrección	1.17	

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

El módulo de elasticidad fue hallado considerando la secante desde el tercio del esfuerzo máximo como lo recomienda Crisafulli. También se decidió calcular la tenacidad y el grado de ductilidad. El cálculo de la tenacidad consideró como límites el inicio de la curva esfuerzo deformación y el esfuerzo máximo asumiendo que al momento en que baja la curva el elemento ya falló. La tenacidad representa la cantidad de energía absorbida por la probeta antes de la falla y se define con la siguiente ecuación:

$$\text{Tenacidad} = \int_0^{\epsilon_{\sigma\text{máx}}} \sigma \cdot d\epsilon$$

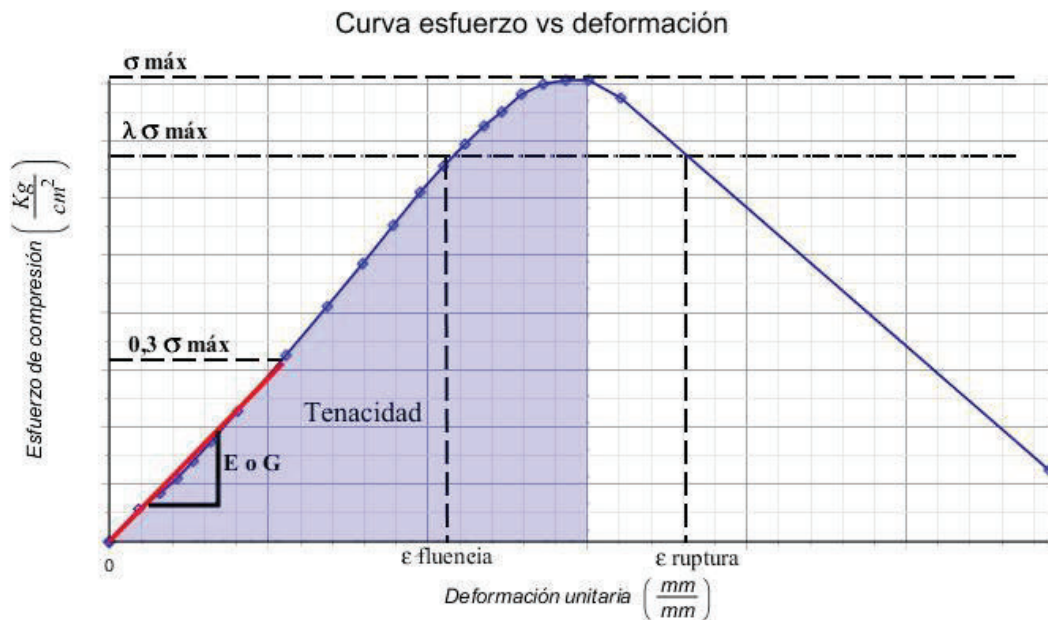
El grado de ductilidad o relación de ductilidad, que se define como la relación que existe entre la deformación unitaria en el punto de ruptura y la deformación unitaria

en el punto de fluencia. Se asumió los puntos de ruptura y de fluencia considerando 3 factores λ correspondientes al 30%, 45% y 85% del esfuerzo máximo, estos puntos se asumieron en base a los criterios dados por el ACI, que en el modelo rectangular asume que la fluencia inicia en 0,85 de $f'c$, a la consideración de Crisafulli de tomar el módulo de elasticidad al 0,30 de $f'm$ y un valor intermedio entre los 2.

$$Ductilidad = \frac{\epsilon_{ruptura}}{\epsilon_{fluencia}}$$

La explicación del proceso de los datos se detalla en la siguiente figura:

FIGURA 3.15 INFORMACIÓN OBTENIDA DE LAS CURVAS ESFUERZO DEFORMACIÓN Y CRITERIOS ASUMIDOS



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

El ensayo realizado arrojó los siguientes resultados ya procesados:

TABLA 3.23 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA

Tipo		Carga máxima	Esfuerzo máximo	f'm	E (Crisafulli)	Tenacidad	Ductilidad $\lambda = 0,85$
		T	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
Normal	1	4,39	15,89	18,59	2720,90	0,0997	1,93
	2	4,82	17,44	20,41	125225,37	0,0573	1,96
	3	4,84	17,54	20,52	1608,14	0,0896	1,49
	4	4,39	21,95	25,68	2164,19	0,1063	1,24
	5	4,39	15,72	18,39	1532,41	0,1056	1,73
	Promedio	4,57	16,65	19,48	2006,41	0,1003	1,67
Control	C1	4,39	20,93	24,49	1309,54	0,1319	-
	C2	4,39	20,75	24,28	1870,73	0,1003	-
	Promedio	4,39	20,84	24,38	1590,14	0,1161	-
Prototipo	P1	4,39	20,03	23,43	1213,74	0,2361	1,63
	P2	4,39	20,21	23,65	1250,64	0,1352	1,28
	P3	4,39	19,83	23,21	974,26	0,1680	1,33
	P4	4,39	14,31	16,75	1525,26	0,0798	1,65
	P5	4,39	16,11	18,85	1272,22	0,1346	1,63
	Promedio	4,39	18,10	21,18	1247,22	0,1507	1,50

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Nota: Los valores presentados en rojo, se han despreciado del promedio debido a su gran dispersión en relación al resto de datos.

3.2.3. ENSAYO DE MURETES

La construcción y el ensayo de muretes, al igual que los prismas, serán guiados bajo la NEC-SE-MP 2015 “MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL”, la cual en sus anexos (numeral 10.2), indica que los muretes de mampostería serán utilizados para el ensayo de tensión diagonal y serán construidos y ensayados bajo los siguientes parámetros.

Las dimensiones que debe poseer el murete son: el espesor igual al de la unidad de mampostería y una longitud en sus aristas mínima de 60 cm o de 4 hiladas, por ello los muretes se dimensionan de aproximadamente 80x80 cm. La construcción de los muretes debe representar las condiciones presentadas en obra. (NEC-SE-MP, 2014)

FOTO 3.6 MURETE DE MAMPOSTERÍA A SER ENSAYADO

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

En el proceso de curado, al igual que en los prismas, se debe proteger a los muretes con una capa de polietileno durante 14 días y el tiempo restante debe estar descubierto con condiciones ambientales.

El ensayo será realizado a los 28 días, días antes del ensayo es necesario realizar un refrentado en las aristas, preferentemente en el punto de ubicación de la carga.

3.2.3.1. ENSAYO A COMPRESIÓN DIAGONAL DE LOS MURETES**3.2.3.1.1. MURETES CONSTRUIDOS CON EL BLOQUE CONVENCIONAL**

Los 5 muretes se ensayaron a los 40 días buscando obtener un mejor desempeño en el rango inelástico, lograron sostener cargas de entre 1,4 a 1,9 toneladas y presentaron en su gran mayoría fallas mixtas por corte y deslizamiento, además las fallas presentaron la característica de ser frágiles.

FOTO 3.7 TIPO DE FALLA PRESENTADO EN ENSAYO A TENSIÓN DIAGONAL EN LOS MURETES CON BLOQUES NORMALES

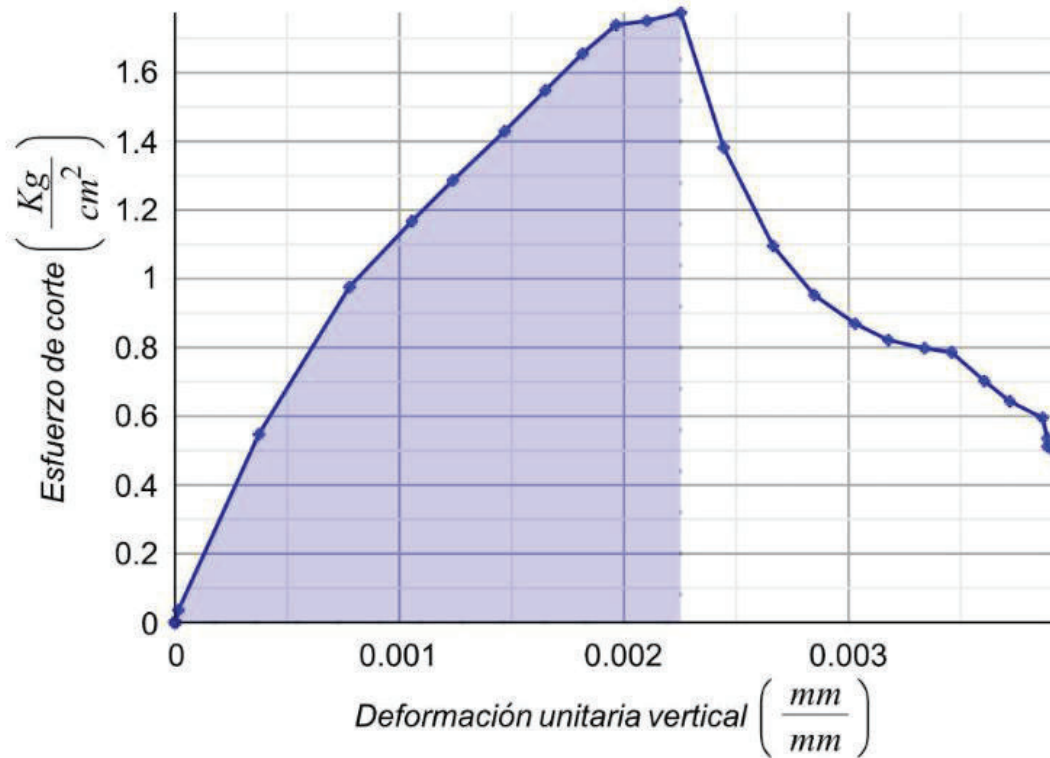


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Para el desarrollo del ensayo fue necesario tomar las deformaciones horizontales con la ayuda de un deformímetro análogo, el que entregó datos útiles, pero no muy confiables, por ello en las gráficas de esfuerzo deformación se decidió utilizar la deformación vertical en lugar de la deformación unitaria a corte como debería presentarse, las gráficas son presentadas a continuación y los resultados detallados se muestran a continuación:

FIGURA 3.16 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 1

Curva esfuerzo vs deformación en muretes probeta 1



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

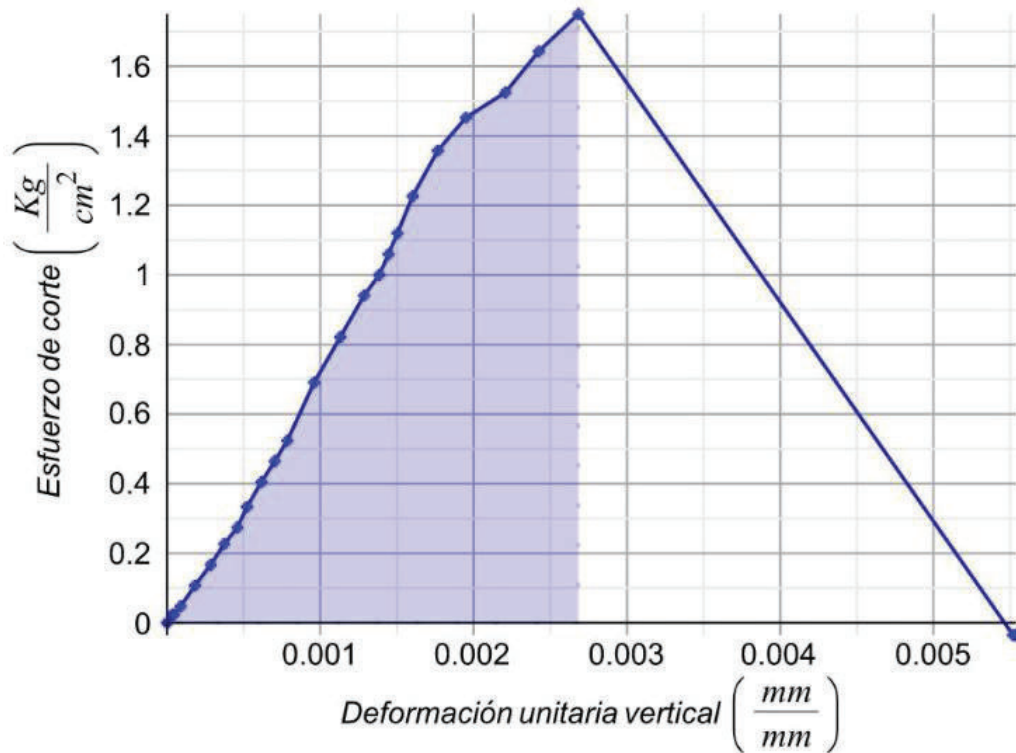
TABLA 3.24 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 1

Resultados		
Carga máxima	1,49	T
Ss	1,77	Kg/cm ²
Δx	2,50	mm
Δy	0,78	mm
Y	0,00	mm/mm
G	600,05	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0025	Kg/cm ²

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.17 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 2

Curva esfuerzo vs deformación en muretes probeta 2



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

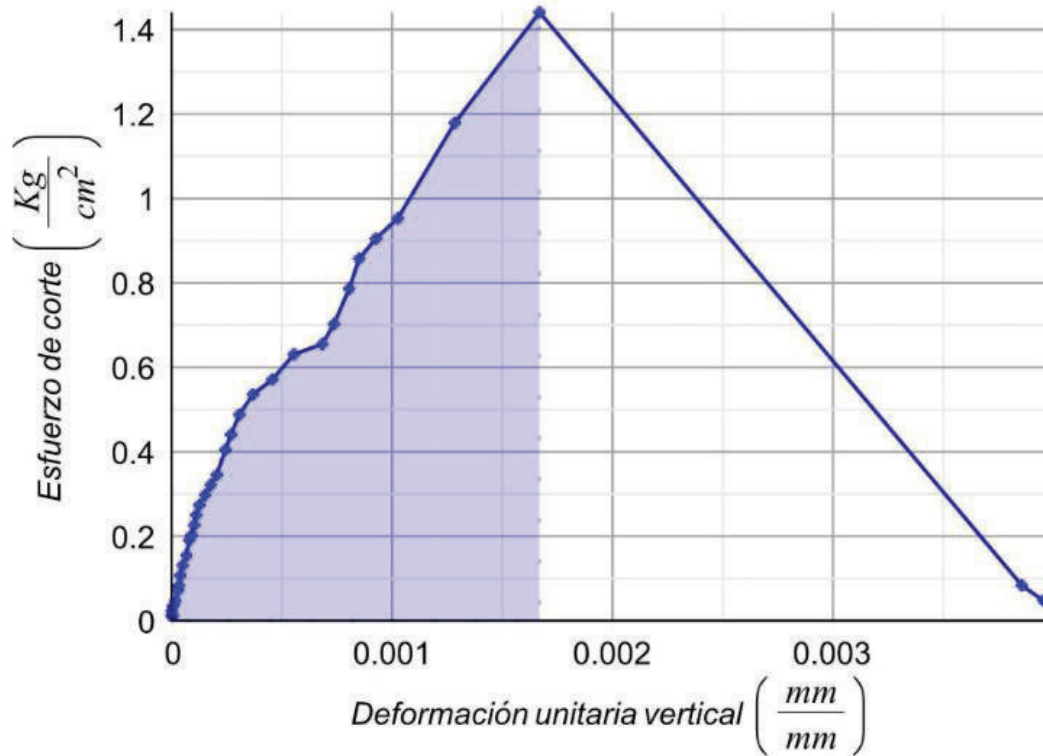
TABLA 3.25 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 2

Resultados		
Carga máxima	1,47	T
Ss	1,75	Kg/cm ²
Δx	2,979	mm
Δy	0,683	mm
Y	0,003	mm/mm
G	530,63	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0025	Kg/cm ²

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.18 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 3

Curva esfuerzo vs deformación en muretes probeta 3



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

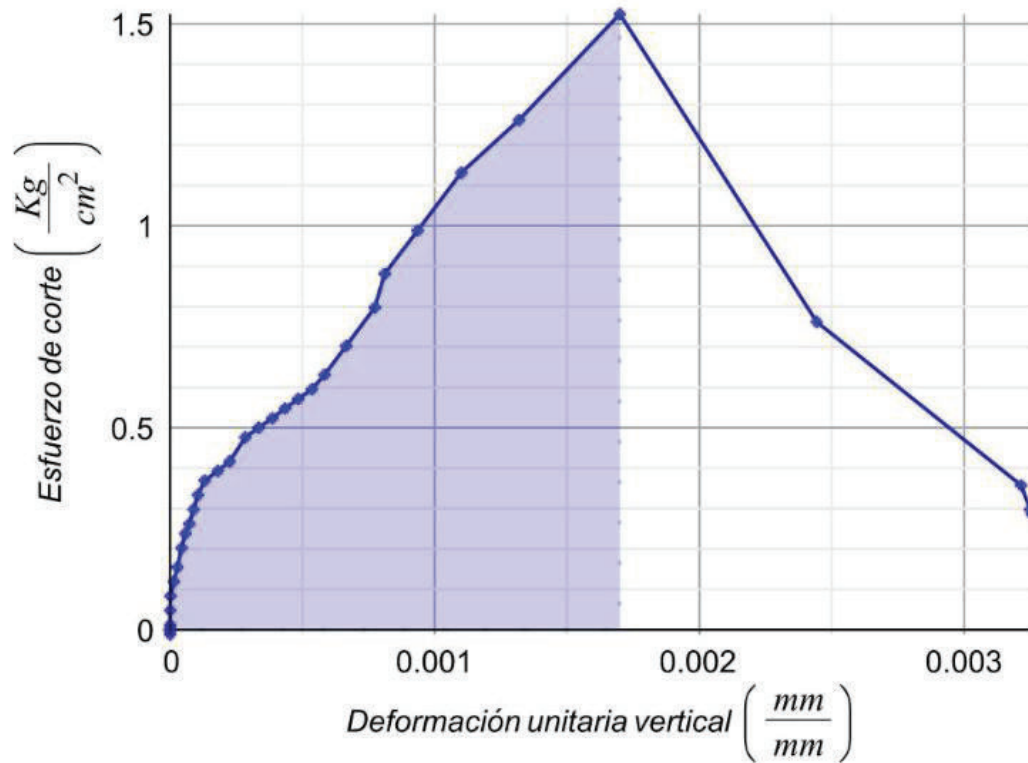
TABLA 3.26 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 3

Resultados		
Carga máxima	1,21	T
Ss	1,44	Kg/cm ²
Δx	1,853	mm
Δy	1,537	mm
Y	0,0031	mm/mm
G	471,95	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0014	Kg/cm ²

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.19 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 4

Curva esfuerzo vs deformación en muretes probeta 4



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

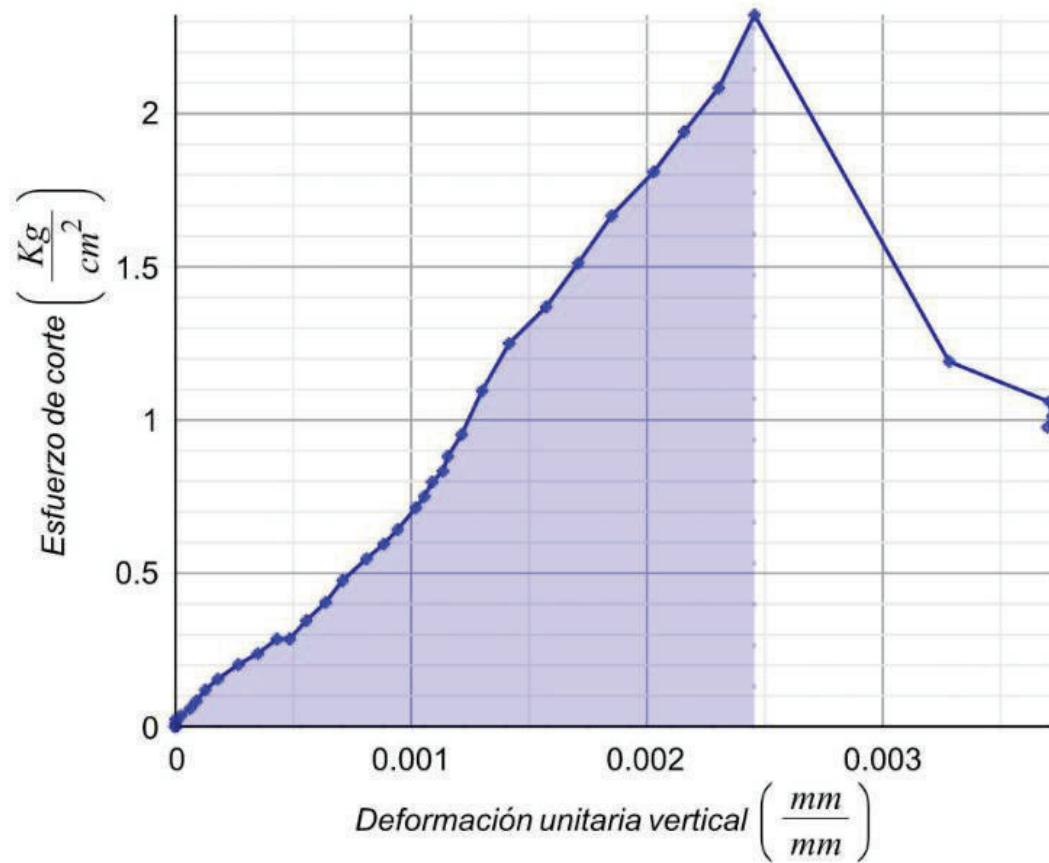
TABLA 3.27 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 4

Resultados		
Carga máxima	1,28	T
Ss	1,52	Kg/cm ²
Δx	1,886	mm
Δy	0,813	mm
Y	0,0024	mm/mm
G	626,97	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0015	Kg/cm ²

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.20 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROBETA 5

Curva esfuerzo vs deformación en muretes probeta 5



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

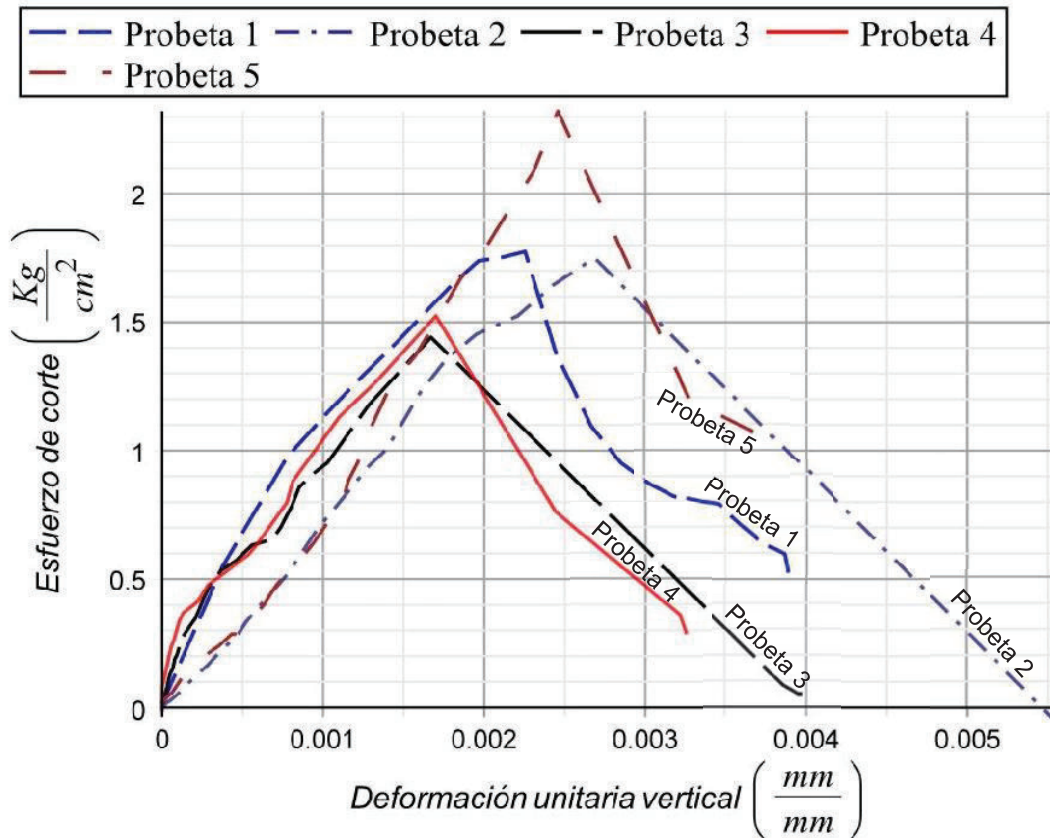
TABLA 3.28 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE 5

Resultados		
Carga máxima	1,95	T
Ss	2,32	Kg/cm2
Δx	2,726	mm
Δy	0,127	mm
Y	0,0026	mm/mm
G	903,56	Kg/cm2
Tenacidad	0,0025	Kg/cm2

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.21 CURVAS ESFUERZO CORTANTE VS DEFORMACIÓN VERTICAL DE MURETES CONSTRUIDOS CON BLOQUES NORMALES

Curva esfuerzo vs deformación vertical en muretes normales a tensión diagonal



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

3.2.3.1.2. MURETES CONSTRUIDOS CON EL PROTOTIPO

Los ensayos realizados a los 5 muretes formados por el prototipo resistieron cargas menores a las presentadas en el ensayo de muretes construidos con los bloques convencionales, a pesar de que la resistencia a compresión de los prototipos sea mayor. Aunque los muretes presenten una menor resistencia las fallas presentadas fueron diferentes, en las probetas 1 y 2 se presentaron fallas únicamente a deslizamiento manteniendo las unidades de mampostería sin fisuras, las probetas 3 y 4 se presentaron fallas a tensión diagonal no frágiles y que mantuvieron por completo la integridad del murete, lastimosamente la probeta 5 no presentó una falla útil para esta investigación.

FOTO 3.8 TIPOS DE FALLA ENCONTRADOS EN LOS ENSAYOS A TENSIÓN DIAGONAL EN LOS MURETES CONSTRUIDOS CON EL PROTOTIPO

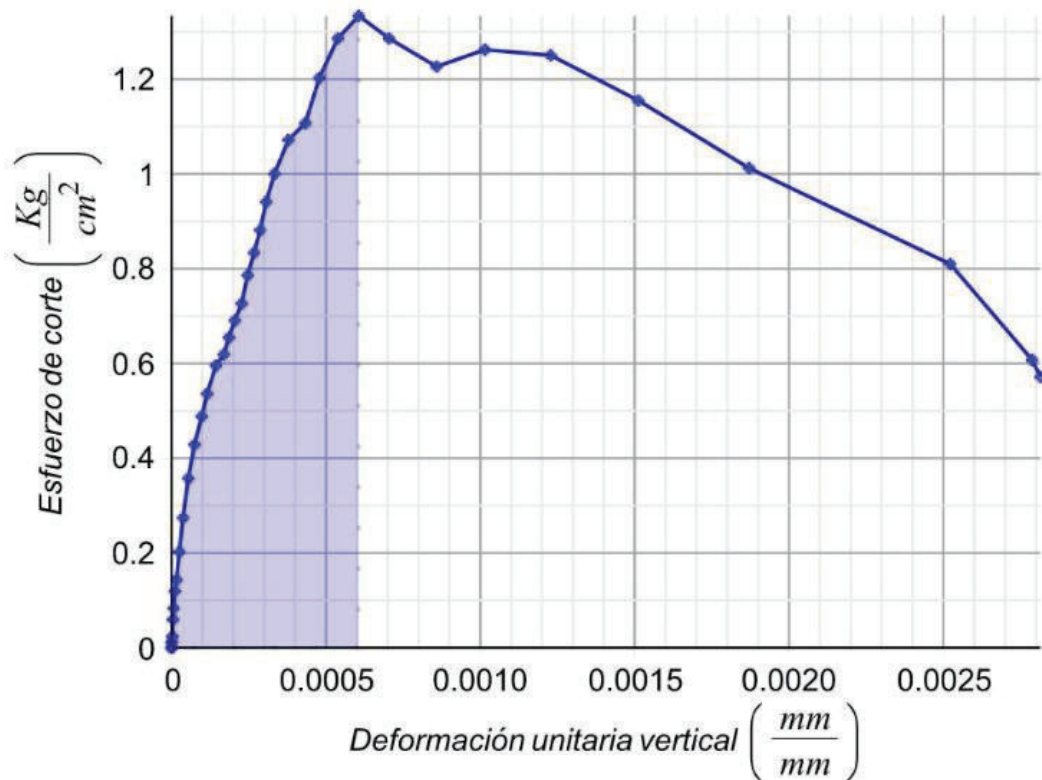


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Para el desarrollo del ensayo fue necesario tomar las deformaciones horizontales con la ayuda de un deformímetro análogo, el que entregó datos útiles, pero no muy confiables, por ello en las gráficas de esfuerzo deformación se decidió utilizar la deformación vertical en lugar de la deformación unitaria a corte como debería presentarse, las gráficas son presentadas a continuación y los resultados detallados se muestran a continuación.

FIGURA 3.22 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 1

Curva esfuerzo vs deformación en muretes prototipo 1



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

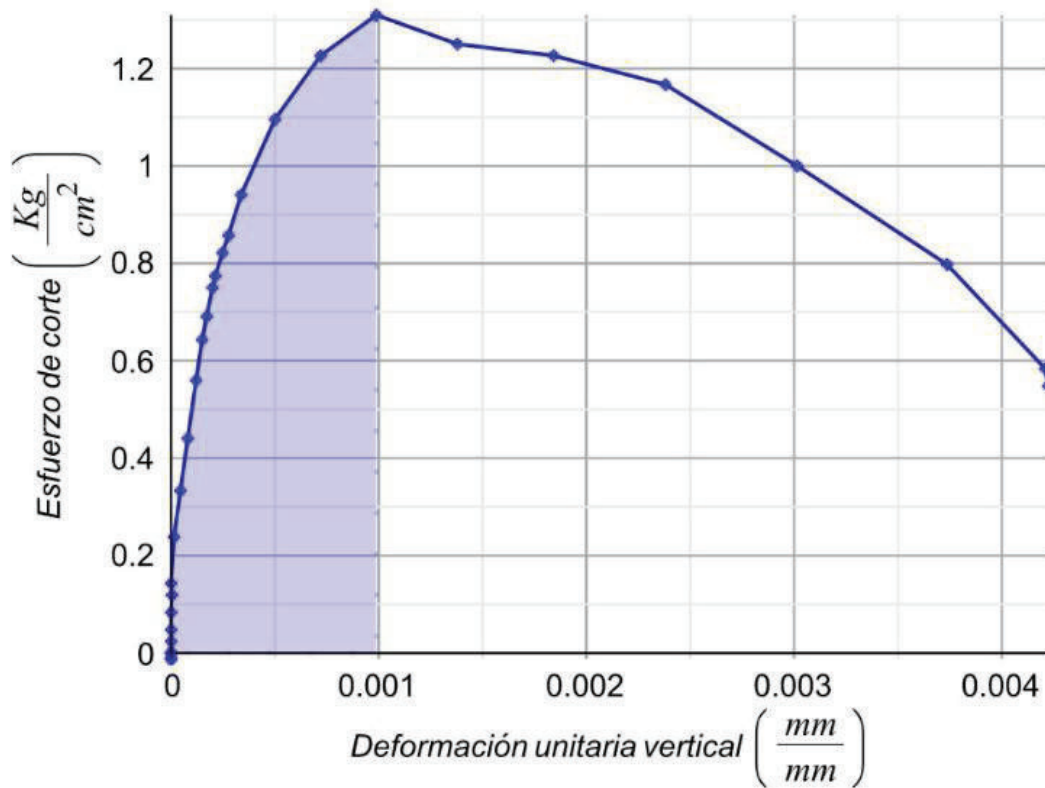
TABLA 3.29 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 1

Resultados		
Carga máxima	1,12	T
Ss	1,33	Kg/cm ²
Δx	0,673	mm
Δy	0,198	mm
Y	0,0008	mm/mm
G=	1699,06	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0005	Kg/cm ²

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.23 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 2

Curva esfuerzo vs deformación en muretes prototipo 2



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

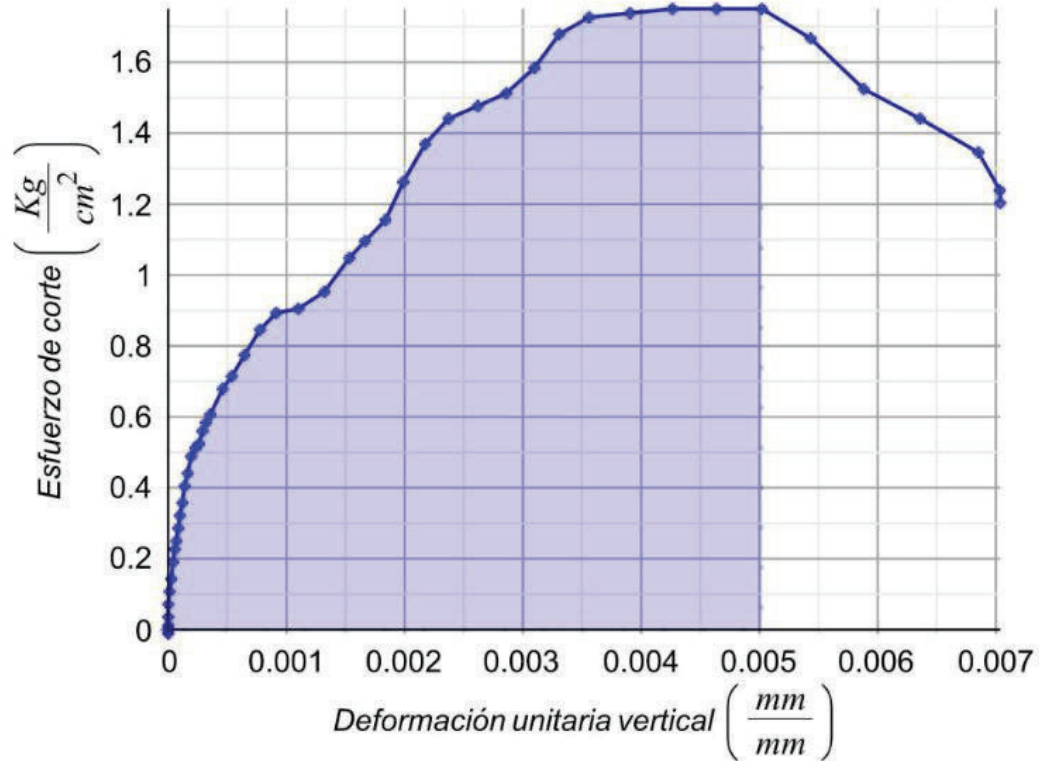
TABLA 3.30 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 2

Resultados		
Carga máxima	1,10	T
Ss	1,31	Kg/cm2
Δx	1,097	mm
Δy	1,067	mm
Y	0,0019	mm/mm
G=	671,94	Kg/cm2
Tenacidad	0,0010	Kg/cm2

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.24 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 3

Curva esfuerzo vs deformación en muretes prototipo
3



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

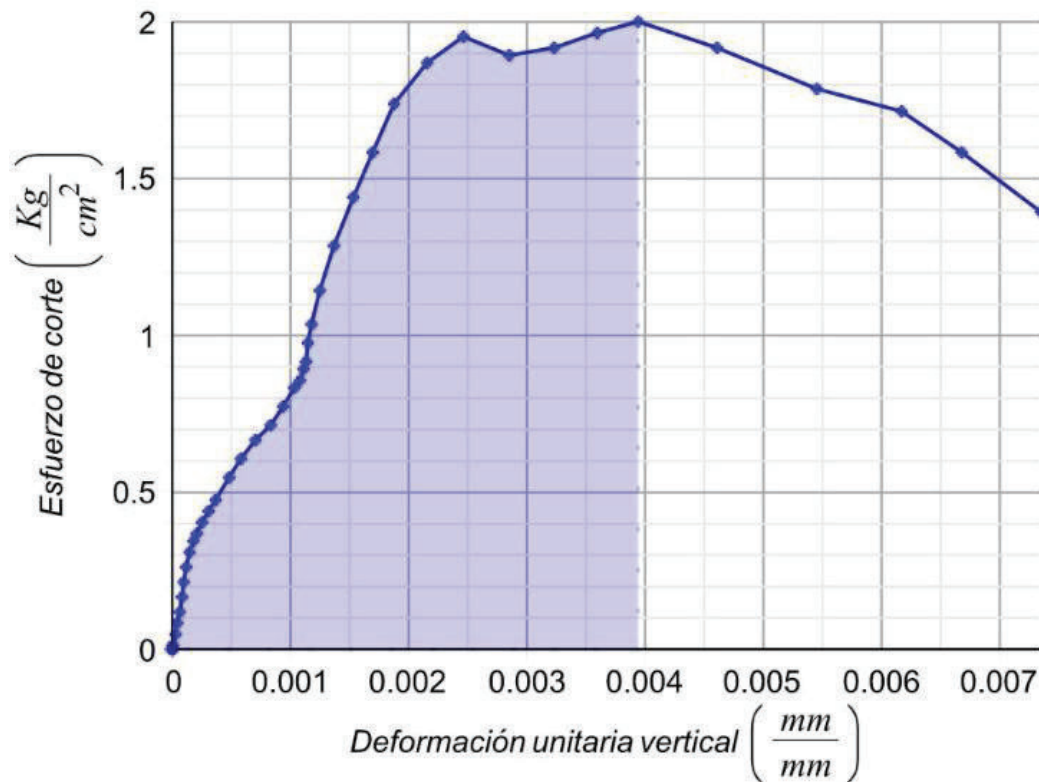
TABLA 3.31 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 3

Resumen		
Carga máxima	1,47	T
Ss	1,75	Kg/cm2
Δx	4,733	mm
Δy	1,100	mm
Y	0,0053	mm/mm
G	333,18	Kg/cm2
Tenacidad	0,0066	Kg/cm2

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.25 CURVA ESFUERZO DEFORMACIÓN EN MURETES PROTOTIPO 4

Curva esfuerzo vs deformación en muretes prototipo 4



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

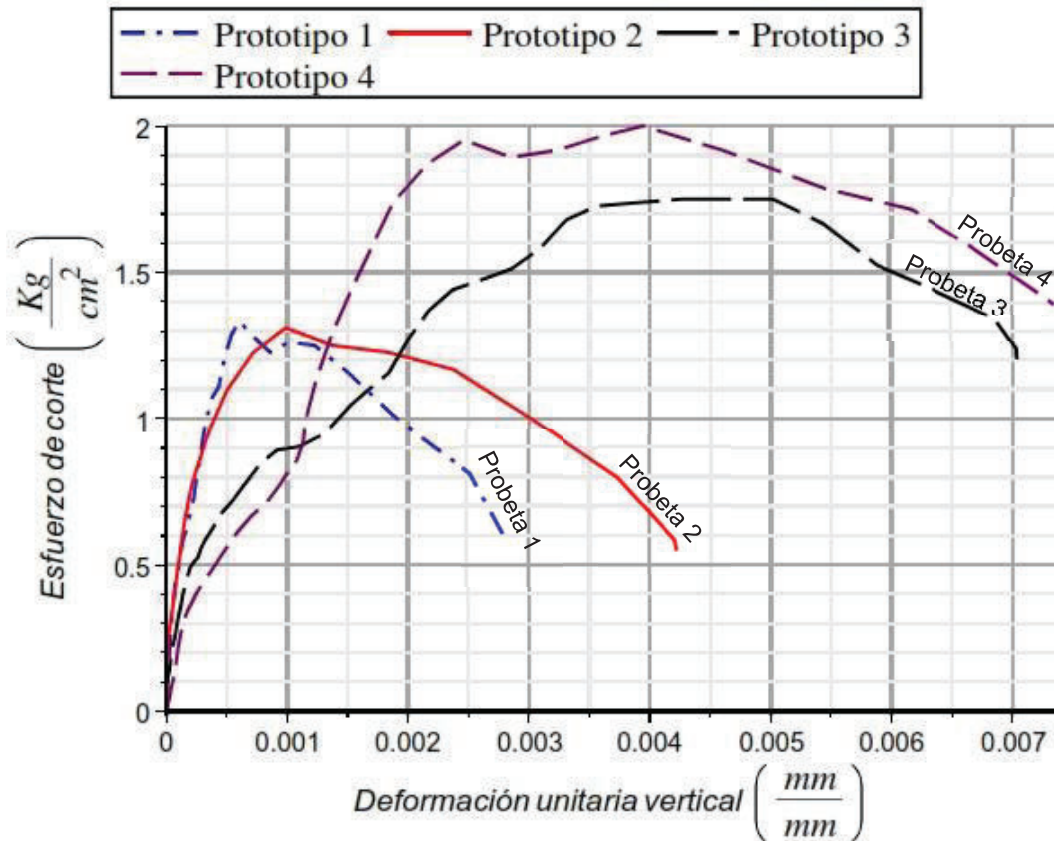
TABLA 3.32 RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MURETE PROTOTIPO 4

Resumen		
Carga máxima	1,68	T
Ss	2,00	Kg/cm ²
Δx	4,375	mm
Δy	1,666	mm
Y	0,0054	mm/mm
G=	367,65	Kg/cm ²
Tenacidad	0,0056	Kg/cm ²

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.26 CURVAS ESFUERZO CORTANTE VS DEFORMACIÓN VERTICAL DE MURETES CONSTRUIDOS CON BLOQUES NORMALES

Curva esfuerzo vs deformación en muretes prototipo a tensión diagonal



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

3.2.3.2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Los datos fueron procesados como se indica en la norma ASTM E519. Lastimosamente durante el ensayo no se pudo medir las deformaciones horizontales con la ayuda de un LVDT, únicamente se utilizó un deformímetro análogo el cual no entregó la exactitud necesaria para los cálculos. Los datos de deformación horizontal para la carga máxima fueron extrapolados de la tendencia en los últimos puntos por lo que se espera un error en el cálculo del módulo de corte.

TABLA 3.33 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A CORTE MEDIANTE TENSIÓN DIAGONAL

Tipo		Carga máxima	Sv	G	Tenacidad
		T	Kg/cm2	Kg/cm2	
Normal	1	1,49	1,77	600,049	0,0025
	2	1,47	1,75	530,626	0,0025
	3	1,21	1,44	471,951	0,0014
	4	1,28	1,52	626,968	0,0015
	5	1,95	2,32	903,561	0,0025
	Promedio	1,48	1,76	626,63	0,0021
Prototipo	P1	1,12	1,33	1699,06	0,0005
	P2	1,10	1,31	671,94	0,0010
	P3	1,47	1,75	333,17	0,0066
	P4	1,68	2,00	367,65	0,0056
	P5	-	-	-	-
	Promedio	1,34	1,60	457,59	0,0044

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Nota: Los valores en rojo son excluidos del promedio

Con esta información puede ser hallado el coeficiente de Poisson para la mampostería utilizando la siguiente ecuación:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Entonces:

$$\nu = \frac{E}{2G} - 1$$

$$\nu_{normal} = \frac{2006,41}{2(626,63)} - 1 = 0,6$$

$$\nu_{prototipo} = \frac{1247,22}{2(457,59)} - 1 = 0,36$$

3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

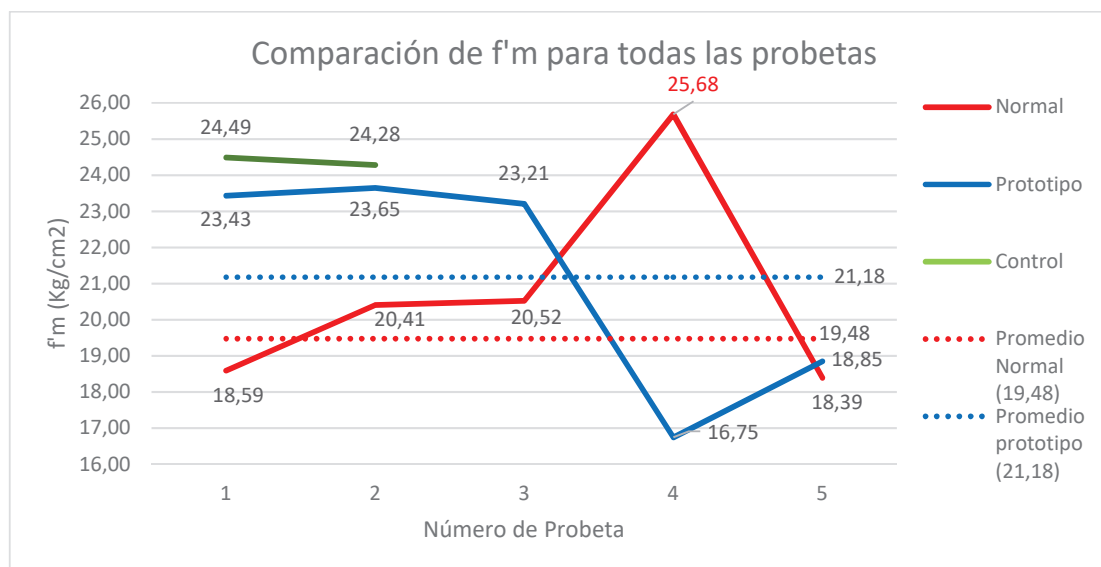
3.3.1. ENSAYOS INDIVIDUALES

Como ya se muestra en las tablas 3.3, 3.4 y 3.6 existe un pequeño cambio en las propiedades de los bloques. Un incremento en la densidad y disminución en la absorción provocado por el cambio de dosificación, que consiguió que el prototipo sea un poco más macizo. Ello también influyo en su capacidad para soportar carga porque las resistencias a compresión de las unidades de mampostería presentaron un incremento del 27%.

3.3.2. ENSAYO EN MAMPOSTERÍA

Ya se observó algunas mejoras en el comportamiento del prototipo, durante su ensayo a compresión como prisma de mampostería, sobre todo en su forma de falla, que es mucho más segura y para nada frágil. Pero en sus propiedades el cuadro de resumen mostrado en la tabla 3.11 puede resultar no muy útil por eso se han creado las siguientes figuras que comparan la resistencia a compresión de la mampostería f_m , la variación del módulo de Young, la variación de la tenacidad y la variación en el grado de ductilidad, los resultados detallados se muestran en el capítulo anterior.

FIGURA 3.27 COMPARACIÓN DE ESFUERZOS A COMPRESIÓN Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS.

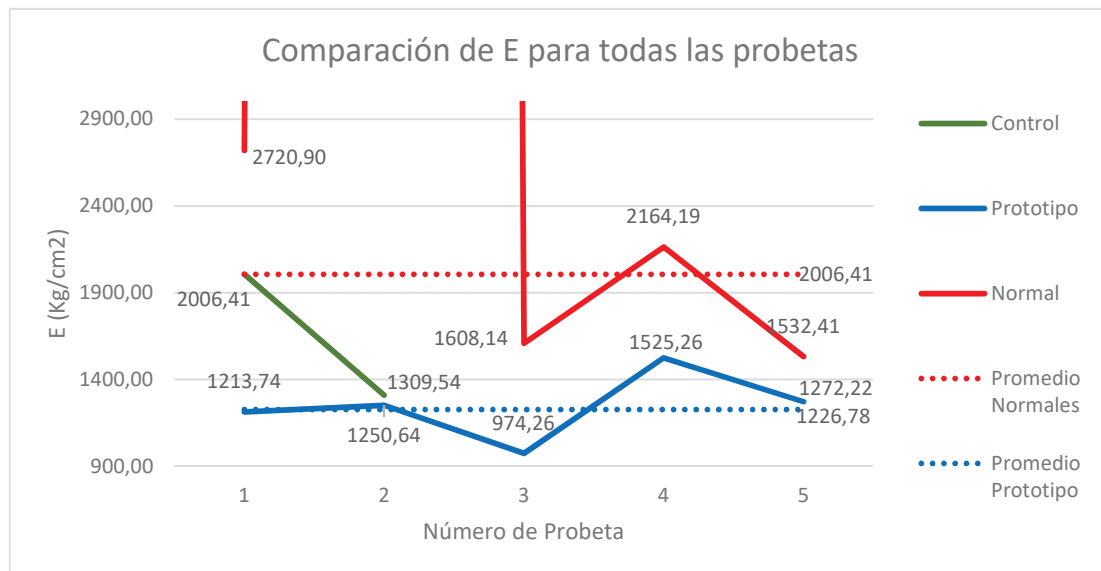


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Se logra observar un incremento en la resistencia a compresión de alrededor de un 8%, pero este incremento se debe al cambio de dosificación mas no al efecto de la malla en el bloque.

Por el contrario, la rigidez de la mampostería disminuye al colocar la malla como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA 3.28 COMPARACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS A COMPRESIÓN

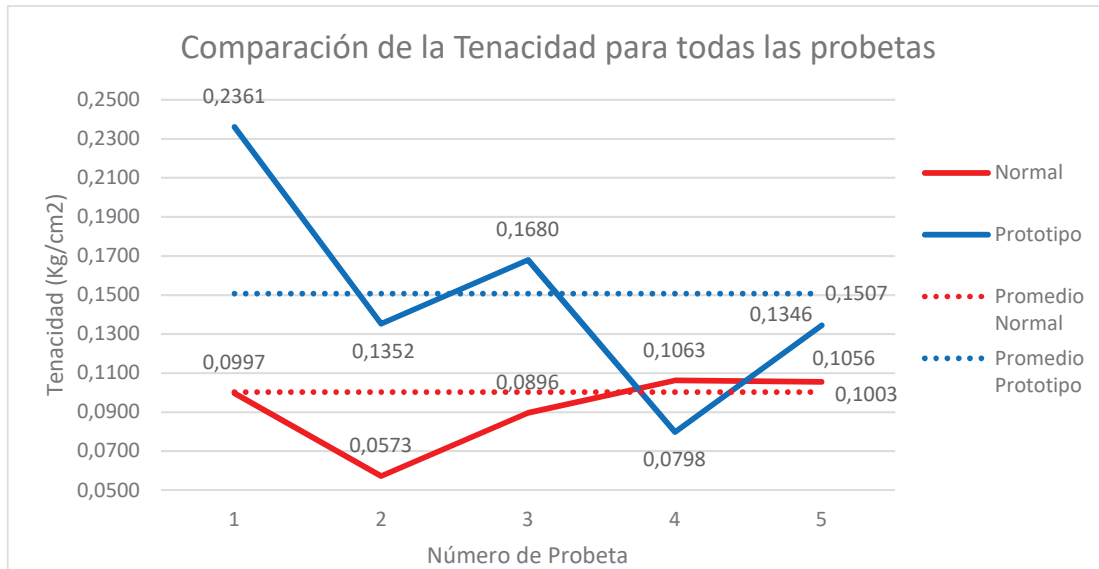


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Se puede decir que el módulo de Young se ve afectado por la malla ya que las probetas de control no dan información suficiente para determinar cuál es el efecto que produce el cambio de la dosificación. Su decremento es de alrededor de un 39%.

La energía absorbida por las probetas a compresión o tenacidad se muestran en la siguiente figura, se observa que existe un incremento cercano al 50%:

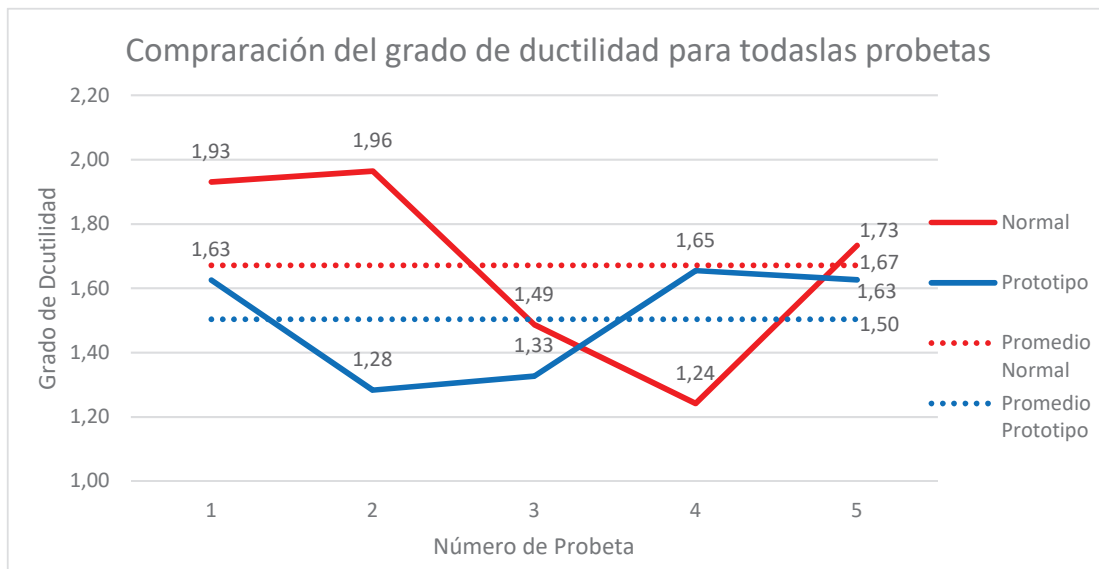
FIGURA 3.29 COMPARACIÓN DE LAS TENACIDADES $\lambda=0,85$ Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS A COMPRESIÓN



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Por otra parte, el grado de ductilidad muestra una disminución como se observa en la figura:

FIGURA 3.30 COMPARACIÓN DE LOS GRADOS DE DUCTILIDAD $\lambda=0,85$ Y SUS PROMEDIOS EN LOS ENSAYOS DE PRISMAS A COMPRESIÓN

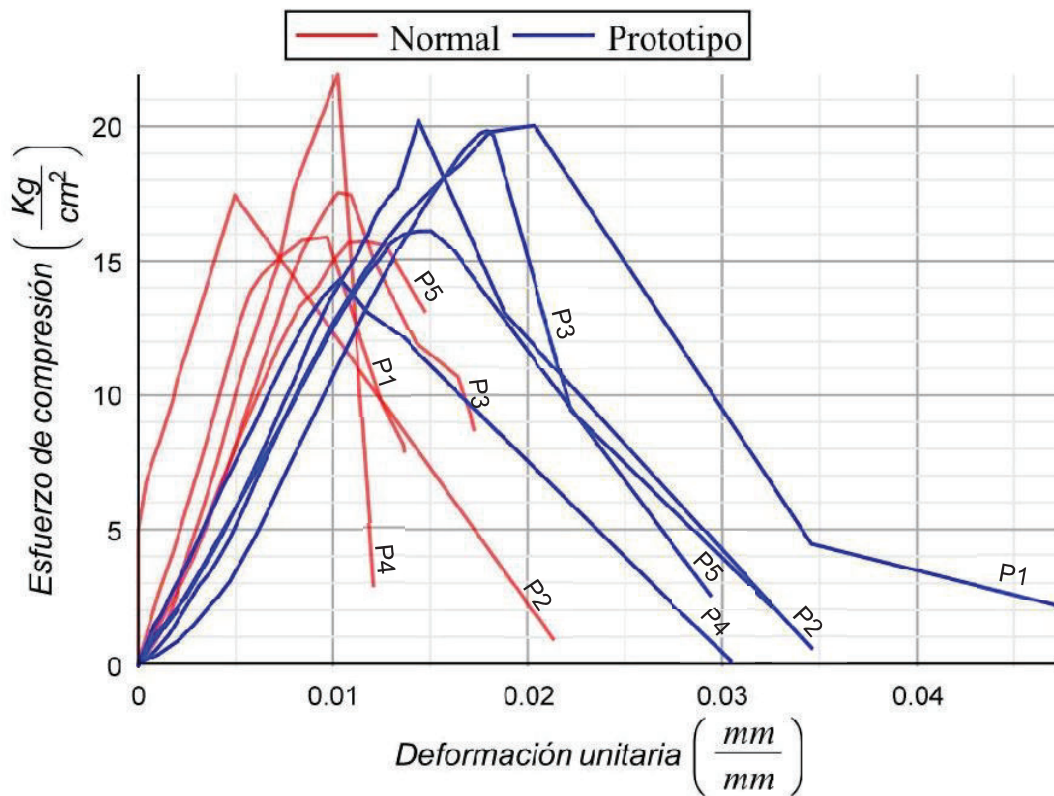


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Al revisar las gráficas esfuerzo deformación juntas, tanto de las probetas normales como las de prototipo se puede tener una idea de las variaciones de las características en los prismas.

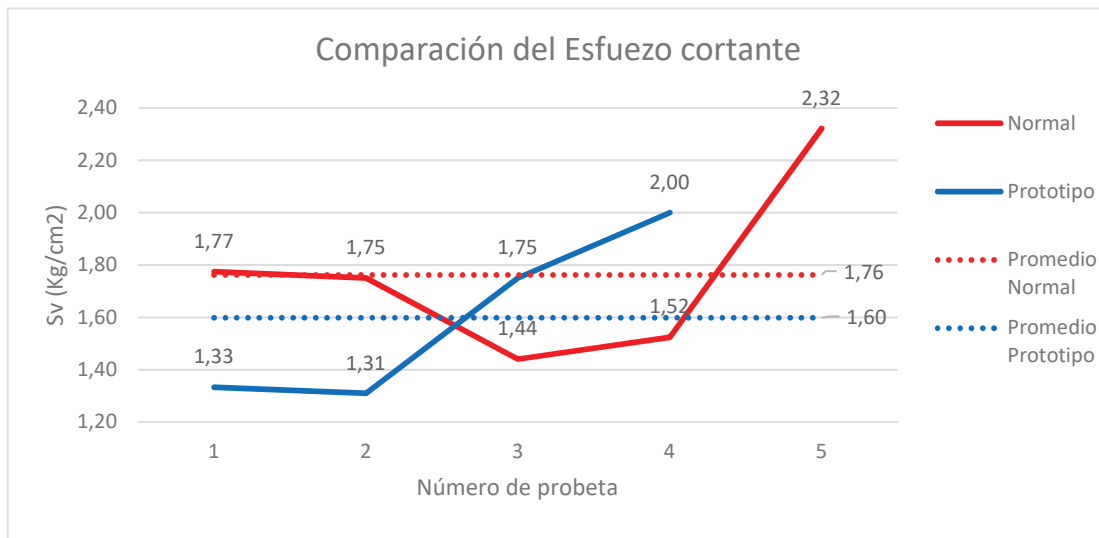
FIGURA 3.31 CURVAS ESFUERZO A COMPRESIÓN DEFORMACIÓN DE TODAS LAS PROBETAS

Curva esfuerzo vs deformación de todos los prismas a compresión

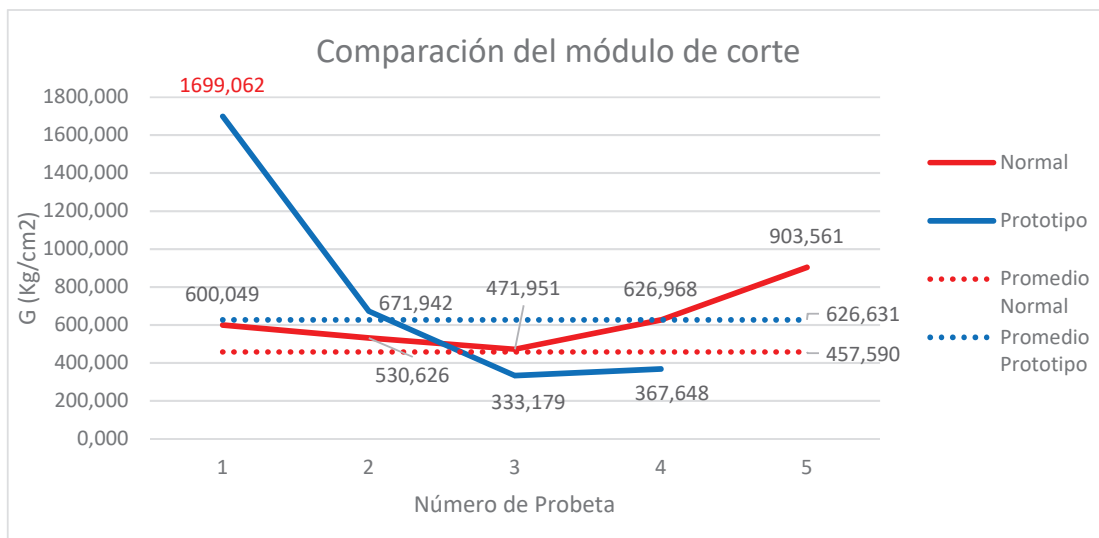


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Las propiedades a corte son evaluadas por el ensayo a tensión diagonal, al igual que con los prismas de mampostería se han realizado gráficas comparativas que permiten observar de mejor forma las variaciones. Independientemente de los resultados, los tipos de fallas presentados por las probetas prototipo hacen que el uso de este tipo de bloque sea más seguro al momento de soportar eventos sísmicos.

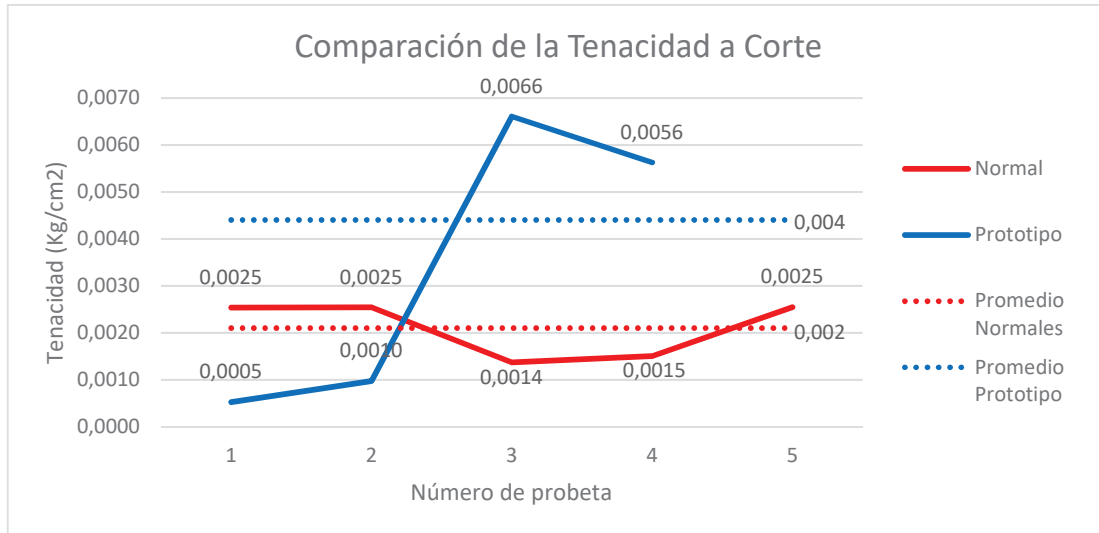
FIGURA 3.32 COMPARACIÓN DE LOS ESFUERZOS CORTANTES

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.33 COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE CORTE EN TODAS LAS PROBETAS

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 3.34 COMPARACIÓN DE LA TENACIDAD A CORTE EN TODAS LAS PROBETAS

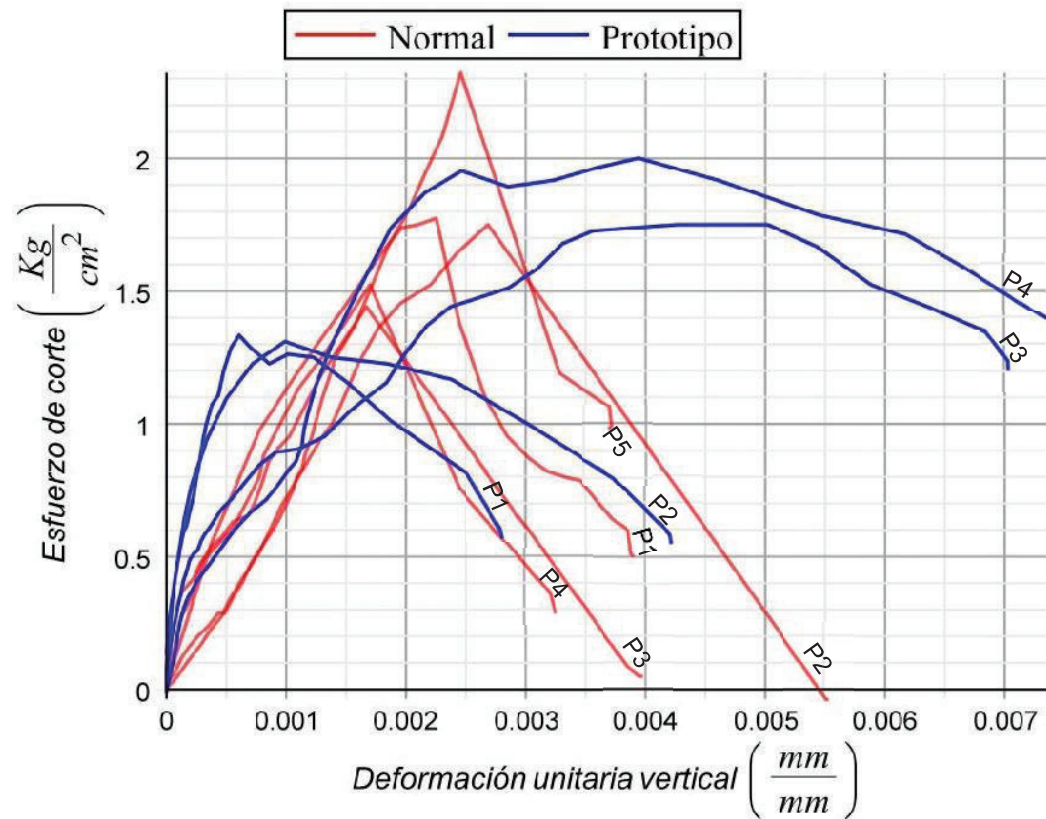


ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Por último, se han realizado gráficas de esfuerzo cortante vs deformación lineal unitaria vertical, se observan todas las propiedades de las probetas a corte.

FIGURA 3.35 CURVAS ESFUERZO CORTANTE VS DEFORMACIÓN UNITARIA VERTICAL EN TODAS LAS PROBETAS.

Curva esfuerzo vs deformación de todos los muretes a tensión diagonal



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS ECONÓMICO

El presente capítulo tiene por objetivo el realizar un análisis económico comparativo entre el prototipo desarrollado y los bloques convencionales de hormigón, dando un precio referencial al prototipo desarrollado y entregando información necesaria que puede ser útil para mejorar el proceso productivo del prototipo, buscando la disminución en los costos de producción y manteniendo un producto de calidad.

El análisis económico desarrollado para el prototipo está formado por dos partes, la primera parte mantiene el carácter artesanal en la producción del prototipo lo que quiere decir que los costos de mano de obra no integran varios de los beneficios de ley y algunos materiales, como el agua, no son tomados en cuenta. Por otro lado, el segundo análisis económico tomará en cuenta los precios referenciales de mano de obra otorgados por la Contraloría General del Estado, con los que se reconoce todos los beneficios de ley y están orientados a una producción industrializada.

El análisis económico aquí presentado toma como lugar de producción la fábrica de bloques de la señora Cecilia Marcallo, en el sector de Pastocalle, esta aclaración toma importancia en los costos generados por la materia prima la cual no toma en cuenta el transporte de los agregados grueso y fino debido a la existencia de estos materiales muy cerca al lugar de fabricación.

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS DEL BLOQUE CONVENCIONAL

Para realizar el análisis se realizó una entrevista verbal a la dueña de la fábrica quien supo entregar los datos presentados en la siguiente tabla, con los cuales se desarrolló el análisis económico.

TABLA 4.1 DATOS DE LA ENTREVISTA REALIZADA A LA SEÑORA MARCALLO PARA OBTENER INFORMACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE SU FABRICA

Preguntas	Respuestas
¿Cuánto cuesta una volqueta de chasqui?	35 dólares sin transporte
¿Cuánto cuesta una volqueta de polvo?	20 dólares sin transporte
¿Cuánto cuesta un quintal de cemento?	9 dólares entregado en la fabrica
¿Cuántos bloques hace en un día?	2000 bloques
¿Cuánto cuesta la máquina para hacer bloques?	6000 dólares incluyendo la mezcladora

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Con la información obtenida se generó la siguiente hoja de costos. Como se puede observar, no existe el costo correspondiente al agua utilizada, esto se debe a que la fábrica utiliza el agua del canal de riego de la parroquia proveniente del volcán Cotopaxi. Los resultados obtenidos son validados por el precio final de cada bloque que entregados en la fábrica de la señora Marcallo es de 18 ctvs. por cada bloque.

TABLA 4.2 HOJA DE COSTOS DEL BLOQUE NORMAL PRODUCIDO EN LA FÁBRICA

Hoja de Costos					
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal /día	Costo día	Rendimiento	Costo
Peón	4	\$ 15,00	\$ 60,00	5,00E-04	\$ 0,03
Subtotal mano de obra					\$ 0,03
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Costo	
Cemento Holcim	saco	0,0086	\$ 9,00	\$ 0,08	
Agregado fino (polvo)	carretilla	2	\$ 0,01	\$ 0,02	
Agregado grueso (chasqui)	carretilla	1	\$ 0,01	\$ 0,01	
Agua	Litro	30	\$ -	\$ -	
Subtotal materiales					\$ 0,11
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O)					\$ 0,00
Máquina vibradora y prensa (10% M.O)					\$ 0,00
Máquina mezcladora (10%M. O)					\$ 0,00
Subtotal equipos					\$ 0,01
Total, costos directos					\$ 0,15
Utilidad (20%)					\$ 0,03
Precio de venta al público					\$ 0,18

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

4.2. ANÁLISIS DEL PROTOTIPO

4.2.1. ANÁLISIS CON PARÁMETROS ARTESANALES.

Los materiales usados en mampostería como bloques de hormigón y ladrillos son producidos, en su mayoría, artesanalmente a nivel nacional. Las condiciones laborales artesanales son diferentes a las expuestas en la ley lo que repercute principalmente en el precio de mano de obra. Como el prototipo fue fabricado bajo estas condiciones se ha realizado un análisis económico que entrega por resultado el precio de venta al público del prototipo.

Al realizar el nuevo análisis se debe incorporar el costo de la malla y las actividades de cortado y doblado, según el Ing. Álvaro Beltrán “el rendimiento se define como la cantidad de trabajo que desarrolla el personal que interviene directamente en la ejecución del concepto de trabajo por jornada de ocho horas. Para realizar la evaluación del rendimiento, se deberá considerar en todo momento el tipo de trabajo a desarrollar y las condiciones ambientales, topográficas y en general aquéllas que predominen en la zona o región donde se ejecuten”.(Beltrán, 2012)

Los rendimientos necesarios para el presente análisis se han realizado cronometrando el tiempo total de las actividades realizadas y dividiendo dicho tiempo entre la cantidad de productos obtenidos como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 4.3 OBTENCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA EN LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

Actividad Realizada	Tiempo (Horas)	Elementos producidos	Número a utilizarse en 1 bloque	Rendimiento hora	Rendimiento día
Corte de pedazos de 59cm	2	50	0,5	0,02	0,003
Cortes de piezas	4	200	2	0,04	0,005
Doblado de piezas	3	200	2	0,03	0,004
Armado de la estructura	3	100	1	0,03	0,004
Total	12			0,12	0,015

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Con estos detalles y con un aumento del tiempo de producción por demoras, principalmente en la colocación de la malla dentro de los moldes, que disminuye a un tercio el rendimiento de las 4 personas en la fundición se obtiene la siguiente hoja de costos.

TABLA 4.4 HOJA DE COSTOS DE LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO BAJO PARÁMETROS ARTESANALES

Hoja de Costos					
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal/día	Costo día	Rendimiento	Costo
Peón	4	\$ 15,00	\$ 60,00	1,49E-03	\$ 0,09
Peón	2	\$ 15,00	\$ 30,00	0,015	\$ 0,45
Subtotal mano de obra					\$ 0,54
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Costo	
Cemento Holcim	saco	0,01	\$ 9,00	\$ 0,08	
Agregado fino (polvo)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,01	
Agregado grueso (chasqui)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,02	
Agua	Litro	30,00	\$ -	\$ -	
Malla de acero 0,6mm galvanizada	m	0,30	\$ 2,16	\$ 0,64	
Subtotal materiales					\$ 0,75
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O)					\$ 0,03
Máquina vibradora y prensa (10% M.O)					\$ 0,01
Máquina mezcladora (10%M. O)					\$ 0,01
Subtotal equipos					\$ 0,05
Total, costos directos					\$ 1,34
Utilidad (20%)					\$ 0,27
Precio de venta al público					\$ 1,60

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

4.2.2. ANÁLISIS CON PARÁMETROS LEGALES

El siguiente análisis busca generar un precio referencial tomando en cuenta todos los beneficios de ley, es por ello que para realizarlo se ha utilizado la tabla referencial de costo/hora generada por la Contraloría General del Estado como referencia.

TABLA 4.5 HOJA DE COSTOS DE LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO BAJO PARÁMETROS LEGALES

Hoja de Costos					
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Jornal /día	Costo día	Rendimiento	Costo
Peón en fábrica	4	\$26,08	\$104,32	1,49E-03	\$ 0,16
Peón en manejo de malla	2	\$26,08	\$ 52,16	0,015	\$ 0,78
Subtotal mano de obra					\$ 0,94
Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Costo	
Cemento Holcim	saco	0,01	\$ 9,00	\$ 0,08	
Agregado fino (polvo)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,01	
Agregado grueso (chasqui)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,02	
Agua	litro	0,03	\$ 0,48	\$ 0,01	
Malla de acero 0,6mm galvanizada	m	0,30	\$ 2,16	\$ 0,64	
Subtotal materiales					\$ 0,76
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor (5% M.O)					\$ 0,05
Máquina vibradora y prensa (10% M.O)					\$ 0,02
Máquina mezcladora (10%M.O)					\$ 0,02
Subtotal equipos					\$ 0,08
Total, costos directos					\$ 1,78
Utilidad (20%)					\$ 0,36
Precio de venta al público					\$ 2,13

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

4.3. ANÁLISIS COMPARATIVO

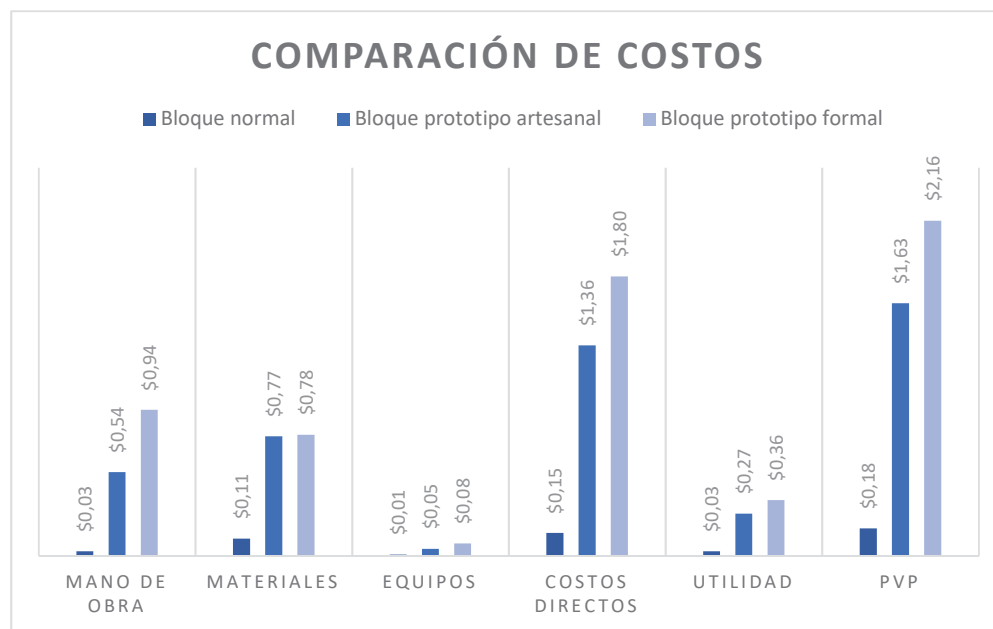
Se distingue claramente una gran variación de precios en las distintas hojas de cálculo, las cuales deben ser justificadas y entendidas para lograr mejorar el proceso de producción con el fin de disminuir los valores más significativos. La variación de precios detallada en función de los elementos que componen el análisis se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 4.6 COMPARACIÓN DEL INCREMENTO DE PRECIOS RUBRO A RUBRO

Tipo de análisis	Mano de Obra	Materiales	Equipos	Costos directos	Utilidad	PVP
Bloque normal	\$ 0,03	\$ 0,11	\$ 0,01	\$ 0,15	\$ 0,03	\$ 0,18
Bloque prototipo artesanal	\$ 0,54	\$ 0,77	\$ 0,05	\$ 1,36	\$ 0,27	\$ 1,63
Bloque prototipo formal	\$ 0,94	\$ 0,78	\$ 0,08	\$ 1,80	\$ 0,36	\$ 2,16

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

FIGURA 4.1 INCREMENTO DEL PRECIO ANALIZADO POR RUBROS PARA LOS 3 CASOS



ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

Como se distingue en la gráfica los elementos de mayor importancia son la mano de obra y los materiales, el resto de elementos dependen de estos dos elementos, porque han sido considerados como un porcentaje de ellos. Con el fin de observar

mejor la variación se han credo las siguientes tablas que muestran con mayor detalle los lugares en donde existen el mayor incremento de precios

TABLA 4.7 COMPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL RUBRO MANO DE OBRA

Mano de obra						
Análisis	Descripción	Cantidad	Jornal /día	Costo día	Rendimiento	Costo
Bloque normal	Peón en fabrica	4	\$ 15,00	\$ 60,00	5,00E-04	\$ 0,03
Prototipo artesanal	Peón en fabrica	4	\$15,00	\$ 60,00	1,49E-03	\$ 0,09
	Peón en manejo de malla	2	\$ 15,00	\$ 30,00	0,015	\$ 0,45
Prototipo formal	Peón en fabrica	4	\$ 26,08	\$104,32	1,49E-03	\$ 0,16
	Peón en manejo de malla	2	\$ 26,08	\$ 52,16	0,015	\$ 0,78

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

TABLA 4.8 COMPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL RUBRO MATERIALES

Materiales					
Análisis	Descripción	Unidad	Cantidad	P. unitario	Costo
Bloque normal	Cemento Holcim	saco	0,0086	\$ 9,00	\$ 0,08
	Agregado fino (polvo)	carretilla	2	\$ 0,01	\$ 0,02
	Agregado grueso (chasqui)	carretilla	1	\$ 0,01	\$ 0,01
	Agua	Litro	30	\$ -	\$ -
Prototipo artesanal	Cemento Holcim	saco	0,01	\$ 9,00	\$ 0,08
	Agregado fino (polvo)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,01
	Agregado grueso (chasqui)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,02
	Agua	Litro	30,00	\$ -	\$ -
	Malla de acero 0,6mm galvanizada	m	0,30	\$ 2,16	\$ 0,64
Prototipo formal	Cemento Holcim	saco	0,01	\$ 9,00	\$ 0,08
	Agregado fino (polvo)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,01
	Agregado grueso (chasqui)	carretilla	1,50	\$ 0,01	\$ 0,02
	Agua	litro	0,03	\$ 0,48	\$ 0,01
	Malla de acero 0,6mm galvanizada	m	0,30	\$ 2,16	\$ 0,64

ELABORACIÓN: Alexander Casagallo

En las tablas se aprecia que el bajo rendimiento de la mano de obra al procesar la malla y la disminución de rendimiento al momento de fabricar el bloque tiene una fuerte repercusión en el precio final del prototipo, además el reconocimiento de los beneficios de ley para los trabajadores incrementa en cerca de un 75% el costo de la mano de obra, lo que repercute a su vez en los equipos que han sido tomados

como un porcentaje de la mano de obra. En los materiales el costo más significativo es el de la malla que incrementa el precio en alrededor de 64 ctvs.

Con los precios obtenidos en base a este análisis no se puede aspirar a ganar un mercado del prototipo sin hacer mejoras en el proceso de fabricación para principalmente mejorar los rendimientos.

CONCLUSIONES

Finalizado el presente trabajo se obtuvieron a las siguientes conclusiones:

- El prototipo diseñado en este trabajo muestra un mejor desempeño al momento de soportar los efectos de un sismo, esta mejora se demuestra al presentar incrementos en propiedades como la tenacidad a corte, en los módulos de elasticidad y a la vez disminuir las resistencias a corte y compresión. Las variaciones hacen que la pared construida con el prototipo tenga la capacidad de deformarse con mayor facilidad, de absorber más energía y de fallar ante la presencia de menores cargas, por lo que el efecto que tiene la mampostería sobre la estructura disminuye en su tiempo de acción. Sobre todo, no presenta un tipo de falla frágil y mantiene su forma al momento de su falla con lo que se precautela la integridad de los habitantes de las estructuras y evita daños en las instalaciones.
- Los bloques tomados como muestra no cumplen con la norma INEN 3066, norma vigente en el país. Poseen muy bajas resistencias, de alrededor de 25 Kg/cm², y las dimensiones no se asemejan a las esperadas en el mercado nacional, debido a que presentan variaciones de hasta -2 cm de las dimensiones esperadas.
- Las variaciones de las propiedades físicas, resultado de los ensayos individuales de los bloques, muestran un incremento de densidad en el prototipo además de un incremento de la resistencia a compresión, de 20 Kg/cm² a 25Kg/cm². Se encontró que estos incrementos son producto del cambio de dosificación necesaria para la fabricación del prototipo, como se observó durante el ensayo de los prismas de mampostería.
- La resistencia a compresión de los prismas de mampostería presentó valores de 16 Kg/cm² para los bloques normales y 18 Kg/cm² para los bloques prototipo, estos resultados eran esperados debido a que, como lo indica Crisafulli en su tesis, la resistencia de los prismas es menor a la resistencia de los bloques individuales. Cabe recordar que el incremento de la resistencia no

es producido por el efecto de la malla dentro del prototipo sino por el cambio de dosificación realizado al momento de fabricar el prototipo.

- El módulo de elasticidad en compresión de los prismas de mampostería disminuyó de 2006, 41 Kg/cm² en los bloques normales a 1247,22 Kg/cm² en los bloques prototipo. Esta disminución es explicada por los cambios en la forma de falla y de cómo se presentan las fisuras en los prismas al momento de su ruptura. El prototipo resulta ser más flexible, por lo que se deforma más, y esto hace que tenga la capacidad de absorber una mayor cantidad de energía. Los dos valores del módulo de elasticidad son bajos en relación a los valores teóricos que entregan los códigos de construcción, 500f'm, que entregaría un valor esperado de alrededor de 10000Kg/cm².
- El pobre incremento de la resistencia a compresión (8%) y el decremento del módulo de elasticidad (38%) y la disminución de la relación de ductilidad (11%), no son características favorables para el prototipo, pero el incremento de la tenacidad en un 50% y el cambio de mecanismos de falla hacen que el prototipo sea adecuado para su uso como elemento no estructural.
- Las resistencias a corte de los muretes de mampostería presentan valores de 1,76Kg/cm² para los muretes construidos con bloques normales y de 1,60 Kg/cm² para los bloques construidos con el prototipo. Los mecanismos de falla que se presentaron en el ensayo fueron muy frágiles, falla explosiva, en los muretes normales, y nada frágiles en los muretes prototipo de tal forma que podían ser retirados como una pieza completa después del ensayo.
- El módulo de corte en los muretes de mampostería fue de 626,63Kg/cm² para los bloques normales y de 457,59 para los bloques prototipo, al igual que en la compresión se presenta una mayor facilidad para deformarse a corte y para absorber energía. Las fallas por corte son las más comunes en la mampostería no estructural cuando se presentan deformaciones horizontales, por ello la capacidad de absorber energía a corte es un parámetro de mucha importancia.
- Comparando al prototipo con el bloque normal se obtiene que la resistencia a corte ha disminuido en un 10%, acompañado de un decremento en el módulo

de corte de un 27%, la tenacidad a corte ha sufrido un importante incremento del 100%, lo cual confirma el buen desempeño del prototipo ante cargas laterales.

- La fabricación del prototipo es muy costosa, 800% mayor a la fabricación normal, en las condiciones de fabricación actual. Si se desea producir para el mercado ecuatoriano se debe realizar una serie de cambios en el tipo de fabricación como en la maquinaria utilizada para fabricar bloques, que principalmente incrementen los rendimientos de la mano de obra en la fabricación del prototipo.
- El desarrollo de prototipo, con las variaciones encontradas en sus propiedades, no se delimita únicamente para el uso de la mampostería no estructural. El bloque al ser un material de construcción puede ser utilizado de diferentes formas y para diferentes fines a criterio de los profesionales que lo usen, siempre tomando en cuenta las propiedades mecánicas que ha presentado.

RECOMENDACIONES

Al culminar este proyecto se recomienda:

- La mejora en características no cuantificables del prototipo obliga a que se realicen nuevos ensayos con dosificaciones que entreguen resistencias a compresión mayores y que cumplan con la Norma Ecuatoriana INEN 3066.
- Realizar nuevos ensayos de muretes de mampostería hechos con el prototipo en los cuales las deformaciones horizontales sean medidos con LVDT para obtener mejor información sobre el módulo de corte.
- Para la fabricación del prototipo es necesario implementar varios cambios al sistema productivo, como el cumplir con una granulometría definida y realizar cambios en la máquina prensadora para mejorar los rendimientos de fabricación y disminuir los costos de producción
- Realizar un análisis de la influencia de la mampostería aplicada a la construcción. Considerando el incremento de precio del prototipo y las dificultades que podrían presentarse al construir con este, sobre todo al momento de cortar bloques o de colocar las instalaciones dentro de la mampostería. También se deben considerar los costos que estos posibles problemas generarían al momento de usar el prototipo en la construcción.
- Continuar con el estudio y desarrollo del prototipo considerando otras variaciones, por ejemplo, utilizar una malla de acero que presente mayor rigidez y crear una unión de la malla con el mortero de pega para evitar el problema del deslizamiento.
- Realizar ensayos a escala real de mampostería de construidas con el prototipo, para después repararla con el fin de determinar posibles problemas en la reparación y cuál es el comportamiento de la mampostería después de ser reparada.

- La malla de acero no galvanizada, seguramente disminuirá el costo de los materiales utilizados además el producir el cajón de malla de una forma industrial disminuirán los bajos rendimientos y con ellos los elevados costos de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM C1314-16. (2014). Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms. American Society for Testing Materials, (September 2003), 1–10. <https://doi.org/10.1520/C1314-12.2>

Beltrán, Á. (2012). Ingeniería Civil Costos y presupuestos. Instituto Tecnológico de Tepic.

Crisafulli, F. J. (1997). Seismic behaviour of reinforced concrete structures with masonry infills. Civil Engineering. University of Canterbury. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10092/1221>

FEMA 454. (2006). Designing for Earthquakes, (December), 1–4.

Hendry, A. W. (2004). Design Of Masonry Structures (Third edit). Edinburgh, UK: Department of Civil Engineering University of Edinburgh, UK E.

INEN 3066. (2016). Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo, 1–3. Retrieved from http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/nte_inen_663.pdf

INEN 638. (1993). Bloques huecos de hormigón. Definiciones, clasificacion y condiciones generales, Primera re, 1–6.

Kyriakides, M. A. (2011). Seismic retrofit of unreinforced masonry infills in non-ductile reinforced concrete frames using engineered cementitious composites. Stanford university.

Nazir, S. (2015). Studies on the Failure of Unreinforced Masonry Shear Walls. Queensland University of Technology.

NEC-SE-MP. (2014). Mamposteria Estructural (MIDUVI). Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

ANEXOS

ANEXO No 1
RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN EN
BLOQUES

Tipo	Datos				Propiedades										
	Ms	Mi	Md	Mr	Absorción	Absorción	%	Contenido de humedad	Densidad	Volumen Neto	Area neta promedio	Area Neta	Espesor equivalente	Porcentaje sólido	Area Bruta
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg/m ³	Kg/m ³	%	%	Kg/m ³	mm ³	mm ²	mm ²	mm	%	mm ²
Normales	1	7,65	2,50	6,27	6,34	267,96	22,01%	5,07%	1217,48	5,15E+06	2,75E+04	49428,75	74,94	55,72%	4,94E+04
	2	7,13	2,26	5,88	5,93	256,67	21,26%	4,00%	1207,39	4,87E+06	2,61E+04	49513,00	70,67	52,74%	4,95E+04
	3	6,60	1,20	5,36	5,41	229,63	23,13%	4,03%	992,59	5,40E+06	2,92E+04	49077,00	79,10	59,48%	4,91E+04
	Promedio	7,13	1,99	5,84	5,89	250,97	22,10%	4,39%	1135,54	5,14E+06	2,76E+04	49339,89	74,89	55,96%	4,93E+04
Prototipo	P1	8,48	3,28	7,07	7,15	271,15	19,94%	5,67%	1359,62	5,20E+06	2,89E+04	49261,50	78,29	58,64%	4,93E+04
	P2	8,12	2,97	6,69	6,75	277,67	21,38%	4,20%	1299,03	5,15E+06	2,83E+04	48576,00	76,89	58,25%	4,86E+04
	P3	8,18	3,03	6,77	6,82	273,79	20,83%	3,55%	1314,56	5,15E+06	2,92E+04	49128,00	79,29	59,39%	4,91E+04
	Promedio	8,26	3,09	6,84	6,91	274,19	20,70%	4,47%	1324,52	5,17E+06	2,88E+04	48988,33	78,15	58,76%	4,90E+04
		Variación				109%	94%	102%	117%	101%	104%	99%	104%	105%	99%

ANEXO No 2
INFORME DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN EN BLOQUES



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

COMPRESIÓN DE MAMPOSTERÍA

INF. No. 17-0182
Hoja 1 de 2

Quito, 29 de mayo de 2017

SOLICITA: ALEXANDER CASAGALLO CUADRADO

Atención: Alexander Casagallo Cuadrado

Dirección: ****

PROYECTO: PROYECTO DE TITULACIÓN: ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE UN PROTOTIPO DE BLOQUES DE HORMIGÓN, USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL, QUE BUSCA MEJORAR DESEMPEÑO DE LAS EDIFICACIONES DURANTE EVENTOS SÍSMICOS

CONTRATISTA: ****

FISCALIZADOR: ****

FÁBRICA: ****

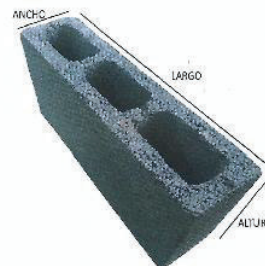
NORMA: INEN 538, INEN 639, INEN 643, INEN 2819

UNIDADES PARA ENSAYO DE ABSORCIÓN Y DIMENSIONES

No.	FECHA FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA SATURADA	MASA SUMERGIDA	MASA SECA	ABSORCIÓN (%)	DENSIDAD (kg/m^3)	VOLUMEN NETO (mm^3)	ÁREA NETA (mm^2)
								(kg)	(kg)	(kg)				
1	23-dic-16	Convencional	25-ene-17	33	13,5	38,8	19,7	7,7	2,5	6,3	22,01	1217,5	8243178,3	27840,1
2	23-dic-16	Convencional	25-ene-17	33	13,4	37,0	18,7	7,1	2,3	5,9	21,26	1207,4	8234174,5	28112,6
3	23-dic-16	Convencional	25-ene-17	33	13,3	38,9	18,5	6,6	1,2	5,4	23,13	992,6	8078245,0	29189,2
PROMEDIO								7,1	2,0	5,8	22,1	1139,2	8185531,9	27814,0

UNIDADES PARA ENSAYO A COMPRESIÓN

No.	FECHA FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	ÁREA		CARGA ROTURA (ton.)	ESFUERZO	
			NETA (cm^2)	BRUTA (cm^2)		NETO (Mpa)	BRUTO (Mpa)
1	23-dic-16	Convencional	275,4	494,3	4,81	1,75	0,97
2	23-dic-16	Convencional	261,1	495,1	5,48	2,06	1,08
3	23-dic-16	Convencional	281,89	490,77	5,5	1,83	1,05
PROMEDIO			276,1	493,4	5,3	1,9	1,0



OBSERVACIONES: - El muestreo es responsabilidad del cliente.

ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



ANEXO No 3
ENSAYO DE COMPRESIÓN EN BLOQUES

Tipo	Datos						Propiedades		Resistencia							
	Ancho		Ancho Promedio	Largo		Largo Promedio	Altura		Alto Promedio	Area Neta	Area Bruta	Carga	Resistencia área bruta	Resistencia área neta	Resistencia área neta	
	cm			cm			cm			mm2	mm2	T	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Mpa	
Normales	1	13,20	13,70	13,45	36,80	36,70	36,75	18,50	18,90	18,70	49428,75	4,94E+04	4,91	9,93	17,83	1,75
	2	13,30	13,50	13,40	37,00	36,90	36,95	18,60	18,70	18,65	49513,00	4,95E+04	5,476	11,06	20,97	2,06
	3	12,80	13,80	13,30	36,90	36,90	36,90	18,50	18,50	18,50	49077,00	4,91E+04	5,462	11,13	18,71	1,83
Promedio	13,10	13,67	13,38	36,90	36,83	36,87	36,87	18,53	18,70	18,62	49339,89	4,93E+04	5,28	10,71	19,13	1,88
P1	13,30	13,40	13,35	36,80	37,00	36,90	36,90	18,20	17,80	18,00	49261,50	4,93E+04	6,916	14,04	23,94	2,35
P2	13,30	13,10	13,20	36,70	36,90	36,80	36,80	18,30	18,10	18,20	48576,00	4,86E+04	7,553	15,55	26,69	2,62
P3	13,30	13,40	13,35	36,70	36,90	36,80	36,80	17,80	17,50	17,65	49128,00	4,91E+04	6,48	13,19	22,21	2,18
Promedio	13,30	13,30	13,30	36,73	36,93	36,83	36,83	18,10	17,80	17,95	48988,33	4,90E+04	6,98	14,25	24,26	2,38
										Variación	99%	99%	132%	133%	127%	127%

ANEXO No 4
INFORME DEL ENSAYO A COMPRESIÓN EN BLOQUES



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

COMPRESIÓN DE MAMPOSTERÍA

INF. No. 17-0182
Hoja 2 de 2

Quito, 29 de mayo de 2017

SOLICITA: ALEXANDER CASAGALLO CUADRADO

Atención: Alexander Casagallo Cuadrado

Dirección: ****

PROYECTO: PROYECTO DE TITULACIÓN: ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE UN PROTOTIPO DE BLOQUES DE HORMIGÓN, USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL, QUE BUSCA MEJORAR DESEMPEÑO DE LAS EDIFICACIONES DURANTE EVENTOS SÍSMICOS

CONTRATISTA: ****

FISCALIZADOR: ****

FÁBRICA: ****

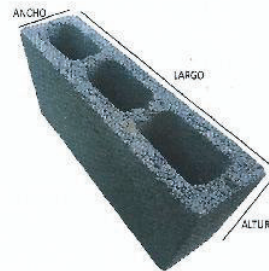
NORMA: INEN 638, INEN 639, INEN 643, INEN 2619

UNIDADES PARA ENSAYO DE ABSORCIÓN Y DIMENSIONES

No.	FECHA FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)	MASA SATURADA (kg)	MASA SUMERGIDA (kg)	MASA SECA (kg)	ABSORCIÓN (%)	DENSIDAD (kg/m ³)	VOLUMEN NETO (mm ³)	ÁREA NETA (mm ²)
1	23-dic-16	Prototipo	25-ene-17	33	13,4	36,8	18,0	8,5	3,3	7,1	18,9	1359,8	8855055,0	28888,9
2	23-dic-16	Prototipo	25-ene-17	33	13,2	36,8	18,2	8,1	3,0	6,7	21,4	1299,0	8828820,0	28286,7
3	23-dic-16	Prototipo	25-ene-17	33	13,3	36,8	17,7	8,2	3,0	6,8	20,8	1314,8	8594446,9	29178,5
PROMEDIO								8,3	3,1	6,8	20,7	1324,4	8759440,6	28788,0

UNIDADES PARA ENSAYO A COMPRESIÓN

No.	FECHA FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	ÁREA		CARGA ROTURA (ton.)	ESFUERZO	
			NETA (cm ²)	BRUTA (cm ²)		NETO (Mpa)	BRUTO (Mpa)
1	23-dic-16	Prototipo	288,9	491,9	8,32	2,35	1,38
2	23-dic-16	Prototipo	283,0	488,1	7,55	2,82	1,53
3	23-dic-16	Prototipo	291,78	486,94	6,5	2,18	1,3
PROMEDIO			287,9	488,0	7,0	2,4	1,4



OBSERVACIONES: -- El muestreo es responsabilidad del cliente.

ING. MERCEDES V. LLACIS
JEFE DE LABORATORIO



ANEXO No 5
INFORME DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN CÚBICA DE
MORTERO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

COMPRESIÓN CÚBICA DE MORTEROS

Quito, 29 de mayo de 2017

INF No. 17 - 0282
Hoja 01 de 01

SOLICITA: ALEXANDER CASAGALLO CUADRADO

Atención: Alexander Casagallo Cuadrado

Dirección: ***

PROYECTO: PROYECTO DE TITULACIÓN: ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE UN PROTOTIPO DE BLOQUES DE HORMIGÓN USADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL, QUE BUSCA MEJORAR DESEMPEÑO DE LAS EDIFICACIONES DURANTE EVENTOS SÍSMICOS

CONTRATISTA: ***

FISCALIZADOR: ***

ELEMENTO: ***

NORMA: NTE INEN 488 2008 / NTE INEN 2502:2009

No.	FECHA FABRICACIÓN	FECHA DE MUESTREO	CEMENTO		FECHA ROTURA	AGUA UTILIZADA (%)	FLUIDEZ (%)	ÁREA (mm ²)	P. ESPEC. (kg/m ³)	CARGA		RESISTENCIA	
			MARCA	TIPO						(kN)	(t)	(MPa)	(kg/cm ²)
1	15-nov-16	15-nov-16	HOLCIM	***	12-dic-16	***	***	2652	2052	55,41	5,65	20,0	213
2	15-nov-16	15-nov-16	HOLCIM	***	12-dic-16	***	***	2576	2100	68,06	5,92	22,5	230
3	15-nov-16	15-nov-16	HOLCIM	***	12-dic-16	***	***	2576	2086	54,62	5,57	21,2	216

Observación: Las procedencias y fechas de fabricación han sido tomadas de las muestras y es responsabilidad del cliente.

INGRID MERCEDES VILLACIS
 JEFE DEL LABORATORIO

