

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**“Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos
artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga,
Conchan, 2025”**

Tesis para optar el título de Ingeniero Civil

Línea de investigación:

Materiales tradicionales y nuevos materiales

Autor(es):

Eiver Stalin Sánchez Vega

Yonel Muñoz Quiroz

Asesor: Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez

Chota – Perú

2026



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA



CARTA N° 21-2026-UNACH/UI/MAST

A : **Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de Eiver Stalin Sánchez Vega y Yonel Muñoz Quiroz.

FECHA : Colpa Matara, 25 de agosto del 2026.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) Carta N° 030-2026-LFRCH-PJE-FCI/UNACH / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) INFORME N° 038-2026-UNACH/MGHT / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) CARTA N° 0018 – 2025 – DGCD – DA – UNACH / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **“Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, 2025”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil **Eiver Stalin Sánchez Vega y Yonel Muñoz Quiroz**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,



Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
D.N.I. 187732

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

CC.

Archivo

Adjunto:

- 1) Constancia de originalidad N° 21-2026.
- 2) Reporte TURNITIN



Colpa Matara, 25 de agosto del 2026.

C.O. N° 21-2026-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Y USO DE IA

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, 2025”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Eiver Stalin Sánchez Vega y Yonel Muñoz Quiroz**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 10% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras, no teniendo un porcentaje de escritura con inteligencia artificial; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.


Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 05:00 p.m. del día miércoles 02 de setiembre, reunidos en los ambientes de Incuba Unach- 2do piso del local administrativo, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los bachilleres: **Elver Stalin Sánchez Vega y Yonel Muñoz Quiroz**, denominada: **"Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, 2025"**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

14 (CATORCE)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al decano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 02 de setiembre del 2026.


Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin
PRESIDENTE


Dra. Martha Gladys Huamán Tanta
SECRETARIO


Mg. Donald Gorki Collantes Delgado
VOCAL


Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS
DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE
CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA,
CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025**

POR:

EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA

YONEL MUÑOZ QUIROZ

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Dr. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín

PRESIDENTE



Dra. Ing. Martha Gladys Huamán Tanta
SECRETARIO



Mg. Ing. Donald Gorki Collantes Delgado
VOCAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada etapa de mi vida y, en especial, durante el desarrollo de esta investigación. A mis padres y familiares, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante que han sido el motor para alcanzar mis metas. A mis amigos, quienes, con sus palabras de aliento y compañía, me brindaron motivación en los momentos de mayor exigencia académica.

Eiver Stalin Sánchez Vega

Dedico esta investigación a Dios, por la vida, la salud y la sabiduría que me ha concedido para seguir adelante. A mi familia, por su confianza, respaldo y comprensión en cada decisión tomada durante mi formación profesional. A mis amigos, quienes han sido una fuente de ánimo y fraternidad a lo largo de este camino.

Yonel Muñoz Quiroz

AGRADECIMIENTOS

Los tesistas expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios, por habernos otorgado la fortaleza espiritual y la perseverancia necesarias para culminar con éxito este trabajo de investigación.

Agradecemos de manera especial al Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez, asesor de la investigación, por su valiosa orientación, exigencia académica y apoyo constante en cada etapa de este proceso.

Extendemos nuestro reconocimiento al propietario de la fábrica de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga y a su personal, por brindarnos las facilidades necesarias, por compartir sus conocimientos sobre los procedimientos de producción y por permitirnos la recolección de las muestras que sirvieron de base para los ensayos.

Asimismo, expresamos nuestra gratitud a los técnicos del laboratorio de la UNACH, quienes apoyaron en la realización de los ensayos a los agregados, y a los técnicos del laboratorio GSE, donde se llevaron a cabo los análisis de las unidades de bloque y de la albañilería.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al desarrollo de la presente investigación y a la culminación de nuestra formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	20
1.1. Planteamiento del problema.....	20
1.2. Justificación.....	22
1.3. Formulación del problema.....	23
1.4. Objetivos.....	23
1.4.1. Objetivo general	23
1.4.2. Objetivos específicos	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. Antecedentes internacionales	24
2.1.2. Antecedentes nacionales	27
2.1.3. Antecedentes regionales.....	30
2.2. Bases teórico.....	34
2.2.1. Teoría de mecánica de materiales	34
2.2.2. Teoría de falla en albañilería.....	35
2.2.3. Requisitos estructurales mínimos para edificaciones con muros de albañilería armada o confinada.....	38
2.2.4. Análisis y diseño estructural de muros de albañilería.....	40
2.2.5. Modelo de albañilería estructural (Masonry Structural Model).....	47
2.2.6. Modelamiento por pórtico equivalente: piers, spandrels y zonas rígidas	49
2.3. Definiciones conceptuales	50
2.3.1. Unidad de albañilería	50
2.3.2. Bloques de concreto	50
2.3.3. Bloques huecos de concreto artesanales	51
2.3.4. Componentes para la producción de bloques de concreto	52

2.3.5. Propiedades físicas de los agregados	54
2.3.6. Propiedades físico-mecánicas en unidad de los bloques de concreto	56
2.3.7. Mortero.....	61
2.3.8. Albañilería.....	62
2.3.9. Propiedades mecánicas en albañilería.....	63
2.3.10. Requisitos técnicos de los bloques de concreto	65
2.3.11. Viabilidad para el uso de bloques de concreto como albañilería	67
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	70
3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación	70
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	73
3.2.1. Ubicación	73
3.2.2. Población.....	73
3.2.3. Muestreo.....	74
3.2.4. Muestra.....	74
3.2.5. Unidad de análisis	76
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	76
3.3.1. Técnicas de recolección de datos	76
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos	77
3.4. Hipótesis	79
3.5. Operacionalización de variables	79
3.5.1. Variable independiente: Propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto	79
3.5.2. Variable dependiente: Viabilidad como albañilería.....	80
3.5.3. Matriz de operacionalización de variables.....	81
3.6. Procedimientos de recolección de datos	82
3.6.1. Visita a la fábrica de elaboración de bloques huecos artesanales de concreto.....	82
3.6.2. Análisis de las materias primas que se utilizan en la producción de bloques artesanales huecos de concreto.....	84
3.6.3. Análisis de la(s) dosificaciones de preparación de bloques de concreto	90
3.6.4. Muestreo de bloques de concreto para ensayos en unidad y albañilería.....	96
3.6.5. Curado en planta previo a ensayos de laboratorio	100
3.6.6. Ensayos físico-mecánicos de bloques de concreto en unidad.....	101

3.6.7. Análisis del mortero 1:4 y 1:3 cemento: arena para la unión de bloques de concreto	107
3.6.8. Ensayos de bloques de concreto en albañilería	112
3.6.9. Configuración de la edificación de albañilería para el modelamiento estructural	119
3.6.10. Modelamiento de una vivienda de albañilería con bloques huecos artesanales de concreto en ETABS	120
3.6.11. Análisis de costos de bloques huecos artesanales de concreto para su uso en albañilería	133
3.7. Procedimientos de análisis de datos	139
3.7.1. Procesamiento de datos	139
3.7.2. Análisis de datos	140
3.8. Material y equipos (descripción del uso)	141
3.9. Aspectos éticos	144
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	145
4.1. Descripción de resultados	145
4.1.1. Propiedades físicas de los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga	145
4.1.2. Proceso de fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga ..	149
4.1.3. Propiedades físico-mecánicas en unidad de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga.....	163
4.1.4. Propiedades mecánicas en albañilería de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga	169
4.1.5. Viabilidad técnica y económica del uso de bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga en albañilería.....	173
4.2. Contrastación de hipótesis	194
4.2.1. Hipótesis general.....	195
4.2.2. Hipótesis específicas por dimensión	195
4.2.3. Criterio de análisis inferencial	196
4.2.4. Dimensión 1: Cumplimiento normativo (propiedades físico-mecánicas).....	198
4.2.5. Dimensión 2: Viabilidad técnica.....	204
4.2.6. Dimensión 3: Viabilidad económica.....	207
4.2.7. Inferencia global.....	209

4.3. Discusión de resultados	210
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	221
5.1. Conclusiones.....	221
5.2. Recomendaciones.....	224
REFERENCIAS.....	226
ANEXOS.....	234
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	234
Anexo 2. Panel fotográfico	235
Anexo 3. Documentación.....	251
Anexo 4. Formatos de ensayo de laboratorio.....	259
Anexo 5. Análisis de costos unitarios de los bloques de concreto artesanal para su uso en muros de albañilería	296
Anexo 6. Diseño de vivienda de albañilería	301
Anexo 7. Planos	317
Anexo 8. Diseño de mezcla propuesto para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ como alternativa de mejora técnica	324

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Huso granulométrico del agregado fino de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas	53
Tabla 2	Granulometría del confitillo.....	54
Tabla 3	Tipos de morteros y sus componentes	61
Tabla 4	Requisitos del mortero de cemento.....	61
Tabla 5	Factores de corrección para albañilería por edad.....	65
Tabla 6	Requisitos para bloques de concreto de acuerdo a la Norma E.070	66
Tabla 7	Requisitos para bloques de concreto de acuerdo a la NTP 399.601	66
Tabla 8	Resistencia a compresión en pilas y muretes de albañilería.....	66
Tabla 9	Tipo de investigación según los principales criterios	71
Tabla 10	Número de bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga para ensayos en unidad	75
Tabla 11	Número de bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga para ensayos en albañilería	75
Tabla 12	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	79
Tabla 13	Matriz de operacionalización de variables en estudio.....	81
Tabla 14	Relación a/c de acuerdo a la resistencia.....	92
Tabla 15	Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto	92
Tabla 16	Resistencia a compresión de cubos de mortero (kg/cm ²) para unir bloques de concreto... 111	
Tabla 17	Parámetros y especificaciones de la Norma E.030	121
Tabla 18	Evaluación del criterio de irregularidad torsional en planta de la edificación inicial	129
Tabla 19	Estado de la verificación torsional de la edificación con placas incorporadas	132
Tabla 20	Cantidad de materiales para 1 bloque hueco artesanal de concreto	133
Tabla 21	Costos de la mano de obra, materiales y equipos en Cruz Conga, vigencia 2025	134
Tabla 22	Costo unitario de 1 bloque hueco artesanal de concreto	135
Tabla 23	Materiales, equipos e instrumentos utilizados según el proceso de obtención de datos	142
Tabla 24	Propiedades físicas de los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán	146
Tabla 25	Análisis granulométrico de los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán	147
Tabla 26	Análisis del proceso de fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga	149
Tabla 27	Materiales utilizados para la elaboración de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán.....	152

Tabla 28 Equipos y herramientas empleadas en la fabricación de bloques huecos artesanales en Cruz Conga	153
Tabla 29 Número de bloques que obtienen en Cruz Conga por cada m ³ de mezcla de concreto	156
Tabla 30 Dosificación para 1 m ³ de concreto con agregados de Cruz Conga obtenida bajo la Norma ACI 211.1 para f'c 50 kg/cm ²	159
Tabla 31 Método de curado observado en la producción de bloques artesanales en Cruz Conga	160
Tabla 32 Acciones de control visual ocasional en la fabricación de bloques huecos artesanales en Cruz Conga	161
Tabla 33 Deficiencias observadas en el proceso artesanal de fabricación de bloques huecos en Cruz Conga	162
Tabla 34 Propiedades físico-mecánicas en unidad de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga	168
Tabla 35 Propiedades mecánicas en albañilería de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga	169
Tabla 36 Resistencia a la adhesión por tracción en albañilería de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga.....	170
Tabla 37 Resistencia en pilas y muretes en albañilería de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga	171
Tabla 38 Resumen del análisis de viabilidad técnica de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga en el sistema específico de albañilería confinada evaluado	174
Tabla 39 Descripción de las características de la vivienda de albañilería.....	175
Tabla 40 Propiedades de los materiales utilizados en el diseño de la vivienda de albañilería.....	177
Tabla 41 Densidad de muros en ambas direcciones.....	178
Tabla 42 Densidad de muros en la dirección X e Y	178
Tabla 43 Comparación del esfuerzo actuante y esfuerzo axial máximo en el 1er piso.....	181
Tabla 44 Comparación del esfuerzo actuante y esfuerzo axial máximo en el 2do piso.....	182
Tabla 45 Desplazamiento relativo (deriva) en la dirección X e Y	185
Tabla 46 Cortante estática y dinámica en las direcciones X e Y	185
Tabla 47 Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros eje X	189
Tabla 48 Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros Eje Y	190
Tabla 49 Comparación del costo de 1 bloque de concreto y el ladrillo comercial.....	192
Tabla 50 Comparación del aporte unitario de materiales para 1 m ² de muro con bloque de concreto de Cruz Conga y el ladrillo comercial	193
Tabla 51 Comparación del costo unitario para 1 m ² de muro de albañilería	193
Tabla 52 Análisis de costo unitario de 1 m ² de muro de bloques de concreto	193
Tabla 53 Análisis de costo unitario de 1 m ² de muro de ladrillo k.k. de arcilla.....	194
Tabla 54 Datos utilizados para el análisis estadístico	199

Tabla 55	Prueba de normalidad de datos de Anderson-Darling.....	200
Tabla 56	Prueba t de Student de una muestra para las propiedades físico-mecánicas.....	202
Tabla 57	Verificación robusta complementaria del alabeo cóncavo.....	202
Tabla 58	Análisis descriptivo y normativo adicional de pilas y muretes.....	203
Tabla 59	Prueba t-student a las derivas de la vivienda modelada con bloques de Cruz Conga.....	206
Tabla 60	Análisis de viabilidad económica	208
Tabla 61	Síntesis de la contrastación de hipótesis	209
Tabla 62	Relación a/c de acuerdo a la resistencia.....	266
Tabla 63	Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario del Concreto.....	266
Tabla 64	Dosificación para 1 m ³ de concreto con agregados de Cruz Conga obtenida bajo la Norma ACI 211.1 para f'c 175 kg/cm ²	269

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de esfuerzos que actúan en un bloque de acuerdo a la teoría de mecánica de materiales	35
Figura 2 Muros de albañilería simple después del ensayo de corte	38
Figura 3 Muro de albañilería y su enfoque de modelado de la resistencia	48
Figura 4 Falla por tensión diagonal (a y b) y modelo matemático general	48
Figura 5 Unidad de albañilería: ladrillo de arcilla cocida y bloque de concreto	50
Figura 6 Tipo de bloque según su proceso de fabricación	51
Figura 7 Tipos de bloques de concreto según la NTP 399.601	51
Figura 8 Bloques huecos artesanales de concreto	52
Figura 9 Componentes para la producción de bloques de concreto	53
Figura 10 Determinación del porcentaje de vacíos en una unidad de albañilería	57
Figura 11 Formas de variación dimensional en ladrillos	57
Figura 12 Formas de alabeo en bloques de concreto	58
Figura 13 Absorción de la unidad de albañilería	58
Figura 14 Eflorescencia en unidades de albañilería	59
Figura 15 Resistencia a compresión en unidades de albañilería	60
Figura 16 Tipos de albañilería: portante y no portante	62
Figura 17 Ensayo por adherencia en cruces de mampostería	63
Figura 18 Prismas para ensayo de resistencia a compresión axial	64
Figura 19 Ensayo de resistencia al corte diagonal	65
Figura 20 Esquema del diseño de investigación	72
Figura 21 Ubicación geográfica de la ladrillera de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán	73
Figura 22 Visita realizada a la fábrica de elaboración de bloques huecos artesanales de concreto	83
Figura 23 Representación del proceso de muestreo en zigzag de las materias primas	84
Figura 24 Muestreo del confitillo en la fábrica de bloques artesanales de concreto	85
Figura 25 Muestreo de la arena en la fábrica de bloques artesanales de concreto	85
Figura 26 Pesado de muestras para realizar ensayos al confitillo de Cruz Conga, Conchán	89
Figura 27 Pesado de muestras para realizar ensayos a la arena de Cruz Conga, Conchán	89
Figura 28 Proceso de mezcla de agregados para la producción de concreto utilizado en la elaboración de bloques huecos artesanales	95
Figura 29 Elaboración de bloques huecos artesanales con la mezcla de concreto $f'c$ 50 kg/cm ²	96
Figura 30 Diagrama del muestreo en zigzag del lote de bloques de concreto	99
Figura 31 Muestreo de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga	99

Figura 32	Bloques de concreto para ensayos físico-mecánicos en unidad	106
Figura 33	Ensayo de resistencia a compresión en bloques de concreto de Cruz Conga.....	106
Figura 34	Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero 1:4.....	110
Figura 35	Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero 1:3.....	110
Figura 36	Ensayo de adherencia por tracción en bloques cruzados de concreto unidos con mortero 1:3 cemento: arena, Cruz Conga	114
Figura 37	Ensayo de compresión axial en pilas de bloques de concreto	116
Figura 38	Especímenes utilizados en los ensayos de albañilería	118
Figura 39	Ensayo de corte diagonal en muretes de bloques de concreto de Cruz Conga.....	118
Figura 40	Definición de materiales en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería.....	122
Figura 41	Definición de secciones en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería.....	123
Figura 42	Dibujo de columnas, vigas y albañilería en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería	124
Figura 43	Dibujo de la losa aligerada en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería.....	124
Figura 44	Asignación de cargas en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería	125
Figura 45	Peso sísmico para edificaciones de categoría C, 100% carga muerta + 25% carga viva en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería.....	125
Figura 46	Creación de brazo rígido en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería.....	126
Figura 47	Discretización de muros de albañilería en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería	126
Figura 48	Asignación de los diafragmas rígidos en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería.....	127
Figura 49	Asignación de piers en muros de albañilería en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería	127
Figura 50	Reporte de cociente torsional de diafragmas obtenido en ETABS 2022 para la edificación sin refuerzo.....	131
Figura 51	Análisis de costo unitario dado por CAPECO para muro de ladrillo en soga.....	136
Figura 52	Curva granulométrica del confitillo respecto al huso 89.....	147
Figura 53	Curva granulométrica de la arena respecto al huso para concreto.....	148
Figura 54	Curva granulométrica de la arena respecto al huso para mortero.....	148
Figura 55	Proceso de elaboración de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán	151

Figura 56	Uso de la máquina semimecanizada para la producción de bloques huecos de concreto artesanales en Cruz Conga, Conchán.....	154
Figura 57	Vista de los bloques huecos de concreto que la máquina semimecanizada produce en Cruz Conga, Conchán.....	154
Figura 58	Proporción empírica de concreto utilizada en Cruz Conga para la elaboración de bloques huecos artesanales	156
Figura 59	Proceso de curado realizado a los bloques de concreto artesanales en Cruz Conga	160
Figura 60	Variación dimensional de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga	163
Figura 61	Alabeo de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga.....	164
Figura 62	Porcentaje de vacíos de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga.....	165
Figura 63	Absorción de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga.....	165
Figura 64	Eflorescencia de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga.....	166
Figura 65	Peso específico de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga.....	167
Figura 66	Resistencia a compresión de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga.....	167
Figura 67	Resistencia a la adhesión por tracción en bloques cruzados de albañilería	170
Figura 68	Resistencia a compresión axial en pilas de albañilería de bloques artesanales de concreto	172
Figura 69	Resistencia al corte diagonal en muretes de albañilería de bloques artesanales de concreto	172
Figura 70	Corte de la vivienda de albañilería	175
Figura 71	Vista en planta de la vivienda de albañilería	176
Figura 72	Ubicación de los muros analizados para la determinación de la densidad de muros	179
Figura 73	Desplazamiento absoluto en la dirección $X = 0.8742$ mm	184
Figura 74	Desplazamiento absoluto en la dirección $Y = 0.3572$ mm	184
Figura 75	Verificación de la resistencia al corte del edificio en las direcciones X e Y	188
Figura 76	Verificación del agrietamiento en los muros de los pisos superiores	188
Figura 77	Columnas de confinamiento para muros	191
Figura 78	Viga solera para muros	191
Figura 79	Prueba de normalidad de las derivas inelásticas.....	205

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

%mo: Porcentaje de mano de obra
A/C: Relación agua/cemento
Ab: Área bruta de la unidad de albañilería
ACI: American Concrete Institute
Ac: Área de concreto
Acf: Área de corte por fricción
AF: Agregado fino
AG: Agregado grueso
AMP: Arena Manufacturada de Piedra (confitillo)
ANH: Arena Natural Humedad (arena manufacturada)
ANR: Arena Natural de Río
Ap: Área en planta (Norma E.030)
A.diag: Área diagonal del murete
ASTM: American Society for Testing and Materials
bls: Bolsas (unidad de cemento)
CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción
CLC: Concreto Liviano Celular (Cellular Lightweight Concrete)
CSCR20-14: Código Sísmico de Costa Rica 2014
D.E. / DE: Desviación Estándar
Em / EM: Módulo de elasticidad de la mampostería
EQ: Equivalente (en rendimiento por cuadrilla/día)
F: Fuerza axial resultante
Fb / fbt: Resistencia a la tracción por adherencia
Fc: Factor de corrección por edad o esbeltez
f'm: Resistencia característica a compresión axial de la albañilería
f'b: Resistencia unitaria de bloque a compresión
f'c: Resistencia a la compresión del concreto
f'cr: Resistencia media requerida del concreto
f'v: Resistencia al corte diagonal de la albañilería
Gm: Módulo de corte de la mampostería
h: Altura libre de muro / altura de piso
hh: Hora-hombre (unidad de mano de obra)
INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática
INACAL: Instituto Nacional de Calidad (Perú)
INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización
Lm: Longitud del paño mayor de muro
Lt: Producto longitud × espesor

MF: Módulo de Finura

MPCH: Municipalidad Provincial de Chota

m.s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar

MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú)

MX, MY, PY: Identificación de muros en ejes X o Y

Nc: Número de columnas de confinamiento

NTE INEN 3066:2016-11: Norma Técnica Ecuatoriana de bloques de concreto

NTC 4205: Norma Técnica Colombiana de bloques de concreto

NSR-10: Norma Sismo Resistente de Colombia 2010

NP: Bloque No Portante

P: Bloque Portante / carga máxima aplicada

Pc: Carga en columna

Pg: Carga gravitacional de servicio

Pm: Carga máxima de rotura

PS: Peso seco del agregado

PU: Peso unitario

PUC: Peso unitario del cemento

PU.Af: Peso unitario del agregado fino

PU.Ag: Peso unitario del agregado grueso

pv: Porcentaje de vacíos

pz.: Piezas (unidad de bloques/ladrillos)

R: Coeficiente de reducción sísmica

S: Separación de estribos / peso saturado

σ , σ_c : Esfuerzo normal / axial de compresión

σ_m : Esfuerzo axial máximo admisible

σ_x , σ_y : Esfuerzos principales en ejes

SNSC: Sludge Non-Sintered Ceramsite (espuma ceramsite a base de lodos)

SSD: Saturado Superficialmente Seco (Saturated Surface Dry)

t: Espesor efectivo del muro

TMN: Tamaño Máximo Nominal

Ts: Fuerza de tracción en soleras

UTM: Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas)

VD: Variable Dependiente

VI: Variable Independiente

Vb: Volumen bruto del bloque

Vla: Volumen de ladrillo

Vmo: Volumen de mortero

Vmv: Volumen de muro de albañilería

Vv: Volumen de vacíos

V'm (v'm): Resistencia característica al corte diagonal en muretes

Ve: Fuerza cortante por sismo moderado

VEI: Fuerza cortante en entrepiso i

Vm / Vm1: Fuerza cortante admisible / en columna

Vu: Fuerza cortante última

W%: Porcentaje de humedad

Wd: Peso seco al horno

Wi: Peso sumergido

Ws: Peso saturado

WGS84: World Geodetic System 1984 (sistema geodésico mundial)

Z, U, S, N: Factores sísmicos de la Norma E.030

RESUMEN

En Cruz Conga, Conchán, la fabricación artesanal de bloques de concreto es una práctica común; sin embargo, no se sabe si estos cumplen con las normas técnicas para su uso en la albañilería. Por ello, esta investigación tuvo como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto, fabricados en Cruz Conga, Conchán, así como su viabilidad para la albañilería, de acuerdo con la norma E.070:2006, la NTP 399.601:2016 y la NTP 399.602:2018. El estudio fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel descriptivo, y utilizó muestreo no probabilístico por conveniencia, evaluando 81 bloques de $40 \times 12 \times 18$ cm seleccionados según la NTP 399.604. Los resultados indicaron que los agregados cumplen parcialmente con la NTP 400.037, por lo que es necesario tamizar el confitillo. El proceso de fabricación es semimecanizado, con mezcla empírica (1 bolsa de cemento: 7 baldes (18L) de arena: 6 baldes (18L) de confitillo) y curado en planta mediante aspersión con regadera, tres veces al día durante 28 días. A nivel de unidad, los bloques cumplen con las tolerancias dimensionales, la absorción (6.60 %) y la resistencia a la compresión (54.13 kg/cm^2). En albañilería, cumplen con el corte diagonal (12.05 kg/cm^2), pero no con la compresión en pilas ($38.24 \text{ kg/cm}^2 < 74 \text{ kg/cm}^2$), por lo que el diseño estructural de una vivienda en ETABS 2022 requirió un reforzamiento localizado. Económicamente, los bloques permiten un ahorro del 9.64% por m^2 de muro, pese a su mayor costo unitario. Se concluyó que los bloques evaluados son viables para su uso en albañilería no portante. Su eventual incorporación en muros con función estructural queda condicionada a un diseño específico de albañilería confinada, con confinamiento y refuerzos estructurales.

Palabras clave: Unidad de albañilería, costo, modelo estructural, resistencia a compresión.

ABSTRACT

In Cruz Conga, Conchán, the artisanal production of concrete blocks is common; however, it remains unclear whether these units comply with the technical standards required for masonry applications. Therefore, this study aimed to evaluate the physical and mechanical properties of artisanal hollow concrete blocks manufactured in Cruz Conga, Conchán, and assess their suitability for masonry construction, in accordance with Standard E.070:2006, NTP 399.601:2016, and NTP 399.602:2018. The study followed a quantitative approach, was applied in scope, and had a descriptive level. Non-probability convenience sampling was used to evaluate 81 blocks measuring $40 \times 12 \times 18$ cm, selected in accordance with NTP 399.604. The results showed that the aggregates partially complied with NTP 400.037; therefore, screening of the crushed stone chips is necessary. The manufacturing process is semi-mechanized and uses an empirical mix proportion of 1 bag of cement: 7 buckets of sand: 6 buckets of crushed stone chips, followed by plant-based curing through sprinkling with a watering can three times a day for 28 days. At the unit level, the blocks complied with dimensional tolerances, water absorption requirements (6.60%), and compressive strength requirements (54.13 kg/cm^2). As masonry components, the blocks complied with the diagonal shear strength requirement (12.05 kg/cm^2), but they did not meet the minimum compressive strength requirement for masonry prisms ($38.24 \text{ kg/cm}^2 < 74 \text{ kg/cm}^2$); therefore, the structural design of a residential building in ETABS 2022 required localized reinforcement. From an economic standpoint, the blocks provide savings of 9.64% per square meter of wall, despite their higher unit cost. It was concluded that the evaluated blocks are suitable for use in non-load-bearing masonry. Its potential use in walls with a structural function is contingent upon a specific confined masonry design, with confinement and structural reinforcement.

Keywords: Masonry unit, cost, structural model, compressive strength.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La construcción de viviendas es una necesidad básica para cualquier sociedad, y en este contexto, los ladrillos o bloques de concreto, son esenciales para la ejecución de muros de albañilería (Ravindra y Vijayakumar, 2023). Dentro del universo de los bloques de concreto, existen diferentes tipos, entre ellos los bloques huecos artesanales (Medeiros et al., 2023); estos bloques se fabrican de forma manual, empleando mezcla de arena, confitillo, cemento y agua, que se moldea y endurece obteniendo un elemento resistente (Jaafar et al., 2023); aunque su proceso de producción es más rudimentario que el de los bloques industriales, no se debe subestimar su viabilidad en la albañilería (Nežerka et al., 2023).

Los bloques de concreto se utilizan tanto en albañilería portante como en albañilería no portante, según su resistencia y capacidad de carga (Nežerka et al., 2023). En la albañilería portante, los bloques deben cumplir ciertos requisitos de resistencia para soportar las cargas transmitidas por la estructura (Liang et al., 2023). En albañilería no portante, los bloques se utilizan para construir paredes interiores y divisorias, donde la carga estructural es mínima; aun así, es necesario garantizar que sean lo suficientemente resistentes para asegurar su estabilidad (Anas et al., 2023).

En el país, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006) en la norma E.070 “Albañilería” establece los parámetros mínimos que deben cumplir estos bloques en términos de sus propiedades físico-mecánicas. Las propiedades de los bloques de concreto, como la absorción, la resistencia a la compresión, la variación dimensional, el alabeo, la eflorescencia, el peso y el porcentaje de vacíos, son esenciales para determinar su viabilidad de uso en albañilería portante y no portante (Shekhar y Godihal, 2023); estos parámetros permiten garantizar la

durabilidad y la estética de los bloques, además de asegurar el cumplimiento de los estándares de construcción (Abdellatief et al., 2023). Es decir, del cumplimiento de dichos requisitos normados depende la viabilidad del uso de los bloques como elemento de albañilería portante y/o no portante (Terra et al., 2023).

En la provincia de Chota el 17.81% de las construcciones poseen como material predominante de las paredes al ladrillo, bloque de concreto o sillar (material noble), y el 7.1%, 42.5%, 5.7% y 7.3% en los distritos de Conchán, Chota, Chalamarca, y Tacabamba, respectivamente, según el censo 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), no obstante, en el área urbana de cada distrito este porcentaje se acrecienta siendo así, en la ciudad de Chota, el 85% de las construcciones locales utilizan unidades de albañilería como elemento estructural de sus construcciones de acuerdo con la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018).

Actualmente, en el distrito de Conchán, específicamente en el centro poblado de Cruz Conga se han iniciado a producir bloques huecos de concreto por proceso artesanal para su comercialización en los distritos aledaños (Conchán, Chota, Chalamarca, Tacabamba). Estos bloques se caracterizan por su forma rectangular y por la presencia de huecos, los cuales permiten menor consumo de material y peso más liviano; además, su modularidad facilita su colocación en la obra, agilizando los tiempos de construcción; así lo explica Burga (2022) quien argumenta que, el rendimiento en el asentado de unidades de albañilería se reduce por el tiempo que tarda la cuadrilla en el traslado de materiales; pero, es importante asegurarse de que los bloques usados cumplan con las normas y estándares técnicos correspondientes, para garantizar su calidad y viabilidad de uso como albañilería portante en la construcción (Abbas y Abbas, 2023).

Ante el desconocimiento de las propiedades de los bloques huecos artesanales del centro poblado Cruz Conga de Conchán y su posible uso en albañilería portante o no portante en la provincia de Chota, se plantea esta investigación con el objetivo de evaluar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería en Cruz Conga, Conchán de acuerdo al cumplimiento de los requisitos técnicos de la norma peruana E.070 (MVCS, 2006).

1.2. Justificación

La investigación se realiza para evaluar si los bloques huecos de concreto producidos artesanalmente en el centro poblado de Cruz Conga, distrito de Conchán, cumplen con las propiedades físico-mecánicas mínimas exigidas por la normativa técnica vigente para su uso como unidades de albañilería estructural. Este estudio resulta necesario debido a que en muchas zonas rurales y periurbanas de la región de Cajamarca se recurre a la fabricación artesanal de bloques sin control de calidad, lo cual puede comprometer la seguridad estructural de las edificaciones construidas con estos materiales, asimismo, es pertinente comparar la calidad y resistencia de estos bloques con los bloques convencionales de concreto existentes en el mercado comercial local

El aporte radica en generar evidencia técnica sobre las características físicas (dimensiones, absorción, peso unitario) y mecánicas (resistencia a la compresión en unidad, pila y murete) de los bloques huecos fabricados localmente, comparándolas con los valores mínimos establecidos en la Norma Técnica Peruana E.070 “Albañilería”. Esto permitirá determinar si dichos elementos son viables para su empleo en muros estructurales, o si se requieren mejoras en el proceso de producción artesanal.

Siendo así, los resultados de este estudio beneficiarán directamente a los productores locales de bloques huecos, a los maestros de obra, a los propietarios de viviendas y a las autoridades municipales del distrito de Conchán.

1.3. Formulación del problema

¿En qué medida los bloques artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga, Conchán, cumplen con las propiedades físico mecánicas mínimas establecidas en la norma E.070 (MVCS, 2006) para su uso como albañilería en edificaciones?

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Evaluar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto, fabricados en Cruz Conga, Conchan, y su viabilidad como albañilería de acuerdo a la norma E.070 (MVCS, 2006), NTP 399.601 (INACAL, 2016) y NTP 399.602 (INACAL, 2018).

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Determinar las propiedades físicas de los agregados utilizados en la fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga.
- Analizar el proceso de fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga.
- Determinar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga en unidad, tales como: variación dimensional, alabeo, absorción, eflorescencia, resistencia a compresión.
- Determinar las propiedades mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga en albañilería, tales como: resistencia a la tracción directa por adherencia, resistencia a la compresión axial en pilas, resistencia al corte diagonal en muretes.
- Analizar la viabilidad técnica y económica del uso de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga como albañilería portante y/o no portante.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Zhang et al. (2024), en su investigación *“Factores que influyen en la preparación y el rendimiento de bloques de concreto celular”*, tuvieron como objetivo preparar bloques de concreto con espuma ceramsite a partir de lodos (SNSC). Utilizó la metodología mixta para verificar el procedimiento de producción semiindustrial de los bloques de concreto. Determinaron que la cantidad de materiales para 1 m³ de concreto era de 400 kg de cemento, 890 kg de arena, 100 kg de cenizas volantes de carbón, 371 SNSC, una relación aglutinante/agua de 0.43 y 5 kg de silicato de sodio. Los bloques de concreto elaborados presentaban una resistencia a la compresión de 7.76 MPa (79.13 kg/cm²), una densidad aparente de 0.948 g/cm³, una absorción de agua de 20.75% y un coeficiente de ablandamiento de 0.861. Concluyeron que los bloques de concreto de espuma a base de lodos cumplen con los requisitos de la norma GB/T 36534-2018.

Vargas y Carrillo (2023), en su investigación *“Nuevo bloque macizo de mampostería en concreto con geometría no convencional: Caracterización experimental”*, tuvieron como objetivo evaluar el bloque de concreto con geometría no convencional (NG) y con geometría convencional (CG). Utilizaron el enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, y como técnica, los ensayos físico-mecánicos en las unidades de albañilería. El concreto para el vaciado de los bloques fue elaborado con arena y confitillo extraídos de la cantera Carmen de Carupa en Cundinamarca, cemento hidráulico y agua, con relación cemento: agregados de 2:1 y relación a/c de 0.48. En cuanto a las pruebas de absorción de agua, los bloques CG y NG pueden absorber hasta 10.3% y 10.6% de agua, en promedio, respectivamente, para alcanzar su

estado de saturación. La resistencia a la compresión de los bloques es de 43.2 MPa (440.52 kg/cm²) para CG y de 16.0 MPa (163.15 kg/cm²) para NG. La resistencia a la compresión de los prismas es de 12.9 MPa (131.54 kg/cm²) para CG y de 13.6 MPa (138.68 kg/cm²) para NG. Concluyeron que los nuevos bloques NG y CG cumplen con los requisitos establecidos en el apartado D.3.6 de la NSR-10.

Khan et al. (2023), en su investigación “*Evaluación del desempeño sísmico de muros de mampostería de bloques de concreto liviano celular (CLC) enlucidos*”, tuvieron como objetivo evaluar los bloques de concreto liviano celular (CLC). Utilizaron el enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, y como técnica, los ensayos físico-mecánicos en las unidades de albañilería. Los componentes básicos, como cemento, arena fina, cenizas volantes, agua y agentes espumantes, se utilizaron (por m³ de CLC) en cantidades de 95 kg, 123 kg, 260 kg, 232 kg y 40 kg, respectivamente. Los bloques alcanzaron resistencia a compresión de apenas 1.38 MPa (14.07 kg/cm²), a flexión de 0.41 MPa (4.18 kg/cm²) y a tracción de 0.10 MPa (1.02 kg/cm²), pero el modelamiento en ETABS del muro de mampostería confinada, indica que el uso de estos bloques con elementos confinantes y reforzamiento de acero vertical genera un notable incremento en la capacidad de carga lateral, la rigidez elástica y el factor de ductilidad por desplazamiento del muro en comparación con un muro de mampostería no reforzado en 102%, 66.67% y 5.3%. Concluyeron que la inclusión de elementos confinantes mejora el comportamiento sísmico del muro de mampostería.

Quirós (2023), en su tesis “*Obtención del módulo de elasticidad, deformación última y la resistencia a la compresión en prismas de mampostería por medio de la curva esfuerzo-deformación de bloques de 12 x 20 x 40 cm bajo carga axial concéntrica*”, tuvo como objetivo determinar la resistencia mecánica de la albañilería hueca y sólida. Utilizó el enfoque cuantitativo con diseño no experimental; para ello,

elaboró prismas con bloques de concreto de clase A de 12 cm de espesor, empleó morteros tipo M, S y N, y mantuvo constante la resistencia del concreto de relleno en los prismas correspondientes. Determinó que la resistencia a la compresión promedio era de 206 kg/cm², superando el mínimo exigido por el CSCR20-14; sin embargo, los prismas sólidos presentaron una disminución del 11% en comparación con los bloques huecos, debido a incompatibilidades de deformación entre el bloque y el relleno. Concluyeron que, aunque ambos tipos de albañilería cumplen con la normativa.

Mayorga y Roper (2020), en su tesis *“Evaluación de la resistencia a compresión de bloques de concreto poroso con alvéolos”*, tuvieron como objetivo analizar el desempeño del concreto poroso aplicado en bloques con seis alvéolos horizontales. La metodología cuantitativa consistió en elaborar y someter a ensayo tres tipos distintos de unidades: ladrillos de arcilla, bloques de concreto poroso y bloques de mortero. Determinaron que los bloques de concreto poroso alcanzaron una resistencia a la compresión de 4.99 MPa (50.88 kg/cm²), superando notablemente a los ladrillos de arcilla, que registraron 2.08 MPa (21.21 kg/cm²), y a los bloques de mortero, que obtuvieron 1.95 MPa (19.88 kg/cm²). Siendo así, hay un incremento del 139.90% en la resistencia del bloque de concreto poroso respecto a los ladrillos de arcilla y del 155.89% respecto a los bloques de mortero. Concluyeron que los bloques de concreto poroso ofrecen una resistencia superior a la de las unidades de albañilería tradicionales y, además, cumplen con los requisitos de la NTC 4205.

Ortiz et al. (2020), en su investigación *“Evaluación del cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma INEN, en la elaboración artesanal de los bloques de concreto en el cantón Portoviejo”*, tuvieron como objetivo evaluar si los bloques de concreto artesanales fabricados en la ciudad de Portoviejo cumplen con los parámetros físicos y mecánicos del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN),

específicamente según lo indicado en la norma técnica NTE INEN 3066:2016-11 para bloques de tipo B. En cuanto a la metodología cuantitativa, seleccionaron bloques de tres fábricas distintas y realizaron ensayos físico-mecánicos tanto en unidades como en la albañilería. Los resultados indicaron que la variación dimensional de los bloques oscilaba entre 0.70 mm y 2 mm, lo cual se encontraba dentro del rango permitido. En cuanto a la densidad, los bloques de 40x20x15 cm presentaron valores de 1.721, 1.933 y 2.126 g/cm³ en las fábricas 1, 2 y 3, respectivamente. Para los bloques de 40x20x10 cm, las densidades registradas fueron 1.973, 1.761 y 2.092 g/cm³, y para los de 40x20x7 cm, 2.253, 2.230 y 2.310 g/cm³, en el mismo orden. Respecto a la resistencia a la compresión de las tres fábricas evaluadas, los bloques de 40x20x15 cm alcanzaron 24.67 kg/cm², 28.86 kg/cm² y 45.17 kg/cm²; los de 40x20x10 cm, 26.21 kg/cm², 30.08 kg/cm² y 42.73 kg/cm²; y los de 40x20x7 cm, 30.08 kg/cm², 32.33 kg/cm² y 52.01 kg/cm². Concluyeron que, los bloques de concreto producidos por las tres fábricas cumplen con los requisitos de la norma para bloques tipo B, lo que valida su uso y aplicaciones en albañilería.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ramos (2025), en su investigación “*Análisis de la variación geométrica en las propiedades de los bloques de concreto celular en edificaciones de albañilería, Huancayo 2024*”, tuvo como objetivo determinar las propiedades de los bloques de concreto celular en Huancayo para su uso en albañilería. Utilizó la metodología de enfoque cuantitativo, con diseño preexperimental, con 45 bloques de concreto convencional y 45 de concreto celular, elaborados en tres moldes de diferentes dimensiones. Determinó que los bloques de concreto celular elaborados con el molde 3 presentaban densidad de 1.514 g/cm³, vacíos de poros de 30.38%, absorción de 28.84%, resistencia a la compresión de 70.04 kg/cm² y resistencia a la compresión axial en pilas

de 115.21 kg/cm², por lo que concluyó que la variación geométrica influye positivamente en las propiedades de los bloques de concreto celular.

Zanabria e Infantes (2024), en su investigación “*Diseño de bloques de concreto para uso estructural que cumplan las características mecánicas en productores artesanales de la provincia de Arequipa, 2023*”, tuvieron como objetivo elaborar bloques de concreto que cumplan con la norma E.070 en Arequipa. Utilizaron el método experimental, muestreando 48 bloques artesanales de cuatro empresas productoras. Determinaron que, los bloques de concreto de las fábricas los Ángeles de la Joya, la Rocca de La Joya, Concret-Mollebaya y Roca Cerro Colorado obtuvieron resistencias a compresión de 37.50 kg/cm², 36.31 kg/cm², 29.04 kg/cm² y 25.15 kg/cm², a los 28 días, respectivamente, por lo que, no lograron cumplir con la norma E.070, pero luego de plantear mejoras en el diseño se ensayaron los bloques obteniendo resistencias de 72.4 kg/cm², 72.7 kg/cm² y 65.9 kg/cm² con el uso de agregados de las fábricas Los Ángeles, La Rocca la Joya y La Roca Cerro Colorado. Concluyeron que, el diseño planteado permite mejorar la capacidad mecánica de los bloques de concreto cumpliendo las resistencias mínimas dadas en la norma E.070.

Sanchez y Gonzales (2024), en su investigación “*Fabricación de bloques de concreto para albañilería, empleando arenas de la cantera El Pedregal de Reque y de la chancadora Piedra Azul de Ferreñafe*”, tuvieron como objetivo determinar las características de los bloques de concreto elaborados con agregado fino natural (arena de río ANR) y manufacturado (arena cernida ANH y confitillo AMP) de Ferreñafe. La metodología fue experimental, combinando los áridos en porcentajes de 25%, 50% y 75%. Determinaron que los agregados ANR, ANH y AMP presentaban humedad de 0.31%, 0.67% y 0.27%, absorción de 0.28%, 0.40% y 0.38%, peso específico de masa de 2.53, 2.50 y 2.38 g/cm³, peso unitario compactado de 1630, 1950 y 1750 kg/m³,

respectivamente. Determinaron que, al utilizar 50% ANR + 50% ANH, los bloques alcanzaban la mayor resistencia a la compresión, de 120.37 kg/cm², mientras que, al utilizar 75% ANH + 25% AMP, los bloques presentaban la menor resistencia a la compresión, de 82.41 kg/cm². Concluyeron que los bloques elaborados con agregados finos naturales y manufacturados cumplen con la norma E.070 para su uso en albañilería.

Choque y Ticona (2024), en su investigación *“Evaluación de la resistencia al corte y axial en prismas de albañilería de bloques de concreto mecanizado, fabricados en la ciudad de Tacna, 2024”*, tuvieron como objetivo determinar la capacidad mecánica de los bloques de albañilería de concreto mecanizado fabricados en Tacna. Utilizaron la metodología cuantitativa y ensayaron 5 muretes y 5 pilas unidos con 1.5 cm de mortero 1:4 cemento: arena. Determinaron que los bloques presentaban alabeo cóncavo y convexo de 2.50 y 1.10 mm, variación dimensional en largo, ancho y alto de -1.24%, -2.94% y 1.88%, absorción de 6.44%, porcentaje de vacíos de 61.32%, resistencia en la unidad de 43.92 kg/cm², resistencia axial de 44.36 kg/cm² y resistencia al corte diagonal de 2.19 kg/cm². Concluyeron que los bloques de concreto de Tacna no cumplen con la norma E.070 para muros portantes, por lo que se recomienda su uso en albañilería no portante.

Paredes (2023), en su investigación *“Bloques de concreto artesanal y su relación en el nivel de comportamiento estructural en edificaciones de albañilería confinada - Marcona, Nazca, Ica - 2018”*, tuvo como objetivo identificar las propiedades de los bloques de concreto, fabricados artesanalmente en la ciudad de Marcona. Para ello, desarrolló la metodología cuantitativa de diseño no experimental basada en ensayos de laboratorio aplicados a dos tipos de bloques: el bloque B(5)-12, de dimensiones 40 x 20 x 12 cm, y el bloque B(6)-15, de dimensiones 40 x 20 x 15 cm.

Los resultados mostraron que el bloque B(5)-12, con densidad de 2.17 g/cm^3 , alcanzó resistencias a la compresión de 48.39 kg/cm^2 en unidad, 46 kg/cm^2 en pila y 6.33 kg/cm^2 en corte diagonal del murete; por su parte, el bloque B(6)-15, con densidad de 2.26 g/cm^3 , presentó resistencias de 46.57 kg/cm^2 , 44.23 kg/cm^2 y 5.70 kg/cm^2 , respectivamente, en los mismos tipos de ensayo. Ambos tipos fueron clasificados como bloques no portantes. En cuanto al análisis de edificaciones, se observó que los esfuerzos generados por fisuración y corte en las siete construcciones evaluadas superaban los límites establecidos por la normativa. Concluyeron que, los bloques artesanales evaluados no cumplen con los requisitos estructurales mínimos para edificaciones de albañilería confinada.

2.1.3. Antecedentes regionales

En el ámbito regional, no se han encontrado investigaciones que aborden en su totalidad la misma orientación que el presente estudio, por ello, se han considerado investigaciones similares desarrolladas en la Universidad Nacional Autónoma de Chota, las cuales, si bien no abordan exactamente el mismo problema, permiten establecer puntos de comparación respecto a algunos de los objetivos específicos planteados, particularmente en lo referente a la caracterización de materiales y la evaluación de sus propiedades.

Gonzales (2024), en su investigación “*Análisis de las propiedades mecánicas de los bloques de concreto de albañilería elaborados con partículas de vidrio y papel reciclado, Chota 2022*”, tuvo como objetivo analizar las propiedades de los bloques de concreto de Chota con adiciones de 0%, 3%, 6% y 9% de partículas de vidrio y papel reciclado. Utilizó el enfoque cuantitativo experimental y tomó como muestra 192 bloques de concreto. Determinó que, la variación dimensional y alabeo aumentaron hasta 1.8 mm, la absorción disminuyó hasta 3.52% y la resistencia a compresión

aumento alcanzando 73, 75, 82 y 77 kg/cm², la resistencia a compresión axial en pilas fue 87.04, 91.22, 94.45 y 92.80 kg/cm², la resistencia al corte diagonal en muretes fue 8.43, 8.90, 9.70 y 9.70 kg/cm² al utilizar 0, 3%, 6% y 9% de partículas de vidrio y papel reciclado, respectivamente. Asimismo, el costo de fabricación de los bloques de concreto fue de 2.13, 2.03, 1.96 y 1.89 soles para los bloques con 0%, 3%, 6% y 9% de adiciones, respectivamente. Concluyó que la dosificación más adecuada era del 9% de vidrio y papel, ya que cumple con la norma E.070 y tiene un costo asequible.

Pardo (2023), en su tesis “*Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la unidad de albañilería de concreto tipo IV adicionando distintas dosis de fibras de polipropileno, Chota, 2021*”, tuvo como objetivo determinar las propiedades del bloque de concreto tipo IV al incorporar fibras de polipropileno. Para ello, utilizó la metodología de enfoque cuantitativo que incluyó la caracterización física de los agregados empleados (arena de Conchán con 3.11% de humedad, 1.67% de MF, 2.561 g/cm³ de peso específico, 1237.36 kg/m³ de peso unitario suelto y 1440.54 kg/m³ de peso unitario compactado; confitillo de Chuyabamba con 2.73% de humedad, 3/8” de TMN, peso específico de 2.535 g/cm³, peso unitario suelto de 1146.71 kg/m³ y peso unitario compactado de 1333.68 kg/m³) y el diseño f’c 130 kg/cm², donde para 1m³ de concreto se ha utilizado 279.73 kg de cemento, 917.69 kg de arena, 847.76 kg de confitillo y 180.37 lt de agua. Posteriormente, esta mezcla se modificó con cinco niveles de adición de fibras de polipropileno: 0%, 0.005%, 0.01%, 0.015% y 0.02% en peso del concreto. Se determinó que todos los bloques elaborados con fibras cumplieron con los requisitos dimensionales y de alabeo de la norma E.070; no obstante, se aumentó progresivamente la absorción y se disminuyó la resistencia a la compresión, por lo que, con 0.02% de polipropileno, no se alcanzó la resistencia para los bloques tipo IV. Concluyó que la mezcla más adecuada fue la con adición de 0.015% de fibras de

polipropileno; asimismo, con esta proporción se pudieron fabricar pilas y muretes que sí cumplieron con los requisitos normativos.

Benavidez (2023), en su tesis *“Evaluación del ladrillo sólido de concreto adicionando cal hidratada y plástico PET reciclado, Chota”*, tuvo como objetivo analizar el desempeño técnico, económico y ambiental de ladrillos sólidos de concreto modificados con cal hidratada y plástico PET reciclado, en comparación con ladrillos convencionales. Para ello, utilizó la metodología experimental que incluyó la fabricación de 63 ladrillos, empleando 9% de cal hidratada en sustitución del peso del cemento y 9% de PET reciclado como reemplazo volumétrico de los agregados. Utilizó arena de Conchán con MF de 2.17, material que pasa tamiz N° 200 de 5.32%, humedad de 0.87%, peso específico de 2.29 g/cm³, absorción de 1.09%, peso unitario suelto y compactado de 1448.61 y 1559.81 kg/m³, también utilizó confitillo de la cantera Los Peroles con MF de 5.91, material que pasa tamiz N° 200 de 0.63%, humedad de 0.29%, peso específico de 2.69 g/cm³, absorción de 1.21%, peso unitario suelto y compactado de 1385.61 y 1500.20 kg/m³. La mezcla base para 1 m³ de concreto con f'c de 175 kg/cm² está compuesta por 7.76 bolsas de cemento, 0.576 m³ de arena, 0.567 m³ de confitillo y 0.224 m³ de agua. Determinó que la cal o PET generó ligera reducción en la resistencia a compresión respecto a la mezcla base; pero, los valores permanecen dentro de los límites admisibles de la norma E.070, con resistencia a compresión de 188.75 kg/cm², mientras que las pilas y muretes presentaron resistencias de 180.32 kg/cm² y 58.79 kg/cm² respectivamente. Asimismo, el costo de 1 m³ de concreto fue de 258.68 soles, con lo cual se podían fabricar 100 bloques. Concluyó que los bloques con 9% de cal hidratada y PET reciclado son viables y ofrecen beneficios económicos y ambientales frente a los ladrillos convencionales.

Medina (2022), en su tesis “*Evaluación de bloques de concreto adicionando poliestireno, Chota*”, tuvo como objetivo determinar la cantidad de poliestireno expandido que puede reemplazar a los agregados de Chota en la fabricación de bloques de concreto, manteniendo la resistencia a la compresión dada en la norma E.070. Analizó las características de la arena de Conchán y confitillo de Chuyabamba, según la NTP 400.037, determinando que, la arena presenta humedad de 4.33%, MF de 1.92, peso específico de 2.611 g/cm^3 , absorción de 0.81%, peso unitario suelto y compactado de 1438 kg/m^3 y 1577 kg/m^3 ; mientras que, el confitillo presenta humedad de 2.18%, TMN de 3/8”, peso específico de 2.444 g/cm^3 , absorción de 1.9%, peso unitario suelto y compactado de 1339 kg/m^3 y 1642 kg/m^3 . Propuso una mezcla base con 280 kg de cemento, 634 kg de arena, 1074 kg de confitillo y 204 lts de agua, modificada con poliestireno (0%, 10%, 20%, 30% y 40%) para realizar pruebas de compresión en cubos, lo que le permitió determinar la dosificación adecuada para la fabricación de bloques. Determinó que los bloques con reemplazo del 0%, 10% y 20% del volumen de agregados por poliestireno presentaron resistencias de 58.32 kg/cm^2 , 50.10 kg/cm^2 y 35.71 kg/cm^2 y absorción de 1.37%, 5.22% y 10.87%, respectivamente. Concluyó que los bloques con 10% de poliestireno pueden utilizarse en muros portantes y los con 20% de poliestireno en muros no portantes.

Lucano y Núñez (2023), en su tesis “*Estudio del bloque portante de concreto sustituyendo agregado fino por caucho granulado de neumáticos reciclados, Chota-2022*”, tuvieron como objetivo determinar las propiedades de bloques de $38 \times 12.7 \times 19.8 \text{ cm}$ con 0%, 5%, 10%, 15 %, 20% y 25% de sustitución de arena por caucho. Utilizaron arena de Lascan con MF 2.08, humedad 1.38%, absorción 2.79%, peso unitario suelto/compactado $1323.23 / 1660.07 \text{ kg/m}^3$, peso específico 2.27 g/cm^3 y confitillo de Cuyumalca con MF 3.61, humedad 3.71%, absorción 1.71%, peso unitario

suelto/compactado 1272.69 / 1617.64 kg/m³, peso específico 2.51 g/cm³. Se determinó que los bloques presentaban de 8.83% a 11.02% de absorción, de 3.04 a 3.36 g/cm³ de densidad y una resistencia a la compresión de 81.3 kg/cm², la cual se reduce a 11.6 kg/cm² cuando se utiliza 25% de caucho. Concluyeron que la dosificación óptima era del 13% de caucho, cuyos bloques alcanzaban f'_m de 77.68 kg/cm² y V'_m de 8.7 kg/cm², aunque los bloques base alcanzaban un mayor f'_m de 95.21 kg/cm² y un V'_m de 9.86 kg/cm².

2.2. Bases teórico

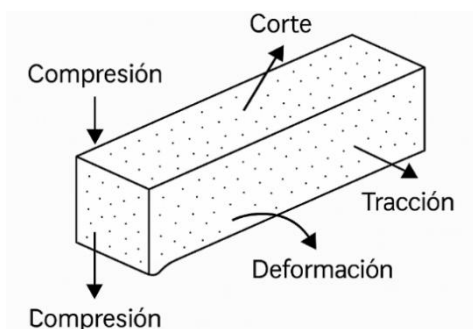
2.2.1. Teoría de mecánica de materiales

Según Timoshenko y Gere (1961), la teoría parte del análisis de elementos estructurales ideales sometidos a fuerzas internas y externas y evalúa cómo responden en términos de esfuerzos (fuerza por unidad de área) y deformaciones (cambio relativo en la forma o las dimensiones). En el contexto de los bloques de concreto, esta teoría permite determinar la resistencia a la compresión f'_b , una propiedad mecánica crítica para evaluar si un bloque puede cumplir funciones estructurales, como en muros portantes, o simplemente particionadoras, como en muros no portantes.

Otro aspecto relevante es su contribución al diseño y la evaluación de elementos de albañilería, como pilas y muretes, en los que las solicitaciones axiales y de corte reflejan condiciones reales de carga que afectan a los muros durante su vida útil. La resistencia al corte diagonal en muretes, por ejemplo, depende no solo del material, sino también de la adherencia entre el bloque y el mortero, un fenómeno que puede describirse mediante los modelos de esfuerzo tangencial y de cohesión definidos en la mecánica de materiales (Beer y Johnston, 2011).

Figura 1

Tipos de esfuerzos que actúan en un bloque de acuerdo a la teoría de mecánica de materiales



Nota. Adaptado de Timoshenko y Gere (1961).

2.2.2. Teoría de falla en albañilería

La teoría de falla en albañilería describe los mecanismos que conducen a la pérdida de resistencia de los muros compuestos por unidades (como ladrillos o bloques) y juntas de mortero, sometidos a diversas solicitaciones. En condiciones de compresión axial, los elementos de albañilería, especialmente los ladrillos o bloques, presentan una deformación menor que la del mortero. En este contexto, el mortero actúa como un soporte deformable que transmite las cargas a las unidades de albañilería. No obstante, debido a su menor rigidez, el mortero tiende a deformarse lateralmente, lo que genera tensiones laterales de compresión en sí mismo y, por reacción, tensiones laterales de tracción en los ladrillos o bloques. Es precisamente esta tracción lateral la que genera fisuración vertical en las unidades, lo que conduce a una falla frágil vertical del muro (Horna, 2015).

En relación con la resistencia al corte diagonal, su predicción es más compleja, ya que depende de la resolución de un problema elástico bidimensional en materiales heterogéneos. A pesar de esta complejidad, en la práctica es común utilizar modelos simplificados basados en materiales isotrópicos, especialmente cuando la falla se localiza en las juntas. Estas teorías, aunque no representan plenamente la

heterogeneidad de la albañilería, resultan útiles para realizar análisis comparativos y cualitativos del comportamiento estructural (Gallegos y Casabone, 2005).

En muros sometidos a fuerzas horizontales, como las de un sismo, y en ausencia de presiones normales en las juntas, los esfuerzos en el centro del panel pueden estimarse mediante las siguientes expresiones: (Gallegos y Casabone, 2005)

$$\text{Tracción} \quad \sigma_1 = \sigma_2 = 0.519 P/bL \quad (1)$$

$$\text{Compresión} \quad \sigma_{II} = \sigma_y = 1.683 P/bL \quad (2)$$

$$\text{Corte máximo} \quad \tau_{max} = 1.101 P/bL \quad (3)$$

Donde: σ_1, σ_2 Esfuerzos normales principales de tracción actuantes en el plano del murete de albañilería en MPa, σ_{II}, σ_y Esfuerzos normales principales de compresión, asociados al eje vertical del elemento de albañilería en MPa, P carga aplicada durante el ensayo en N, b ancho efectivo del murete o sección resistente de la albañilería en mm, L longitud efectiva del murete o distancia entre ejes de aplicación de carga en mm, τ_{max} Esfuerzo cortante máximo desarrollado en el elemento de albañilería, considerando la interacción entre esfuerzos normales y cortantes en MPa.

Cuando se aplican fuerzas de compresión vertical adicionales (por ejemplo, por cargas gravitatorias), las expresiones se modifican incorporando el término σ_c , que representa dicha presión: (Gallegos y Casabone, 2005)

Esfuerzos en el eje horizontal y vertical:

$$\sigma_x = 0.519 PbL - \sigma_c/2 \quad (4)$$

$$\sigma_y = 1.683 PbL - \sigma_c/2 \quad (5)$$

Donde: σ_x , esfuerzo normal actuante en la dirección horizontal (eje x) del elemento de albañilería, en MPa; σ_y , esfuerzo normal actuante en la dirección vertical (eje y) del elemento de albañilería, considerando el efecto combinado de la carga aplicada y la

compresión adicional, en MPa; σ_c , esfuerzo de compresión vertical adicional, producido por cargas gravitatorias o por carga axial aplicada sobre el murete, en MPa.

Esfuerzo cortante máximo:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{1}{2} \sqrt{[4,849(P/bL)^2 + \sigma_c^2]} \quad (6)$$

Donde: τ_{max} , esfuerzo cortante máximo desarrollado en el elemento de albañilería, considerando la interacción entre esfuerzos normales y cortantes, en MPa; P, carga aplicada durante el ensayo, en N; b, ancho efectivo del murete o sección resistente de la albañilería, en mm; L, longitud efectiva del murete o distancia entre ejes de aplicación de carga, en mm.

Los esfuerzos principales se generan en un plano inclinado respecto al eje X, con un ángulo ϕ determinado por: (Gallegos y Casabone, 2005)

$$\phi = \frac{1}{2} \arctan\left(\frac{\sigma_c}{2,202} \frac{bL}{P}\right) \quad (7)$$

Donde: ϕ Ángulo de inclinación del plano de falla respecto al eje horizontal X, en el cual se generan los esfuerzos principales en radianes, P carga aplicada durante el ensayo en N, b ancho efectivo del murete o sección resistente de la albañilería en mm, L longitud efectiva del murete o distancia entre ejes de aplicación de carga en mm.

Finalmente, los valores principales de esfuerzo con:

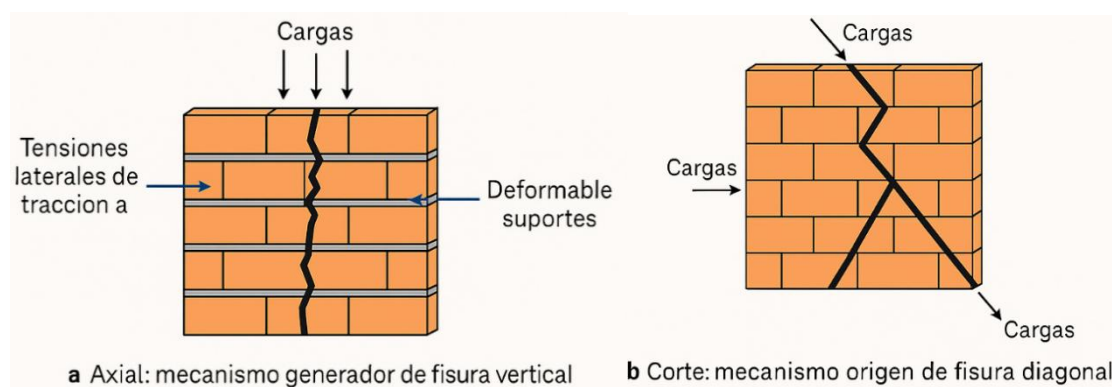
$$\sigma_1 = -0.582 \frac{P}{bL} - \frac{\sigma_c}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{[4.849(P/bL)^2 + \sigma_c^2]} \quad (8)$$

$$\sigma_{II} = -0.582 \frac{P}{bL} - \frac{\sigma_c}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{[4.849(P/bL)^2 + \sigma_c^2]} \quad (9)$$

Donde: P, carga aplicada durante el ensayo en N; b, ancho efectivo del murete o sección resistente de la albañilería en mm; L, longitud efectiva del murete o distancia entre ejes de aplicación de carga en mm.

Figura 2

Muros de albañilería simple después del ensayo de corte



Nota. Adaptado de (Gallegos y Casabone, 2005).

2.2.3. Requisitos estructurales mínimos para edificaciones con muros de albañilería armada o confinada

En el diseño estructural de edificaciones que emplean muros de albañilería portante (armada o confinada), es fundamental cumplir con ciertos parámetros normativos que garanticen la estabilidad, la resistencia sísmica y la seguridad de la construcción. Estos requisitos están establecidos en la Norma Técnica Peruana E.070 “Albañilería” y se detallan a continuación: (MVCS, 2006)

2.2.3.1. Espesor efectivo

El espesor efectivo de los muros portantes debe guardar una relación adecuada con su altura libre (h) entre elementos estructurales horizontales (como vigas o losas), según la zona sísmica en la que se ubique la edificación: (MVCS, 2006)

$$t \geq \frac{h}{20}, \text{ para zonas sísmicas 2 y 3} \quad (10)$$

$$t \geq \frac{h}{25}, \text{ para la zona sísmica 1} \quad (11)$$

Donde: h es la altura libre entre elementos horizontales, t es el espesor efectivo.

Este criterio busca evitar esbelteces excesivas que puedan comprometer la estabilidad del muro frente a cargas laterales como las producidas por sismos.

2.2.3.2.Esfuerzo axial máximo

El esfuerzo axial que actúa sobre un muro portante debe limitarse para evitar la falla por compresión concentrada. Se determina mediante la siguiente expresión: (MVCS, 2006)

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L_t} \leq 0.2f_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f_m \quad (12)$$

Donde: σ_m esfuerzo normal promedio de compresión axial actuante en el muro en kg/cm² (o ton/m²), P_m carga axial de servicio (o carga axial actuante) aplicada sobre el muro portante en kg o ton, t espesor del muro (ancho de la sección resistente) en cm o m, L longitud total del muro, f_m resistencia axial de albañilería en kg/cm² (o ton/m²), h altura efectiva del muro (altura libre o altura no arriostrada entre elementos que brindan restricción lateral, según la condición real de apoyo/arriostre) en cm o m.

Este límite busca prevenir el colapso de los muros sometidos a cargas verticales, garantizando un margen de seguridad frente a la esbeltez y la resistencia del material.

2.2.3.3.Estructuración en planta

Cualquier muro que soporte el 10% o más de la fuerza sísmica total en su dirección debe reforzarse obligatoriamente, especialmente en las zonas sísmicas 2 y 3. Esto asegura que los muros principales contribuyan de manera eficiente al sistema de resistencia sísmica del edificio (MVCS, 2006).

a) Densidad mínima de muros reforzados

Para garantizar una adecuada resistencia sísmica global, la densidad de muros reforzados en planta debe cumplir con la siguiente relación: (MVCS, 2006)

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum L_t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56} \quad (13)$$

Donde: Z, U, S, corresponden a los factores de zona sísmica dados en la norma E.030, Z factor de zonificación sísmica, U factor de uso, S factor de suelo, N número de pisos

del edificio, L la longitud total del muro en m, t el espesor del muro en m, L_t área de corte total de los muros reforzados en la dirección analizada (suma de área resistente en planta) en m^2 , A_p área de la planta típica en m^2 .

Este criterio asegura una distribución mínima de muros resistentes, adecuada al nivel de riesgo sísmico, al uso de la edificación y a las condiciones del suelo, y promueve el comportamiento estable de la estructura durante un evento sísmico (MVCS, 2006).

2.2.4. *Análisis y diseño estructural de muros de albañilería*

El diseño estructural de edificaciones con muros de albañilería portante debe garantizar el cumplimiento de los requisitos frente a cargas gravitacionales y acciones sísmicas. Este diseño considera tanto la resistencia del material como la interacción entre unidades de albañilería, mortero, y elementos de refuerzo y confinamiento de acuerdo con la norma E.070 “Albañilería” y se detallan a continuación: (MVCS, 2006)

2.2.4.1. Amenaza sísmica y fuerzas actuantes

En la evaluación sísmica se consideran dos tipos de eventos: (MVCS, 2006)

- Sismo severo: emplea un coeficiente de reducción sísmica $R=3$, que representa el nivel máximo de sollicitación esperada.
- Sismo moderado: considerado el 50% del sismo severo; se utiliza principalmente para el control de la fisuración y el diseño de refuerzos.

2.2.4.2. Propiedades derivadas del material

Para las propiedades derivadas, como el módulo de elasticidad (E_m) y módulo de corte (G_m) se determina por: (MVCS, 2006)

- Para unidades de arcilla: $E_m = 500 f'_m$
- Para unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad: $G_m = 0.4 E_m$

2.2.4.3. Diseño de muros de albañilería frente a corte y agrietamiento diagonal

a) Control de fisuración

Se verifica que la fuerza cortante inducida por el sismo moderado V_e no supere el valor admisible: (MVCS, 2006)

$$V_e \leq 0.55V_m = \text{Fuerza cortante admisible} \quad (14)$$

Donde: V_e fuerza cortante producida por el sismo moderado en el muro de análisis en ton, V_m fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal en el ensayo en ton.

b) Resistencia al agrietamiento diagonal

$$\text{Unidades de concreto: } V_m = 0.5V'_m \times \alpha \times t \times L + 0.23P_g \quad (15)$$

Donde: V_m fuerza cortante correspondiente al agrietamiento diagonal del muro en ton, v'_m resistencia característica a corte de albañilería en ton/ m², α factor adimensional que considera la condición del muro, t espesor efectivo del muro en m, L longitud total efectiva del muro en m, P_g carga gravitacional de servicio con sobrecarga reducida en ton.

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \times L}{M_e} \leq 1 \quad (16)$$

Donde: α : factor adimensional que relaciona la participación relativa de corte y flexión en la respuesta del muro (sirve para ajustar la capacidad a fisuración/corte según el predominio del mecanismo), V_e fuerza cortante del muro obtenida en el análisis estático en ton, L longitud efectiva del muro de flexión en m, M_e momento flector del muro obtenido en el análisis estático en ton.m.

c) Verificación de la resistencia al corte del edificio

$$\sum V_{mi} \geq V_{EI} \quad (17)$$

Donde: V_{mi} sumatoria de resistencias al corte de los muros resistentes del entrepiso i (capacidad total a corte del nivel) en ton, V_{EI} fuerza cortante actuante en el entrepiso i del edificio producido por el sismo severo en ton, i índice del nivel o entrepiso evaluado.

2.2.4.4.Diseño estructural de muros y confinamientos

a) Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

$$Vu > Vm \rightarrow \text{reforzamiento} \quad (18)$$

Donde: V_u , fuerza cortante última demandada en el muro (demanda de diseño), en ton;
 V_m , resistencia a corte de la albañilería (capacidad del muro sin refuerzo horizontal), asociada al agrietamiento diagonal, en ton.

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L t} > 0.05 f_m \rightarrow \text{reforzamiento} \quad (19)$$

Donde: σ_m esfuerzo normal promedio de compresión en el muro en ton/ m², P_m carga axial de servicio sobre el muro en ton, L longitud efectiva del muro en m, t espesor del muro en m, f_m resistencia a compresión axial especificada de la albañilería en ton/ m².

$$\text{Cuantía del acero} = \rho = \frac{A_s}{s \times t} \geq 0.001 \quad (20)$$

Donde: ρ cuantía geométrica del refuerzo horizontal en el muro, A_s área total de acero del refuerzo horizontal dispuesta dentro del espaciamiento considerado en m², s separación vertical entre refuerzos horizontales en m, t espesor del muro en m.

2.2.4.5.Diseño de los elementos de confinamiento de los muros del primer piso y de los muros agrietados de pisos superiores

Diseño de las columnas de confinamiento

Las fuerzas internas en columnas confinantes se calculan considerando la distribución de cortantes, tracción y compresión, con expresiones como: (MVCS, 2006)

Fuerza cortante interna en columna

$$V_{ci} = \frac{V_{m1} \times L_m}{L(N_c + 1)} \quad (21)$$

Donde: V_{ci} fuerza cortante interna que se asigna a cada columna confinante (por reparto del cortante del paño) en ton, V_{m1} fuerza cortante resistente/demandada del paño de muro del primer piso (según tu notación “m1”) en ton, L_m longitud del paño mayor en

m, L longitud total del muro o del conjunto de paños en la dirección considerada en m,
Nc número de columnas de confinamiento dispuestas en el paño considerado.

Fuerza tracción interna en columna

$$Tci = Vm1 \times \frac{h}{L} - Pc \quad (22)$$

Donde: Tci, fuerza axial interna de tracción en la columna confinante, en ton; h, altura del primer piso (altura del entrepiso considerado), en m; Pc, sumatoria de cargas gravitacionales (carga axial total asociada al paño/columna, según reparto adoptado), en ton.

Fuerza compresión interna en columna

$$Cci = Pc + \frac{Vm1 \times h}{2L} \quad (23)$$

Donde: Cci fuerza axial interna de compresión en la columna confinante.

Fuerza cortante externa en columna

$$Vce = 1.5 \times \frac{Vm1 \times Lm}{L(Nc+1)} \quad (24)$$

Donde: Vce fuerza cortante externa (amplificada) para diseño de la columna confinante en ton.

Fuerza tracción externa en columna

$$Tce = F - Pc \quad (25)$$

Donde: Tce, fuerza axial externa de tracción en la columna confinante, en ton; F, fuerza axial obtenida del mecanismo momento–palanca (definida en las Ecuaciones 27–28), en ton.

Fuerza compresión externa en columna

$$Cce = Pc + F \quad (26)$$

Donde: Cce es la fuerza axial externa de compresión en la columna confinante, en ton.

$$M = Mui - \frac{1}{2} Vm1 \times h \quad (27)$$

Donde: M, momento resultante asociado al paño para estimar fuerzas axiales en columnas confinantes, en ton.m; Mui, momento último/demandado en el paño o nivel i (según tu notación), en ton.m.

$$F = \frac{M}{L} = \text{fuerza axial en columnas} \quad (28)$$

Donde: F fuerza axial equivalente que se asigna a columnas confinantes a partir del momento en ton, M momento resultante en ton.m, L longitud total asociada al brazo de palanca del mecanismo resistente en m.

a) Diseño por compresión

$$A_n = A_s + \frac{\frac{c}{\phi} - A_s \times f_y}{0.85 \times \delta \times f_c} \quad (29)$$

Donde: An área del núcleo confinado (área efectiva de concreto que participa en compresión del elemento de confinamiento) en cm², As área total de acero longitudinal de la columna confinante en cm², δ factor adimensional asociado a condición de confinamiento/arriostre del elemento, fy esfuerzo de fluencia del acero longitudinal en (kg/cm²), f'c resistencia a compresión del concreto (de diseño o especificada, según tu capítulo) en (kg/cm²), φ: factor de reducción de resistencia, λ: factor adimensional por condiciones del concreto, φ es 0.70 a 0.75, δ es 0.80 para columnas sin muros transversales y 1 para columnas confinadas por muros transversales.

b) Diseño por corte fricción (Vc)

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.2 f_c \times \phi} \geq A_c \geq 15t, \text{ donde } \phi = 0.85 \quad (30)$$

Donde: Acf área requerida por corte-fricción en cm², Vc fuerza cortante de diseño actuante (cortante asignado a la columna confinante) en Kg, f'c resistencia a compresión del concreto en Kg/ cm², φ factor de reducción de resistencia (0.85), Ac área bruta de concreto de la columna confinante (sección transversal) en cm², t espesor del muro o dimensión asociada al confinamiento en cm.

c) Determinación del refuerzo vertical

$$Asf = \frac{Vc}{fy \times u \times \phi} \quad (31)$$

Donde: Asf área de acero vertical requerida por corte/fricción en cm², Vc fuerza cortante de diseño en Kg, fy fluencia del acero en kg/cm², u coeficiente adimensional asociado a condición de juntas, ϕ : factor de reducción.

$$Ast = \frac{T}{fy \times \phi} \quad (32)$$

Donde: Ast, área de acero requerida por tracción en cm²; T, fuerza axial de tracción de diseño en la columna en kg; fy, resistencia a flexión en kg/cm².

$$As = Asf + Ast \geq \frac{0.1fcAc}{fy} \text{ (mínimo } 4\phi 8 \text{ mm)} \quad (33)$$

Donde: As área total de acero longitudinal provista en cm², Ac área bruta de concreto de la columna en cm², el factor de reducción de resistencia ϕ es 0.85, u es 0.80 para juntas sin tratamiento y 1 para juntas con tratamiento.

d) Determinación de los estribos de confinamiento

$$S1 = \frac{Av \times fy}{0.30tn \times fc \times \left(\frac{Ac}{An} - 1\right)} \quad (34)$$

$$S2 = \frac{Av \times fy}{0.12tn \times fc} \quad (35)$$

$$S3 = \frac{d}{4} \geq 5 \text{ cm} \quad (36)$$

$$S4 = 10 \text{ cm} \quad (37)$$

Donde: S1, S2, S3 y S4: espaciamientos máximos permisibles/ espaciamiento de estribos en mm, Av: área total de las ramas del estribo paralelas a la dirección considerada (suma de áreas de ramas efectivas por estribo) en cm², fy: fluencia del acero del estribo en kg/cm², tn: espesor del núcleo confinado en cm, f_c : resistencia a compresión en kg/cm², Ac: área bruta de concreto de la sección en cm², An: área del núcleo confinado en cm², d: peralte/dimensión mayor de la columna en cm.

2.2.4.6. Diseño de los pisos superiores no agrietados

$$F = \frac{Mu}{L} \quad (38)$$

Donde: F: fuerza axial equivalente de diseño en columnas de confinamiento en kg, Mu: momento último de diseño en kg.cm, L: brazo/longitud asociada al mecanismo en cm.

$$T = F - Pc > 0 \quad (39)$$

Donde: T: fuerza axial de tracción de diseño en kg, Pc carga gravitacional de servicio asignada en .

$$As = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0.1 f_c \times Ac}{f_y} \text{ (mínimo } 4\phi 8 \text{ mm)} \quad (40)$$

Donde: el factor de reducción de resistencia ϕ es 0.90.

$$C = Pc + F \quad (41)$$

Donde: C fuerza axial de compresión de diseño en la columna en kg, Pc carga gravitacional de servicio asignada en kg.

$$An = As + \frac{\frac{C}{\phi} - As \times f_y}{0.85 \times \delta \times f_c} \quad (42)$$

Donde: An el área del núcleo correspondiente a las columnas extremas de confinamiento, C resistencia a compresión de diseño, Ac área de concreto, ϕ es 0.70 a 0.75, δ es 0.80 para columnas sin muros transversales y 1 con muros transversales.

$$Ts = Vu \times \frac{Lm}{2L} \quad (43)$$

Donde: Ts: fuerza de tracción para diseño de soleras en kg, Vu: cortante último de diseño actuante en el nivel/paño en kg, Lm: longitud del paño mayor en cm, L: longitud total asociada en cm.

$$As = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0.1 f_c \times Ac}{f_y} \text{ (mínimo } 4\phi 8 \text{ mm)} \quad (44)$$

Donde: As: área de acero requerida para soleras / refuerzo asociado en cm², Ts fuerza a tracción con la que se diseña las soleras, ϕ es 0.90.

2.2.5. Modelo de albañilería estructural (*Masonry Structural Model*)

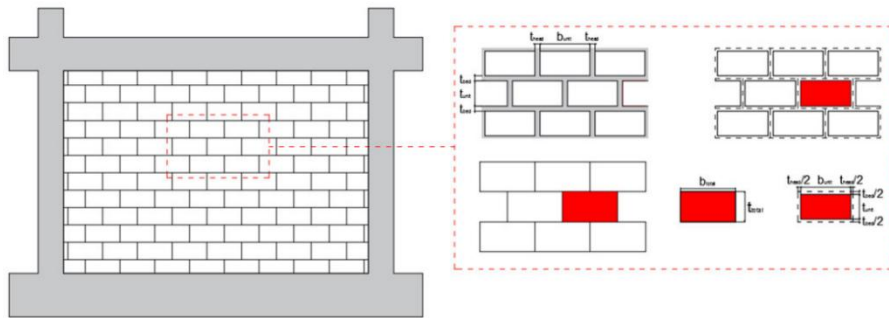
Desde el punto de vista computacional, los modelos de albañilería han sido incorporados a programas de análisis estructural como ETABS, SAP2000 y DIANA para representar los muros de albañilería como elementos tipo “shell” o muros equivalentes con propiedades homogeneizadas. En particular, en ETABS se puede utilizar el método de equivalent frame, que modela los muros como elementos de barra con rigideces asignadas, lo que permite el análisis modal espectral y estático lineal, así como el análisis no lineal de Pushover. Esta representación ha demostrado ser efectiva en edificaciones de albañilería confinada o armada, típicas de zonas sísmicas (Meli, 1994).

El modelo estructural de albañilería se fundamenta en la teoría del continuo homogéneo, pero incorpora ajustes necesarios para capturar el comportamiento anisotrópico y frágil del material. La resistencia de los muros depende no solo de las propiedades de las unidades y del mortero, sino también de la calidad de la adherencia en las juntas, el confinamiento proporcionado por elementos de refuerzo, y la relación de aspecto del muro (San Bartolomé et al., 2020). En este sentido, los parámetros críticos que se consideran en el modelamiento incluyen: el módulo de elasticidad (E_m), el módulo de corte (G_m), la resistencia a la compresión axial (f'_m), la resistencia al corte diagonal (v'_m), y las propiedades de agrietamiento.

El uso de estos modelos permite verificar la viabilidad estructural. A través de simulaciones estructurales, se puede validar si dichos bloques cumplen con los requisitos de resistencia establecidos en normas como la E.070, y si su comportamiento ante sismos es aceptable. Asimismo, el modelo permite identificar puntos críticos de concentración de esfuerzos, zonas susceptibles a agrietamiento y fallas potenciales, (Gallegos y Casabone, 2005).

Figura 3

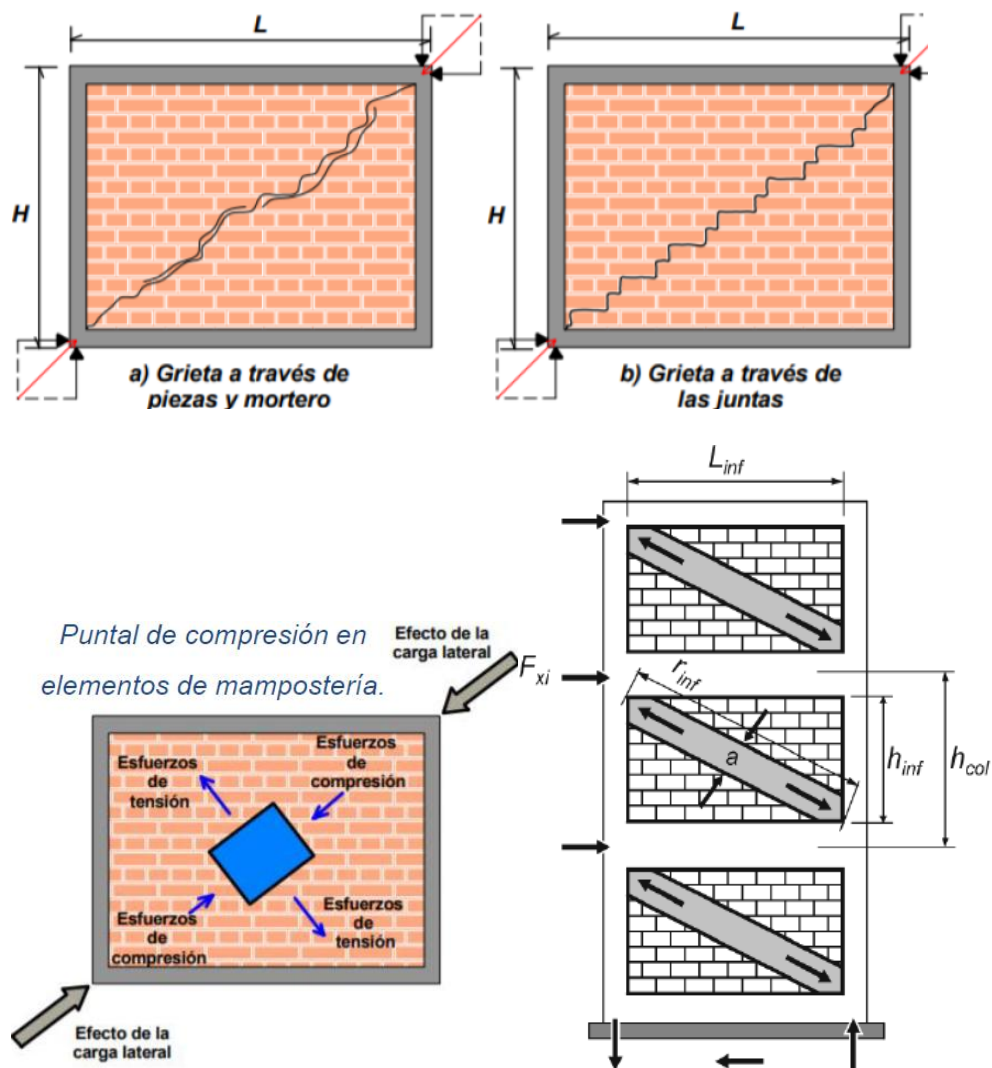
Muro de albañilería y su enfoque de modelado de la resistencia



Nota. (Bouarroudj y Boaudaoud, 2022).

Figura 4

Falla por tensión diagonal (a y b) y modelo matemático general



Nota. (Mart Engineers, 2020).

2.2.6. Modelamiento por pórtico equivalente: piers, spandrels y zonas rígidas

En muros portantes o de corte con vanos (puertas/ventanas), una aproximación utilizada en ingeniería es la idealización por pórtico equivalente (Equivalent Frame, EF), en la que el muro se discretiza en paneles verticales resistentes (piers) y elementos horizontales de acople (spandrels), unidos mediante nodos rígidos que representan porciones de mampostería con deformación reducida (Pulatsu et al., 2023).

En el enfoque EF, la pared se reemplaza por un sistema de elementos que concentran la deformabilidad en los piers y spandrels, mientras que las zonas rígidas (o brazos rígidos/rigid links) conectan dichos elementos y transmiten acciones internas entre ellos (Jiménez-Pacheco et al., 2021).

2.2.6.1. Implicancia práctica del “brazo rígido” en software de análisis.

El uso de longitudes rígidas en los nudos y extremos de los elementos es una técnica para aproximar la rigidez local de las zonas de unión y evitar una sobreestimación o subestimación de las deformaciones y los esfuerzos al idealizar los nudos como puntos sin dimensiones. Las elecciones de rigideces de offsets/panel zones afectan directamente a las derivas y los momentos, y recomienda no adoptar rigideces totalmente rígidas, sino factores representativos según el sistema (Trully, 2019).

2.2.6.2. Verificación por esfuerzo máximo de compresión en los piers y zonas críticas.

El control del aplastamiento por compresión en las zonas donde se concentran esfuerzos, bordes comprimidos de piers sometidos a flexocompresión, extremos de spandrels, regiones próximas a apoyos y encuentros, y zonas donde se forman rótulas por daño en mecanismos dominantes en su plano, es importante para garantizar la validez del modelo. En modelos equivalentes, el control de compresión máxima se interpreta como la necesidad de verificar que la tensión demandada no exceda la capacidad asociada (f'_m) y los límites normativos adoptados (Berg y Neal, 1997).

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Unidad de albañilería

La unidad de albañilería es el elemento básico utilizado en la construcción de muros, paredes y estructuras y suele representarse mediante ladrillos de arcilla cocida o bloques de concreto. Los ladrillos, elaborados a partir de arcilla y sometidos a cocción, destacan por su resistencia al fuego y su capacidad de aislamiento térmico. En contraste, los bloques de concreto son unidades prefabricadas de mayor tamaño, fabricadas con una mezcla de cemento, arena y agregados, que permiten una construcción más rápida debido a su volumen y resistencia estructural (Averardo, 2009).

Figura 5

Unidad de albañilería: ladrillo de arcilla cocida y bloque de concreto



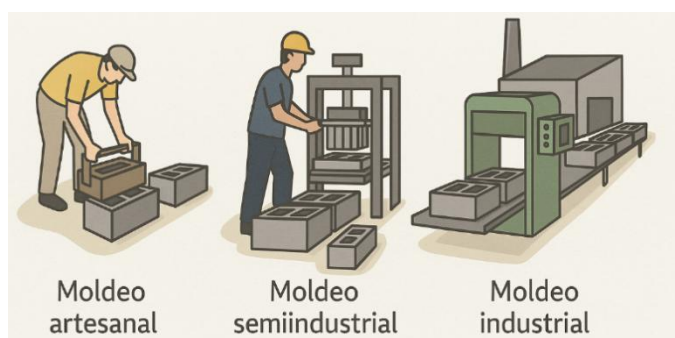
Nota. Adaptado de (Averardo, 2009).

2.3.2. Bloques de concreto

El bloque de concreto para albañilería es un elemento prefabricado utilizado en la construcción de muros y otras estructuras, elaborado a partir de la mezcla de cemento, agua y agregados finos o gruesos. Entre sus principales ventajas se encuentran la rapidez en la producción, la uniformidad dimensional, la resistencia, el bajo desperdicio de materiales, el reducido uso de mortero, así como su capacidad para proporcionar un buen aislamiento térmico y acústico (Medina, 2022).

Figura 6

Tipo de bloque según su proceso de fabricación



Nota. Adaptado de (Zanabria y Infantes, 2024).

Figura 7

Tipos de bloques de concreto según la NTP 399.601



Nota. Adaptado de la NTP 399.601 (INACAL, 2016).

2.3.3. Bloques huecos de concreto artesanales

Son unidades prefabricadas utilizadas en la construcción de muros, elaboradas con una mezcla de cemento, arena, agua y agregados, mediante técnicas manuales con moldes. Su forma hueca reduce el peso y facilita el transporte, además de permitir el paso de instalaciones. Aunque son económicos y versátiles, pueden presentar variaciones en las dimensiones y la resistencia, por lo que es indispensable realizar controles de calidad y cumplir con las normativas (Pardo, 2023).

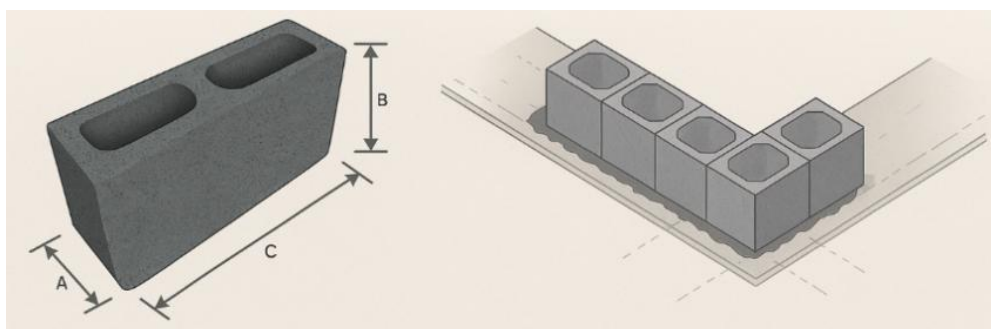
De acuerdo con la Norma E.070 (MVCS, 2006), una unidad se considera hueca cuando el porcentaje de vacíos supera el 30% de su área bruta; es decir, debe ser menor al 70%. Asimismo, la denominación de bloque se utiliza porque su manipulación

requiere ambas manos e involucra al concreto como componente principal. En el caso de los bloques artesanales, su proceso de fabricación es rudimentario; se elaboran mediante moldeado manual o con máquinas semimecanizadas.

En la presente investigación se mantiene la expresión “bloques huecos artesanales de concreto” porque corresponde a la denominación comercial utilizada por el productor local y por los usuarios que adquieren estas unidades en Cruz Conga. Esta identificación no implica, por sí misma, el cumplimiento de una clasificación geométrica normativa. La condición técnica de la unidad fue evaluada de manera independiente mediante el porcentaje de vacíos determinado experimentalmente; por ello, la denominación comercial del producto se mantiene en el documento, mientras que su clasificación y posible uso se interpretan según los resultados obtenidos y los criterios normativos aplicables.

Figura 8

Bloques huecos artesanales de concreto



Nota. Adaptado de (Pardo, 2023).

2.3.4. Componentes para la producción de bloques de concreto

Son los materiales fundamentales utilizados en la elaboración de bloques de concreto, cuya dosificación y calidad adecuadas determinan las propiedades físicas y mecánicas del producto final. Estos componentes incluyen: cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (confitillo) y agua, y sus cantidades se pueden determinar mediante el diseño de mezclas o de forma empírica (Medina, 2022).

Figura 9

Componentes para la producción de bloques de concreto



Nota. (Medina, 2022).

Cemento. Es un material aglutinante de origen industrial, obtenido mediante la molienda del clínker, que se produce por la calcinación a altas temperaturas de una mezcla dosificada de caliza, sílice y alúmina. Este material, al combinarse con agua, desarrolla propiedades adhesivas que lo hacen fundamental en la fabricación de concretos y morteros (Medina, 2022).

Arena. La arena es una sustancia seca que varía en tamaño de 0.20 a 5 mm, producto de una disgregación de la roca. Es un agregado de grano fino que puede provenir de cerros, ríos o depósitos de plantas químicas industriales por lo que puede ser propio o fabricado, clasificándose en medida de su volumen en fino, mediano y grueso (Medina, 2022).

Tabla 1

Huso granulométrico del agregado fino de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas

Abertura (mm)	Tamiz	Para mortero, norma E.070		Para concreto, NTP 400.037	
		L. inferior	L. superior	L. inferior	L. superior
12.75	1/2"	100	100	100	100
9.500	3/8"	100	100	100.00	100.00
4.750	N°4	100	100	95.00	100.00
2.360	N°8	95	100	80.00	100.00
1.180	N°16	70	100	50.00	85.00
0.600	N°30	40	75	25.00	60.00
0.300	N°50	10	35	5.00	30.00
0.150	N°100	2	15	0.00	10.00
0.074	N°200	0	2	0.00	0.00

Nota. NTP 400.037 (INACAL, 2021) y norma E.070 (MVCS, 2006).

Agua. El agua utilizada en la elaboración del concreto no debe contener sustancias orgánicas ni inorgánicas que alteren sus propiedades. En ese sentido, la NTP 339.088 (INACAL, 2021) establece los límites permitidos para las características del agua empleada tanto en la mezcla como en el curado del concreto.

Confitillo. Este material se obtiene del proceso de trituración mecánica de rocas y se emplea comúnmente en la elaboración del concreto (Medina, 2022).

Tabla 2

Granulometría del confitillo

Abertura (mm)	Tamiz	Para mortero, norma E.070		Para concreto, NTP 400.037	
		L. inferior	L. superior	L. inferior	L. superior
12.75	½	100	100	100	100
9.5	3/8"	85	100	90	100
4.75	N° 4	10	30	20	55
2.36	N° 8	0	10	5	30
1.18	N° 16	0	5	0	10
0.30	N° 50	0	0	0	5

Nota. Norma E.070 (MVCS, 2006).

2.3.5. *Propiedades físicas de los agregados*

Características intrínsecas que determinan su comportamiento en la mezcla de concreto. Estas propiedades influyen directamente en la trabajabilidad y la resistencia del producto final. Entre las más relevantes están: (Benavidez, 2023)

Granulometría (NTP 400.012, INACAL, 2021). Esto se realiza mediante un cribado para determinar la distribución del tamaño de las partículas en suspensión. El agregado pasa gradualmente a través de una serie de tamices desde orificios grandes hasta pequeños.

Módulo de finura (NTP 400.012, INACAL, 2021). El MF debe estar entre 2.3 y 3.10, valor por el cual se puede juzgar el grosor o la delgadez de un material, definido como una centésima parte del porcentaje de acumulación restante en los siguientes tamices utilizados en el análisis de granulometría: N°: 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", ¾", 1 ½".

$$MF = \frac{\sum \%ret.acum.tamices (N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100)}{100} \quad (45)$$

Donde: MF módulo de finura, y se presenta la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°: 100, 50, 30, 16, 8, 4 3/8", 3/4", 1 1/2".

Porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (NTP 400.018, INACAL, 2020). Cualquier fragmento de agregado y arcillas solubles en agua, se separarán o eliminarán del agregado durante esta prueba, para hallar la porción exacta del material que se cierna a través de un tamiz de 75 µm (No. 200).

$$A = \frac{(P1-P2)}{P1} \times 100 \quad (46)$$

Donde: A% material que pasa tamiz de 75 µm (#200), P1 peso seco del agregado natural, P2 peso seco del agregado luego de la prueba.

Contenido de humedad (NTP 339.185, INACAL, 2021). Contiene la humedad en la superficie del agregado y la humedad adjunta en los poros del agregado.

$$W\% = \frac{(PH-PS)}{PS} \times 100 \quad (47)$$

En el que, W humedad (%), PH masa húmeda, PS masa seca.

Absorción (NTP 400.022, INACAL, 2022). Aumento en el compuesto de partículas producido por el agua que ingresa a los orificios de las partículas.

$$Absorción (\%) = 100 \times \frac{(S-A)}{A} \quad (48)$$

Donde: A peso de modelo seco, S peso de modelo seco saturado en gramos.

Peso específico (NTP 400.022, INACAL, 2022). Es la correspondencia con la consistencia del agregado fino y la consistencia del agua a un grado determinado.

$$Peso\ específico = \frac{A}{B+S-C} \quad (49)$$

Donde: A peso del modelo seco, B peso del vaso de precipitados repleto de agua hasta el punto de calibración, S peso de la muestra saturada superficialmente seca, C masa del vaso de precipitados lleno con la muestra de calibración.

Peso unitario (NTP 400.017, INACAL, 2020). Este es el peso de las partículas incluido sus vacíos, es útil para convertir peso a volumen y viceversa.

- **Peso unitario suelto.** El peso volumétrico (masa) por unidad de masa total.
- **Peso unitario compactado:** Masa de la muestra compactada y su volumen.

$$M = \frac{G-T}{V} \quad (50)$$

$$M = (G - T) \times F \quad (51)$$

En el cual, M consistencia de masa del agregado, T masa del contenedor, V volumen del contenedor, F factor de la medida.

2.3.6. *Propiedades físico-mecánicas en unidad de los bloques de concreto*

Las propiedades físico-mecánicas en unidad hacen referencia a las características individuales de cada bloque evaluado de forma aislada, sin estar incorporado a la albañilería. Estas propiedades permiten determinar la calidad, la uniformidad dimensional y el comportamiento frente a cargas del bloque. Entre las principales propiedades físicas se consideran: (Guevara, 2023)

Área. Es la superficie del segmento o del espécimen (Guevara, 2023).

$$A_n = L \times a \quad (52)$$

Donde: el área neta (A_n) es igual a la longitud media del segmento de la unidad (L) por el ancho medio del segmento de la unidad (a).

$$A_b = L \times a \quad (53)$$

Donde: el área bruta (A_b) es igual a la longitud (L) media de la unidad por el ancho medio de la unidad (a).

Porcentaje de vacíos. Es la proporción de la suma del área neta de las celdas con el área bruta de la unidad (Pardo, 2023).

$$\%vacíos = \frac{A_n}{A_b} \times 100 \quad (54)$$

Donde: A_n área neta de las celdas, A_b área bruta de la unidad.

Figura 10

Determinación del porcentaje de vacíos en una unidad de albañilería



Nota. Adaptado de (Pardo, 2023).

Variación dimensional. Medida de los lados del ladrillo, para luego determinar un promedio de todas las medidas diferenciando con la estándar (Guevara, 2023).

$$\text{Variación dimensional } \% = \frac{ME - MP}{ME} \times 100 \quad (55)$$

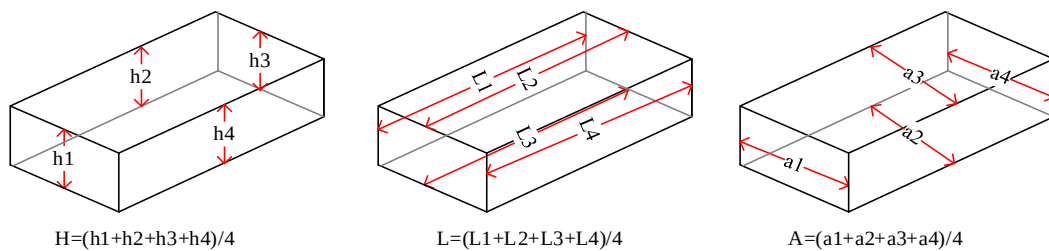
Donde: ME medida dada por el fabricante, MP medida promedio.

$$V\% = \frac{\sigma}{x} \times 100 \quad (56)$$

Donde: V% porcentaje de variación, σ desviación estándar, x media de dimensión.

Figura 11

Formas de variación dimensional en ladrillos



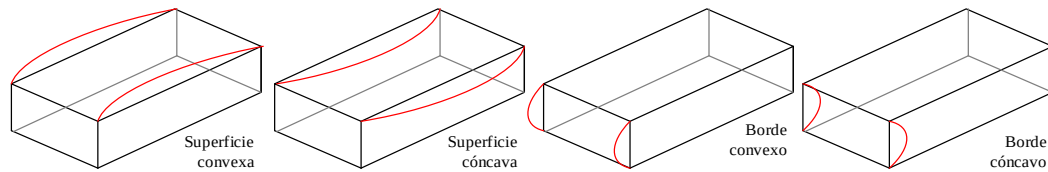
Nota. (Guevara, 2023).

Alabeo. El alabeo es una alteración geométrica que se presenta en los elementos de albañilería, como los bloques de concreto, cuando sus caras planas se curvan hacia adentro (cóncavo) o hacia afuera (convexo) (Guevara, 2023).

$$\text{Alabeo} = \frac{\text{Concavidad promedio} + \text{convexidad promedio}}{2} \quad (57)$$

Figura 12

Formas de alabeo en bloques de concreto



Nota. (Guevara, 2023).

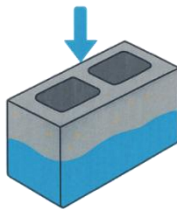
Absorción. Es la capacidad que tiene una unidad de albañilería para retener agua en su estructura porosa cuando ha sido completamente sumergida hasta alcanzar su estado de saturación (Guevara, 2023).

$$\%Ab = \frac{Ws - Wd}{Ws - Wi} \times 100 \quad (58)$$

Donde: %Ab porcentaje de absorción, Ws peso saturado de la unidad, Wd peso seco al horno de la unidad, Wi peso sumergido de la unidad.

Figura 13

Absorción de la unidad de albañilería



Nota. Adaptado de (Guevara, 2023).

Densidad. Según la NTP 399.604 (INACAL, 2015), representa la masa por unidad de volumen de la unidad de albañilería, asimismo, tiene implicancia con la manejabilidad de la unidad de albañilería en obra.

$$Densidad = \frac{Wd}{Ws - Wi} \times 100 \quad (59)$$

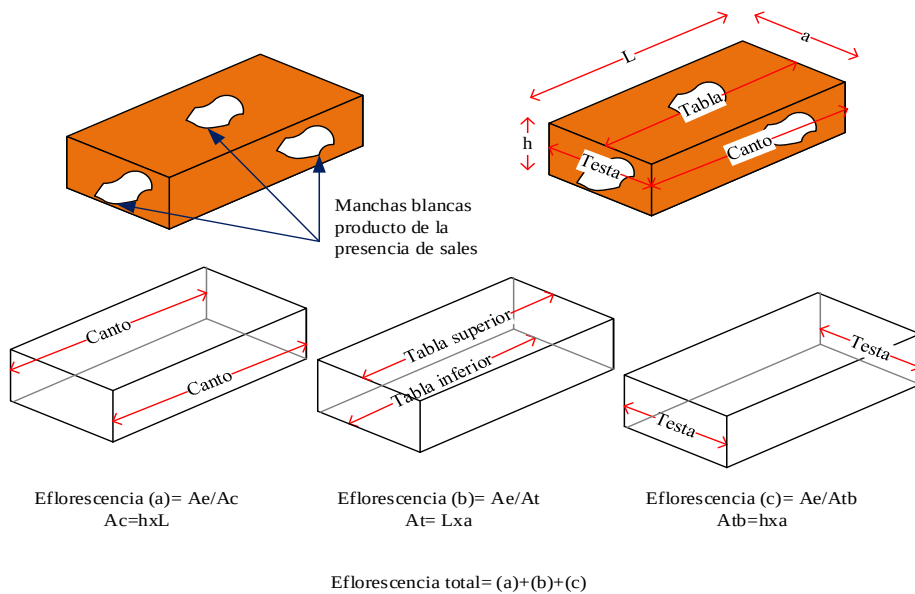
Donde: Wd peso seco al horno de la unidad, Ws peso saturado de la unidad, Wi peso sumergido de la unidad.

Eflorescencia. Es un fenómeno superficial que ocurre cuando las sales solubles presentes en los materiales de construcción, como el cemento o los agregados, migran a la superficie del bloque a través de la humedad. Una vez que el agua se evapora, estas sales cristalizan y forman depósitos blanquecinos visibles (Guevara, 2023).

$$Eflorescencia = \sum \frac{\text{Área eflorescente}}{\text{Área general de la unidad}} \times 100 \quad (60)$$

Figura 14

Eflorescencia en unidades de albañilería



Nota. Se evalúan los indicios de eflorescencia en las diferentes caras de la unidad de albañilería: cara superior e inferior, testa derecha e izquierda, y canto derecho e izquierdo (Guevara, 2023).

Resistencia a la compresión (f'_b). Es la medida de la carga que puede resistir una unidad de albañilería según el área bruta; puede variar dependiendo del tipo de bloque de concreto utilizado y de su composición. Los bloques de concreto para albañilería estructural suelen tener resistencia a la compresión que oscila entre 5 MPa (50.98 kg/cmm²) y 20 MPa (203.94 kg/cm²), mientras que para albañilería no estructural la resistencia a compresión suele ser igual a 2 MPa (20.39 kg/cm²), sin embargo, es importante tener en cuenta que esta resistencia puede variar según las normativas y estándares locales, así como las especificaciones del fabricante (Medina, 2022).

$$f_b = \frac{P_m}{A_b} \quad (61)$$

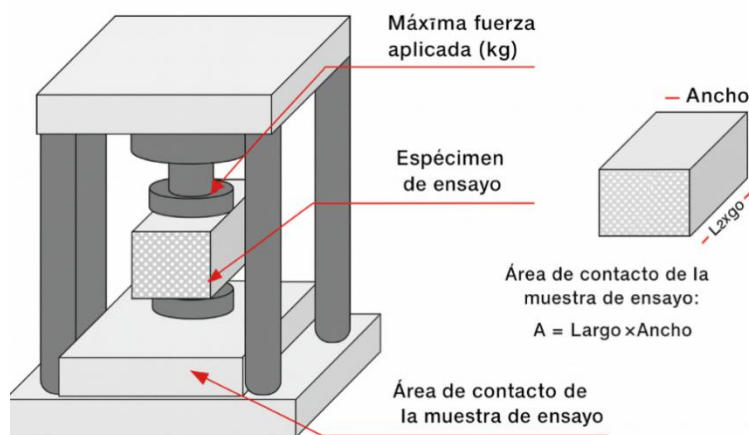
Donde: f_b resistencia a compresión de la unidad, P_m carga máxima de rotura, A_b área bruta de la unidad.

$$f'_b = f_b - \sigma \quad (62)$$

Donde: f'_b resistencia a compresión axial, f_b resistencia a compresión promedio de tres unidades, σ desviación estándar.

Figura 15

Resistencia a compresión en unidades de albañilería



Nota. (Medina, 2022).

Módulo de elasticidad (E_m). El módulo de elasticidad de la albañilería (E_m) es el parámetro que representa la rigidez del material frente a esfuerzos normales, y expresa la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación unitaria longitudinal dentro del rango elástico (López y Ushiña, 2017).

- Para unidades de arcilla: $E_m = 500 \times f_m$
- Para unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 \times f_m$

Módulo de corte (G_m). Es el parámetro que mide la rigidez del material frente a esfuerzos cortantes, relacionando el esfuerzo cortante con la deformación angular en el régimen elástico. En muros de albañilería, el G_m gobierna la deformación por corte, lo cual es especialmente relevante en muros bajos o con vanos (López y Ushiña, 2017).

- Para todo tipo de unidad: $Gm = 0.4Em$

2.3.7. Mortero

El mortero es una mezcla de aglutinante (cemento de silicato y/u otros materiales cementosos), árido (árido fino o arena) y agua, que produce una mezcla de unión trabajable en la que el árido no se deslaminan y puede contener aditivos (San Bartolomé Á., 2005). El mortero es una mezcla pastosa que se utiliza en la construcción para unir distintos elementos de albañilería. Además de su función de adhesión, el mortero puede actuar como nivelador y rellenar las juntas entre los elementos de construcción (Gamarra y Meza, 2018). El mortero se utiliza para el asentado de unidades de albañilería y para unir las diferentes unidades, como ladrillos, bloques o piedras, durante la construcción de muros, tabiques, fachadas, entre otros; pero es en la edificación y en las estructuras portantes donde el rendimiento del mortero es tan importante como la resistencia y la calidad de la mampostería (Sánchez de Guzmán, 2001).

Tabla 3

Tipos de morteros y sus componentes

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a ¼	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	4 a 5	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Nota. (a) Es posible emplear otras combinaciones de mortero, siempre que los ensayos realizados demuestren resistencias iguales o superiores a las establecidas. (b) Se permitirá el uso de mortero sin cal, respetando las proporciones especificadas de cemento y arena (MVCS, 2006).

Tabla 4

Requisitos del mortero de cemento

Tipo		S	N	O
Resistencia a compresión a los 28 días	Kg/cm ²	126.445	53.025	24.473
	Mpa	12.4	5.2	2.4

Nota. NTP 399.610 (INACAL, 2018).

2.3.8. Albañilería

La albañilería es uno de los sistemas constructivos más comunes para la construcción de muros en edificaciones. Este sistema se basa en la colocación de unidades o elementos sólidos, como ladrillos, bloques de concreto u otros materiales similares, en una disposición vertical y regular, unidos entre sí con mortero. La albañilería puede emplearse tanto en muros portantes, que tienen la función de soportar las cargas verticales y horizontales de la estructura, como en muros divisorios, que se utilizan para separar espacios internos o para fines de aislamiento acústico (Gallegos y Casabone, 2005).

Albañilería portante. Es un sistema constructivo en el que los muros cumplen funciones estructurales, soportando cargas verticales y horizontales. Se construyen con unidades de alta resistencia, reforzadas con elementos estructurales como columnas o vigas, y presentan mayor espesor y robustez (Gallegos y Casabone, 2005).

Albañilería no portante. Se emplea en muros divisorios que no soportan cargas estructurales. Está formada por unidades más livianas y delgadas, adecuadas para separar espacios interiores sin requerir gran resistencia (Gallegos y Casabone, 2005).

Figura 16

Tipos de albañilería: portante y no portante



Nota. Adaptado de (Gallegos y Casabone, 2005).

2.3.9. *Propiedades mecánicas en albañilería*

Características que definen el comportamiento estructural de una unidad de albañilería o conjunto de ellas frente a diferentes tipos de esfuerzos, tales como tracción, compresión y corte. Estas propiedades permiten evaluar la capacidad de carga y el desempeño estructural de los muros construidos con bloques (Choque y Ticona, 2024).

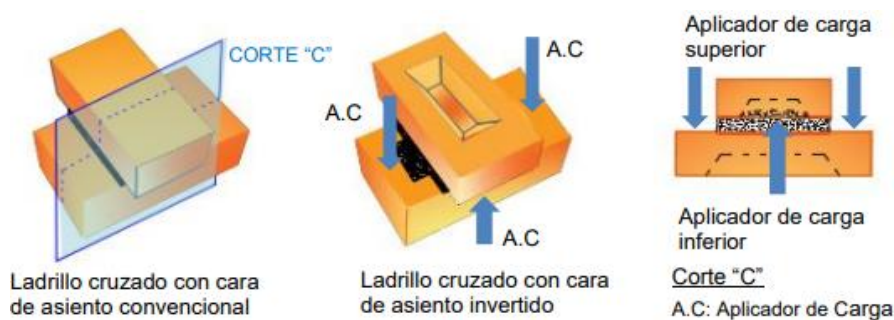
Adherencia en cruces de mampostería. Es la capacidad de resistencia que ofrece la unión entre la unidad de albañilería (bloque o ladrillo) y el mortero cuando se somete a una fuerza de tracción perpendicular a la superficie de contacto. Este ensayo mide la eficacia del enlace entre los materiales en los cruces de juntas horizontales y verticales (Sánchez de Guzmán, 2001).

$$f_{bt} = \frac{P}{A} \quad (63)$$

Donde: fbt resistencia a la adherencia por tracción, P carga máxima de rotura aplicada en el ensayo, A área neta de contacto entre el mortero y la unidad de albañilería.

Figura 17

Ensayo por adherencia en cruces de mampostería



Nota. (Mamani C. D., 2018).

Resistencia a la compresión axial en pilas. Es la capacidad de un conjunto vertical de unidades de albañilería (pila) unidas con mortero, para soportar cargas de compresión aplicadas en dirección axial (de arriba hacia abajo). Este ensayo simula el comportamiento de los muros frente a cargas verticales (Benavidez, 2023).

$$f_m = \frac{P \times F_c}{A} \quad (64)$$

Donde: f_m resistencia a compresión axial en pilas, P carga máxima resistida por la pila, A área bruta de contacto, F_c factor de corrección por edad y esbeltez.

$$f'_m = f_m - \sigma \quad (65)$$

Donde: f'_m resistencia a compresión axial de tres pilas, f_m resistencia a compresión axial promedio, σ desviación estándar.

Figura 18

Prismas para ensayo de resistencia a compresión axial



Nota. NTP 399.605 (INACAL, 2018).

Resistencia al corte diagonal en muretes. Corresponde a la capacidad de una pequeña muestra de muro (murete) de resistir fuerzas diagonales que inducen esfuerzos combinados de tracción y compresión, simulando condiciones de carga sísmica o de viento. Este ensayo evalúa la integridad del conjunto unidad–mortero y la respuesta de la mampostería ante acciones laterales (Cabrera, 2018).

$$V_m = \frac{W \times F_{\text{edad}}}{A_{\text{diag}}} \quad (66)$$

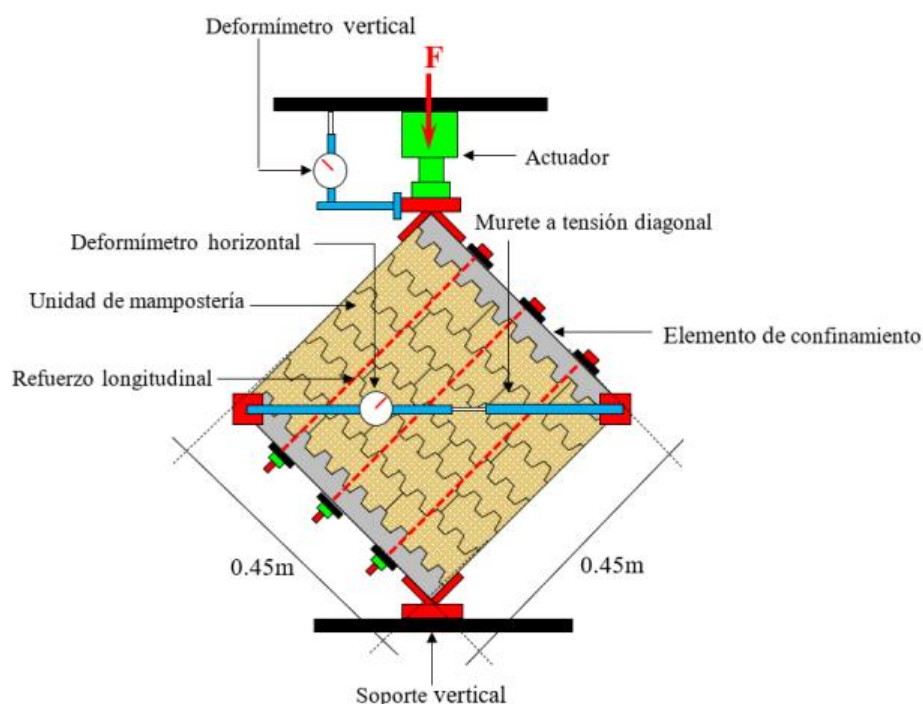
Donde: V_m resistencia a compresión diagonal del murete, F_{edad} factor de corrección por edad, A_{diag} Área diagonal del murete.

$$V'_m = V_m - \sigma \quad (67)$$

Donde: V'_m resistencia al corte diagonal de tres muretes, V_m resistencia al corte diagonal promedio, σ desviación estándar.

Figura 19

Ensayo de resistencia al corte diagonal



Nota. (Chanchi et al., 2019).

Tabla 5

Factores de corrección para albañilería por edad

		14 días	21 días
Muretes	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos y bloques de concreto	1.10	1.00

Nota. Norma E.070 (MVCS, 2006).

2.3.10. Requisitos técnicos de los bloques de concreto

Los bloques de concreto deben cumplir con criterios técnicos que aseguren su resistencia y funcionalidad estructural, conforme a las normativas vigentes. Según la norma E.070 (MVCS, 2006), los bloques se clasifican en: bloques portantes (P) y no portantes (NP), diferenciados por sus límites de variación dimensional, alabeo, resistencia a compresión y absorción. Por otro lado, la NTP 399.601 (INACAL, 2016) clasifica los bloques según su resistencia a compresión en cinco tipos (24, 17, 14, 10 y 5). Finalmente, para evaluar el comportamiento estructural en obra, la norma E.070

también establece valores de referencia para la resistencia a compresión de pilas y la resistencia al corte en muretes. Estas especificaciones técnicas permiten verificar la idoneidad de los bloques para su uso en sistemas constructivos de albañilería portante o no portante.

Tabla 6

Requisitos para bloques de concreto de acuerdo a la Norma E.070

Clase	Variación dimensional (%)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia a compresión f ^b		Absorción (%)
	Hasta 100mm	Hasta 150 mm	Hasta de 150 mm		MPa	Kg/cm ²	
Bloque P ⁽¹⁾	±4	±3	±2	4	4.9	50	12
Bloque NP ⁽²⁾	±7	±6	±4	8	2.0	20	15

Nota. (1) Bloque para muros portantes, (2) Bloque para muros no portantes. Tomado de la norma E.070, (MVCS, 2006).

Tabla 7

Requisitos para bloques de concreto de acuerdo a la NTP 399.601

Tipo	Resistencia de 3 bloques		Resistencia a compresión unitaria		Absorción (%)
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	
24	24	244.73	21	214.14	8
17	17	173.35	14	142.76	10
14	14	142.76	10	101.97	12
10	10	101.97	8	81.58	12
5	5	50.99	4.9	49.97	12

Nota. NTP 399.601 (INACAL, 2016).

Tabla 8

Resistencia a compresión en pilas y muretes de albañilería

Materia prima	Denominación	Unidad f ^b		Pilas f ^m		Muretes v ^m	
		MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
Arcilla	Artesanal	5.4	55	3.4	35	0.5	5.1
		4.9	50	7.3	74	0.8	8.6
		6.4	65	8.3	85	0.9	9.2
		7.4	75	9.3	95	1.0	9.7
		8.3	85	11.8	120	1.1	10.9

Nota. Norma E.070, (MVCS, 2006).

2.3.11. Viabilidad para el uso de bloques de concreto como albañilería

El bloque de concreto es una unidad de albañilería ampliamente utilizada por su bajo costo, su facilidad de producción y su buen desempeño. En contextos rurales y de autoconstrucción, como en diversas localidades andinas del Perú, estos bloques suelen fabricarse artesanalmente, lo que genera dudas sobre su calidad. Sin embargo, si cumplen con las normas técnicas, pueden constituir una alternativa viable tanto técnica como económica (García y Morales, 2020).

La viabilidad de su uso se refiere a la posibilidad técnica, estructural y económica de emplear bloques de concreto en muros y estructuras de albañilería. Esta evaluación implica verificar que los bloques cumplan con los requisitos establecidos por las normas técnicas (como resistencia a la compresión, absorción, estabilidad dimensional, entre otros), analizar su comportamiento en estructuras reales mediante modelamiento y pruebas, y, finalmente, contrastar sus costos de producción y construcción frente a otras alternativas (García y Morales, 2020).

2.3.11.1. Viabilidad técnica.

Es la evaluación del cumplimiento de las características mínimas que deben poseer los bloques de concreto para su uso en sistemas de albañilería, de acuerdo con las normativas técnicas vigentes. Incluye la verificación mediante ensayos de laboratorio y pruebas estructurales en elementos como pilas o muretes. Además, contempla el análisis estructural mediante software de modelado, que permite simular el comportamiento de los muros construidos con estos bloques bajo cargas reales, especialmente sísmicas, para determinar su desempeño (García y Morales, 2020).

a) Verificación del cumplimiento de las propiedades físicas y mecánicas en unidad y albañilería.

La normativa técnica peruana, como la NTP 399.601 (INACAL, 2016) y la Norma E.070 (MVCS, 2006), establece que los bloques portantes deben tener una resistencia mínima a la compresión de 50 kg/cm² y una absorción máxima del 12%. Diversos estudios han demostrado que bloques fabricados artesanalmente pueden alcanzar estos valores cuando se controlan adecuadamente las proporciones de mezcla, el proceso de curado y la compactación. Asimismo, las propiedades mecánicas en albañilería son fundamentales para determinar la capacidad estructural de los muros contruidos con estos bloques (Zanabria y Infantes, 2024).

b) Verificación de su uso estructural mediante modelamiento.

Para evaluar la viabilidad estructural del uso de bloques de concreto en edificaciones reales, es necesario realizar simulaciones numéricas que consideren las propiedades mecánicas de los materiales. El modelamiento en software estructural, como ETABS, permite verificar el cumplimiento de la normativa sísmica (Mathios y Cotrina, 2021). Según Mamani J. P. (2024), al simular edificaciones de un nivel contruidas con bloques de concreto artesanales, se obtuvo un desempeño adecuado ante cargas gravitacionales y sísmicas, validando así su uso estructural en viviendas de bajo costo.

2.3.11.2. Viabilidad económica.

Es el análisis de costos que permite determinar si la producción y uso de bloques de concreto resultan rentables en comparación con otras alternativas constructivas. Este análisis considera el precio unitario de adquisición del bloque, los costos de materiales, mano de obra, maquinaria y transporte, así como el costo total por metro cuadrado de

muro construido. También se toma en cuenta el rendimiento en obra (cantidad de bloques colocados por día) y el ahorro en mortero u otros insumos (Medina, 2022).

a) Costo de adquisición de un bloque de concreto.

El costo de adquisición es un factor importante en proyectos de vivienda social, se refiere al precio comercial por el cual se puede adquirir una unidad de albañilería (Medina, 2022).

b) Costo de construcción de 1 m² de muro de albañilería.

Considerando los rendimientos de mano de obra y el consumo de materiales reportados por CAPECO, el costo de construcción de 1 m² de muro con bloques huecos artesanales puede ser competitivo frente al de muros de ladrillo tradicional. La menor cantidad de juntas, el ahorro de mortero y el menor tiempo de colocación favorecen el uso de bloques, especialmente cuando se cuenta con producción local, lo que reduce los costos de transporte (Medina, 2022).

CAPÍTULO III:

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

La indagación se enmarca en el enfoque cuantitativo (Vega-Malagón et al., 2014). Esto se debe a que su objetivo principal es medir y examinar las distintas propiedades físicas y mecánicas de los bloques de concreto, así como determinar su aplicabilidad en la construcción.

Además, se clasifica como de tipo aplicado, ya que utiliza los resultados de los ensayos de laboratorio para determinar la viabilidad de los bloques de concreto artesanales en la albañilería. De esta manera, se pretende aportar de manera práctica al campo de la albañilería, evaluando la factibilidad de emplear este tipo de bloques en obras reales.

Por último, es de nivel descriptivo. Esto se debe a que se enfoca principalmente en describir y analizar las propiedades de los bloques de concreto y en cómo pueden aplicarse en la práctica de la construcción. Mediante esta descripción detallada, se busca proporcionar información precisa y relevante sobre el uso de estos bloques en la albañilería.

Es un diseño no experimental de corte transversal porque tiene como objetivo evaluar las propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto en un momento específico, sin manipular la variable independiente.

En un diseño no experimental de corte transversal, se recopila información en un único momento, sin aplicar intervenciones ni tratamientos a los participantes ni a las unidades de análisis (Álvarez-Risco, 2020). En este caso, los investigadores simplemente evalúan las propiedades de los bloques de concreto en su estado actual,

sin realizar cambios ni modificaciones en su fabricación ni en su uso, para determinar su viabilidad como material de construcción en la albañilería.

El esquema del diseño se puede representar por la ecuación:

$$M \leftarrow O \quad (68)$$

Donde M es la muestra, O es la observación.

Tabla 9

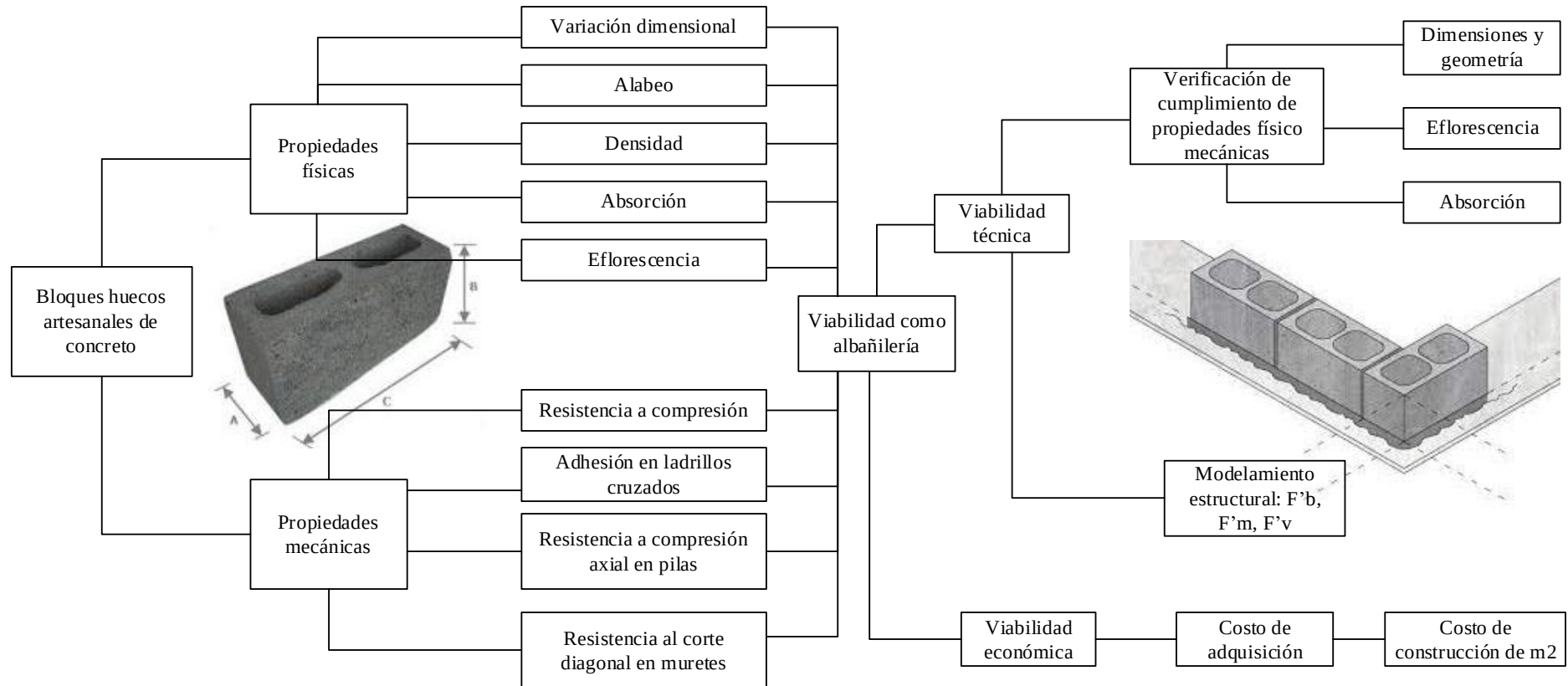
Tipo de investigación según los principales criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	aplicada
Diseño de la prueba	No experimental
Enfoque metodológico	Cuantitativa
Temporalidad	Transversal (sincrónica),
Objetivos	descriptiva
Contexto donde ocurre	laboratorio, campo
Fuente de datos	Primaria

Nota. (Grajales, 2000).

Figura 20

Esquema del diseño de investigación



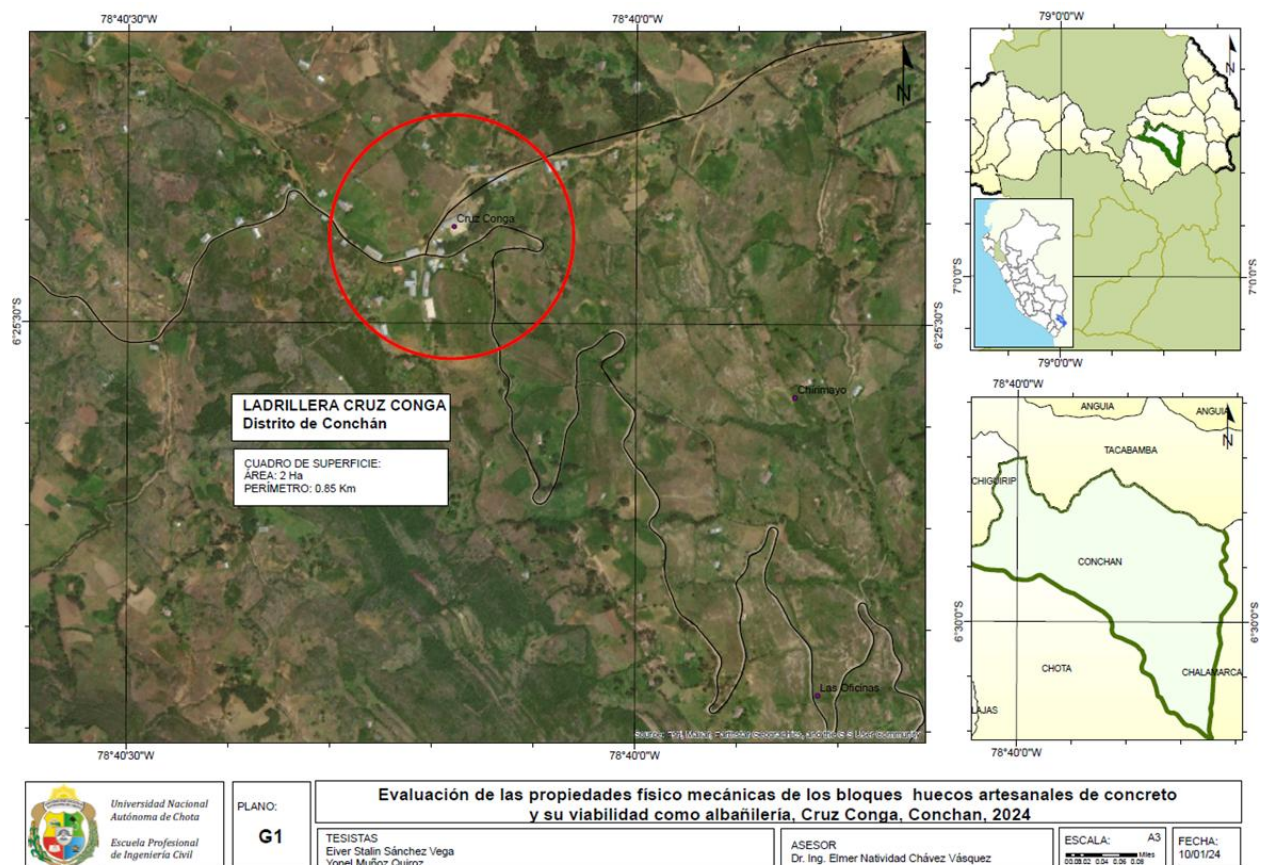
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

La ladrillera Cruz Conga está ubicada en la comunidad de Cruz Conga, distrito de Conchán, provincia de Chota en las coordenadas UTM WGS84 17S 757736.92 m E, 9289381.85 m S, a 2633 m.s.n.m.

Figura 21

Ubicación geográfica de la ladrillera de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán



3.2.2. Población

La población de estudio está conformada por todos los bloques huecos artesanales de concreto tipo liso producidos y comercializados por la ladrillera Cruz Conga.

3.2.3. Muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2 de la NTP 399.604 (INACAL, 2015), donde se indica que, para lotes de hasta 10 000 unidades, se deben seleccionar al menos seis (6) bloques para la ejecución de los ensayos de compresión, absorción y peso unitario o densidad. Este requisito se interpretó como una cantidad mínima fija para el lote evaluado y no como una proporción de seis unidades por cada 1 000 bloques. Para los demás ensayos se mantuvieron seis repeticiones por propiedad, conforme al diseño de la investigación y a las normas técnicas aplicables.

3.2.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por 81 bloques artesanales de concreto tipo liso, de $40 \times 12 \times 18$ cm, procedentes de la ladrillera Cruz Conga. De este total, 42 bloques se destinaron a los ensayos físico-mecánicos en unidad, correspondientes a seis bloques diferentes para cada una de las siete determinaciones realizadas: variación dimensional, alabeo, peso específico, absorción, eflorescencia, porcentaje de vacíos y resistencia a la compresión. Los 39 bloques restantes se emplearon para la construcción de especímenes de albañilería.

Para los ensayos de albañilería se utilizaron 12 bloques en seis probetas cruzadas de dos unidades, 9 bloques en tres pilas de tres unidades y 18 bloques en tres muretes de seis unidades. En consecuencia, la muestra quedó constituida por 42 bloques para ensayos en unidad y 39 para ensayos en albañilería, lo que suma un total de 81 bloques. La codificación M1–M6 se reinició en cada tipo de ensayo y representó el orden de las seis repeticiones; por ello, la repetición de estos códigos en las tablas no significó que los mismos seis bloques fueran reutilizados en todas las propiedades.

Tabla 10

Número de bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga para ensayos en unidad

Ensayo	N° de repeticiones (ensayos)	Unidades por ensayo (bloques/espécimen)	N° total de bloques de concreto
Ensayos en unidad			
Variación dimensional	06	01	06
Alabeo	06	01	06
Peso específico	06	01	06
Absorción	06	01	06
Eflorescencia	06	01	06
Porcentaje de vacíos	06	01	06
Resistencia a la compresión en unidad a los 28 días	06	01	06
Total de ensayos en unidad	42		42

Nota. Para cada una de las siete propiedades se evaluaron seis bloques distintos, lo que sumó un total de 42 unidades. Los códigos M1–M6 representaron el orden de repetición en cada ensayo, y su numeración se reinició para cada propiedad. Por tanto, no identificaron seis bloques reutilizados en ningún ensayo.

Tabla 11

Número de bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga para ensayos en albañilería

Ensayo	N° de repeticiones (ensayos)	Unidades por ensayo (bloques/espécimen)	N° total de bloques de concreto
Adherencia por tracción indirecta	06	02	12
Compresión axial en pilas	03	03	09
Corte diagonal en muretes	03	06	18
Total			39

Nota. En los ensayos en albañilería, cada repetición corresponde a un espécimen compuesto (pila o murete) construido con varias unidades, por lo que el total de bloques empleados se calculó como: (repeticiones) × (unidades por espécimen). Los números mínimos de repeticiones y la configuración de los especímenes se adoptaron según los criterios establecidos en la Norma E.070 y las NTP aplicables para ensayos en unidades y en albañilería.

3.2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis está constituida por el bloque hueco artesanal de concreto tipo liso, fabricado y comercializado por la ladrillera Cruz Conga, distrito de Conchán, provincia de Chota. Dichas unidades fueron analizadas tanto de manera individual (ensayos en unidad) como integradas en elementos de albañilería (pilas y muretes), a fin de evaluar sus propiedades físicas y mecánicas y su comportamiento estructural al conformar sistemas de albañilería. En consecuencia, la unidad de análisis comprende el bloque hueco de concreto como elemento constructivo básico y como parte integrante del conjunto estructural de albañilería, conforme a los criterios establecidos en la Norma E.070 y en las Normas Técnicas Peruanas aplicables.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Observación del proceso de fabricación. Esta técnica consistió en observar directamente el proceso artesanal de fabricación de bloques huecos en la planta de Cruz Conga, registrando de forma sistemática las etapas de acopio de agregados, mezcla, moldeo, curado y almacenamiento. Se utilizó el cuaderno de campo para tomar notas detalladas sobre los materiales, las proporciones, las herramientas y los tiempos del proceso productivo.

Revisión documental. Consiste en la consulta de fuentes bibliográficas y normativas pertinentes. En este caso, se revisaron las Normas Técnicas Peruanas (como la NTP 399.601 y la NTP 399.604), los manuales de diseño, los procedimientos estandarizados y los artículos técnicos relacionados con los bloques de concreto.

Ensayos de laboratorio. Se aplicó esta técnica para evaluar las propiedades físico-mecánicas de los agregados y de los bloques de concreto, tanto en la unidad como en el conjunto (albañilería). Los ensayos incluyeron:

- Ensayos en agregados: granulometría, humedad, módulo de finura, peso específico, absorción.
- Diseño de mezcla: dosificaciones según ACI 211.1 para $f'_c = 50 \text{ kg/cm}^2$.
- Ensayos en bloques en unidad: resistencia a la compresión, alabeo, absorción, porcentaje de vacíos, eflorescencia, peso específico, variación dimensional.
- Ensayos en bloques en albañilería: tracción por adherencia, compresión axial en pilas y corte diagonal en muretes.

Modelamiento de una edificación con albañilería de bloques de concreto.

Con el objetivo de validar la viabilidad de los bloques, se diseñó y analizó en ETABS un modelo estructural de la edificación. Este modelo permitió simular el comportamiento sísmico de una vivienda construida con bloques artesanales, utilizando los resultados experimentales como parámetros de entrada.

Análisis de costos de producción de bloques de concreto. Técnica económica que permite estimar el costo real de fabricación de los bloques y de un m^2 de muro. Se analizaron los precios de materiales, mano de obra, rendimiento diario y se comparó con los costos de unidades comerciales como el ladrillo.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Cuaderno de campo. Herramienta manual utilizada para registrar de manera sistemática las observaciones de campo sobre el proceso artesanal de elaboración de bloques. Se anotaron los materiales utilizados, los métodos de mezcla, la secuencia de actividades, los tiempos de curado y las observaciones del entorno.

Normas técnicas peruanas. Conjunto de documentos normativos, como la NTP 399.601, la NTP 399.602 y la NTP 399.604, entre otras, que establecen criterios técnicos, procedimientos de ensayo y especificaciones que los bloques deben cumplir.

Formatos de laboratorio. Documentos estructurados para registrar los datos obtenidos en el laboratorio. Incluyen campos específicos para cada tipo de ensayo: dimensiones, pesos, resistencias, deformaciones, humedad, porcentaje de vacíos, entre otros.

Modelo de edificación en ETABS. Software de análisis estructural con el que se diseñó y se simuló una edificación construida con bloques huecos artesanales. Se ingresaron los parámetros físicos y mecánicos obtenidos experimentalmente para verificar el desempeño de los bloques en una edificación de albañilería bajo cargas estáticas y sísmicas. Permite verificar la respuesta estructural ante cargas, evaluar esfuerzos, deformaciones y rigidez, y validar la factibilidad del uso de bloques huecos artesanales en construcciones reales.

Formatos de análisis de costos. Para estimar el costo real de producir bloques en la planta de Cruz Conga, se emplearon formatos específicos como:

- ***Formato para el cálculo del costo de producción por bloque.*** Integra el consumo de materiales por unidad, el costo de insumos (cemento, arena, confitillo, agua), las horas de mano de obra y el uso de maquinaria, permitiendo obtener el costo real por bloque.
- ***Formato para calcular el número de bloques por metro cúbico de mezcla.*** Herramienta utilizada para calcular cuántos bloques se requieren para construir un metro cuadrado de muro, considerando las dimensiones del bloque, la presencia de juntas de mortero y el porcentaje de pérdidas.
- ***Formato de cálculo del costo unitario por m² de muro de albañilería,*** que permitió comparar económicamente el uso de bloques frente a ladrillos comerciales

Tabla 12*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Variable	Fuente	Técnica	Instrumento
VI		Observación	Cuaderno de campo
Propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto	Primario	Revisión documental	Registro documental
	Secundario		Formatos de ensayos de laboratorio
	Primario	Ensayos de laboratorio	Modelo en ETABS
VD	Primario /	Modelamiento de la edificación	Formatos de análisis de costos
Viabilidad como albañilería	secundario	Análisis de costos	

3.4. Hipótesis

Ho: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga no son viables como unidades de albañilería estructural, debido a que no cumplen, en forma independiente o conjunta, con: (i) el cumplimiento normativo físico-mecánico, (ii) la viabilidad técnica de desempeño estructural y/o (iii) la viabilidad económica respecto al costo por m² de muro.

H1: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga son viables como unidades de albañilería estructural, debido a que cumplen, de forma independiente o conjunta, con: (i) el cumplimiento normativo físico-mecánico, (ii) la viabilidad técnica en desempeño estructural y (iii) la viabilidad económica respecto al costo por m² de muro.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable independiente: *Propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto*

Las propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto hacen referencia a las características medibles que determinan el comportamiento del bloque como unidad constructiva. Estas incluyen aspectos físicos como la variación

dimensional, alabeo, porcentaje de vacíos, absorción, peso específico y eflorescencia; así como propiedades mecánicas tales como la resistencia a la compresión, adherencia a tracción, resistencia en pilas y al corte diagonal en muretes. Estas propiedades están reguladas por normas técnicas como la E.070 (MVCS, 2006) y la NTP 399.601 (INACAL, 2016).

3.5.2. Variable dependiente: Viabilidad como albañilería

La viabilidad como albañilería se refiere a la factibilidad técnica y económica del uso de los bloques huecos de concreto artesanales en la construcción de muros estructurales o no estructurales. Esta viabilidad se analiza en función de si los bloques cumplen los requisitos normativos establecidos y de si su uso constituye una alternativa eficiente. Se determinará mediante:

Viabilidad técnica: Se verifica el diseño del muro de albañilería y su desempeño estructural mediante un modelamiento en ETABS.

Viabilidad económica: Se calcula el costo unitario de producción de un bloque artesanal y el costo por m² de muro construido.

Cumplimiento normativo: Se evalúa si los bloques cumplen con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 399.601 y en la Norma E.070.

3.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 13

Matriz de operacionalización de variables en estudio

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Ítem
VI	Características y cualidades de los bloques huecos de concreto creados de manera artesanal, en términos de su estructura física y de su comportamiento mecánico.	Propiedades físicas de los bloques de concreto	Características intrínsecas de los bloques de concreto que se relacionan con su comportamiento físico	Variación dimensional	%
				Alabeo	mm
				Densidad	Kg/m ³
				Absorción	%
				Porcentaje de vacíos	%
				Eflorescencia	%
		Propiedades mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto	Características relacionadas con la respuesta mecánica de los bloques de concreto ante acciones externas, como la carga o la deformación.	Resistencia a compresión (F'b)	Kg/cm ²
				Adherencia por tracción directa en bloques cruzados	Kg/cm ²
				Resistencia a compresión axial en pilas (F'm)	Kg/cm ²
				Resistencia al corte diagonal en muretes (F'v)	Kg/cm ²
VD	Capacidad y adecuación de los bloques huecos artesanales de concreto para su uso como material de construcción en labores de albañilería.	Cumplimiento normativo	Se evalúa si los bloques satisfacen los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 399.601 y la Norma E.070	Dimensiones y geometría	mm
				Absorción	%
				F'b	Kg/cm ²
				F'm	Kg/cm ²
				F'v	Kg/cm ²
		Viabilidad técnica	Se verifica el diseño del muro de albañilería y su desempeño estructural mediante modelamiento con ETABS	Espesor efectivo de muro	cm
				Densidad de muros	%
				Derivas	mm
		Viabilidad económica	Se calcula el costo unitario de producción de un bloque artesanal y el costo por m ² de muro construido	Desplazamientos	mm
				Costo de adquisición del bloque	S/.
				Costo de uso por m ² de muro	S/.

3.6. Procedimientos de recolección de datos

3.6.1. *Visita a la fábrica de elaboración de bloques huecos artesanales de concreto*

Con el propósito de cumplir el segundo objetivo específico de la investigación, se realizó una visita técnica a la fábrica de bloques huecos artesanales de concreto ubicada en el centro poblado de Cruz Conga, distrito de Conchán. Esta actividad tuvo como finalidad observar in situ las condiciones del proceso de producción, identificar los materiales utilizados, documentar cada una de las etapas constructivas, y recopilar información técnica relevante que sirva de base para la caracterización del sistema artesanal empleado.

a) Equipos, materiales e instrumentos

- Equipo de protección personal
- Cámara fotográfica
- Libreta y bolígrafo para tomar notas
- Cinta métrica

b) Procedimiento

- Se coordinó previamente con los responsables de la fábrica para programar la visita del 15 de enero de 2025.
- Al inicio de la visita, el personal responsable brindó una introducción general, explicando la naturaleza artesanal del proceso de elaboración de los bloques, así como los recursos y materiales comúnmente empleados. Posteriormente, se realizó un recorrido guiado por las áreas de acopio de materiales, de mezclado, de moldeado, de curado y de almacenamiento, siguiendo estrictamente las indicaciones del supervisor.
- Durante el recorrido, se documentó detalladamente el proceso mediante la toma de fotografías, la anotación de observaciones en campo y la recolección de

mediciones relevantes de los bloques. Asimismo, se formularon preguntas al personal técnico y operario con el fin de aclarar aspectos específicos del proceso constructivo, los métodos de mezcla y de curado, así como la frecuencia de producción.

- Al finalizar la actividad, se agradeció al personal de la fábrica su colaboración y disponibilidad, y se estableció el compromiso de mantener el contacto para el envío de información complementaria, fichas técnicas u otros documentos útiles para la investigación.

Figura 22

Visita realizada a la fábrica de elaboración de bloques huecos artesanales de concreto

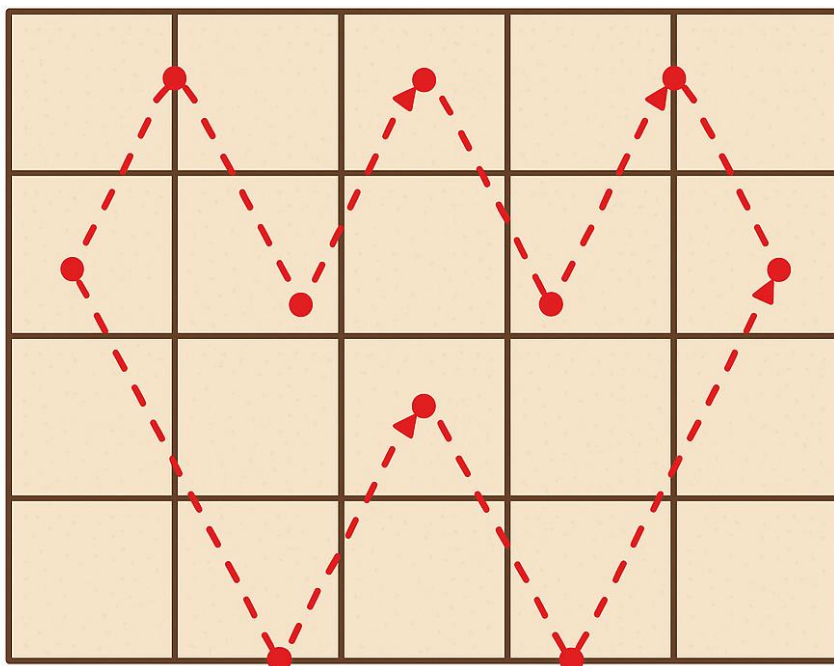


3.6.2. *Análisis de las materias primas que se utilizan en la producción de bloques artesanales huecos de concreto*

Con el fin de cumplir el primer objetivo específico de la investigación, se realizó la caracterización física de los agregados empleados en la elaboración de bloques huecos artesanales de concreto. Para ello, se recolectaron muestras representativas de arena y confitillo directamente de los acopios empleados en la fábrica. Las muestras fueron tomadas de diferentes zonas del lote de almacenamiento mediante un método de muestreo en zigzag, con el propósito de garantizar su representatividad y evitar sesgos en los resultados.

Figura 23

Representación del proceso de muestreo en zigzag de las materias primas



Nota. El muestreo en zigzag consistió en recolectar submuestras de arena y confitillo en distintos puntos estratégicos del acopio, siguiendo un recorrido en zigzag a lo largo de toda la superficie del material almacenado por el productor de bloques huecos artesanales de concreto. Este método permitió obtener una muestra compuesta representativa, reduciendo el sesgo asociado a la segregación del material y asegurando que las propiedades físicas evaluadas reflejaran adecuadamente las condiciones reales del lote.

Figura 24

Muestreo del confitillo en la fábrica de bloques artesanales de concreto



Figura 25

Muestreo de la arena en la fábrica de bloques artesanales de concreto



Las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio de mecánica de suelos y materiales de construcción de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNACH, donde se realizaron los ensayos normalizados según las Normas Técnicas Peruanas (NTP) con tres repeticiones. Los ensayos realizados fueron: NTP 339.185 (INACAL, 2021) ensayo de contenido de humedad, NTP 400.012 (INACAL, 2021) ensayo de granulometría, NTP 400.022 (INACAL, 2021) ensayo de peso específico y absorción, NTP 400.017 (INACAL, 2020) ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados finos.

a) NTP 339.185 (INACAL, 2021) Ensayo de contenido de humedad:

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Horno de secado con control de temperatura
- Balanza electrónica de precisión (± 0.01 g)
- Recipientes metálicos para muestras
- Espátula

Procedimiento:

- Se seleccionó una muestra representativa de arena o confitillo, según el caso, previamente pesada.
- La muestra fue colocada en un recipiente metálico y secada en horno a temperatura constante de 110°C durante mínimo 24 horas.
- Una vez seco, el material fue retirado del horno y se pesó nuevamente.

b) NTP 400.012 (INACAL, 2021) Ensayo de granulometría

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Juego de tamices normalizados (4.75 mm a 0.075 mm)
- Agitador mecánico de tamices
- Balanza electrónica de precisión

- Cepillo de cerdas suaves
- Recipientes para almacenaje

Procedimiento:

- Se tamizaron las muestras de arena y confitillo en seco, utilizando una serie de tamices con aperturas decrecientes, colocados de mayor a menor en una torre de tamizado.
 - Se pesó el material retenido en cada tamiz tras el tamizado.
 - Se determinaron el porcentaje retenido y el porcentaje que pasó por cada tamiz.
- Y con ello, se elaboró la curva granulométrica correspondiente.

c) NTP 400.022 (INACAL, 2021) Ensayo de peso específico y absorción

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Recipiente de inmersión
- Probeta de 500 ml
- Balanza digital de precisión
- Baño maría con control de temperatura (20 °C)
- Pisón normalizado
- Cronómetro
- Horno de secado
- Superficie no absorbente

Procedimiento:

- Se formó una muestra de arena o confitillo de aproximadamente 1000 g mediante cuarteo y se sumergió completamente en agua por 24 horas.
- Luego de este periodo, la muestra fue extraída y dispuesta sobre una superficie no absorbente para su presecado, utilizando una corriente de aire caliente hasta alcanzar una condición de “saturado con superficie seca” (SSD).

- Se introdujeron 500 g de la muestra SSD en una probeta con agua a 20 °C, completando hasta 500 ml y eliminando las burbujas por agitación.
- La probeta fue colocada en baño maría durante una hora para estabilizar la temperatura.
- Posteriormente, se pesó el conjunto (probeta + agua + agregado), determinándose la masa de agua desplazada.
- Con los datos obtenidos, se calcularon el peso específico aparente, el peso específico seco y la absorción del agregado fino.

d) NTP 400.017 (INACAL, 2020) Ensayo de peso unitario suelto y compactado a los agregados finos

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Recipiente cilíndrico normalizado de volumen conocido
- Balanza digital
- Pisón normalizado o martillo de compactación
- Regla metálica

Procedimiento:

- Se llenó el recipiente con arena o confitillo seco, vertido libremente y sin compactar, para determinar el peso unitario suelto, pesando el material y dividiendo el peso entre el volumen.
- Luego, se repitió el proceso, compactando la arena con golpes uniformes de un pisón hasta llenar completamente el recipiente. Se niveló la superficie con regla y se registró el peso total del material compactado.

Figura 26

Pesado de muestras para realizar ensayos al confitillo de Cruz Conga, Conchán



Figura 27

Pesado de muestras para realizar ensayos a la arena de Cruz Conga, Conchán



3.6.3. *Análisis de la(s) dosificaciones de preparación de bloques de concreto*

3.6.3.1. Dosificación utilizada por la ladrillera Cruz Conga $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$.

Con el propósito de verificar la coherencia técnica de la dosificación empleada por los productores de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, se identificó y se registró en campo la dosificación empírica real utilizada en la fabricación diaria. Esta actividad consistió en cuantificar las bolsas de cemento, baldes de arena, baldes de confitillo y agua empleados para preparar aproximadamente 1 m^3 de mezcla, así como el número estimado de bloques producidos con dicha proporción. Posteriormente, en gabinete, se realizó el diseño de mezcla mediante la metodología ACI 211.1 (2022) para la resistencia objetivo $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$, considerando las propiedades físico-mecánicas determinadas de los agregados (granulometría, peso específico, absorción, humedad y módulo de finura). Este contraste permitió comparar la dosificación empírica observada con la dosificación teórica obtenida mediante el método estándar.

a) Equipos, materiales e instrumentos utilizados

- Libreta de campo y lápiz técnico para la toma de datos.
- Recipientes plásticos (baldes de 18 L) para medir los volúmenes de agregados.
- Balanza digital y calculadora científica.
- Fichas de registro de dosificación empírica.
- Normas ACI 211.1 y NTP 399.602 (INACAL, 2018).
- Software Excel 2024 para cálculos de dosificación.

b) Procedimiento realizado

- Se observó en fábrica la preparación del concreto destinado a los bloques y se registraron las cantidades de cemento, arena, confitillo y agua por cada 1 m^3 de mezcla, así como el rendimiento estimado de los bloques.

- Se verificó que los agregados observados correspondieran a los mismos materiales previamente muestreados y ensayados en el laboratorio.
- En gabinete, se efectuó el diseño de mezcla según ACI 211.1, con $f'c = 50$ kg/cm², con base en los resultados de los ensayos de agregados.
- Se transformaron los volúmenes absolutos en proporciones prácticas (bolsas y baldes) para contrastarlas con la dosificación empírica registrada.

c) Pasos para el diseño de mezcla del concreto $f'c$ 50 kg/cm² utilizado en la fábrica de Cruz Conga, Conchán

El diseño de mezcla realizado sigue las pautas del ACI 211.1 (2022) utilizando para ello una hoja de cálculo en Microsoft Excel 2024, utilizando cemento Pacasmayo tipo I, agregado fino de la fábrica de Cruz Conga en Conchán, confitillo que se usa como agregado grueso de la fábrica de Cruz Conga en Conchán y agua potable no clorada del mismo lugar.

Selección de resistencia media ($f'cr$): Se determinaron los requisitos de resistencia a la compresión; es decir, se definió el $f'c$ de diseño en 50 kg/cm².

$$F'cr = F'c + 70 \text{ kg/cm}^2 \quad (69)$$

$$F'cr = 50 + 70 = 120 \text{ kg/cm}^2 \quad (70)$$

Donde: $F'cr$, resistencia media con factor de seguridad; $F'c$, resistencia esperada.

Elección del Slump: 1" a 2"

Determinación de las propiedades de los materiales: Se recolectaron y analizaron los datos de los materiales a utilizar en la mezcla, así como los resultados de los ensayos de los agregados (confitillo y arena), del cemento y del agua.

Selección del TMN de partícula de los áridos gruesos: 3/8"

$$\text{Para TMN } 3/8" \rightarrow \text{agua} = 207 \text{ lt/m}^3 \rightarrow 3\% \text{ aire} \quad (71)$$

Donde TMN es el tamaño máximo nominal.

Contenido de aire: 3%

Contenido de agua: 207 L/m³

Relación agua/cemento (A/C): 0.80

$$\text{Para } f'c \text{ } 120 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \frac{a}{c} = 0.80 \quad (72)$$

Tabla 14

Relación a/c de acuerdo a la resistencia

Resistencia a compresión a los 28 días (kg/cm ²)	a/c	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Nota. (ACI 211.1, 2022).

Cálculo del consumo de cemento: Se calculó la cantidad de cemento necesaria mediante la relación agua-cemento requerida y el contenido de agua, a fin de alcanzar la resistencia a la compresión especificada.

$$\frac{\text{Cantidad de agua}}{\text{Factor } C} = A/C \quad (73)$$

$$\frac{207}{\text{Factor } C} = 0.80 \quad (74)$$

$$\text{Factor } C = 6.09 \text{ bolsas/m}^3 \quad (75)$$

Peso del agregado grueso

$$\text{Peso A. G.} = \frac{b}{bo} \times \text{Peso PUC} \quad (76)$$

Entonces b/bo es la relación entre el MF de la arena y el TMN de la grava.

Tabla 15

Volumen de agregado grueso por volumen unitario del concreto

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso (cm ³) para MF de la arena		
	2.00	2.07	2.40
3/8"	0.54	b/bo=0.533	0.50

Nota. (ACI 211.1, 2022).

$$Peso A. G. = 0.533 \times 1469.29 \quad (77)$$

$$Peso A. G. = 783.13 \text{ kg} \quad (78)$$

Determinación del volumen absoluto: Se determinaron las proporciones de los agregados (grava y arena) en función de la relación requerida entre ellos y considerando el contenido de cemento previamente calculado.

$$\text{Cemento} \rightarrow \text{vol. cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{PU.Cemento (kg/cm}^3\text{)}} \quad (79)$$

$$A. \text{ grueso} \rightarrow \text{vol. AG (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.grueso húmedo (kg)}}{\text{PU.A.grueso húmedo (kg/cm}^3\text{)}} \quad (80)$$

$$A. \text{ fino} \rightarrow \text{vol. AF (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.fino húmedo (kg)}}{\text{PU.A.fino húmedo (kg/cm}^3\text{)}} \quad (81)$$

$$\text{Agua (lts/bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3}{\left(\frac{\text{Peso del cemento por m}^3}{\text{Peso del cemento por bolsa}} \right)} \quad (82)$$

$$\text{Cemento} = \frac{C}{\text{Densidad}} \quad (83)$$

$$\text{Cemento} = \frac{258.75 \text{ kg/m}^3}{3120 \text{ kg/m}^3} = 0.083 \text{ m}^3 \quad (84)$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Peso específico}} \quad (85)$$

$$\text{Agua} = \frac{207}{1000} = 0.207 \text{ m}^3 \quad (86)$$

$$\text{Aire} = \text{contenido de aire atrapado} = 0.030 \text{ m}^3 \quad (87)$$

$$AG = \frac{\text{Peso AG}}{\text{Peso específico}} \quad (88)$$

$$AG = \frac{783.13 \text{ kg/m}^3}{2620.29 \text{ kg/m}^3} = 0.299 \text{ m}^3 \quad (89)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (\text{Cemento} + \text{agua} + \text{aire} + AG) \quad (90)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (0.083 + 0.207 + 0.030 + 0.299) \quad (91)$$

$$\text{Volumen AF} = 0.381 \text{ m}^3 \quad (92)$$

Donde: AF agregado fino, AG agregado grueso.

Determinación del peso del agregado fino

$$\text{Peso AF} = \text{Volumen AF} \times \text{Peso específico AF} \quad (93)$$

$$\text{Peso AF} = 0.381 \times 2583.83 = 984.94 \text{ kg} \quad (94)$$

Pesos de agregados para diseño

$$\text{Cemento} = 258.78 \text{ kg/m}^3 \quad (95)$$

$$\text{Agua efectiva} = 207 \text{ Lt/m}^3 \quad (96)$$

$$\text{Agregado fino húmedo} = 985 \text{ kg/m}^3 \quad (97)$$

$$\text{Agregado grueso húmedo} = 783.13 \text{ kg/m}^3 \quad (98)$$

Ajuste de agregados por humedad

$$\text{Agregado final} = \text{Agregado en kg} \times (\text{Contenido de humedad} + 1) \quad (99)$$

$$\text{Agregado fino} = 985 \times (10.41\% + 1) = 1087.48 \text{ kg} \quad (100)$$

$$\text{Agregado grueso} = 783.13 \times (5.72\% + 1) = 827.93 \text{ kg} \quad (101)$$

Aporte de agua a la mezcla: Se calculó la cantidad de agua necesaria para alcanzar la consistencia deseada del concreto, basándose en la relación agua-cemento y en el contenido de cemento definido.

$$\text{Aporte de agua} = \sum(\text{humedad} - \text{absorción}) \times \text{agregados final} \quad (102)$$

$$\text{Aporte AF} = \sum(10.41\% - 0.50\%) \times 1087.48 = 97.61 \text{ lts} \quad (103)$$

$$\text{Aporte AG} = \sum(5.72\% - 0.98\%) \times 827.93 = 37.12 \text{ lts} \quad (104)$$

Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua} - \text{aporte de agua} \quad (105)$$

$$\text{Agua efectiva} = 207 \text{ lts} - (97.61 + 37.12) = 72.30 \text{ lts} \quad (106)$$

Proporción de diseño base: Se realizaron ajustes en las proporciones de los componentes de la mezcla para asegurar el cumplimiento de las características deseadas del concreto.

$$\text{Cemento} = 258.75 \text{ kg/m}^3 \quad (107)$$

$$\text{Agua efectiva} = 72.27 \text{ Lt/m}^3 \quad (108)$$

$$\text{Agregado fino húmedo} = 1087.48 \text{ kg/m}^3 \quad (109)$$

$$\text{Agregado grueso húmedo} = 827.93 \text{ kg/m}^3 \quad (110)$$

La presente investigación analizó como condición principal la dosificación real empleada por la ladrillera Cruz Conga, correspondiente a una mezcla empírica asociada a una resistencia objetivo aproximada de $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$. En atención a la observación del jurado, la dosificación propuesta para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ no se desarrolló como resultado principal del estudio, ya que no corresponde a la mezcla actualmente utilizada por los productores ni fue empleada en la fabricación de los bloques ensayados. Por ello, dicha propuesta se presenta únicamente como alternativa técnica de mejora en el Anexo 8, con la finalidad de orientar futuras optimizaciones del proceso productivo.

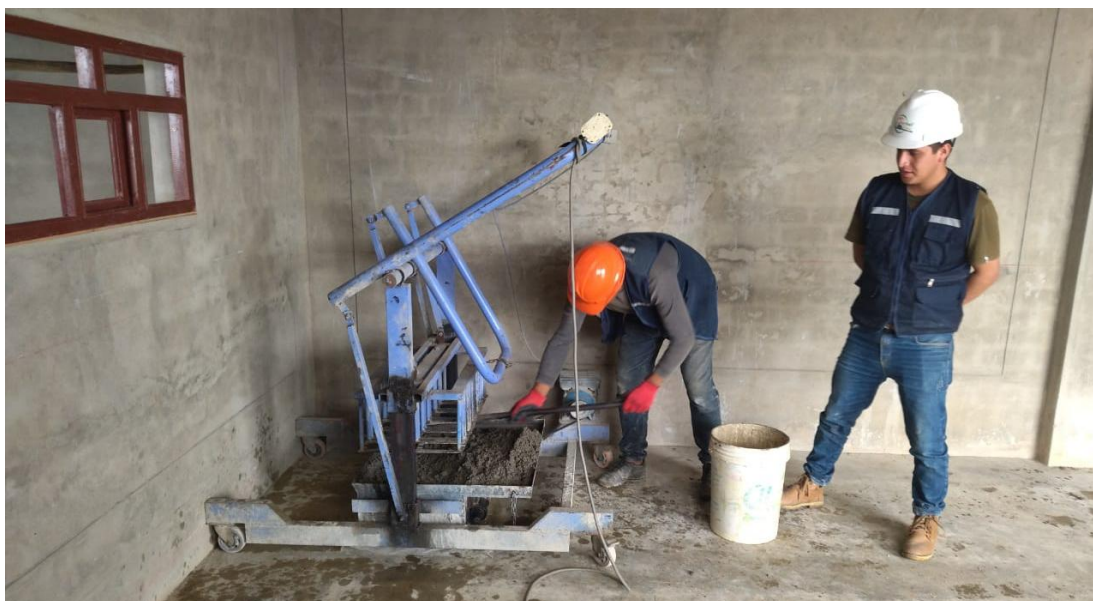
Figura 28

Proceso de mezcla de agregados para la producción de concreto utilizado en la elaboración de bloques huecos artesanales



Figura 29

Elaboración de bloques huecos artesanales con la mezcla de concreto $f'c$ 50 kg/cm²



3.6.4. Muestreo de bloques de concreto para ensayos en unidad y albañilería

Con la finalidad de obtener las unidades necesarias para la evaluación físico-mecánica, se efectuó un muestreo no probabilístico por conveniencia directamente en la fábrica artesanal ubicada en Cruz Conga, Conchán. El lote disponible estuvo conformado por aproximadamente 6 000 bloques. De acuerdo con el artículo 5.2 de la NTP 399.604 (INACAL, 2015), para lotes de hasta 10 000 unidades se deben seleccionar al menos seis bloques para los ensayos de compresión, absorción y peso unitario.

Para los ensayos en unidad se seleccionaron 42 bloques, correspondientes a seis unidades diferentes para cada una de las siete propiedades evaluadas. Adicionalmente, para los ensayos de albañilería se recolectaron 39 bloques: 12 para construir seis probetas cruzadas, 9 para elaborar tres pilas y 18 para construir tres muretes. De esta manera, se trabajó con una muestra total de 81 bloques. Las unidades fueron identificadas, almacenadas y sometidas al curado en planta mediante aspersión con

regadera, tres veces al día durante 28 días, antes de su traslado al laboratorio GSE de la ciudad de Chota.

a) Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Carretilla o equipo de transporte de bloques
- Plataforma de trabajo o área de almacenamiento
- Tablero o ficha para registro de datos
- Báscula o balanza digital
- Cinta métrica y regla metálica
- Calibrador Vernier (pie de rey)
- Bolsas de plástico o cajas para almacenamiento individual
- Etiquetas adhesivas o marcadores permanentes
- Termómetro ambiental (para el área de curado)

b) Procedimiento realizado:

- Se identificó el lote de producción que contenía aproximadamente 6000 bloques huecos artesanales de concreto.
- Debido a que el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, las unidades se seleccionaron del lote accesible. Para evitar concentrar la selección en un solo sector, se tomaron bloques ubicados en la superficie, a media altura y en la base del lote, siguiendo un recorrido en zigzag.
- Se seleccionaron 42 bloques para los ensayos en unidad, correspondientes a seis unidades diferentes para cada una de las siete propiedades físico-mecánicas evaluadas.
- Adicionalmente, se seleccionaron 39 bloques para los ensayos de albañilería: 12 bloques para seis probetas cruzadas, 9 bloques para tres pilas y 18 bloques para tres muretes.

- En total, se recolectaron 81 bloques huecos artesanales de concreto. Los códigos M1–M6 se asignaron de forma independiente en cada serie de ensayos.
- Se midieron las dimensiones (largo, ancho y altura) de cada bloque con cinta métrica y, en algunos casos, con un calibrador para mayor precisión.
- Se pesaron los bloques seleccionados en una balanza digital para determinar su peso unitario.
- Cada bloque fue etiquetado con un código identificador y almacenado individualmente en bolsas plásticas o en cajas.
- Los bloques seleccionados fueron identificados y mantenidos en la zona de curado de la planta de Cruz Conga, donde permanecieron durante 28 días antes de su traslado al laboratorio. Durante este periodo, el curado se realizó mediante aspersión con regadera, tres veces al día, según el procedimiento establecido por la empresa productora.
- Culminado el periodo de curado en planta, las unidades fueron trasladadas al laboratorio GSE para la ejecución de los ensayos físico-mecánicos planificados.

Figura 30

Diagrama del muestreo en zigzag del lote de bloques de concreto

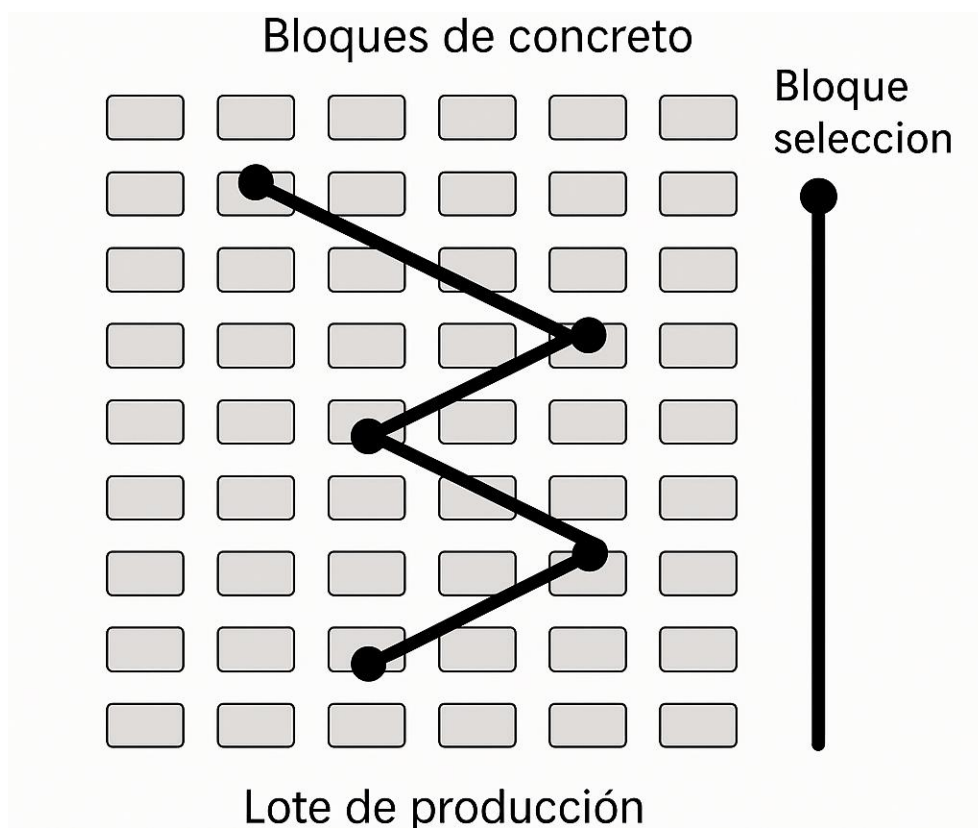


Figura 31

Muestreo de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga



3.6.5. Curado en planta previo a ensayos de laboratorio

El curado de los bloques huecos artesanales evaluados se realizó en la planta de producción de Cruz Conga, antes de su traslado al laboratorio GSE. Luego del desmolde, los bloques permanecieron en el área de acopio y curado de la planta, donde fueron humedecidos mediante aspersión con regadera, tres veces al día, durante 28 días. Este procedimiento correspondió a la práctica aplicada por la empresa productora, por lo que no se introdujo un curado por inmersión, en cámara húmeda ni otro protocolo de laboratorio normalizado que pudiera alterar el comportamiento real del producto artesanal. Culminado el periodo de curado, las unidades fueron trasladadas al laboratorio para la ejecución de los ensayos en unidades, pilas y muretes.

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Regadera manual.
- Agua potable.
- Área de acopio y curado de la planta.
- Etiquetas o marcadores de identificación.
- Ficha de control de la fecha de fabricación y de curado.
- Carretilla o medio de transporte interno.

Procedimiento realizado:

- Se identificaron los bloques seleccionados para los ensayos de unidad y de albañilería.
- Los bloques fueron ubicados en el área de acopio y curado de la planta de Cruz Conga.
- Se aplicó curado por aspersión con regadera, 3 veces al día, durante 28 días.
- No se utilizaron el curado por inmersión, la cámara húmeda ni el tanque de curado para los bloques.

- Culminado el curado, los bloques fueron trasladados al laboratorio GSE de Chota.
- En el laboratorio se realizaron los ensayos físico-mecánicos programados.

3.6.6. Ensayos físico-mecánicos de bloques de concreto en unidad

De acuerdo con la NTP 399.604 (INACAL, 2015) se realizaron ensayos físico-mecánicos en los bloques huecos artesanales recolectados durante el muestreo. Estos ensayos permitieron evaluar propiedades fundamentales como la variación dimensional, el alabeo, la absorción, el peso unitario (densidad), la eflorescencia y la resistencia a la compresión. Las pruebas se ejecutaron en el laboratorio GSE ubicado en la ciudad de Chota, luego de que los bloques cumplieron un periodo de curado en planta de 28 días mediante aspersión con regadera tres veces al día. Las condiciones estandarizadas se limitaron únicamente a la ejecución de los ensayos de laboratorio, no al curado de las unidades.

a) NTP 399.604 (INACAL, 2015) Medición de dimensiones

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Cinta métrica metálica graduada en divisiones de 1 mm
- Calibrador Vernier
- Fichas de registro

Procedimiento:

- Se seleccionaron los bloques previamente curados durante 28 días.
- Se midieron el largo, el ancho y la altura de cada bloque con cinta métrica y calibrador Vernier.
- Las medidas se tomaron en tres puntos distintos de cada cara para verificar la uniformidad dimensional.

b) NTP 399.604 (INACAL, 2015) Verificación del alabeo

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Nivel de burbuja
- Regla metálica
- Superficie plana de referencia
- Fichas de registro

Procedimiento:

- Cada bloque fue colocado sobre una superficie horizontal y plana.
- Se aplicó el nivel sobre las superficies longitudinales y transversales del bloque, así como en sus bordes.
- Se identificó cualquier desviación o curvatura visibles respecto de los planos horizontal o vertical.
- El alabeo se cuantificó en milímetros y se clasificó como cóncavo o convexo.

c) NTP 399.604 (INACAL, 2015) Determinación del peso unitario (densidad)

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Balanza electrónica de precisión (± 0.01 kg)
- Cinta métrica o calibrador
- Calculadora
- Fichas de registro

Procedimiento:

- Se midieron las dimensiones (largo, ancho y altura) de cada bloque para calcular su volumen.
- Los bloques fueron pesados en estado seco con una balanza electrónica.
- Se registraron los valores obtenidos y se calculó su densidad.

d) NTP 399.604 (INACAL, 2015) Ensayo de absorción

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Balanza digital de precisión

- Cubetas de agua
- Trapos absorbentes
- Cronómetro
- Fichas de registro

Procedimiento:

- Se pesaron los bloques secos y se registró su peso inicial.
- Los bloques fueron sumergidos por completo en agua, a una temperatura de 15.6 a 26.7 °C, durante 24 horas.
- Se pesaron los bloques mientras estaban suspendidos por un alambre de metal y totalmente sumergidos en agua (Wi).
- Se sacaron del agua y se permitió su drenado durante 1 min, retirando el agua superficial visible con un trapo absorbente, para luego pesar y registrar como Ws (peso saturado).
- Se secaron los bloques en el horno a 100-115 °C durante 24 horas. Luego fueron pesados y registrados como Wd (peso secado al horno).
- Finalmente, se calculó la absorción con la fórmula:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (111)$$

e) NTP 331.017 (INACAL, 2016) Evaluación de eflorescencia

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Cámara de humedad que puede operar con una humedad relativa del 30% al 70%, sin ventilación y a una temperatura de 24 °C ± 5.5 °C.
- Horno
- Recipientes plásticos o metálicos
- Agua destilada
- Luz directa o difusa

- Fichas de observación

Procedimiento:

- Se colocaron los bloques en un recipiente con una lámina de agua destilada proporcionando una profundidad de líquido de unos 2.5 cm, permitiendo que el agua se eleve por capilaridad.
- Los bloques permanecieron en una cámara de humedad durante 7 días.
- Los bloques se colocaron en el desecador y se secaron a 110 °C durante 24 horas. Tras el secado, se enfriaron a temperatura ambiente.
- Al finalizar el periodo, se inspeccionaron visualmente todas las caras de los bloques y se midió el área eflorescente en la unidad en superficie y en puntas.
- Se clasificó la presencia de eflorescencias como: (Guevara, 2023)
 - Nula: sin rastro de sales,
 - Ligera: menos del 10% de la superficie,
 - Moderada: entre el 10% y el 50%,
 - Severa: más del 50%.

f) NTP 331.017 (INACAL, 2016) Determinación del porcentaje de vacíos

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Cinta métrica metálica
- Balanza electrónica de precisión
- Vernier o regla milimetrada
- Fichas de registro

Procedimiento:

- Se midieron las dimensiones totales externas del bloque (largo, ancho y altura) para calcular su volumen bruto (Vb), usando la fórmula:

$$Vb = Largo \times Ancho \times Altura \quad (112)$$

- Se midieron las dimensiones internas de los vacíos (ancho, largo y profundidad de cada celda hueca).
- Se calcularon los volúmenes de cada vacío (V_v) y luego se sumaron para obtener el volumen total de vacíos del bloque.
- Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de vacíos (P_v):

$$P_v(\%) = \frac{\text{Volumen de vacíos}}{\text{Volumen bruto del bloque}} \times 100 \quad (113)$$

g) NTP 399.604 (INACAL, 2015) Ensayo de resistencia a la compresión

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Máquina de ensayo de compresión
- Plantillas metálicas de carga
- Calibrador Vernier
- Fichas de registro

Procedimiento:

- Se seleccionaron bloques representativos curados a los 28 días.
- Las caras de apoyo fueron niveladas con plantillas metálicas para garantizar una distribución uniforme de la carga durante el refrentado.
- Cada bloque se colocó en la máquina de ensayo de compresión axial.
- Se aplicó una carga creciente hasta la ruptura del bloque.
- Se registró la carga máxima y se calculó la resistencia a la compresión con la fórmula:

$$f'_c = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Área de carga}} \quad (114)$$

- Se compararon los resultados con los valores de referencia establecidos en la norma para los bloques estructurales.

Figura 32

Bloques de concreto para ensayos físico-mecánicos en unidad



Figura 33

Ensayo de resistencia a compresión en bloques de concreto de Cruz Conga



3.6.7. *Análisis del mortero 1:4 y 1:3 cemento: arena para la unión de bloques de concreto*

Con el objetivo de evaluar la calidad del mortero utilizado en la unión de unidades de albañilería, se elaboraron y ensayaron probetas cúbicas con dos proporciones de mezcla distintas: 1:4 y 1:3 (cemento:arena). Para cada dosificación, se prepararon seis cubos de mortero de 50 mm de lado, que se curaron por inmersión en agua durante 28 días. Posteriormente, las probetas fueron sometidas a un ensayo de compresión axial para determinar su resistencia y compararla con los valores de referencia establecidos por la NTP 399.610 (INACAL, 2018). Este procedimiento permitió identificar cuál de las dos dosificaciones es la más adecuada para garantizar una unión efectiva entre bloques huecos de concreto en obras de albañilería.

a) Mortero 1:4 (cemento:arena)

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Mezcladora de mortero
- Tamiz para arena (malla No. 4)
- Balanza digital de precisión
- Molde cúbico de 50 mm × 50 mm × 50 mm
- Espátula metálica
- Regla o cuchilla para alisar superficie
- Paleta y recipiente de mezcla
- Agua potable
- Probeta medidora
- Tanque de curado con agua
- Máquina de ensayo de compresión
- Cronómetro
- Fichas de registro

Procedimiento realizado:

- Se pesaron las cantidades necesarias de cemento y arena en proporción 1:4, por ejemplo, 1 kg de cemento por 4 kg de arena.
- La arena fue tamizada para eliminar impurezas y asegurar una granulometría uniforme.
- Se mezclaron los materiales secos en la mezcladora, agregando agua gradualmente hasta obtener una consistencia plástica adecuada.
- La mezcla se vertió en moldes cúbicos de 50 mm de lado, previamente lubricados para facilitar el desmoldeo.
- Se compactó manualmente con varillas y se alisó la superficie con una espátula.
- Se prepararon seis cubos siguiendo el mismo procedimiento.
- Los moldes se dejaron reposar durante 24 horas y luego se desmoldaron cuidadosamente.
- Las probetas fueron colocadas en un tanque de curado con agua potable a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C) durante 28 días.
- Transcurrido el curado, los cubos se ensayaron a compresión axial en la máquina universal, aplicando una carga de forma progresiva hasta la falla.
- Se registró la carga máxima soportada y se calculó la resistencia en kg/cm².
- Finalmente, se compararon los resultados con los requisitos mínimos establecidos en la NTP 399.610 (INACAL, 2018).

b) Mortero 1:3 (cemento:arena)

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

(Se emplearon los mismos que en el ensayo anterior)

Procedimiento realizado:

- Se pesaron los materiales en una proporción de 1:3, es decir, 1 kg de cemento por cada 3 kg de arena.
- La arena fue tamizada para garantizar su homogeneidad.
- Los materiales se mezclaron en estado seco y luego se incorporó el agua de forma gradual hasta alcanzar la consistencia deseada.
- Se llenaron los moldes cúbicos en dos capas, compactando cuidadosamente cada una para evitar vacíos.
- La superficie fue nivelada y alisada con una espátula metálica.
- Se fabricaron seis cubos bajo las mismas condiciones que para la mezcla 1:4.
- Las probetas se desmoldaron a las 24 horas y se colocaron en un tanque de curado con agua potable durante 28 días.
- Después del curado, los cubos fueron sometidos a ensayo de compresión axial bajo carga controlada.
- Se registraron los valores máximos de resistencia alcanzados en cada probeta.
- Se analizaron los resultados y se compararon con la NTP 399.610, determinando si la mezcla 1:3 ofrecía un mejor desempeño estructural que la 1:4.

Figura 34

Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero 1:4



Figura 35

Ensayo de resistencia a compresión en cubos de mortero 1:3



c) Resultados del ensayo a compresión en cubos de mortero

El mortero 1:3 alcanzó una resistencia promedio de 56.33 kg/cm² y una resistencia característica (F'b) de 55.20 kg/cm², superando ampliamente el umbral normativo. Por su parte, el mortero 1:4 obtuvo una resistencia promedio de 37.82 kg/cm² y una F'b de 37.36 kg/cm², por lo que, aunque presenta buena uniformidad en los resultados (D.E. = 0.46), no cumple con el valor mínimo exigido para morteros estructurales, lo que limita su aplicación a funciones no portantes o de baja exigencia mecánica. La ASTM C-270 (2004) especifica que para mortero tipo N la resistencia mínima a la compresión debe ser 53 kg/cm² (uso estructural) y para mortero tipo O la resistencia mínima a la compresión debe ser 25 kg/cm² (uso no estructural). Por lo tanto, estos resultados evidencian que el mortero 1:3 es el más adecuado para garantizar un comportamiento estructural seguro en la unión de unidades de albañilería.

Tabla 16

Resistencia a compresión de cubos de mortero (kg/cm²) para unir bloques de concreto

Resistencia a compresión (kg/cm²)	Mortero 1:3	Mortero 1:4
M1	57.33	37.05
M2	57.19	37.72
M3	55.08	37.69
M4	55.1	38.39
M5	55.82	37.93
M6	57.45	38.15
Promedio	56.33	37.82
D.E.	1.13	0.46
F'b	55.20	37.36

3.6.8. Ensayos de bloques de concreto en albañilería

Con el propósito de evaluar el comportamiento estructural de los bloques huecos artesanales de concreto en condiciones reales de uso, se desarrollaron tres tipos de ensayos de albañilería: adherencia por tracción directa de acuerdo con la norma ASTM C952-12, pero considerando la ASTM C1072-22 (2022) como referente normativo debido a que la otra norma ha sido retirada; compresión axial en pilas de acuerdo con la NTP 399.605 (INACAL, 2018) y corte diagonal en muretes conforme a la NTP 399.621 (INACAL, 2015). Para el ensayo de adherencia se elaboraron seis especímenes de dos bloques de concreto cruzados, curados durante 28 días; para el ensayo de compresión axial se construyeron tres pilas de tres bloques de concreto superpuestos; para el ensayo de compresión diagonal se elaboraron tres muretes de seis bloques de concreto asentados como muros de albañilería. Para cada caso los bloques seleccionados fueron asentados con 1.5 cm de junta de mortero de unión en proporción 1:3 (cemento: arena), asimismo, en todos los casos, el proceso incluyó una etapa de curado inicial que duro 7 días en los que fueron cubiertos con una bolsa de plástico, para luego ser almacenados en condiciones de temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa del 30% al 70%, colocando agua una vez al día hasta completar el periodo de curado de 28 días para adherencia y 14 días para pilas y muretes. Los especímenes fueron preparados en el mismo laboratorio “GSE”, donde se realizaron los ensayos en equipos debidamente calibrados y en condiciones controladas, de acuerdo con las normas técnicas aplicables.

a) Ensayo experimental de adherencia por tracción directa en bloques cruzados

El ensayo de adherencia por tracción directa se ejecutó mediante un procedimiento experimental adaptado del método de especímenes cruzados descrito en la norma ASTM C952-12, retirada en 2018. Se consultó la ASTM C1072-22 (2022)

como referencia técnica vigente para evaluar la adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería. Sin embargo, dado que dicha norma evalúa la adherencia a flexión normal de las juntas mediante prismas, mientras que en la investigación se utilizaron dos bloques cruzados sometidos a tracción directa, los resultados obtenidos se interpretaron como valores experimentales de adherencia y no como una certificación de cumplimiento integral de la ASTM C1072-22.

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Máquina de compresión axial
- Dispositivo de tracción directa
- Placas de carga de acero
- Cinta métrica y calibrador
- Bloques huecos de concreto
- Mortero 1:3 (cemento: arena)
- Paleta, espátula y recipiente de mezcla
- Agua
- Fichas de registro de carga

Procedimiento de elaboración de especímenes:

- Se construyeron seis especímenes consistentes en dos bloques huecos cruzados, unidos entre sí por una junta de 1.5 cm de mortero 1:3.
- Las juntas fueron cuidadosamente rellenas para asegurar el contacto total entre las unidades.
- Los especímenes fueron cubiertos con una bolsa de plástico sellada durante los primeros siete (7) días para conservar la humedad y permitir el curado inicial.
- Posteriormente, se realizó el curado por adición de agua cada 24 horas hasta completar 28 días, para ello, los bloques cruzados fueron almacenados en

condiciones de laboratorio, con temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa del 30% al 70%.

Procedimiento del ensayo:

- Se midieron las dimensiones de cada probeta para calcular el área de adherencia.
- Se colocó cada espécimen entre las placas del dispositivo de tracción de la máquina de compresión, alineando el eje vertical.
- Se aplicó una carga axial a una velocidad constante de 2.7 kN/min.
- Se continuó la carga hasta la ruptura de la unión.
- Se registró la carga máxima aplicada (N) y se calculó la resistencia por adherencia.

Figura 36

Ensayo de adherencia por tracción en bloques cruzados de concreto unidos con mortero 1:3 cemento: arena, Cruz Conga



b) Ensayo de compresión axial en pilas – NTP 399.605 (INACAL, 2018)

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Máquina de ensayo de compresión
- Placas de carga
- Cinta métrica, regla y nivel
- Cortadora de bloques o cincel
- Bloques huecos de concreto
- Mortero 1:3 (cemento: arena)
- Agua

Procedimiento de elaboración de especímenes:

- Se elaboraron tres pilas utilizando tres bloques apilados verticalmente, unidos con juntas de mortero 1:3.
- Se colocaron los bloques uno sobre otro y se aplicó una capa de mortero en la base y entre cada hilada, asegurando la nivelación y el alineamiento.
- Se cubrieron las pilas con plástico durante la primera semana para conservar la humedad.
- Posteriormente, se realizó el curado superficial con agua aplicada periódicamente hasta los 14 días.

Procedimiento del ensayo:

- Se verificó que la máquina de compresión estuviera calibrada.
- Se colocó la pila centrada entre las placas de carga.
- Se alineó el tornillo de compresión con el eje de la pila.
- Se aplicó una carga axial de forma progresiva hasta la falla.
- Se registró la carga máxima aplicada.
- Se calculó la resistencia a la compresión

La resistencia a la adherencia se calculó inicialmente en MPa y se convirtió a kgf/cm^2 para mantener la uniformidad con las unidades utilizadas en la Norma E.070 y en los demás ensayos de albañilería. Se consideró la equivalencia $1 \text{ MPa} = 10.1972 \text{ kgf/cm}^2$, cuyo valor redondeado es 10.20 kgf/cm^2 . En las tablas y figuras se mantuvo la notación convencional de kg/cm^2 como equivalente a kgf/cm^2 .

Figura 37

Ensayo de compresión axial en pilas de bloques de concreto



c) Ensayo de corte en muretes NTP 399.621 (INACAL, 2015)

Equipos, materiales e instrumentos utilizados:

- Máquina de corte diagonal
- Cuna de apoyo
- Dispositivo de carga inclinada
- Cinta métrica o calibrador
- Nivel de burbuja
- Bloques huecos de concreto

- Mortero 1:3 (cemento: arena)

Procedimiento de elaboración de especímenes:

- Se construyeron tres muretes compuestos por seis bloques dispuestos en horizontal (como en un muro).
- Las unidades fueron asentadas con mortero 1:3, asegurando juntas completas y una alineación precisa.
- Se cubrieron con plástico durante una semana para evitar la pérdida de humedad.
- Se realizó un curado periódico con agua durante 14 días.

Procedimiento del ensayo:

- Se midieron las dimensiones del murete: largo, espesor y altura.
- Se colocaron las placas de carga superior e inferior y el murete en la cuna de apoyo.
- Se posicionó el conjunto en la máquina de corte diagonal, asegurando el contacto completo.
- Se aplicó una carga inclinada de forma progresiva hasta provocar la rotura.
- Se registró la carga máxima y se observó el patrón de falla.

Figura 38

Especímenes utilizados en los ensayos de albañilería



Figura 39

Ensayo de corte diagonal en muretes de bloques de concreto de Cruz Conga



3.6.9. Configuración de la edificación de albañilería para el modelamiento estructural

La edificación seleccionada corresponde a una vivienda unifamiliar de dos niveles, representativa de las condiciones constructivas habituales en zonas urbanas de la ciudad de Chota, región Cajamarca. El lote presenta dimensiones de 10.00 m de ancho por 16.25 m de largo, con un área total de 162.50 m². La edificación cuenta con un área construida de 114.00 m² en el primer nivel y de 118.00 m² en el segundo, para un total de 232.00 m². La distribución arquitectónica incluye ambientes funcionales típicos de vivienda (sala, comedor, cocina, dormitorios, servicios higiénicos, pasadizos y escaleras), lo que permite una configuración estructural regular en planta y en elevación.

Desde el punto de vista estructural, la configuración del sistema resistente se definió mediante muros portantes de albañilería confinada, dispuestos en ambas direcciones principales (X e Y), con el objetivo de cumplir con la densidad mínima de muros exigida por la Norma Técnica E.070 para edificaciones ubicadas en zonas sísmicas intermedias. Los muros se proyectaron de forma continua desde la cimentación hasta el segundo nivel, con espesores de 0.12 m y 0.15 m, según su función estructural, y fueron complementados con columnas de confinamiento y vigas soleras, diseñadas para mejorar la rigidez, la ductilidad y la estabilidad global del sistema.

La definición de esta configuración consideró directamente los resultados de los ensayos físico-mecánicos realizados en los bloques huecos artesanales de concreto. Dado que la resistencia a la compresión en pilas obtenida fue de 38 kg/cm², inferior al mínimo exigido por la Norma E.070 para bloques portantes (74 kg/cm²), se optó por no modificar la resistencia del bloque, sino por analizar su uso mediante un diseño estructural adaptado que incorporara refuerzo horizontal y elementos de confinamiento.

Asimismo, durante la definición estructural preliminar se identificó un muro crítico (muro PY11) en el primer nivel que, según las solicitaciones esperadas, podía superar el esfuerzo axial máximo permitido. En consecuencia, se estableció como criterio de configuración estructural que dicho muro sea reemplazado por una placa de concreto armado en el primer nivel, y que se mantenga como muro de albañilería en el segundo nivel, donde los esfuerzos resultan admisibles. Esta decisión permitió garantizar la seguridad estructural y la continuidad resistente del sistema.

3.6.10. Modelamiento de una vivienda de albañilería con bloques huecos artesanales de concreto en ETABS

La vivienda objeto de estudio se ubica en un terreno rectangular de 10.00 m de ancho por 16.25 m de largo, con un área total de 162.50 m². Se trató de una edificación de dos niveles, con una superficie construida de 114.00 m² en el primer nivel y de 118.00 m² en el segundo, para un total de 232.00 m². La edificación incluyó también una azotea y se localizó dentro del área urbana del distrito de Chota, provincia de Chota, Cajamarca.

Para evaluar la viabilidad técnica de los bloques huecos artesanales de concreto como elementos estructurales en muros portantes, se desarrolló el modelamiento estructural en el software ETABS 2022, siguiendo los criterios de la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” (MVCS, 2018) y la Norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2006).

a) Requisitos estructurales mínimos

Se verificaron los requisitos mínimos establecidos por la normativa.

Espesor de ladrillo.

$$T = \frac{h}{20} = \frac{2.40}{20} = 0.12\text{m}$$

Donde: T es el espesor del ladrillo y h la altura del muro.

Espesor de losa aligerada.

$$T = \frac{L}{25} = \frac{3.80}{25} = 0.152 \text{ m asumiendo una losa de 20 cm}$$

Donde. T espesor de la losa aligerada, L longitud de la losa aligerada.

b) Verificación de la densidad de muros

Se verificó la densidad mínima de muros reforzados, cumpliendo con los requisitos establecidos en la norma E.070, para la zona sísmica 2.

c) Parámetros y especificaciones de la norma E.030

Los parámetros normativos empleados fueron:

Tabla 17

Parámetros y especificaciones de la Norma E.030

Parámetros		Especificación
Z	0.250	Zona 2
U	1.000	Vivienda
S	1.000	Suelo Tipo 1
N	2	Números De Pisos
Ap	114.000	Área En Planta

d) Parámetros de materiales

Para el modelamiento estructural se empleó la resistencia característica a la compresión axial de la albañilería obtenida experimentalmente, correspondiente a $f'_m = 38.00 \text{ kg/cm}^2$. El módulo de elasticidad de la albañilería se determinó mediante la expresión $E_m = 700f'_m$, aplicable a unidades de concreto, obteniéndose $E_m = 26,600 \text{ kg/cm}^2$, equivalente a $266,000 \text{ tonf/m}^2$. El módulo de Poisson de la albañilería se adoptó como $\nu = 0.25$, con lo cual el módulo de corte se obtuvo mediante $G_m = E_m/[2(1+\nu)] = 106,400 \text{ tonf/m}^2$, valor equivalente a $0.40 E_m$. Para el concreto se consideró $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $E_c = 217,370.651 \text{ kg/cm}^2$. En consecuencia, la relación modular utilizada fue $n = E_c/E_m = 8.17$. Estos parámetros corresponden a los valores incorporados en el modelo estructural desarrollado en ETABS 2022.

e) Modelamiento estructural

Se procedió a la definición de secciones estructurales: columnas de 0.12×0.25 m, 0.12×0.65 m, 0.12×0.40 m y 0.25×0.25 m; vigas de 0.20×0.20 m (viga chata) y 0.15×0.20 m. Asimismo, se modelaron muros de albañilería y losas aligeradas, y se asignaron cargas de gravedad (muertas y vivas). Para la estimación del peso sísmico se consideró el 100 % de la carga muerta y el 25 % de la carga viva, conforme a la categoría de edificación tipo “C”.

Se aplicaron condiciones de empotramiento perfecto en la base, se generaron brazos rígidos y se realizó el procedimiento de discretización para mejorar la precisión del modelo. Además, se asignaron diafragmas rígidos y Piers en los muros de albañilería para el análisis sísmico.

Figura 40

Definición de materiales en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

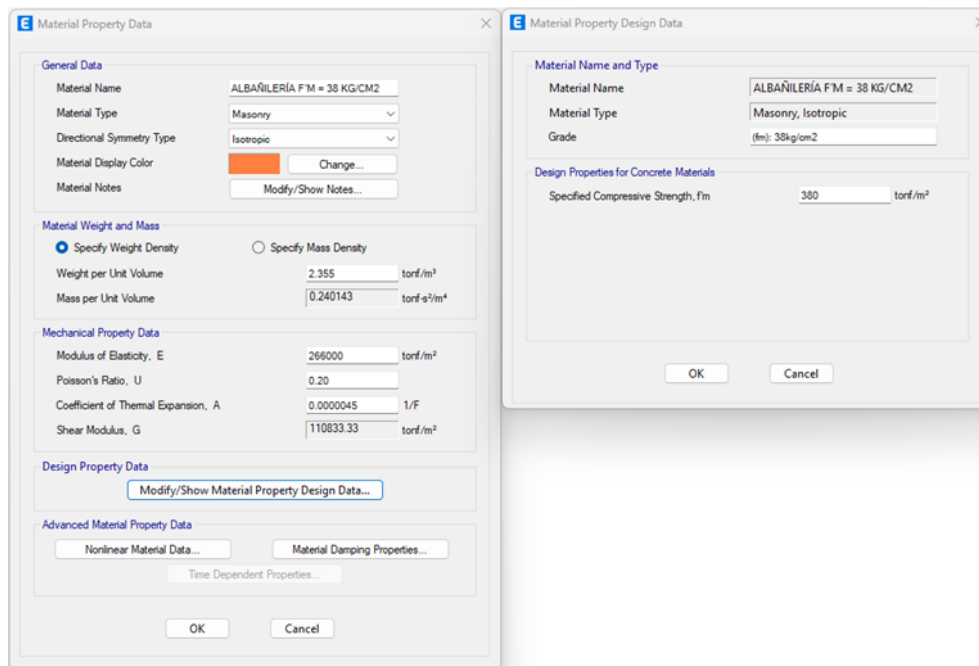
Concreto

Acero

Peso específico de concreto: 2400 kg/m³: 2.4 ton/m³.

Módulo de elasticidad del concreto (E): $15000 \times \sqrt{210}$ kg/cm² = 2173706.51 tonf/m².

Albañilería



El peso específico del muro tarrajado es: 2355 kg/m³; 2.355 ton/m³.

Módulo de elasticidad (EM) = $700 \times 38 \text{ kg/cm}^2 = 266,000 \text{ tonf/m}^2$.

Resistencia de la albañilería a la compresión (fm): 38 kg/cm²; 380 tonf/m².

Módulo de Poisson $\nu = 0.25$

El módulo de corte considera el 40% del módulo de elasticidad = 106400 tonf/m²

Figura 41

Definición de secciones en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

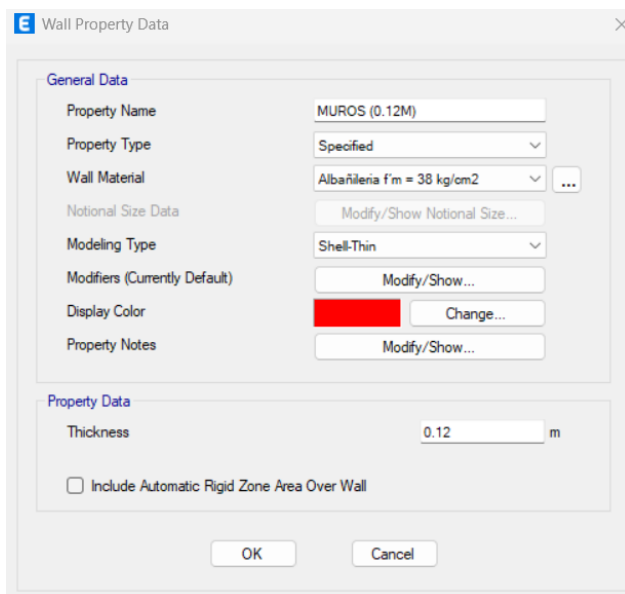
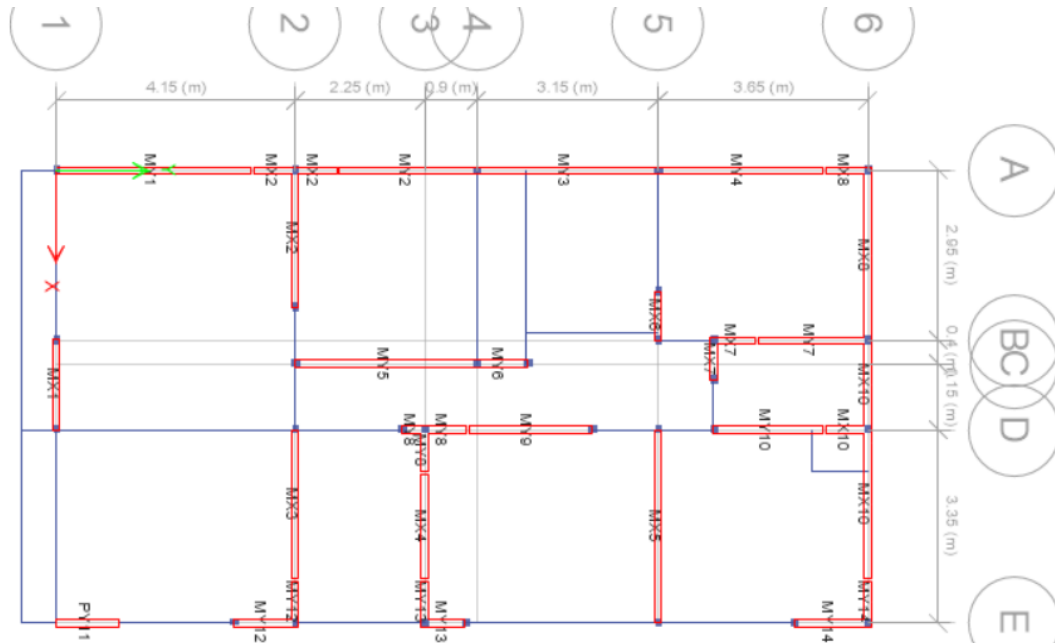


Figura 42

Dibujo de columnas, vigas y albañilería en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería



Nota. Columna de 0.12x0.25, Columna de 0.12x0.65, Columna de 0.12x0.40, Columna de 0.25x0.25, Viga Chata de 0.20x0.20, Viga de 0.15x0.20.

Figura 43

Dibujo de la losa aligerada en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

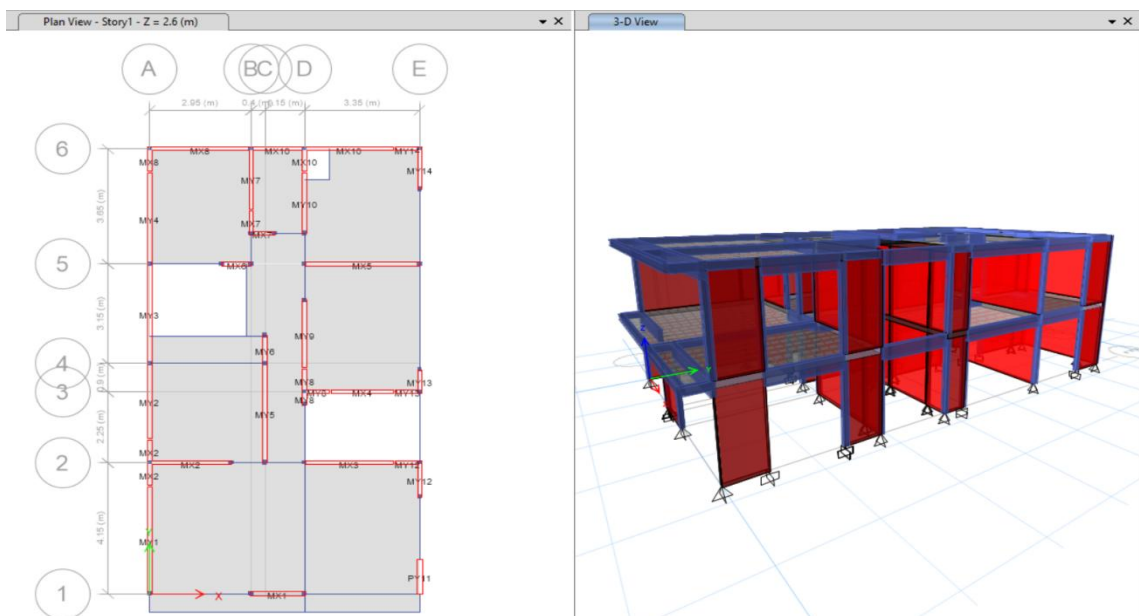


Figura 44

Asignación de cargas en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

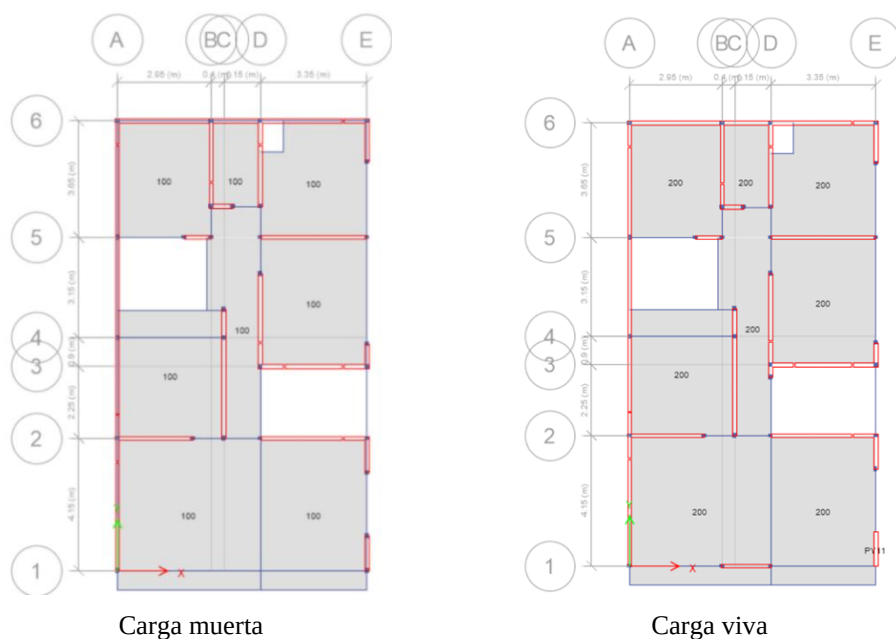


Figura 45

Peso sísmico para edificaciones de categoría C, 100% carga muerta + 25% carga viva en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

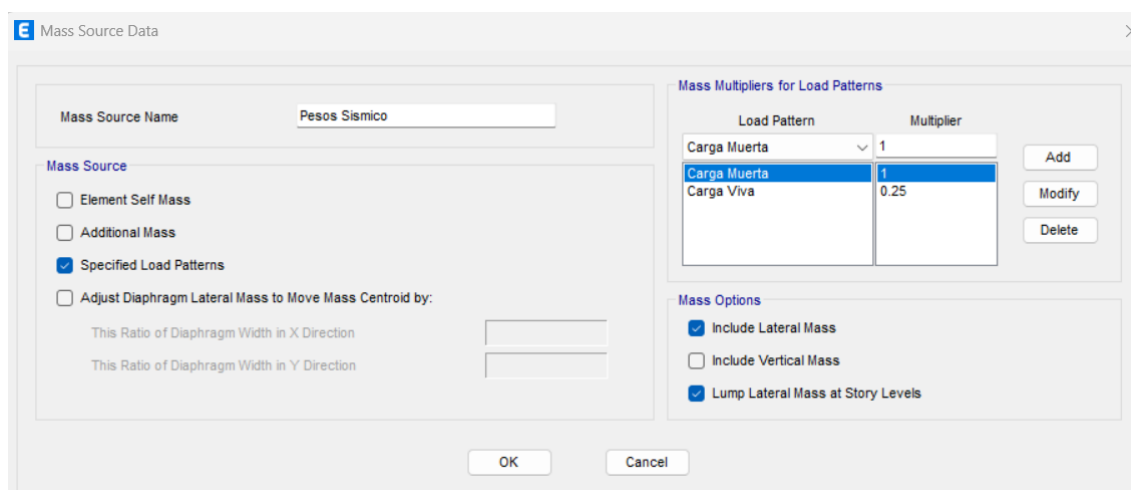


Figura 46

Creación de brazo rígido en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

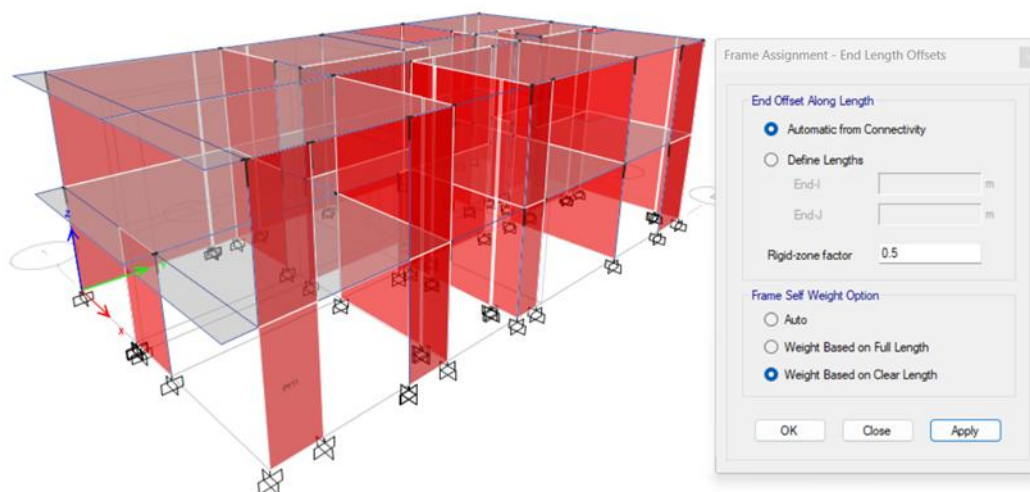


Figura 47

Discretización de muros de albañilería en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

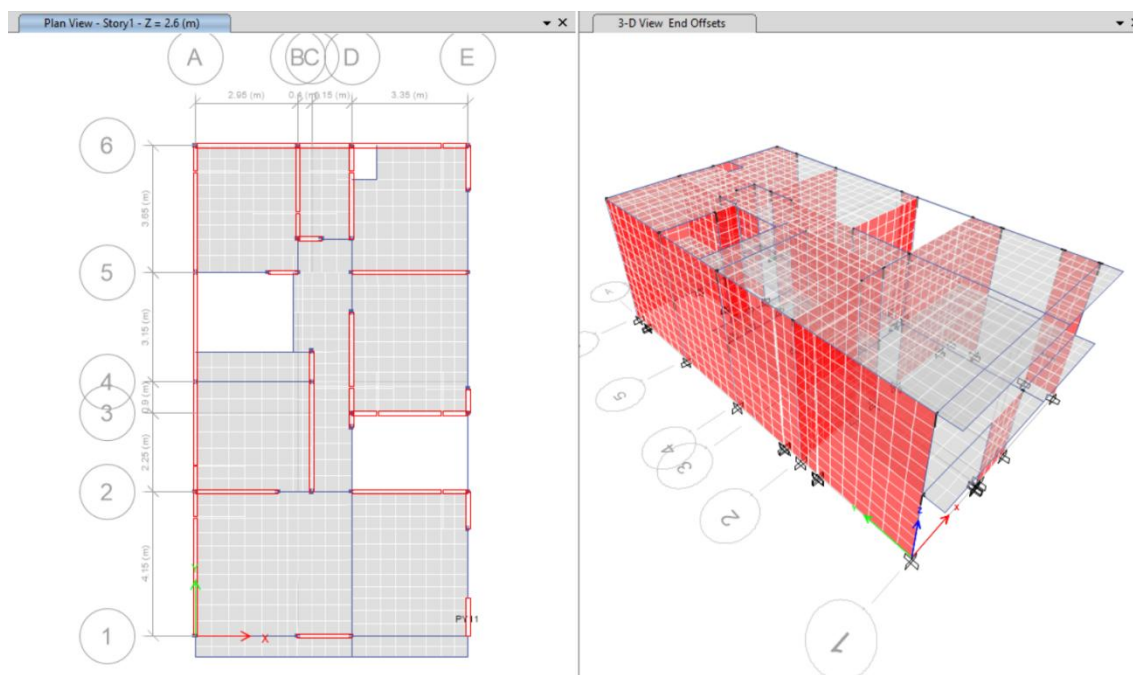


Figura 48

Asignación de los diafragmas rígidos en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería

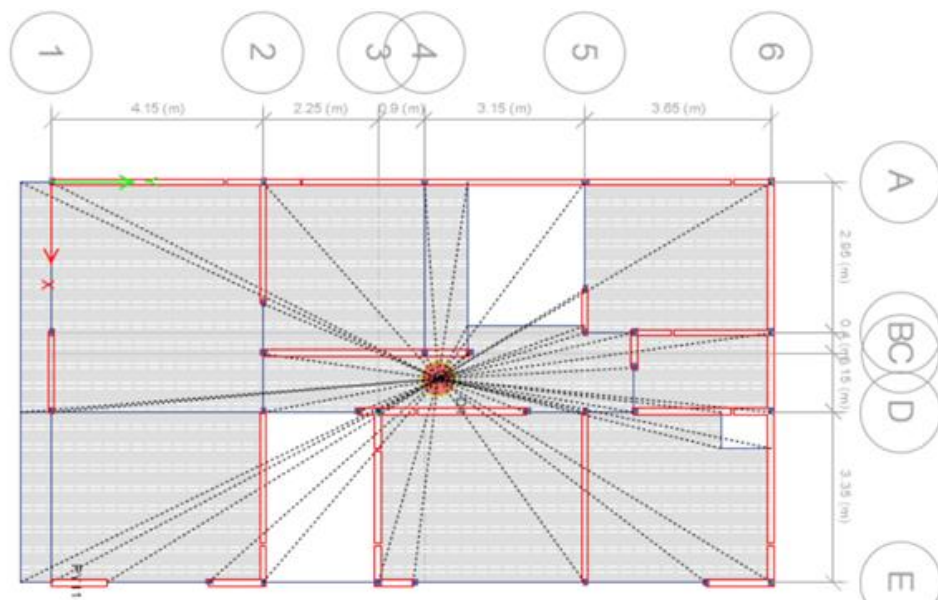
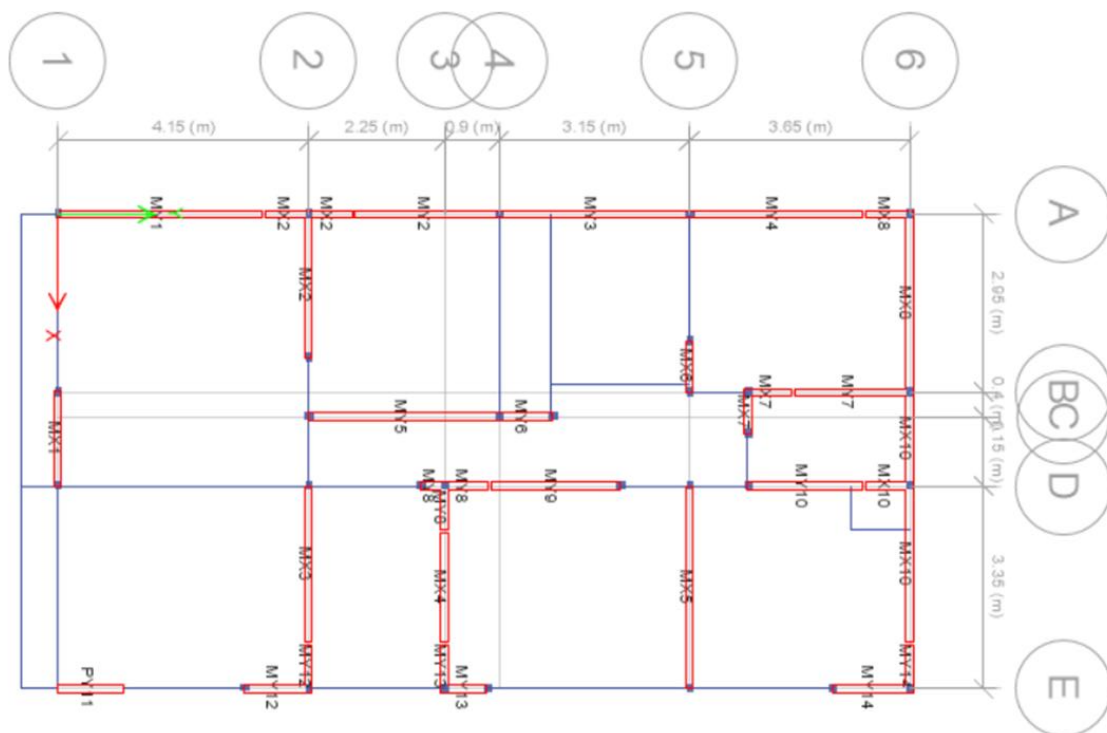


Figura 49

Asignación de piers en muros de albañilería en ETABS 2022 para el modelamiento de una vivienda de albañilería



f) Análisis sísmico estático y dinámico

En el análisis sísmico se incorporó la torsión accidental mediante una excentricidad igual al 5 % de la dimensión de la edificación perpendicular a la dirección de análisis, considerando el signo que produjo la respuesta más desfavorable, conforme al artículo 29.5 de la Norma Técnica E.030 (MVCS, 2018). En ETABS 2022, este efecto se incorporó en los casos de análisis dinámico modal espectral DRIF X y DRIF Y. Posteriormente, se revisaron los desplazamientos relativos en los extremos de los diafragmas mediante el reporte Diaphragm Max Over Avg Drifts. La clasificación de la irregularidad torsional se efectuó en el literal siguiente, considerando conjuntamente el cociente de amplificación, la condición de aplicabilidad establecida en la Tabla 9 y el límite de distorsión de la Tabla 11 de la Norma Técnica E.030.

g) Verificación de la irregularidad torsional en planta

La verificación de la irregularidad torsional se realizó considerando una excentricidad accidental igual al 5 % de la dimensión de la edificación medida perpendicularmente a cada dirección de análisis. Para cada nivel y condición de carga se determinaron los desplazamientos relativos de entrepiso en los dos extremos del diafragma y se calculó el cociente torsional entre el desplazamiento relativo máximo y el promedio de los desplazamientos relativos registrados en dichos extremos. La excentricidad accidental se incorporó con el signo que produjo la respuesta más desfavorable, de acuerdo con la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2018).

El cociente de amplificación torsional se determinó mediante las siguientes expresiones:

$$n_t = \frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{\Delta_{prom}} \quad (115)$$

$$\Delta_{prom} = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2|}{2} \quad (116)$$

$$\Delta_{\text{máx}} = \max (|\Delta 1|, |\Delta 2|) \quad (117)$$

$$\begin{aligned} \eta_t &\geq 1.30 \text{ irregularidad torsional} \\ \eta_t &> 1.50 \text{ irregularidad torsional extrema} \end{aligned} \quad (118)$$

Donde: η_t es el cociente de amplificación torsional; $\Delta 1$ y $\Delta 2$ son los desplazamientos relativos de entrepiso registrados en los extremos opuestos del diafragma para una misma dirección y condición de carga; Δ_{prom} es el promedio de sus valores absolutos; y Δ_{max} es el mayor desplazamiento relativo registrado en uno de los extremos.

De acuerdo con el artículo 20 y la Tabla 9 de la Norma Técnica E.030, existe irregularidad torsional cuando $\eta_t > 1.30$, con un factor de irregularidad en planta $I_p = 0.75$; mientras que existe irregularidad torsional extrema cuando $\eta_t > 1.50$, con $I_p = 0.60$. No obstante, la misma Tabla 9 establece que estos criterios solo se aplican en edificaciones con diafragmas rígidos y cuando el desplazamiento relativo máximo entrepisos supera el 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla 11 (MVCS, 2018). Dado que dicha tabla establece una distorsión máxima de 0.005 para edificaciones de albañilería, la condición de aplicabilidad quedó definida como $\Delta_{\text{max}} > 0.0025$.

Tabla 18

Evaluación del criterio de irregularidad torsional en planta de la edificación inicial

Piso	Caso de análisis	Diafragma	Dirección evaluada	Max drift	Avg drift	Ratio
Story2	DRIF X	D2	X	0.000717	0.000435	1.646
Story2	DRIF X	D2	Y	0.000384	0.000238	1.615
Story2	DRIF Y	D2	X	0.000324	0.000230	1.411
Story2	DRIF Y	D2	Y	0.000257	0.000193	1.328
Story1	DRIF X	D1	X	0.000536	0.000360	1.489
Story1	DRIF X	D1	Y	0.000287	0.000194	1.476
Story1	DRIF Y	D1	X	0.000252	0.000202	1.246
Story1	DRIF Y	D1	Y	0.000217	0.000185	1.174

Nota. El ratio corresponde al cociente $\eta_t = \Delta_{\text{max}} / \Delta_{\text{prom}}$, obtenido del reporte Diaphragm Max Over Avg

Drifts de ETABS 2022. Los valores de 1.30 y 1.50 corresponden a los umbrales de irregularidad torsional y torsional extrema establecidos en la Tabla 9 de la Norma Técnica E.030. Su aplicación se encuentra

condicionada a que Δ_{max} supere el 50% de la distorsión admisible de 0.005 indicada para albañilería en la Tabla 11, equivalente a 0.0025 (MVCS, 2018).

El reporte Diaphragm Max Over Avg Drifts mostró que el mayor cociente torsional correspondió al segundo nivel, caso DRIF X, diafragma D2 y dirección X, con $\eta_t=1.646$. Este valor superó numéricamente el umbral de 1.50 establecido para la irregularidad torsional extrema. Sin embargo, la clasificación normativa no dependió únicamente del cociente, debido a que el artículo 20 y la Tabla 9 de la Norma Técnica E.030 exigen comprobar previamente que el máximo desplazamiento relativo supere el 50 % del límite establecido en la Tabla 11.

En la evaluación realizada, el valor máximo reportado fue 0.000717, inferior al umbral de 0.0025, correspondiente al 50 % de la distorsión admisible en albañilería. Por ello, siempre que dicho valor corresponda a la distorsión utilizada para la comprobación normativa, no se configuraría la condición de aplicabilidad de la irregularidad torsional ni correspondería reducir el factor I_p . No obstante, el cociente de 1.646 evidenció una respuesta desigual entre los extremos del diafragma y se consideró un indicador técnico para evaluar la distribución de la rigidez en planta. En consecuencia, la ausencia de una clasificación normativa de torsión no debe interpretarse como una respuesta completamente simétrica de la edificación.

Figura 50

Reporte de cociente torsional de diafragmas obtenido en ETABS 2022 para la edificación sin refuerzo

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	M
Story2	DRIF X	LinRespSpec	Max		Diaph D2 X	0.000717	0.000435	1.646	84	
Story2	DRIF X	LinRespSpec	Max		Diaph D2 Y	0.000384	0.000238	1.615	69	
Story2	DRIF Y	LinRespSpec	Max		Diaph D2 X	0.000324	0.00023	1.411	84	
Story2	DRIF Y	LinRespSpec	Max		Diaph D2 Y	0.000257	0.000193	1.328	84	
Story1	DRIF X	LinRespSpec	Max		Diaph D1 X	0.000536	0.00036	1.489	10	
Story1	DRIF X	LinRespSpec	Max		Diaph D1 Y	0.000287	0.000194	1.476	50	
Story1	DRIF Y	LinRespSpec	Max		Diaph D1 X	0.000252	0.000202	1.246	10	
Story1	DRIF Y	LinRespSpec	Max		Diaph D1 Y	0.000217	0.000185	1.174	72	

Nota. La figura muestra el reporte Diaphragm Max Over Avg Drifts empleado para evaluar la irregularidad torsional en planta de la vivienda modelada.

Aunque los cocientes obtenidos fueron considerados indicadores de una distribución no uniforme de la respuesta en planta, la incorporación de la placa de concreto armado no se basó únicamente en ellos. La principal justificación fue el incumplimiento del esfuerzo axial máximo en el muro PY11 del primer nivel, donde se obtuvo 85.11 Tn/m². Su reemplazo por una placa incrementará la rigidez lateral y también contribuirá a mejorar el equilibrio de rigidez en planta; sin embargo, este último efecto debe comprobarse mediante un reporte propio de Diaphragm Max Over Avg Drifts correspondiente al modelo reforzado. La literatura científica demuestra que el efecto de las placas depende tanto de su cantidad como de su ubicación. Una ubicación equilibrada, especialmente en los ejes exteriores o en el perímetro, puede reducir los desplazamientos, las derivas y el acoplamiento torsional (Simon et al., 2023).

Uysal et al. (2025) mediante el análisis de 18 modelos estructurales, determinaron que las configuraciones con muros ubicados en los ejes exteriores presentaron aproximadamente 20.53% más capacidad que la configuración con muros

centrales. Asimismo, el incremento del índice de muros aumentó la rigidez inicial en un 158 % y redujo el periodo torsional hasta en un 55 %. Estos resultados respaldan técnicamente el uso de placas. De manera similar, Pranava et al. (2025) concluyeron que las configuraciones de muros que reducen la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez producen desplazamientos, derivas y efectos torsionales menores. Por ello, la incorporación de placas constituye una medida estructuralmente razonable.

Tabla 19

Estado de la verificación torsional de la edificación con placas incorporadas

Aspecto evaluado	Estado en la investigación	Sustento disponible	Interpretación
Incorporación de placas de concreto armado	Ejecutada en el modelo estructural	Configuración estructural reforzada	Se incrementó la rigidez lateral del sistema
Distribución de placas en planta	Definida en el modelo	Vista en planta y modelo tridimensional	Su ubicación debe buscar equilibrio de rigidez en X e Y
Efecto esperado de las placas	Mejora potencial de rigidez y balance torsional	Simon et al. (2023), Uysal et al. (2025) y Pranava et al. (2025)	El efecto debe comprobarse específicamente en el modelo

Nota. La literatura respalda que una ubicación estratégica de placas o muros estructurales puede reducir los desplazamientos, las derivas y los efectos torsionales. No obstante, la clasificación de la vivienda reforzada requiere resultados propios obtenidos mediante el nuevo análisis del modelo en ETABS 2022.

h) Diseño de muros de albañilería

Finalmente, se ejecutó el diseño de los muros de albañilería con base en las solicitudes obtenidas, verificando su resistencia a la cortante, a la compresión axial y al agrietamiento diagonal. Esta simulación permitió comprobar la viabilidad técnica del sistema estructural de muros de bloques artesanales y validar su aplicación en edificaciones de dos niveles ubicadas en zonas sísmicas de intensidad intermedia.

3.6.11. Análisis de costos de bloques huecos artesanales de concreto para su uso en albañilería

El análisis de costos se enfocó en estimar el valor real de fabricación de un bloque hueco artesanal de concreto producido en Cruz Conga, así como en compararlo con el de una unidad de ladrillo comercial, considerando su aplicación en muros de albañilería. Inicialmente, se verificó el precio de venta proporcionado por los productores (S/. 2.30 por unidad) y, además, se calculó el costo unitario técnico del bloque, considerando la cantidad de materiales en función del volumen sólido (72% del volumen total del bloque) y los rendimientos de los agregados empleados en la mezcla. Estos valores se convirtieron en peso utilizando el peso específico de cada material y, en el caso del cemento, se transformaron en bolsas de 42.5 kg para su valorización.

$$\text{Volumen de bloque total} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Alto} \quad (119)$$

$$\text{Volumen de bloque al 72\%} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Alto} \times 0.72 \quad (120)$$

$$\text{Volumen de material para 1 bloque} = \text{Volumen para 1 m}^3 \text{ de concreto} \times$$

$$\text{Volumen de bloque al 72\%} \quad (121)$$

$$\text{Peso de material} = \text{Volumen de material} \times \text{Peso específico} \quad (122)$$

$$\text{Bolsas de cemento} = \frac{\text{Peso de material}}{42.5} \quad (123)$$

Tabla 20

Cantidad de materiales para 1 bloque hueco artesanal de concreto

Materiales	1m3		Bloque (40x18x12)	
	Kg/m3	m3	kg	m3
Cemento	258.75	0.083	1.59	0.00052
Arena	1087.48	0.421	6.76	0.00262
Confitillo	827.93	0.316	5.15	0.00197 0
Agua	72.270	0.072	0.450	0.00045

Los precios unitarios de los materiales, equipos y unidades de albañilería empleados en el análisis económico fueron recopilados durante el trabajo de campo realizado en Cruz Conga–Conchán y Chota en el año 2025, mediante consulta directa al productor de bloques y a proveedores locales. Asimismo, las tarifas de mano de obra fueron obtenidas o corroboradas con el productor y con los trabajadores vinculados a las partidas de albañilería durante el mismo periodo. Por tanto, los montos se expresaron en soles nominales con el año base 2025. Las investigaciones de Burga (2022), Medina (2022), Pardo (2023) y Quintana y Vásquez (2026) se revisaron únicamente como referencias comparativas de rendimientos y costos locales, pero sus precios históricos no fueron promediados ni incorporados directamente en los análisis de costos unitarios. Debido a que ambas alternativas de muro fueron evaluadas con precios correspondientes a la misma ubicación y al mismo año base, no fue necesario efectuar un ajuste inflacionario entre ellas.

Con un rendimiento diario de 300 bloques, se realizó el análisis de costos unitarios, sumando un 10% adicional por utilidad y gastos generales, lo que arrojó un costo total de S/. 2.31 por unidad.

Tabla 21

Costos de la mano de obra, materiales y equipos en Cruz Conga, vigencia 2025

Recurso	Unidad	Precio unitario (S/)	Fuente
Cemento Portland Tipo I	bolsa de 42.5 kg	31.00	Consulta a proveedor local
Arena	m ³	50.00	Consulta al productor/proveedor
Confitillo	m ³	35.00	Consulta al productor/proveedor
Agua	m ³	5.00	Registro local
Mesa moldeadora	hm	12.00	Información del productor
Operario	hh	9.00	Consulta local de mano de obra
Peón	hh	6.25	Consulta local de mano de obra

Nota. Los precios de cemento, arena, confitillo, agua y hora máquina fueron recopilados mediante consultas directas al productor y a proveedores locales durante el trabajo de campo realizado en 2025. Las tarifas de operario y peón fueron obtenidas o corroboradas con trabajadores y responsables de la

producción local durante el mismo periodo. Los montos se expresan en soles nominales con el año base 2025. El registro de fuentes y fechas de recopilación se presenta en el Anexo 5.

Tabla 22

Costo unitario de 1 bloque hueco artesanal de concreto

Rendimiento	300 und/día				
Descripción del recurso	Unid	Cuadrilla	Cantidad	Precio (s/)	Parcial (s/)
		Mano de obra			0.41
Operario	hh		1	0.0267	9.00
Peón	hh		1	0.0267	6.25
		Materiales			1.36
Cemento Portland tipo I	bol		0.0374	31	1.16
Arena	m3		0.0026	50	0.13
Confitillo	m3		0.0020	35	0.07
Agua	m3		0.0004	5	0.002
		Equipos			0.33
Herramientas Manuales	%mo		3	0.41	0.01
Mesa Vibratoria	hm	1	0.0267	12	0.32
		Costo unitario directo			2.10
		Utilidad			0.21
		Costo total			2.31

Nota. Los precios unitarios corresponden a valores nominales recopilados o corroborados en Cruz Conga–Conchán y Chota durante 2025. Para las herramientas manuales se consideró una incidencia equivalente al 3% del costo de mano de obra, expresada mediante la unidad %mo. El subtotal de mano de obra fue S/ 0.4067 por bloque; por tanto, el costo de herramientas manuales se determinó como $0.03 \times S/ 0.4067 = S/ 0.0122$ por bloque, presentado como S/ 0.01 por efecto del redondeo. En consecuencia, el valor consignado como precio corresponde al costo base de mano de obra sobre el cual se aplicó el porcentaje y no al precio de adquisición de una herramienta específica. Los demás precios corresponden al año base 2025 y deberán actualizarse si el análisis se emplea para presupuestar obras futuras.

Posteriormente, se comparó el costo de construcción de 1 m² de muro de albañilería con bloques huecos artesanales de Cruz Conga frente al ladrillo comercial (23×12.5×9 cm, precio unitario: S/. 0.92, vigente en 2025). En ambos casos se emplearon los mismos costos de materiales y mano de obra, además del rendimiento promedio de 9.46 m²/día para el asentado de muros en sogá, según CAPECO (2006).

La cantidad de unidades por metro cuadrado y los volúmenes de mortero requeridos se determinaron según fórmulas estándar, lo que permitió calcular y comparar el costo final por m² de muro.

Figura 51

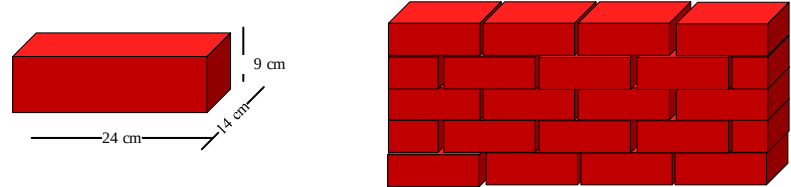
Análisis de costo unitario dado por CAPECO para muro de ladrillo en sogá

PARTIDA N°: Muro de ladrillo k.k. de arcilla de sogá **Unidad:** m2

Especificaciones: Ladrillo de 24 x 14 x 9 cm, junta de 1.5 cm,
mezcla 1:5 cemento – arena

Cuadrilla: Colocación= 1 operario + 0.5 peón.
Acarreo= 0.5 peón

Rendimiento: 9.46 m2/día



MANO DE OBRA			
Descripción	Unid.	Cantidad	I.U
Operario	hh	0.846	47
Peón	hh	0.719	47

MATERIALES			
Descripción	Unid.	Cantidad	I.U
Cemento Portland tipo I	bls	0.218	21
Arena gruesa	m3	0.058	04
Ladrillo 24x14x9 cm	pz	39.00	17

Nota. Adaptado de CAPECO (2006), citado por Burga (2022). La información se utilizó únicamente como referencia para la composición de la cuadrilla y el rendimiento de 9.46 m²/día. Los precios de materiales, mano de obra y equipos empleados en los análisis de costos unitarios fueron recopilados o corroborados localmente y corresponden al año base 2025.

Determinación del costo de mano de obra (MO) para ACU por m²

Para la comparación económica por metro cuadrado de muro se utilizaron tarifas de mano de obra vigentes en el ámbito local durante 2025. Los valores adoptados fueron

S/ 10.00 por hora-hombre para el capataz, S/ 9.00 por hora-hombre para el operario y S/ 6.25 por hora-hombre para el peón. Estas tarifas fueron obtenidas o corroboradas mediante consulta directa a trabajadores, productores y responsables locales vinculados con la ejecución de partidas de albañilería. Los estudios de Burga (2022); Pardo (2023); Medina (2022); Quintana y Vásquez (2026), se emplearon solamente como referencias sobre rendimientos y comportamiento de los costos en investigaciones desarrolladas en Chota, debido a que sus precios corresponden a periodos diferentes y no resultan directamente comparables sin una actualización monetaria. En consecuencia, dichos valores históricos no fueron incorporados directamente en el APU de la investigación.

Incorporación del flete para obtener costo “puesto en obra” (Chota)

Debido a que los bloques se producen en Cruz Conga (Conchán) y se analizó su uso en muros ejecutados en Chota, se incorporó el costo de transporte (flete) para convertir el costo unitario del bloque en planta a costo unitario puesto en obra. Se consideró una distancia Chota–Cruz Conga de 26.5 km y un tiempo de traslado aproximado de 1 h 30 min por tramo. Para el análisis, el flete se distribuyó entre el número de unidades transportadas por viaje e incorporó, si corresponde, los costos de carga/descarga.

Entonces:

$$C_{\text{puesto_obra}} = C_{\text{planta}} + \frac{C_{\text{flete_viaje}} + C_{\text{cyd}}}{N_{\text{viaje}}} \quad (124)$$

Donde: C_{planta} = costo unitario del bloque en fábrica (S/.), $C_{\text{flete_viaje}}$ = costo total del transporte por viaje (S/.), incluye ida/vuelta y espera (si aplica), N_{viaje} = número de bloques transportados por viaje (und/viaje), C_{cyd} = costo total de carga y descarga por viaje (S./viaje), si no está incluido en el flete.

Separación costo directo vs costo de venta (comercial):

Costo directo puesto en obra:

$$C_{directo,po} = C_{directo,planta} + \frac{C_{flete,viaje} + C_{cyd}}{N_{viaje}} \quad (125)$$

$$C_{venta,po} = C_{venta,planta} + \frac{C_{flete,viaje} + C_{cyd}}{N_{viaje}} \quad (126)$$

Donde: Cventa, planta por 1 unidad 2.31 soles, y por más de 100 unidades 2.10 soles por unidad, suponiendo que el viaje transporta 300 bloques (Nviaje), y el costo por viaje es de 150 soles (incluye retorno) y el costo de carga y descarga por viaje sería cero porque ya está incluido en el costo de traslado.

$$C_{venta,po} = 2.10 + \frac{150}{300} = 2.10 + 0.50 = 2.60 \text{ soles/ und} \quad (127)$$

Fórmulas para el cálculo de materiales por m² de muro de albañilería:

$$CL = \frac{1 \text{ m}^2}{(b+j)*(h+j)} \quad (128)$$

Donde: CL cantidad de ladrillos por m², b base de ladrillo, a ancho del ladrillo, h altura del ladrillo, j espesor de junta.

$$V_{mo} = V_{mv} - CL \times V_{la} \quad (129)$$

Donde: Vmo volumen de mortero (m³/m²), Vmv volumen de muro, CL cantidad de ladrillos, Vla volumen de ladrillos.

$$\text{Volumen de 1 parte del mortero} = \frac{V_{mo}}{D} \quad (130)$$

Donde: Vmo volumen de mortero (m³), mientras que D hace referencia al número de partes en el que se divide la mezcla de acuerdo a la proporción, siendo la sumatoria de esta, por ejemplo, si la proporción es 1:3, el valor D sería igual a 4.

$$\text{Bolsas de cemento del mortero} = \frac{\text{Volumen de 1 parte}}{0.02832} \quad (131)$$

$$m^3 \text{ de arena para mortero} = \text{volumen 1 parte} \times \text{Proporción} \quad (132)$$

Fórmulas para el análisis de costos unitarios:

$$\text{Cantidad de mano de obra} = \frac{8 \times \text{Cuadrilla}}{\text{Rendimiento}} \quad (133)$$

$$\text{Costo por categoria M.O.} = \text{Cantidad} \times \text{Precio} \quad (134)$$

$$\text{Costo M.O.} = \text{Costo maestro obra} + \text{Costo op.} + \text{Costo pe.} \quad (135)$$

$$\text{Costo por material} = \text{Cantidad} \times \text{Precio} \quad (136)$$

$$\text{Costo materiales} = \sum \text{Costo cada material} \quad (137)$$

$$\text{Costo equipos} = \text{Cantidad} \times \text{Costo de Hora máquina} \quad (138)$$

$$\text{Costo unitario} = \text{Costo parcial de M.O.} + \text{Costo parcial de materiales} + \text{costo parcial de equipos} \quad (139)$$

3.7. Procedimientos de análisis de datos

3.7.1. Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos de la presente investigación, se utilizó principalmente una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2024, en la que se organizaron y sistematizaron los resultados de los ensayos realizados en laboratorio. En esta plataforma se calcularon los valores de promedio, desviación estándar y coeficiente de variación para cada una de las propiedades físicas y mecánicas evaluadas, tanto en la unidad como en el sistema de albañilería. Estos valores permitieron estructurar tablas comparativas y figuras resumen que facilitaron la interpretación de los resultados. Asimismo, para el análisis estructural se empleó el software ETABS 2022, con el cual se modeló una vivienda de dos niveles, utilizando muros de albañilería contruidos con bloques huecos artesanales de concreto, a fin de evaluar su comportamiento estructural frente a cargas gravitacionales y sísmicas. Finalmente, se elaboró una segunda hoja de cálculo destinada al análisis de costos unitarios, en la que se estimaron los costos de producción por bloque y por metro cuadrado de muro, incluyendo materiales, mano de obra y equipos, con base en los precios recopilados directamente del productor, de los proveedores y de los trabajadores locales durante 2025. Los valores fueron organizados en soles nominales con el año base 2025, procurando que las alternativas de muros de

bloques y de ladrillos fueran comparadas bajo una misma condición temporal y geográfica.

3.7.2. *Análisis de datos*

El análisis de los datos se realizó con un enfoque descriptivo e inferencial. En primer lugar, los resultados obtenidos se interpretaron de forma descriptiva y se contrastaron con los valores mínimos establecidos por la norma E.070, lo que permitió verificar el cumplimiento de los parámetros técnicos exigidos para considerar los bloques como unidades de albañilería portante. Posteriormente, se recurrió al software estadístico Minitab 22 para realizar un análisis inferencial, aplicando pruebas de hipótesis que permitieron evaluar si los valores experimentales obtenidos eran significativamente diferentes o no de los valores normativos esperados. De esta manera, se estableció la validez estadística de los resultados y se determinó si se aceptaba o rechazaba la hipótesis planteada en el estudio sobre la viabilidad técnica de los bloques huecos artesanales de concreto como alternativa para la construcción en albañilería.

3.7.2.1. Análisis de la viabilidad técnico-económica para el uso de bloques de concreto en albañilería

El análisis de la viabilidad técnico-económica del uso de bloques huecos artesanales de concreto en sistemas de albañilería se desarrolló mediante dos enfoques complementarios: la verificación técnica del cumplimiento normativo y el modelamiento estructural, junto con la evaluación económica comparativa frente a materiales convencionales como el ladrillo de arcilla cocida.

En cuanto a la viabilidad técnica, se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físico-mecánicas de los bloques artesanales de concreto producidos en Cruz Conga. Estas propiedades incluyeron variación dimensional, alabeo, porcentaje de vacíos, absorción, peso específico, eflorescencia y resistencia a

la compresión en unidad; así como resistencia a la tracción por adherencia, compresión en pilas y corte diagonal en muretes, dentro de sistemas de albañilería.

Los resultados obtenidos fueron contrastados con los criterios establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 399.601 e INACAL 2018, así como con la Norma E.070 (MVCS, 2006), determinándose que los bloques cumplían los requisitos mínimos para ser clasificados como unidades estructurales de tipo portante. Además, se realizó el modelamiento estructural de una edificación de dos niveles utilizando el software ETABS 2022, considerando parámetros sismorresistentes de acuerdo con la Norma E.030. Este modelo permitió verificar la densidad de muros, esfuerzos admisibles, deformaciones, distribución de cargas y respuesta sísmica, asegurando que el sistema de muros de albañilería con bloques artesanales presentaba un comportamiento estructural adecuado para edificaciones de hasta dos pisos en zonas sísmicas tipo 2.

Respecto a la viabilidad económica, se llevó a cabo un análisis de costos unitarios considerando tanto el precio de venta proporcionado por los productores (S/ 2.30 por bloque), como el cálculo detallado del costo de producción, tomando en cuenta insumos (cemento, arena, confitillo, agua), mano de obra (operario, peón, uso de máquina vibradora), rendimiento diario y cantidad de unidades fabricadas. Posteriormente, se estimó el costo por metro cuadrado de muro construido con bloques artesanales, en comparación con el muro construido con ladrillo de arcilla cocida, utilizando los mismos factores de rendimiento (CAPECO) y precios unitarios actualizados.

3.8. Material y equipos (descripción del uso)

Para la ejecución de la investigación se emplearon materiales, equipos e instrumentos vinculados con el proceso de obtención de datos, desde la visita técnica a la fábrica y el muestreo de materias primas y bloques, hasta la realización de ensayos

en unidad y albañilería, la caracterización del mortero, el modelamiento estructural en ETABS y el análisis de costos. La Tabla 22 resume los recursos utilizados.

Tabla 23

Materiales, equipos e instrumentos utilizados según el proceso de obtención de datos

Procedimiento/ actividad	Material, equipo o instrumento	Descripción del uso (finalidad operativa)
Visita técnica a la fábrica	Equipo de protección personal (EPP)	Garantizó las condiciones de seguridad durante el recorrido por las áreas de acopio, mezclado, moldeado, curado y almacenamiento.
	Cámara fotográfica	Registró evidencias del proceso artesanal, de los equipos de producción, de los acopios y de las etapas constructivas para sustento técnico del diagnóstico.
	Libreta de campo y bolígrafo	Permitió anotar observaciones, la secuencia del proceso, los tiempos de referencia y las respuestas del personal técnico.
	Cinta métrica	Se utilizó para medir dimensiones referenciales de bloques y elementos del proceso (moldes, pilas, zonas de curado).
Muestreo de materias primas (arena y confitillo)	Pala / cucharón de muestreo	Extrajo submuestras en diferentes puntos del acopio siguiendo el patrón en zigzag.
	Bolsas de muestreo y etiquetas	Almacenaron y codificaron las submuestras para garantizar la trazabilidad hasta el laboratorio.
	Carretilla / baldes	Trasladaron las muestras desde el acopio hasta el área de embalaje y transporte al laboratorio.
Ensayo de contenido de humedad (NTP 339.185)	Horno de secado (110 °C)	Secó las muestras a temperatura controlada para determinar humedad por diferencia de masas.
	Balanza electrónica (± 0.01 g)	Pesó muestras húmedas y secas para calcular el contenido de humedad.
	Recipientes metálicos y espátula	Contuvieron y manipularon las muestras durante el secado, el enfriamiento y el pesaje.
Ensayo de granulometría (NTP 400.012)	Juego de tamices normalizados (4.75 mm a 0.075 mm)	Separó partículas por tamaño para determinar la distribución granulométrica y curva correspondiente.
	Agitador mecánico de tamices	Estandarizó el proceso de tamizado y redujo error por operación manual.
	Balanza electrónica y cepillo	Pesó retenidos por tamiz y limpió mallas para evitar pérdidas y contaminación cruzada.
	Recipiente de inmersión y cubetas	Permitieron la saturación durante 24 h y la manipulación del agregado durante el procedimiento SSD.
Peso específico y absorción (NTP 400.022)	Probeta 500 ml	Determinó el volumen desplazado para cálculo del peso específico del agregado fino.
	Baño maría (20 °C) y cronómetro	Controló la temperatura y tiempos del procedimiento normado.
	Horno, balanza, pisón, superficie no absorbente	Secado, pesaje y acondicionamiento de SSD para calcular el peso específico y la absorción.
Peso unitario suelto y compactado (NTP 400.017)	Recipiente cilíndrico normalizado	Contenedor de volumen conocido para determinar peso unitario suelto y compactado.
	Pisón normalizado y regla metálica	Compactó el material y niveló la superficie para mediciones reproducibles.
	Balanza digital	Determinó la masa del material dentro del recipiente para el cálculo del peso unitario.
Análisis de dosificación (campo y gabinete)	Baldes de 18 L (medición volumétrica)	Cuantificaron los volúmenes de arena, confitillo y agua observados durante la dosificación empírica.
	Fichas de registro de dosificación / libreta de campo	Registraron proporciones empíricas (cemento-arena-confitillo-agua) y rendimiento de bloques por 1 m ³ .
	Balanza digital y calculadora científica	Convirtieron volúmenes a masas y apoyaron la verificación de proporciones en gabinete.

Procedimiento/ actividad	Material, equipo o instrumento	Descripción del uso (finalidad operativa)
Muestreo de bloques (unidad y albañilería)	Normas ACI 211.1 y NTP 399.602	Sustentaron el diseño teórico de mezcla y la comparación técnica con la dosificación observada.
	Software Excel 2024	Automatizó el diseño de mezcla por método ACI, volúmenes absolutos y ajustes por humedad/absorción.
	Carretilla / equipo de transporte	Trasladó bloques seleccionados desde el lote hasta el área de almacenamiento y curado.
	Cinta métrica, regla metálica y vernier	Midieron dimensiones para control dimensional, volumen y validación de tolerancias.
	Balanza digital	Determinó las masas de las unidades para el peso unitario y los registros de control.
	Etiquetas / marcadores y fichas de registro	Codificaron cada unidad y registraron su procedencia, fecha y destino de ensayo.
	Bolsas plásticas / cajas	Almacenaron las unidades individualmente, reduciendo el daño superficial y la confusión de códigos.
	Termómetro ambiental	Registró condiciones del área de curado y apoyo a control de trazabilidad.
Ensayos en unidad (NTP 399.604, NTP 331.017)	Superficie plana de referencia, regla y nivel	Verificaron el alabeo y la planitud de las caras para cuantificar las desviaciones.
	Cubetas de agua, trapos absorbentes y cronómetro	Ejecutaron una inmersión de 24 h y controlaron los tiempos para el ensayo de absorción.
	Horno de secado y balanza	Secaron y pesaron para determinar W_s , W_d y absorción porcentual.
	Cámara de humedad (30–70% HR) y agua destilada	Evaluaron la eflorescencia bajo condiciones controladas y mediante ascenso capilar.
	Máquina de compresión y plantillas metálicas	Aplicaron carga axial y refrentado para obtener resistencia a compresión en unidad.
	Mezcladora de mortero, paleta y recipiente	Prepararon un mortero homogéneo con control de la trabajabilidad.
	Tamiz malla No. 4	Aseguró arena sin impurezas y con granulometría uniforme para el mortero.
	Moldes cúbicos 50 mm y espátula	Fabricaron probetas, las compactaron y las nivelaron para ensayos comparables.
Ensayos de albañilería: procedimiento experimental de adherencia, NTP 399.605 y NTP 399.621	Máquina de compresión	Determinó la resistencia a compresión de cubos de mortero.
	Dispositivo de tracción directa y placas de carga	Aplicaron carga controlada para determinar resistencia por adherencia.
	Máquina de compresión / máquina de corte diagonal	Ejecutaron compresión axial en pilas y corte diagonal en muretes, según la norma.
	Cuna de apoyo y dispositivo de carga inclinada	Aseguraron la transmisión correcta de cargas en el ensayo de corte diagonal.
	Mortero 1:3, paleta, espátula y agua	Prepararon y colocaron juntas de 1.5 cm para la fabricación de especímenes.
	Bolsas plásticas de curado	Mantuvieron la humedad durante el curado inicial (7 días) para especímenes de albañilería.
	Computadora / laptop	Ejecutó el modelamiento, el análisis y la verificación de muros y elementos estructurales.
	Software ETABS 2022	Modeló la vivienda, asignó materiales, piers, diafragmas rígidos, cargas y análisis sísmico.
Modelamiento estructural	Normas E.030 y E.070	Definieron parámetros sísmicos, requisitos mínimos y verificaciones de diseño en muros.
	Excel 2024	Calculó los costos unitarios del bloque, los metrados por m ² de muro y la comparación económica.
	Calculadora y fichas de costos	Consolidaron los precios de insumos, rendimientos, mano de obra y equipos para la valorización.

Nota. La selección de materiales, equipos e instrumentos se efectuó en función de los procedimientos del proceso de obtención de datos.

3.9. Aspectos éticos

Se aplicaron los aspectos éticos y criterios de rigor: (Parra y Briceño, 2013)

Consentimiento informado: Se obtuvo el consentimiento del propietario de la ladrillera Cruz Conga, asegurándose de que comprendiera los objetivos, procedimientos y posibles implicancias del estudio. Se explicó claramente el propósito de la investigación antes de realizar cualquier recolección de datos.

Beneficio social: La investigación se desarrolló con un propósito social válido, orientado a generar aportes técnicos y científicos que beneficien a la comunidad. Se buscó evaluar las propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto, con el fin de mejorar las técnicas constructivas.

Credibilidad, auditabilidad y transferencia: Se garantizó la confiabilidad del estudio mediante una metodología clara, transparente y replicable. Los datos recolectados y los procedimientos aplicados fueron documentados de forma sistemática, lo que permitió que otros investigadores validaran o aplicaran los resultados en contextos similares.

Coherencia metodológica: La investigación siguió un enfoque metodológico riguroso, con la elección adecuada de técnicas de recolección y análisis de datos.

Muestreo apropiado: Se seleccionó adecuadamente la muestra de bloques artesanales de concreto, conforme a las recomendaciones de la norma técnica peruana vigente. Se consideraron criterios como la representatividad, la variedad de condiciones de fabricación y la suficiencia estadística, lo que permitió obtener resultados válidos y generalizables a la producción de la ladrillera evaluada.

Criterio de rigor científico (Citas y referencias): Se garantizó el rigor científico mediante la inclusión de fuentes confiables y actualizadas, citadas de acuerdo con el estilo APA 7.^a edición. Esto aseguró la integridad académica del estudio y respaldó teóricamente cada uno de sus componentes.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Propiedades físicas de los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga*

Los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga presentan características físicas aceptables para su aplicación en mortero y parcialmente aptas para el concreto, de acuerdo con la NTP 400.037 (INACAL, 2021). La arena (agregado fino) presenta un módulo de finura de 2.07, que se encuentra por debajo del rango recomendado para concreto (2.3 a 3.1), pero sí dentro del rango exigido para mortero (1.6 a 2.5). Esto la clasifica como un árido fino, por lo tanto, es adecuada para su uso como componente en morteros de unión en bloques de albañilería. Además, la arena cumple con el límite máximo de material que pasa el tamiz N° 200 ($2.8\% < 5\%$), lo que garantiza que no hay exceso de partículas finas.

En contraste, el confitillo (agregado grueso) presenta módulo de finura elevado de 4.96, que no cumple con los husos establecidos para agregados finos de concreto ni de mortero, y además excede el límite del 5% de material que pasa el tamiz N° 200 (6.76%), lo cual puede implicar problemas de adherencia y excesiva demanda de agua en la mezcla; no obstante, de acuerdo con la Figura 52, el confitillo se aproxima al huso 89 para agregados gruesos, aunque con ligeros excesos en los tamices N° 4 (64.15%) y N° 8 (31.43%), lo que sugiere que, si bien no es un agregado grueso ideal, puede ser considerado marginalmente aceptable para mezclas no estructurales o elementos de baja exigencia como los bloques artesanales huecos de concreto.

Tabla 24

Propiedades físicas de los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán

Propiedades físicas	Agregado fino	Agregado grueso	NTP 400.037 (INACAL, 2017)
Material	Arena	Confitillo	
TMN		3/8"	
Contenido de humedad (%)	10.41	5.72	
Módulo de finura	2.07	4.96	1.6-2.5 (mortero) 2.3-3.1 (concreto)
Cantidad de material que pasa tamiz N° 200 (%)	2.8	6.76	5% máximo
Peso específico de masa (g/cm ³)	2.584	2.62	
Peso específico de masa saturada superficialmente seca (g/cm ³)	2.597	2.646	
Peso específico de masa aparente (g/cm ³)	2.618	2.689	
Absorción (%)	0.5	0.98	
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1248.06	1209.09	
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1445.18	1469.29	

En cuanto al análisis granulométrico, se observa que la arena no cumple con el huso de agregado fino para concreto, especialmente por su alto contenido en las fracciones más finas (tamices N° 50 y N° 100), pero sí cumple con el huso recomendado para mortero, como se muestra en la Figura 54. Esta condición, sumada a su baja absorción (0.5%), peso específico favorable (2.584 g/cm³) y peso unitario compacto de 1445.18 kg/m³, confirma su idoneidad para su uso en la fabricación de bloques huecos artesanales, donde se priorizan la trabajabilidad y la densidad de los áridos finos. Siendo así, ambos agregados presentan valores adecuados de peso específico y peso unitario, aunque se recomienda precaución con el contenido de finos del confitillo y con su gradación más gruesa, la cual puede optimizarse mediante tamizado adicional.

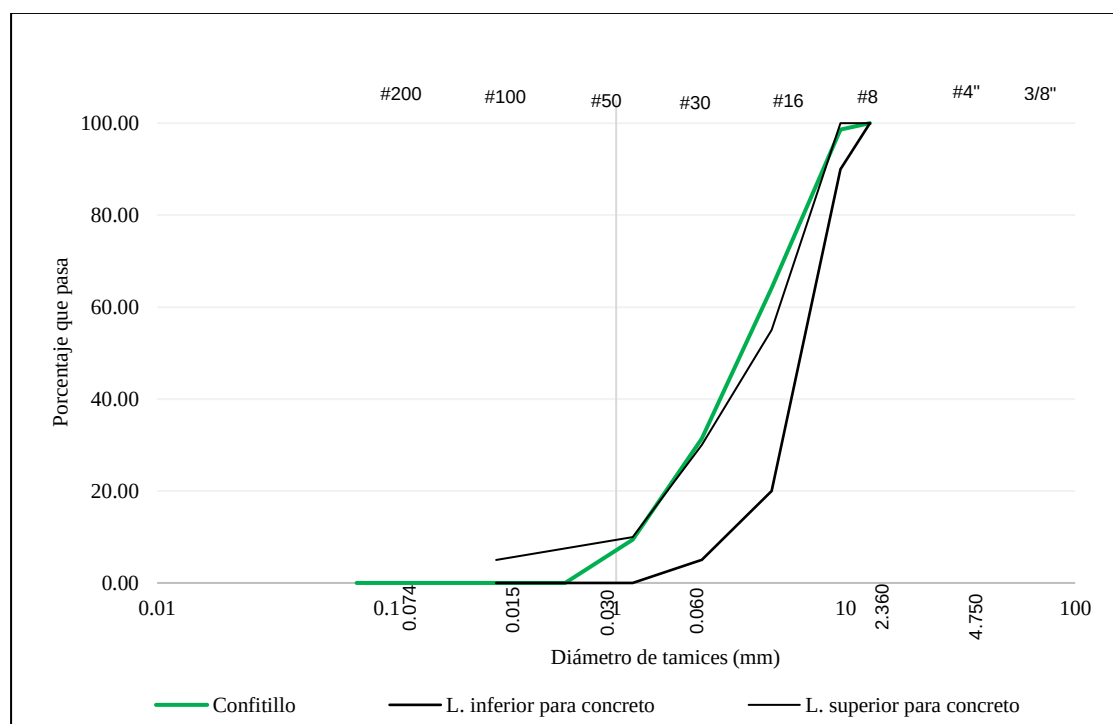
Tabla 25

Análisis granulométrico de los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán

Material	N°	Abertura (mm)	Huso para agregado fino		Huso 89 para agregado grueso		Porcentaje que pasa	
			L. inferior para concreto	L. superior para concreto	L. inferior	L. superior	Arena	Confitillo
ARENA	Grava	1/2"	12.75	100	100	100	100.00	100.00
		3/8"	9.500	100.00	100.00	90.00	100.00	98.64
	Gruesa	N°4	4.750	95.00	100.00	20.00	55.00	99.54
		N°8	2.360	80.00	100.00	5.00	30.00	98.16
		N°16	1.180	50.00	85.00	0.00	10.00	90.60
	Media	N°30	0.600	25.00	60.00	...	...	71.23
		N°50	0.300	5.00	30.00	0.00	5.00	27.86
	Fina	N°100	0.150	0.00	10.00			5.95
		N°200	0.074	0.00	0.00			2.32

Figura 52

Curva granulométrica del confitillo respecto al huso 89



Curva granulométrica de la arena respecto al huso para concreto



The graph displays the grain size distribution for four materials. The x-axis represents the sieve diameter in millimeters (mm) on a logarithmic scale, with major ticks at 0.01, 0.1, 0.075, 0.015, 0.030, 0.060, 10, 2.360, 4.750, and 100. The y-axis represents the percentage of material passing through the sieve, ranging from 0.00 to 100.00 in increments of 20.00. Sieve size labels are provided at the top: #200 (0.075 mm), #100 (0.15 mm), #50 (0.3 mm), #30 (0.6 mm), #16 (1.18 mm), #8 (2.5 mm), #4 (4.75 mm), and 3/8 (9.5 mm).

Diámetro de tamices (mm)	Arena (%)	Confitillo (%)	L. inferior para mortero (%)	L. superior para mortero (%)
0.075 (#200)	2.0	0.0	0.0	0.0
0.15 (#100)	5.0	0.0	10.0	15.0
0.3 (#50)	30.0	0.0	75.0	35.0
0.6 (#30)	90.0	10.0	100.0	95.0
1.18 (#16)	100.0	60.0	100.0	100.0
2.5 (#8)	100.0	100.0	100.0	100.0

4.1.2. *Proceso de fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga*

La producción de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga se organiza en cuatro etapas: acopio de agregados, mezclado manual, moldeo con máquina y curado mediante rociado con agua. Los materiales utilizados provienen en su mayoría de la zona (arena y confitillo); el cemento empleado es Portland Tipo I de la marca Pacasmayo y el agua es potable. La dosificación observada en campo corresponde a la proporción empírica de 1 bolsa de cemento, 7 baldes de arena, 6 baldes de confitillo y 12 litros de agua (baldes de 18L), lo cual se ajusta al diseño propuesto por la norma ACI 211.1 para concreto de baja resistencia ($f'c$ 50 kg/cm²). El curado se realizó en planta durante 28 días mediante aspersión con regadera tres veces al día, antes del traslado de las unidades al laboratorio para los ensayos físico-mecánicos.

Tabla 26

Análisis del proceso de fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga

Sub ítem	Aspectos clave observados
Proceso productivo	Proceso semimecanizado en 4 etapas: selección de agregados, mezcla manual, moldeo con máquina semimecanizada, curado por aspersión con regadera y almacenamiento en planta.
Materiales utilizados	Uso de cemento Pacasmayo Tipo I, arena y confitillo locales; mezcla empírica 1 bolsa de cemento: 7 baldes de arena: 6 baldes de grava con 12 lt de agua, (baldes de 18L).
Equipos y herramientas	Herramientas manuales (palas, bateas, carretillas) y una máquina semimecanizada que produce 6 bloques a la vez. Curado con regadera.
Dosificación y rendimiento	La mezcla empírica se asemeja al diseño del ACI para un $f'c$ de 50 kg/cm ² . Con 1 m ³ de mezcla se obtienen 115 bloques de 40×18×12 cm.
Métodos de curado	Curado por aspersión con regadera tres veces al día durante 28 días. Ambiente inicial semicerrado, luego al aire libre. Método de bajo costo, pero mejorable.
Control de calidad visual	Control visual sin registro técnico. Se inspeccionan defectos visibles, se mide ocasionalmente y se etiqueta por fecha, sin control normativo.
Deficiencias del proceso	Deficiencias: falta de ensayos de resistencia, variabilidad en las proporciones, compactación deficiente y curado no estandarizado.

4.1.2.1.Descripción general del proceso productivo observado

El proceso de fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán, se desarrolla de manera semimecanizada y comprende cuatro etapas principales: selección y acopio de agregados, mezclado de materiales, moldeo de bloques y curado y almacenamiento.

Selección y acopio de agregados. Los materiales pétreos empleados, arena y confitillo, se recolectan localmente en Cruz Conga y se acopian a cielo abierto en los exteriores de la planta de producción. En caso de lluvias, los agregados se cubren parcialmente con plásticos, aunque la mayor parte del tiempo permanecen expuestos al ambiente. Para su traslado a la zona de mezclado se utilizan baldes y carretillas, lo que evidencia una logística manual.

Mezcla de materiales. La mezcla se realiza de forma manual en un ambiente techado dentro de la fábrica. La proporción observada en campo corresponde a 1 bolsa de cemento, 7 baldes de arena, 6 baldes de confitillo y 12 litros de agua (baldes de 18L). La mezcla se realiza con palas, sin equipos de pesaje.

Moldeo semimecanizado de los bloques. La mezcla obtenida se introduce en una máquina moldeadora semiindustrial, donde se compacta manualmente. El molde permite obtener, a la vez, seis (6) bloques huecos de concreto de dimensiones aproximadas de 40 cm de largo, 12 cm de ancho y 18 cm de alto, con dos cavidades longitudinales internas.

Curado y almacenamiento. Una vez moldeados, los bloques se colocaron en el área de acopio de la planta, donde se realizó el curado mediante aspersión con agua a regadera manual, tres veces al día durante 28 días. Tras este proceso, en el caso de la producción comercial, se almacenan en el área exterior de la planta para su secado final y posterior comercialización.

Figura 55

Proceso de elaboración de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán



4.1.2.2. Materiales utilizados

En el proceso artesanal de fabricación de bloques huecos de concreto se han utilizado cemento Portland tipo I de la marca Pacasmayo, agregado fino (arena), agregado grueso (confitillo) y agua potable. Los agregados (arena y confitillo) son de procedencia local, específicamente de Cruz Conga, lo que reduce los costos logísticos. La arena presenta características apropiadas para su uso en mortero, al contar con un módulo de finura de 2.07, mientras que el confitillo, con un tamaño máximo de 3/8", cumple parcialmente con el huso 89 de la norma NTP 400.037 (INACAL, 2021). La mezcla empleada se prepara en proporciones empíricas de 1 bolsa de cemento, 7 baldes de arena, 6 baldes de confitillo y 12 litros de agua, lo que permite una producción continua sin un control estricto de la relación agua-cemento.

Tabla 27

Materiales utilizados para la elaboración de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga, Conchán

Material	Tipo	Procedencia	Función principal	Observaciones
Cemento Portland Tipo I	Bolsa de 42.5 kg	Cementos Pacasmayo	Agente cementante, proporciona cohesión	Usado sin aditivos. Cumple con los requisitos del E.060.
Arena	Agregado fino natural, sin lavar	Cruz Conga	Proporciona trabajabilidad a la mezcla	Árido fino con MF 2.07. Cumple para mortero.
Confitillo	Agregado grueso TMN 3/8"	Cruz Conga	Otorga estructura al bloque	Presenta MF 4.96, cumple con huso 89.
Agua	Agua potable	Red local o pozo	Activador del cemento y trabajabilidad	12 litros aprox. por mezcla observada (relación empírica).

4.1.2.3. Equipos y herramientas empleadas

La producción de bloques huecos artesanales en Cruz Conga se caracteriza por un alto grado de intervención manual, con herramientas básicas como palas, carretillas y bateas, que desempeñan funciones esenciales en la mezcla y el transporte de materiales. La única maquinaria semimecanizada empleada es la máquina moldeadora de bloques, que permite estandarizar las dimensiones y aplicar una compactación moderada. Con este equipo metálico se pueden elaborar seis (6) bloques huecos artesanales de concreto simultáneamente. La mecanización está limitada; refleja un proceso de baja inversión tecnológica, pero suficiente para abastecer la demanda local. Además, el curado de los bloques se realiza mediante aspersión manual diaria, lo que requiere supervisión constante para asegurar un endurecimiento adecuado.

Tabla 28

Equipos y herramientas empleadas en la fabricación de bloques huecos artesanales en Cruz Conga

Herramienta / Equipo	Función principal	Nivel de mecanización	Condición de uso
Pala de punta	Mezcla manual del concreto	Manual	Uso frecuente, en buen estado
Carretilla metálica	Transporte de materiales (arena, confitillo, bloques)	Manual	Buen estado
Batea plástica	Contenedor temporal para mezcla o transporte	Manual	Uso frecuente
Máquina semimecanizada de bloques	Moldeo y compactación de los bloques de concreto	Semimecanizada	Operativa, de uso continuo
Regadera o aspersor manual	Curado superficial por rociado de los bloques	Manual	Uso diario

Figura 56

Uso de la máquina semimecanizada para la producción de bloques huecos de concreto artesanales en Cruz Conga, Conchán



Figura 57

Vista de los bloques huecos de concreto que la máquina semimecanizada produce en Cruz Conga, Conchán



4.1.2.4. Dosificación y rendimiento

La evaluación de la dosificación y del rendimiento se desarrolló con base en dos componentes: (i) la dosificación empírica observada durante la visita técnica en la ladrillera Cruz Conga, la cual corresponde a una producción artesanal asociada a una resistencia objetivo aproximada de $f'c = 50 \text{ kg/cm}^2$, y (ii) el diseño de mezcla en gabinete realizado mediante la metodología ACI 211.1, que se aplicó para comparar la práctica artesanal frente a una dosificación técnicamente estimada para la misma resistencia (50 kg/cm^2).

En consecuencia, todos los resultados físico-mecánicos reportados en el estudio (ensayos en unidad, pilas y muretes) corresponden a los bloques producidos por la fábrica con su dosificación actual, asociada a un $f'c$ de 50 kg/cm^2 .

En términos de rendimiento, a partir del registro de producción y del análisis volumétrico del bloque ($40 \times 18 \times 12 \text{ cm}$), se estimó que 1 m^3 de mezcla permite fabricar aproximadamente 115 bloques, mientras que el rendimiento diario reportado por la ladrillera se sitúa entre 300 y 345 unidades/día, con una referencia operativa de 300 unidades/día. Estos valores evidencian una productividad artesanal relevante; sin embargo, el contraste con los diseños ACI 211.1 muestra que la mezcla empírica presenta un mayor consumo de agua por bolsa, lo que sugiere un exceso de agua respecto a la dosificación técnica y un potencial efecto desfavorable sobre la resistencia y la durabilidad de las unidades.

La comparación directa entre dosificaciones permitió identificar que la mezcla artesanal se aproxima, en proporciones volumétricas, a un diseño de baja resistencia (50 kg/cm^2), pero presenta desviaciones principalmente en el componente agua/cemento. En este marco, se plantea que la producción podría optimizarse mediante

la reducción y el control del consumo de agua, así como la adopción progresiva de un diseño técnico.

Tabla 29

Número de bloques que obtienen en Cruz Conga por cada m³ de mezcla de concreto

Materiales	1m ³		Bloque (40x18x12)		Número de bloques por m ³
	Kg/m ³	m ³	kg	m ³	
Cemento	258.75	0.083	1.59	0.00052	115
A. Fino	1087.48	0.421	6.76	0.00262	
Confitillo	827.93	0.316	5.15	0.00197	
Agua	72.270	0.072	0.450	0.0004	
Número de bloques elaborados al día:					300 unidades

a) Dosificación observada durante visita técnica

Durante la visita técnica se registró la proporción empírica utilizada por la ladrillera, expresada en unidades prácticas de obra, correspondiente a: 1 bolsa de cemento, 7 baldes de arena, 6 baldes de confitillo y 12 L de agua por bolsa. Esta dosificación representa la condición real de producción y constituye la base del análisis comparativo (Figura 58).

Figura 58

Proporción empírica de concreto utilizada en Cruz Conga para la elaboración de bloques huecos artesanales



Cálculo de la relación agua/cemento real de la mezcla empírica

Para estimar la relación agua/cemento real de la mezcla utilizada en la fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto, se consideró el agua añadida directamente durante la preparación y el agua libre aportada por los agregados en condición húmeda. Para ello, se tomó como base la dosificación empírica registrada en Cruz Conga: 1 bolsa de cemento, 7 baldes de arena, 6 baldes de confitillo y 12 L de agua añadida.

1. Peso total en la tanda con agregados húmedos

Arena húmeda por balde:

$$18 \text{ L} \times 1.248 \text{ kg/L} \times (1 + 0.1041) = 24.80 \text{ kg}$$

Arena total en la tanda:

$$7 \times 24.80 = 173.60 \text{ kg}$$

De este total, 157.23 kg correspondieron a arena seca y 16.37 kg correspondieron a agua retenida.

Confitillo húmedo por balde:

$$18 \text{ L} \times 1.209 \text{ kg/L} \times (1 + 0.0572) = 23.01 \text{ kg}$$

Confitillo total en la tanda:

$$6 \times 23.01 = 138.06 \text{ kg}$$

De este total, 130.59 kg correspondieron a confitillo seco y 7.47 kg correspondieron a agua retenida.

2. Agua libre real aportada por los agregados, descontando la absorción

Agua libre de la arena:

$$157.23 \times (10.41 \% - 0.50 \%) = 15.58 \text{ L}$$

Agua libre del confitillo:

$$130.59 \times (5.72 \% - 0.98 \%) = 6.19 \text{ L}$$

Agua libre total aportada por los agregados:

$$15.58 + 6.19 = 21.77 \text{ L}$$

3. Relación agua/cemento real

Agua efectiva total:

$$12.00 \text{ L de agua añadida} + 21.77 \text{ L de agua libre aportada por los agregados} = 33.77 \text{ L}$$

Considerando que una bolsa de cemento contiene 42.50 kg, la relación agua/cemento real fue:

$$A/C = 33.77 / 42.50 = 0.79$$

Por lo tanto, la relación agua/cemento real estimada para la mezcla empírica utilizada en Cruz Conga fue 0.79. Este valor reemplaza el cálculo inicialmente consignado y permite interpretar con mayor precisión el comportamiento de la mezcla artesanal empleada en la fabricación de los bloques.

b) Dosificación obtenida bajo la norma ACI 211.1 para f'_c 50 kg/cm²

El diseño de mezcla ACI 211.1 para $f'_c = 50 \text{ kg/cm}^2$ permitió verificar la coherencia técnica de la dosificación artesanal de baja resistencia. Si bien las proporciones de agregados se ajustan a la práctica empírica, se identificó que el componente crítico es el agua, dado que el control de la relación a/c constituye un factor determinante de la resistencia y de la variabilidad del producto final. Por ello, esta comparación se presenta como una verificación técnica y como sustento para recomendar ajustes operativos (medición y control del agua).

Tabla 30

Dosificación para 1 m³ de concreto con agregados de Cruz Conga obtenida bajo la

Norma ACI 211.1 para f'c 50 kg/cm²

Diseño (f'c) kg/cm ²	50			
Desviación estándar	70			
Resistencia requerida (f'cr)	120			
Asentamiento	1" a 2"			
Relación a/c	0.8			
Contenido de aire	3%			
Proporción	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
Cantidades en kg	149.19	580.475	538.461	52.656
Proporción en peso	1	4.2	3.2	0.28
Proporción en volumen por pie cúbico	1	4.58	3.76	11.87
Peso por tanda (kg/bolsa)	42.5	178.6	136	11.87
En obra	1 bolsa	7.1 balde	5.8 balde	11.87 lt/bolsa

Asimismo, la dosificación propuesta para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ se mantuvo fuera del análisis principal de resultados, ya que los bloques ensayados fueron fabricados con la dosificación empírica real de la ladrillera. No obstante, se incorporó en el Anexo 8 como propuesta técnica referencial, sustentada en la necesidad de mejorar el desempeño mecánico del producto en futuras producciones controladas.

4.1.2.5. Métodos de curado

El método de curado aplicado a los bloques evaluados consistió en aspersión manual con agua mediante regadera, tres veces al día durante 28 días, en la planta artesanal de Cruz Conga. Este procedimiento se realizó antes del traslado de las unidades al laboratorio y permitió mantener la humedad superficial de los bloques durante el periodo inicial de desarrollo de la resistencia. No se emplearon el curado por inmersión ni la cámara húmeda, por lo que los resultados obtenidos representan el

comportamiento de unidades curadas bajo condiciones artesanales, controladas por la frecuencia de humedecimiento.

Sin embargo, aun en ambientes no expuestos (cerrados), realizar solo tres rociados diarios puede resultar insuficiente. En días de alta radiación solar o de viento puede provocar perdidas de humedad, lo que afectaría el proceso de hidratación del cemento. Este tipo de curado, podría mejorarse mediante un mayor control de la humedad, el uso de láminas plásticas o el curado por inmersión en etapas iniciales.

Tabla 31

Método de curado observado en la producción de bloques artesanales en Cruz Conga

Aspecto evaluado	Descripción
Tipo de curado	Curado en planta mediante aspersión manual de agua
Frecuencia de rociado	De 3 veces al día
Método de aplicación	Regadera manual
Duración del curado	28 días continuos
Ambiente durante el curado	Bloques almacenados en el área de acopio y curado de la planta; luego al exterior
Finalidad del curado	Mantener la humedad superficial del bloque para asegurar el desarrollo de la resistencia del concreto

Figura 59

Proceso de curado realizado a los bloques de concreto artesanales en Cruz Conga



4.1.2.6. Control de calidad visual ocasional

El control de calidad aplicado durante el proceso de fabricación de bloques huecos en Cruz Conga es principalmente visual y ocasional, sin la implementación de procedimientos sistemáticos ni instrumentales. Se observó que los operarios realizan inspecciones a simple vista para detectar fisuras, deformaciones y defectos superficiales evidentes, y se procede al rechazo inmediato de los bloques que no cumplen con los criterios básicos de forma o de integridad. Ocasionalmente se emplea una cinta métrica para verificar las dimensiones del bloque; sin embargo, no se lleva un registro técnico de los resultados. Adicionalmente, los bloques se etiquetan por fecha de fabricación mediante marcaciones en el lote o en el área de curado, lo que permite distinguir entre bloques nuevos y curados. Si bien estas prácticas son funcionales a nivel artesanal, no garantizan un control estandarizado, lo que podría derivar en variabilidad en las dimensiones y propiedades físicas de los bloques producidos.

Tabla 32

Acciones de control visual ocasional en la fabricación de bloques huecos artesanales en Cruz Conga

Acción observada	Descripción
Medición visual ocasional	Observación manual del aspecto superficial de los bloques luego del desmoldeo
Control de dimensiones	Uso ocasional de cinta métrica para verificar largo, ancho y alto del bloque
Rechazo por defectos visibles	Eliminación de unidades con fisuras, esquinas rotas, alabeo o nula compactación
Etiquetado por fecha de fabricación	Señalización escrita en columnas o zonas del lote para identificar la fecha
Registro sistemático	No se realiza un registro formal de dimensiones o defectos por lote
Frecuencia de evaluación	No diaria. Se realiza según disponibilidad de operarios

4.1.2.7. Identificación de deficiencias del proceso artesanal

A partir del análisis realizado, se identificaron diversas deficiencias técnicas en el proceso artesanal de fabricación de bloques huecos en Cruz Conga que limitan la estandarización y la confiabilidad del producto final. La más crítica es la ausencia de control de calidad normativo, pues no se realiza la verificación mecánica de la resistencia a la compresión antes de su comercialización. Además, al no utilizar balanzas para el pesaje de materiales, las proporciones de la mezcla varían, lo que incide directamente en la calidad del concreto. También se observó que la compactación se realiza sin vibración mecánica, lo que puede generar vacíos internos y reducir la densidad del bloque. Finalmente, el curado se aplica de forma empírica, sin control de las condiciones ambientales, lo que puede provocar un endurecimiento irregular. Estas deficiencias evidencian la necesidad de capacitación técnica y de una propuesta de mejora progresiva.

Tabla 33

Deficiencias observadas en el proceso artesanal de fabricación de bloques huecos en Cruz Conga

Deficiencia identificada	Descripción	Consecuencia técnica
Falta de control de calidad normativo	No se realizan ensayos de resistencia a la compresión en fábrica.	Desconocimiento del cumplimiento normativo
Variación en proporciones por ausencia de balanzas	Las mezclas se elaboran empíricamente en baldes, sin control de peso.	Baja repetibilidad, posible exceso de agua o deficiencia de cemento.
Compactación deficiente por falta de vibradores	La compactación depende exclusivamente de la presión manual ejercida sobre la máquina semimecanizada.	Formación de vacíos internos, menor densidad y resistencia del bloque.
Curado no estandarizado	El curado se realiza mediante rociado manual, sin control de temperatura ni de humedad ambiental.	Variabilidad en el desarrollo de resistencia, riesgo de microfisuras superficiales.

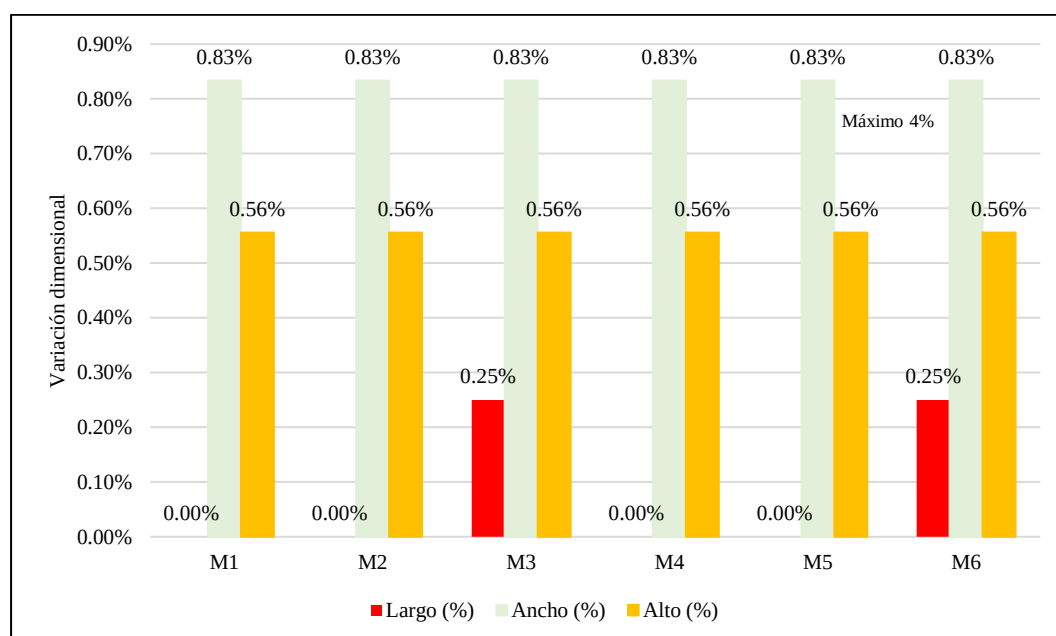
4.1.3. *Propiedades físico-mecánicas en unidad de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga*

Los bloques huecos artesanales de Cruz Conga presentan propiedades físicas y mecánicas en la unidad que cumplen con los requisitos normativos para ser considerados como unidades de albañilería, y muestran una fabricación aceptable, especialmente en términos de regularidad dimensional, baja absorción y adecuada resistencia estructural.

En cuanto a la variación dimensional, los bloques presentan desviaciones mínimas respecto a las dimensiones nominales, con promedios de 0.08 % en largo, 0.83 % en ancho y 0.56 % en alto, y todos muy por debajo del límite permitido del 4 % tanto para bloques portantes como no portantes, lo que evidencia una adecuada regularidad geométrica en el proceso de moldeo.

Figura 60

Variación dimensional de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga

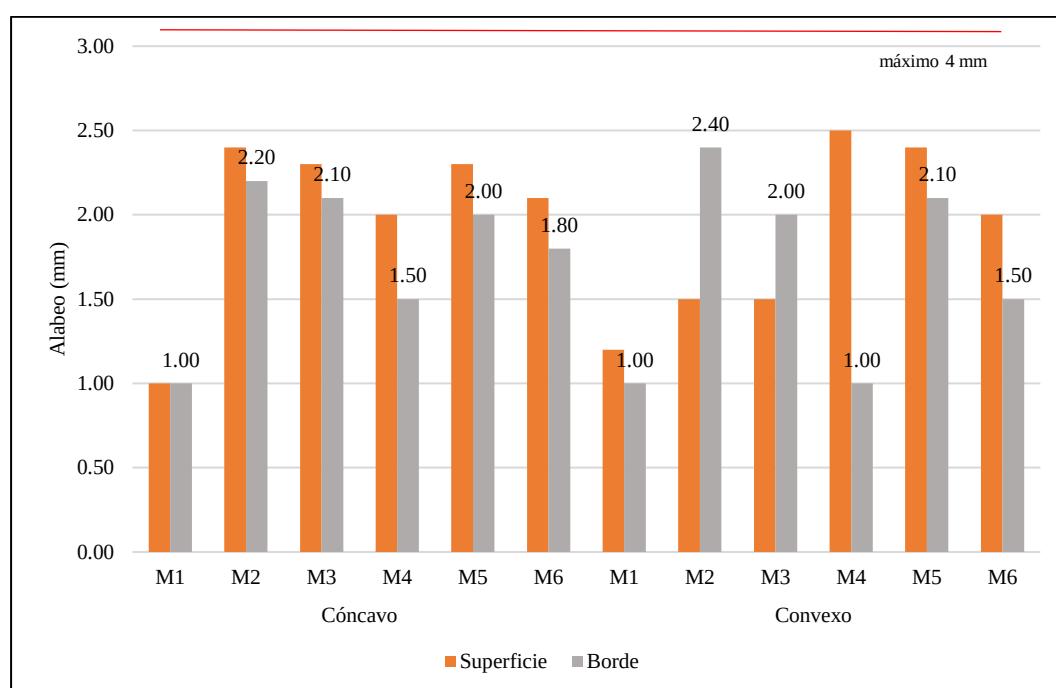


Nota. La variación dimensional se determinó comparando las dimensiones medidas (largo, ancho y alto) de cada bloque (M1–M6) con sus dimensiones nominales; los resultados se expresan en porcentaje y se contrastan con el límite máximo permitido de 4%.

Respecto al alabeo, los valores promedio fueron de 2.02 mm (cóncavo) y 2.08 mm (convexo), inferiores a los máximos establecidos por la norma (4 mm para bloques P y 8 mm para NP), lo que sugiere que los bloques mantienen una superficie relativamente plana y estable.

Figura 61

Alabeo de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga

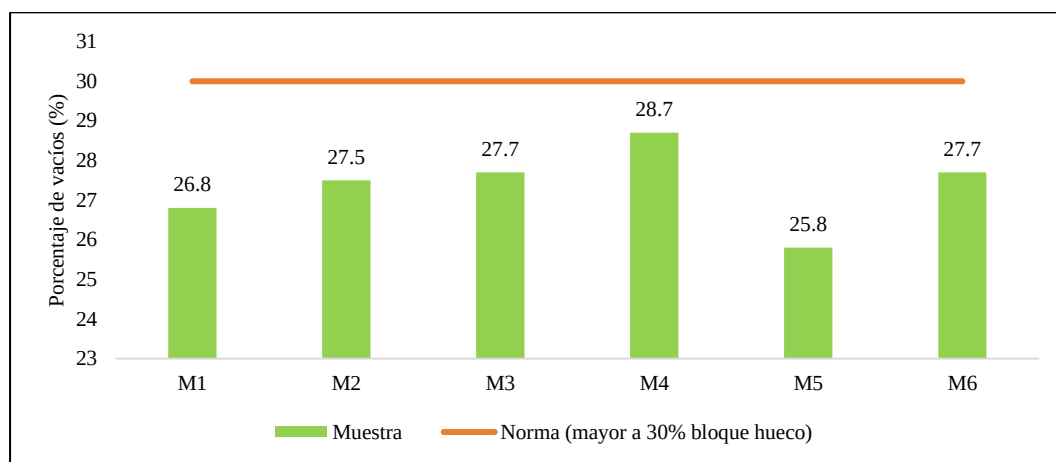


Nota. El alabeo se determinó midiendo la máxima separación entre la cara del bloque y un patrón recto, en condiciones cóncavas y convexas; los valores (mm) se compararon con el límite máximo permitido de 4 mm.

En cuanto al porcentaje de vacíos, se obtuvo un valor promedio de 27.37 %, con un máximo de 28.7 %, lo que indica que los bloques no son huecos, ya que no superan el 30% del volumen total como espacio vacío (para clasificarlos como bloques huecos), sino que se encuentran ligeramente por debajo del umbral técnico recomendado, lo cual puede asociarse al uso de moldes con cavidades limitadas. No obstante, esto no es desfavorable; solo representa la calificación asignada a la unidad de albañilería.

Figura 62

Porcentaje de vacíos de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga

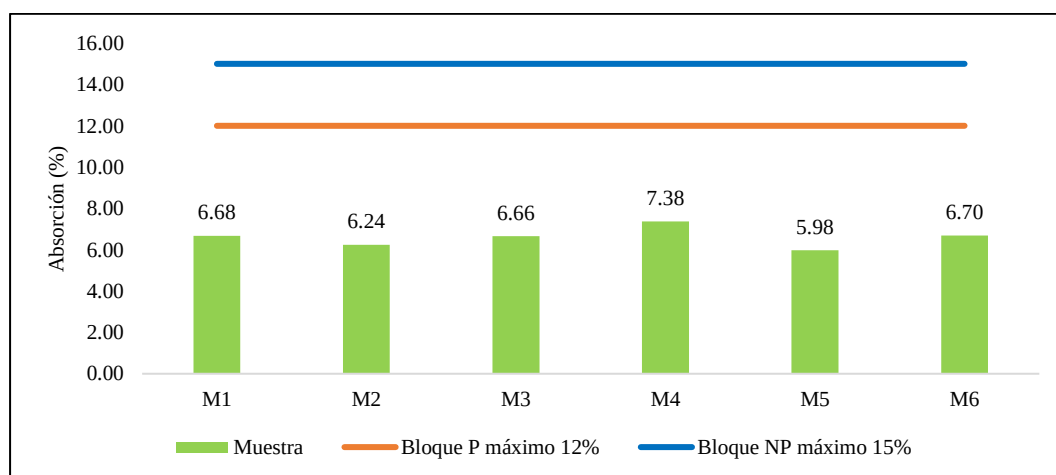


Nota. El porcentaje promedio de vacíos fue de 27.37 %. En consecuencia, aunque el producto se comercializa localmente como bloque hueco artesanal de concreto, el valor medido se encuentra por debajo del umbral de 30 % empleado para la clasificación geométrica de una unidad hueca; esta precisión no modifica la denominación comercial utilizada en la investigación.

La absorción de agua fue, en promedio, de 6.60 %, con un máximo de 7.38 %, valores que están por debajo del 12 % exigido para bloques portantes y del 15 % para no portantes, lo cual refleja una buena compacidad del material y una baja porosidad.

Figura 63

Absorción de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga

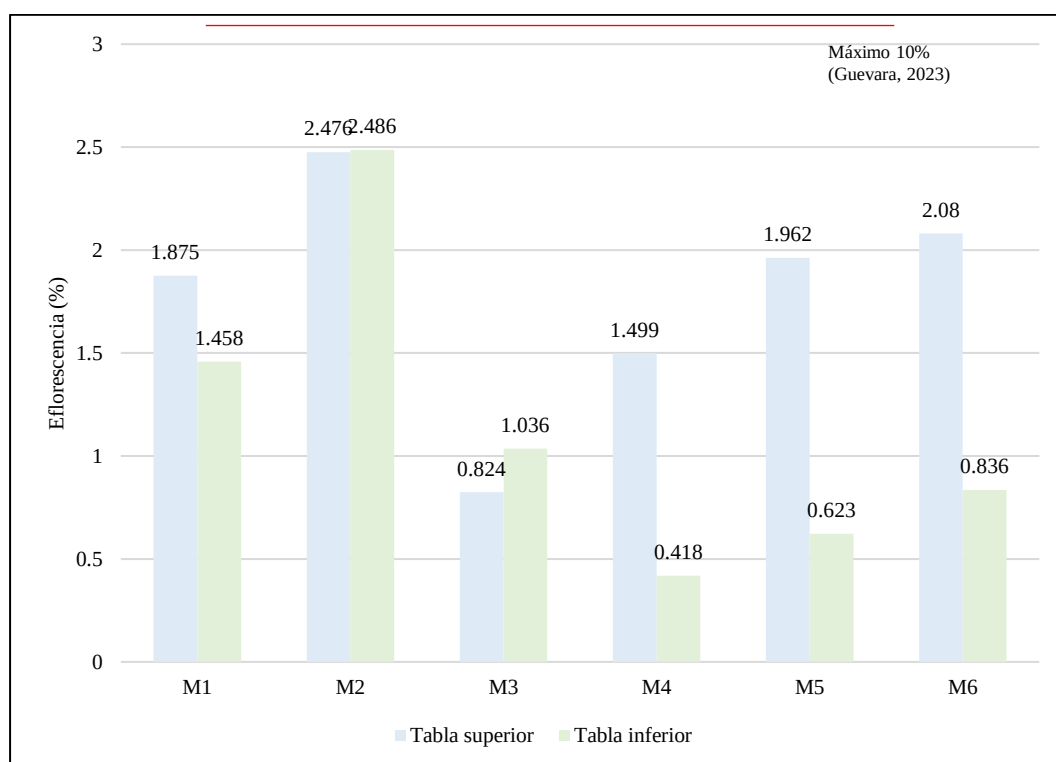


Nota. La absorción se determinó como el incremento de masa entre las condiciones seca y saturada, expresado en porcentaje; los resultados se comparan con el límite máximo permitido de 12%.

En cuanto a la eflorescencia, los valores observados se mantuvieron entre 1.04 % y 2.49 %, con un promedio de 1.82 %, lo que sugiere una presencia muy baja de sales solubles y, por tanto, una buena durabilidad del bloque frente a ataques químicos superficiales.

Figura 64

Eflorescencia de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga

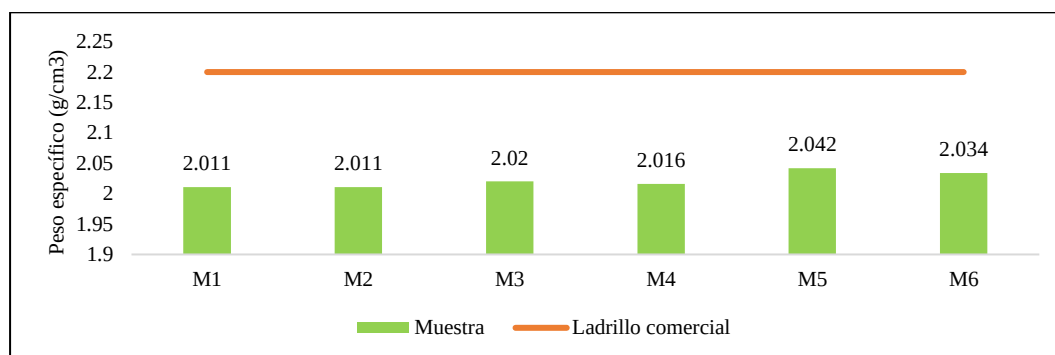


Nota. La eflorescencia se determinó como el porcentaje de área de la superficie evaluada afectada por sales visibles; los valores se comparan con el límite máximo permitido de 10%.

El peso específico promedio fue de 2.022 g/cm³, cercano al valor de referencia de 2.2 g/cm³ para ladrillos comerciales, lo que indica que los bloques poseen una densidad aceptable en relación con sus dimensiones y proporciones de mezcla, e incluso esta densidad es menor a la densidad dada para ladrillos comerciales, lo que significa que estas unidades de albañilería a pesar de tener mayores dimensiones que los ladrillos comerciales son más livianas lo que facilitará su manejo en la construcción de muros de albañilería.

Figura 65

Peso específico de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga

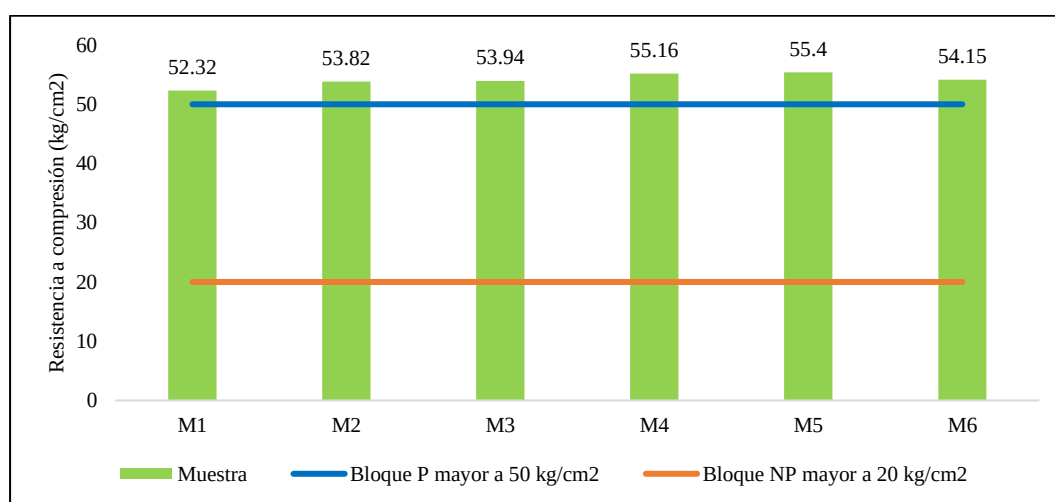


Nota. El peso específico se determinó a partir de la relación masa/volumen del bloque y se expresa en g/cm³; los resultados se contrastan con el límite máximo permitido de 2.2 g/cm³.

Finalmente, la resistencia a la compresión de los bloques promedió 54.13 kg/cm², superando el valor mínimo requerido de 50 kg/cm² para los bloques portantes. Esto confirma la capacidad de carga de los bloques fabricados artesanalmente.

Figura 66

Resistencia a compresión de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga



Nota. La resistencia a compresión en unidad se determinó como la carga máxima de falla dividida entre el área resistente del bloque, expresada en kg/cm²; los resultados se contrastan con el valor mínimo requerido de 50 kg/cm².

Tabla 34

Propiedades físico-mecánicas en unidad de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga

Bloques de concreto de 40 x 12 x 18 cm	Propiedades físico-mecánicas en unidad									
	Variación dimensional			Alabeo (mm)		Porcentaje de vacíos	Absorción (%)	Peso específico (g/cm ³)	Eflorescencia (%)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)	Cóncavo	Convexo					
M1	0.00	0.83	0.56	1.00	1.20	26.8	6.68	2.011	1.88	52.32
M2	0.00	0.83	0.56	2.40	2.40	27.5	6.24	2.011	2.49	53.82
M3	0.25	0.83	0.56	2.30	2.00	27.7	6.66	2.020	1.04	53.94
M4	0.00	0.83	0.56	2.00	2.50	28.7	7.38	2.016	1.50	55.16
M5	0.00	0.83	0.56	2.30	2.40	25.8	5.98	2.042	1.96	55.4
M6	0.25	0.83	0.56	2.10	2.00	27.7	6.70	2.034	2.08	54.15
Máximo	0.25	0.83	0.56	2.40	2.50	28.70	7.38	2.042	2.49	55.40
Mínimo	0.00	0.83	0.56	1.00	1.20	25.80	5.98	2.011	1.04	52.32
Promedio	0.08	0.83	0.56	2.02	2.08	27.37	6.60	2.022	1.82	54.13
DE	0.13	0.00	0.00	0.52	0.48	0.98	0.48	0.013	0.50	1.10
Resultado general	0.21	0.83	0.56	2.54	2.57	28.35	7.08	2.035	2.32	53.03
Norma										
Bloque P	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 4 mm	Máx. 4 mm	Mayor 30%	Máx. 12%	2.2 g/cm ³ ladrillo comercial de 23 x 12.5 x 9 cm	< 10%	Mín. 50 kg/cm ²
Bloque NP	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 8 mm	Máx. 8 mm	bloque hueco	Máx. 15%		< 10%	Mín. 20 kg/cm ²

Nota. Los códigos M1–M6 indican el orden de las seis repeticiones de cada propiedad evaluada. La numeración se reinició en cada ensayo; por ello, los valores ubicados en una misma fila no corresponden necesariamente a un único bloque sometido a todas las pruebas.

4.1.4. *Propiedades mecánicas en albañilería de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga*

En conjunto, los resultados evidencian que los bloques huecos artesanales de Cruz Conga cumplen con los requisitos de resistencia a la tracción y al corte diagonal en sistemas de albañilería, lo que valida su uso potencial en edificaciones sencillas o muros de cerramiento. Sin embargo, la baja resistencia de las pilas sugiere que su uso como elemento estructural portante debe ir acompañado de mejoras en el diseño del muro de albañilería.

Tabla 35

Propiedades mecánicas en albañilería de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga

Ensayo realizado	Unidad	Promedio	Desviación Estándar	Resistencia Final	Norma mínima requerida
Resistencia a la tracción directa (adherencia)	kg/cm ²	10.775	0.18	10.6	1.00 MPa (10.20 kg/cm ²), valor referencial de comparación
Resistencia a la compresión en pilas	kg/cm ²	39.11	0.87	38.24	> 74 kg/cm ² (bloque tipo P)
Resistencia al corte diagonal en muretes	kg/cm ²	12.05	0.19	11.86	> 8.6 kg/cm ² (bloque tipo P)

En el ensayo experimental de tracción directa por adherencia, los bloques cruzados unidos con mortero 1:3 alcanzaron un promedio de 1.057 MPa (10.775 kg/cm²) y una resistencia final de 1.04 MPa (10.60 kg/cm²). Ambos resultados fueron superiores al valor referencial de comparación de 1.00 MPa, equivalente aproximadamente a 10.20 kg/cm². No obstante, esta comparación tuvo carácter referencial y no constituyó una certificación de cumplimiento de la ASTM C1072-22,

debido a que la configuración de bloques cruzados y la aplicación de tracción directa difirieron del procedimiento de adherencia a flexión establecido en dicha norma.

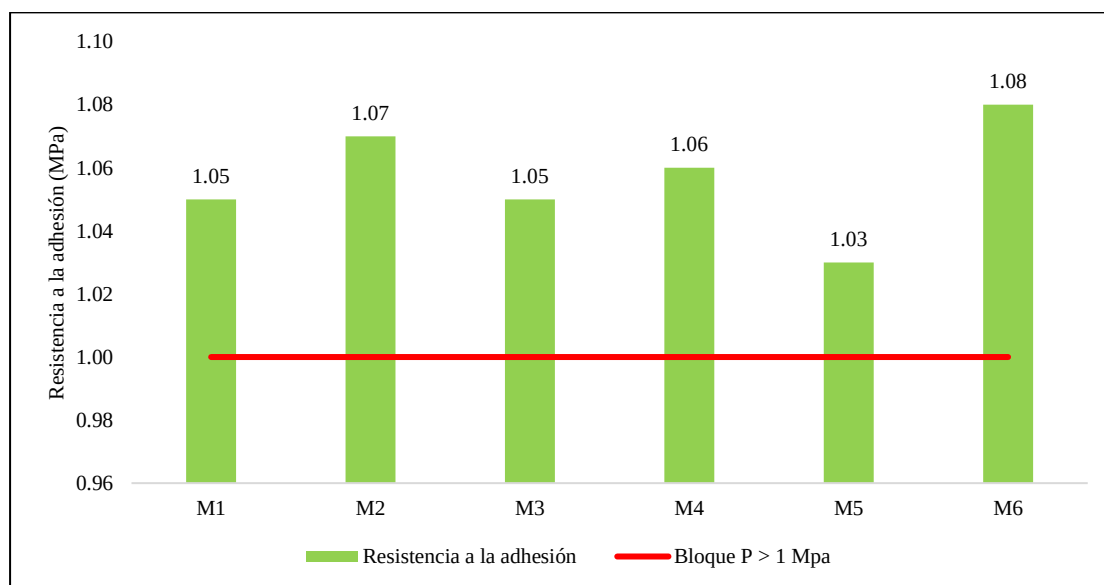
Tabla 36

Resistencia a la adhesión por tracción en albañilería de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga

Especímenes	Resistencia a la adhesión	
	Mpa	Kg/cm ²
M1	1.05	10.71
M2	1.07	10.91
M3	1.05	10.71
M4	1.06	10.81
M5	1.03	10.50
M6	1.08	11.01
Promedio	1.057	10.775
D.E.	0.02	0.18
Resistencia final	1.04	10.60
Valor referencial de comparación	> 1 Mpa	> 10.1972 kg/cm ²

Figura 67

Resistencia a la adhesión por tracción en bloques cruzados de albañilería



Nota. La resistencia a la adhesión se determinó como el esfuerzo de tracción a la falla en especímenes unidos con mortero, expresado en MPa; los resultados se compararon con el valor mínimo requerido de 1 MPa.

En cuanto a la resistencia a la compresión axial en pilas fue de 39.11 kg/cm², mientras que la resistencia característica alcanzó 38.24 kg/cm². Este resultado se encuentra por debajo del mínimo de 74 kg/cm² establecido para los bloques de concreto portantes Tipo P. Por tanto, las unidades evaluadas no cumplen el requisito normativo para recibir dicha clasificación. La resistencia obtenida no invalida su empleo en albañilería no portante. Tampoco impide analizar su posible incorporación en una solución estructural particular; sin embargo, cualquier uso con función resistente debe sustentarse en un diseño específico de albañilería confinada, empleando el valor real de f'_m determinado experimentalmente e incorporando los elementos de confinamiento, refuerzo y concreto armado que resulten necesarios.

Respecto a la resistencia al corte diagonal en muretes, se obtuvo un promedio de 12.05 kg/cm² y una resistencia final de 11.86 kg/cm², superando claramente el valor normativo mínimo de 8.6 kg/cm² requerido para bloques portantes. Este resultado evidencia que, pese a su baja resistencia axial como sistema, los bloques presentan un comportamiento adecuado frente a esfuerzos cortantes.

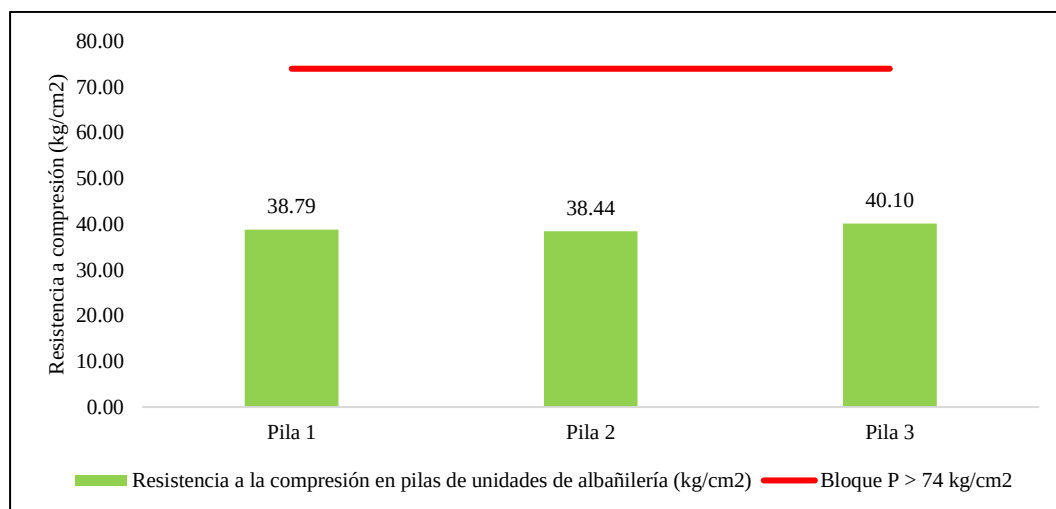
Tabla 37

Resistencia en pilas y muretes en albañilería de los bloques artesanales de concreto de Cruz Conga

Especímenes de ensayo	Resistencia a la compresión axial en pilas (kg/cm ²)	Resistencia al corte diagonal en muretes (kg/cm ²)
	F'm	F'v
Pila/ Murete 1	38.79	11.84
Pila/ Murete 2	38.44	12.09
Pila/ Murete 3	40.10	12.22
Promedio	39.11	12.05
D.E.	0.87	0.19
Resistencia final	38.24	11.86
Para bloque P	> 74 kg/cm ²	> 8.6 kg/cm ²

Figura 68

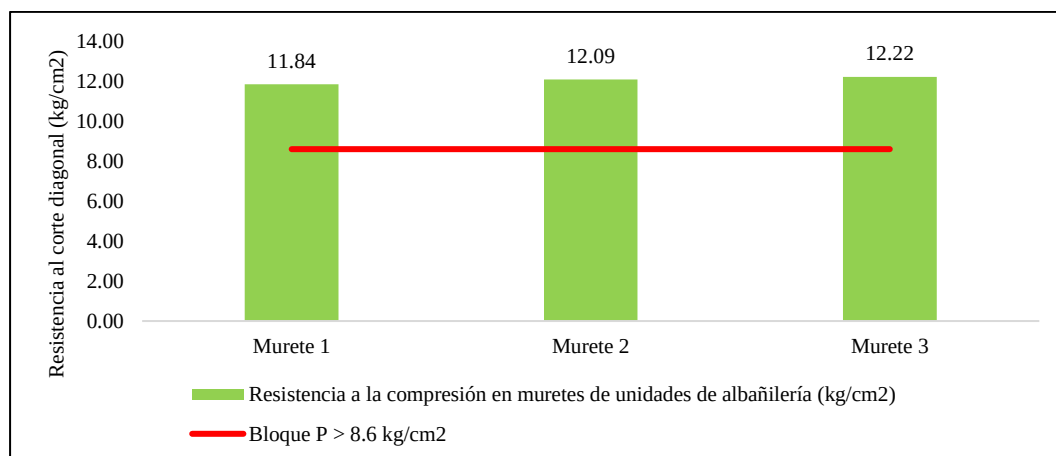
Resistencia a compresión axial en pilas de albañilería de bloques artesanales de concreto



Nota. La resistencia a la compresión axial en pilas se determinó como la carga máxima de falla dividida entre el área resistente de la pila, expresada en kg/cm²; se contrasta con el mínimo exigido de 74 kg/cm² para el bloque portante.

Figura 69

Resistencia al corte diagonal en muretes de albañilería de bloques artesanales de concreto



Nota. La resistencia al corte diagonal se determinó a partir de la carga máxima en el ensayo de compresión diagonal y del área resistente del murete, expresándose en kg/cm²; los resultados se contrastan con el valor mínimo requerido de 8.6 kg/cm² para bloque portante.

4.1.5. Viabilidad técnica y económica del uso de bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga en albañilería

4.1.5.1. Viabilidad técnica

Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga no cumplen con la resistencia a compresión axial en pilas dada por la norma E.070 para bloques portantes (74 kg/cm^2), por ello para su uso en muros portantes, se podía realizar el análisis del reforzamiento del muro a través del diseño de albañilería portante, siendo este proceso que se ha tomado en cuenta en el presente estudio para el análisis técnico de los bloques de concreto. Siendo así, se ha diseñado y modelado una vivienda de albañilería de 10 m x 16.25 m, situada en el distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca.

Para evaluar la viabilidad técnica de los bloques huecos artesanales de concreto como elementos estructurales en muros portantes, se desarrolló el modelamiento estructural en el software ETABS 2022, siguiendo los criterios de la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño Sismorresistente” (MVCS, 2018) y la Norma E.070 “Albañilería” (MVCS, 2006).

El análisis del modelo estructural reforzado confirmó el cumplimiento de los criterios evaluados de densidad de muros, esfuerzo axial, desplazamientos, derivas, resistencia al corte y control del agrietamiento. En el modelo inicial se identificó el muro crítico PY11, que fue sustituido por una placa de concreto armado en el primer nivel. Respecto al comportamiento torsional, se obtuvieron cocientes de hasta 1.646; no obstante, su clasificación se evaluó considerando la condición de aplicabilidad prevista en el artículo 20 y la Tabla 9 de la Norma Técnica E.030, relacionada con el límite de distorsión de la Tabla 11. Por tanto, los resultados respaldaron exclusivamente la viabilidad técnica condicionada de la vivienda específica modelada y no una afirmación general aplicable a cualquier edificación construida con estos bloques.

Tabla 38

Resumen del análisis de viabilidad técnica de los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga en el sistema específico de albañilería confinada evaluado

Criterio evaluado	Resultado obtenido	Conclusión
Resistencia de bloques en pilas	38 kg/cm ²	No cumple con $f'm \geq 74$ kg/cm ² (E.070 para bloques portantes).
Solución adoptada	Diseño de muros portantes con refuerzo horizontal y elementos de confinamiento.	Se permite el uso con un diseño estructural adaptado.
Área del terreno	162.50 m ² (10.00 m × 16.25 m)	Suficiente para vivienda de 2 niveles.
Área construida total	232.00 m ² (114.00 m ² primer piso + 118.00 m ² segundo piso)	Se cumplen las condiciones arquitectónicas.
Materiales utilizados	Bloques: $f'm = 38$ kg/cm ² , $E = 266,000$ tonf/m ² , $\gamma = 2.355$ tonf/m ³	Valores aceptables para el análisis con refuerzo.
Densidad de muros en X	0.0250	Cumple (mayor que 0.0089).
Densidad de muros en Y	0.0330	Cumple (mayor que 0.0089).
Esfuerzo axial máximo	Todos los muros cumplieron excepto PY11 (85.11 Tn/m ²)	PY11 fue reemplazado por una placa de concreto.
Desplazamiento absoluto X/Y	X = 0.8742 mm / Y = 0.3572 mm	Dentro de límites permisibles (E.030).
Deriva entre pisos X/Y	X = 0.003987 / 0.003051; Y = 0.0014175 / 0.0012015	Cumple con el límite de distorsión (≤ 0.005).
Cortante dinámica vs. estática	X: 69% / Y: 74%	Se aplicaron factores de amplificación de 1.16 y 1.09, respectivamente.
Resistencia al corte	Cortantes actuantes < resistencia de muros	Cumple con el análisis sísmico.
Agrietamiento diagonal	Relación > 3	No se presentan agrietamientos significativos.
Refuerzo horizontal necesario	Solo requerido en muro MY11 (Eje Y)	Se recomendó acero Ø 1/4" cada hilada en MY11.
Confinamiento	Se diseñaron columnas y vigas soleras en todos los muros portantes	Mejora el comportamiento sísmico.
Verificación torsional del modelo inicial	η máximo = 1.646; Max drift = 0.000717	La clasificación se condicionó a la comprobación de $\Delta_{max} > 0.0025$, según las Tablas 9 y 11 de la E.030. El cociente se interpretó además como indicador de una respuesta desigual en planta.

a) Descripción de la vivienda

La vivienda se ubica en un terreno rectangular con dimensiones de 10.00 m de ancho y 16.25 m de largo, lo que suma un área total de 162.50 m². Se trató de una edificación de dos niveles, con una superficie construida de 114.00 m² en el primer nivel y de 118.00 m² en el segundo, para un total de 232.00 m².

Tabla 39

Descripción de las características de la vivienda de albañilería

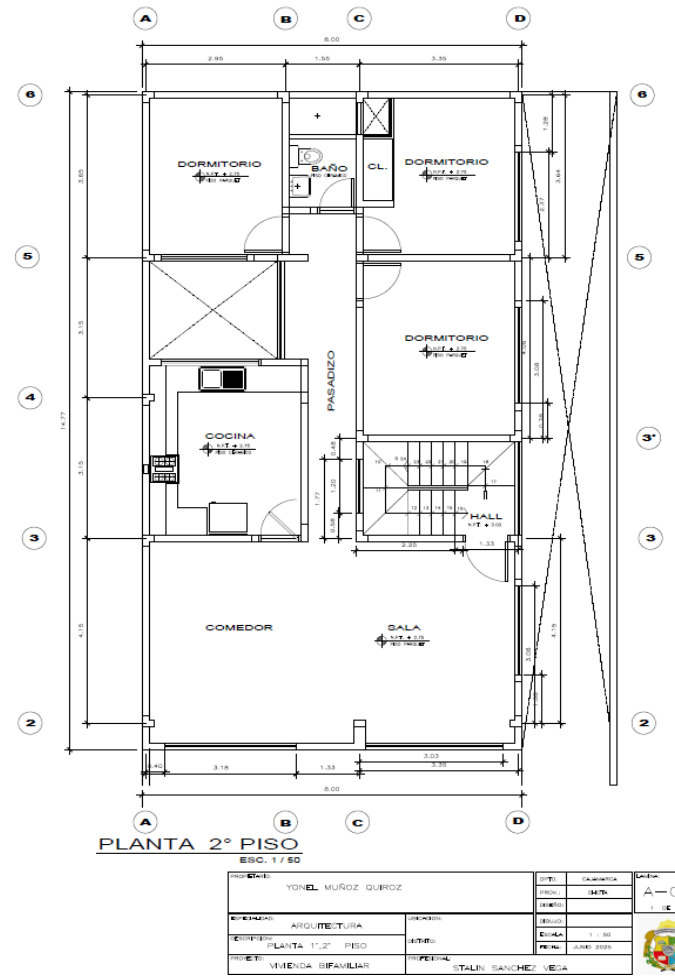
Categoría	Detalle
Área del terreno	162.50 m ² (10.00 m de ancho × 16.25 m de largo)
Área construida total	232.00 m ²
Área primer piso	114.00 m ² (8.00 m × 14.25 m)
Área segundo piso	118.00 m ² (8.00 m × 14.75 m)
Ambientes 1er piso	Sala, comedor, cocina, patio, jardín, pasadizo, 3 dormitorios, 2 baños, escalera
Ambientes 2do piso	Sala, comedor, cocina, pasadizo, 3 dormitorios, 1 baño, escalera hacia la azotea
Distribución vertical	Vivienda de dos niveles
Uso principal	Vivienda unifamiliar
Accesos verticales	Escalera interior entre niveles y hacia la azotea

Figura 70

Corte de la vivienda de albañilería



Vista en planta de la vivienda de albañilería



b) Materiales utilizados

La albañilería artesanal empleada, con bloques huecos de concreto, presentó una resistencia a la compresión de 38 kg/cm², un peso específico de 2.355 tonf/m³ y un módulo de elasticidad de 266,000 tonf/m³, acordes con los valores esperados para muros de carga moderada.

Tabla 40

Propiedades de los materiales utilizados en el diseño de la vivienda de albañilería

Material	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Peso específico (tonf/m ³)	Módulo de Poisson	Módulo de elasticidad (tonf/m ²)	
Concreto	210	2.40	0.15	$E = 15000\sqrt{210}$	2,173,706.51
Albañilería	38	2.355	0.25	$Em = 700 \times 38$	266,000
Acero	4200				2.1x10 ⁶

c) Densidad de muros en ambas direcciones

El análisis de la densidad de muros evidenció que la edificación cumplió con el requisito mínimo establecido en ambas direcciones principales. En la dirección X, la longitud acumulada de muros fue de 23.78 m y el área resistente fue de 2.8536 m²; al dividir este valor entre el área de planta de 114.00 m², se obtuvo una densidad de 0.0250. En la dirección Y, la longitud acumulada alcanzó 31.38 m y el área resistente fue de 3.7656 m², con una densidad de 0.0330. Ambos valores superaron la densidad mínima requerida de 0.0089.

Tabla 41

Densidad de muros en ambas direcciones

DIRECCIÓN "X"					DIRECCIÓN "Y"				
Muro	Longitudes y		Área de	Material	Muro	Longitudes y		Área de	Material
	espesor		muros			espesor efectivo		muros	
	efectivo		portantes					portantes	
	0.12	0.40	L*t (m2)	A-C		0.12	0.4	L*t (m2)	A-C
X1	1.58		0.19	A	Y1	4.15		0.50	A
X2	2.38		0.29	A	Y2	3.15		0.38	A
X3	3.35		0.40	A	Y3	3.17		0.38	A
X4	3.35		0.40	A	Y4	3.64		0.44	A
X5	3.35		0.40	A	Y5	3.15		0.38	A
X6	1.24		0.15	A	Y6	0.88		0.11	A
X7	0.68		0.08	A	Y7	2.68		0.32	A
X8	2.95		0.35	A	Y8	0.48		0.06	A
X9	1.55		0.19	A	Y9	3.08		0.37	A
X10	3.35		0.40	A	Y10	2.68		0.32	A
X11			0		Y11	1.08		0.13	A
X12			0		Y12	1.08		0.13	A
X13			0		Y13	0.88		0.11	A
X14			0		Y14	1.28		0.15	A
	23.78	0.00	2.85			31.38	0.00	3.77	
Σx	23.78				Σy	31.38			

Tabla 42

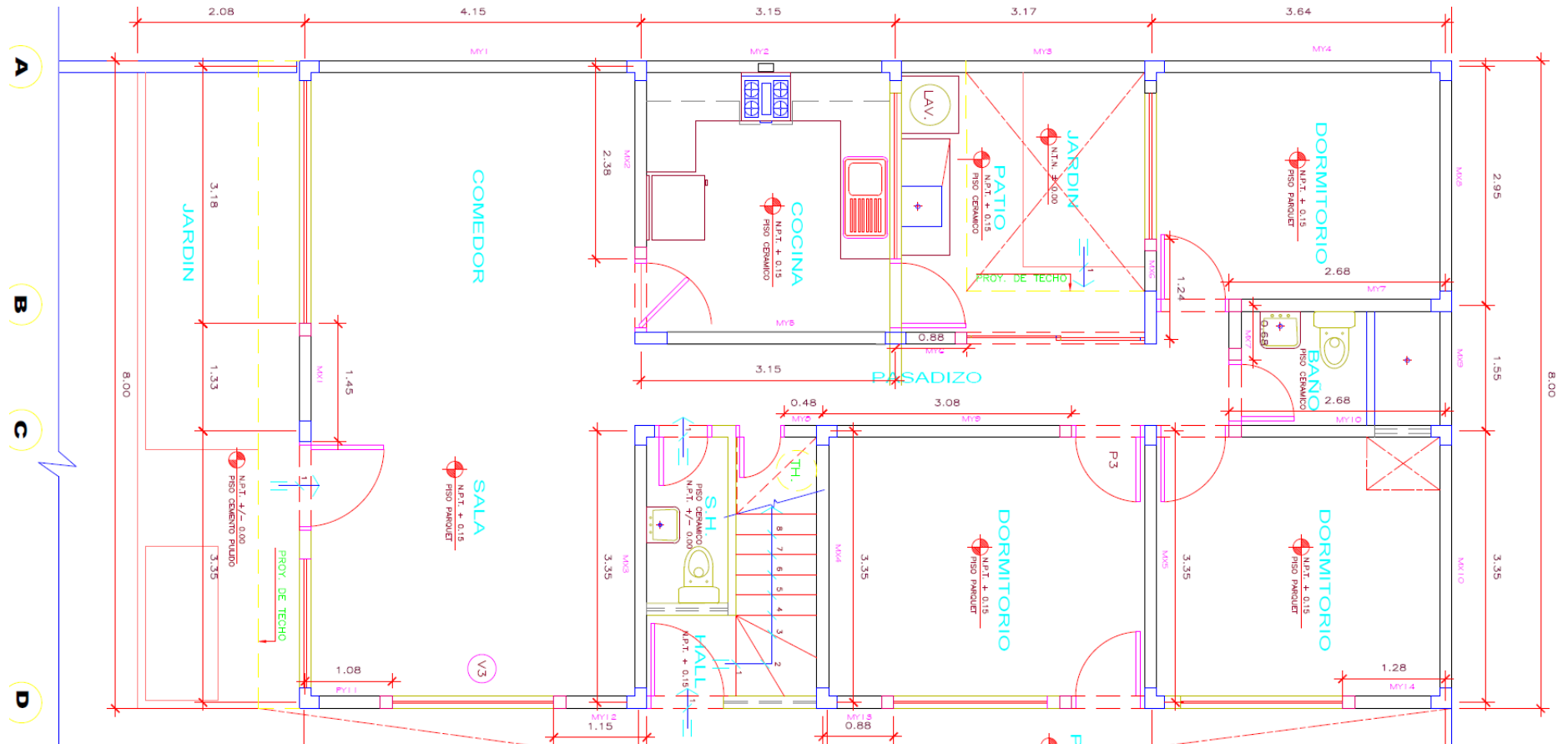
Densidad de muros en la dirección X e Y

Dirección X			
$\sum \frac{Lt}{Ap}$	0.0250	> 0.0089	Cumple
Dirección Y			
$\sum \frac{Lt}{Ap}$	0.0330	> 0.0089	Cumple

Nota. $\sum Lt$ = representa la suma del producto entre la longitud y el espesor efectivo de los muros portantes en la dirección analizada, expresada en m²; Ap corresponde al área de planta del nivel evaluado, expresada en m².

Figura 72

Ubicación de los muros analizados para la determinación de la densidad de muros



Nota. En los anexos, ver el plano detallado.

d) Esfuerzo axial máximo

El análisis del esfuerzo axial máximo permitió verificar si los muros portantes de la vivienda modelada cumplían con la capacidad resistente exigida por la norma técnica E.070. Para ello, se calculó el esfuerzo axial actuante en cada muro a partir de la carga vertical total (PM) y se comparó con el esfuerzo axial máximo permitido, considerando la resistencia característica de la albañilería (f_m) y la relación de esbeltez establecida para edificaciones en zonas sísmicas.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la mayoría de los muros evaluados, tanto en el primer como en el segundo piso, cumplen satisfactoriamente con este requisito estructural. En el primer piso, los muros de la dirección X (MX1 a MX10) presentaron esfuerzos axiales dentro de los límites normativos, lo que garantiza un desempeño adecuado ante cargas gravitatorias y sísmicas. De manera similar, en la dirección Y, la mayoría de los muros (MY1 a MY14) mostraron un comportamiento estructural adecuado.

Sin embargo, se identificó una excepción importante en el muro PY11, ubicado en la dirección Y del primer piso, que superó el esfuerzo axial máximo permitido, alcanzando un valor de 85.11 Tn/m², lo cual constituye una condición estructural desfavorable. Ante esta situación, se decidió reemplazar el muro de albañilería del primer nivel por una placa de concreto armado, a fin de asegurar la resistencia y la estabilidad del sistema estructural. En el segundo piso, dicho muro continuó siendo de albañilería, ya que el esfuerzo axial registrado en esa altura (49.76 Tn/m²) se encontraba dentro del rango admisible.

Tabla 43

Comparación del esfuerzo actuante y esfuerzo axial máximo en el 1er piso

MURO	LONGITUD	ESPESOR	PM (Tn) en la dirección en X		ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "1er"	OBS.	ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "2do"	OBS.
			2do Piso	1er Piso				
MX1	1.58	0.12	0	9.23	48.68	Si Cumple	0.00	Si Cumple
MX2	2.38	0.12	4.13	9.08	31.79	Si Cumple	14.47	Si Cumple
MX3	3.35	0.12	7.34	15.16	37.72	Si Cumple	18.27	Si Cumple
MX4	3.35	0.12	5.24	10.85	26.99	Si Cumple	13.04	Si Cumple
MX5	3.35	0.12	7.30	15.34	38.17	Si Cumple	18.15	Si Cumple
MX6	1.24	0.12	1.31	3.84	25.80	Si Cumple	8.78	Si Cumple
MX7	0.68	0.12	1.24	2.46	30.12	Si Cumple	15.25	Si Cumple
MX8	2.95	0.12	3.70	6.84	19.33	Si Cumple	10.44	Si Cumple
MX9	1.55	0.12	2.07	4.03	21.68	Si Cumple	11.13	Si Cumple
MX10	3.35	0.12	4.86	9.56	23.78	Si Cumple	12.10	Si Cumple

Tabla 44

Comparación del esfuerzo actuante y esfuerzo axial máximo en el 2do piso

MURO	LONGITUD	ESPESOR	PM (Tn) en la dirección en Y		ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "1er"	OBS.	ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "2do"	OBS.
			2do Piso	1er Piso				
MY1	4.15	0.12	12.56	19.62	39.39	Si Cumple	25.22	Si Cumple
MY2	3.15	0.12	4.74	10.03	26.53	Si Cumple	12.53	Si Cumple
MY3	3.17	0.12	4.81	8.91	23.41	Si Cumple	12.64	Si Cumple
MY4	3.64	0.12	4.81	8.86	20.28	Si Cumple	11.01	Si Cumple
MY5	3.15	0.12	6.43	14.08	37.24	Si Cumple	17.00	Si Cumple
MY6	0.88	0.12	1.39	3.74	35.45	Si Cumple	13.18	Si Cumple
MY7	2.68	0.12	4.14	8.26	25.69	Si Cumple	12.86	Si Cumple
MY8	0.48	0.12	0.0	1.11	19.27	Si Cumple	0	
MY9	3.08	0.12	4.75	9.79	26.49	Si Cumple	12.86	Si Cumple
MY10	2.68	0.12	4.39	9.47	29.43	Si Cumple	13.65	Si Cumple
PY11	1.08	0.15	8.06	13.79	85.11	No Cumple	49.76	Si Cumple
MY12	1.08	0.12	2.16	3.98	30.70	Si Cumple	16.64	Si Cumple
MY13	0.88	0.12	1.37	2.75	26.03	Si Cumple	13.01	Si Cumple
MY14	1.28	0.12	2.41	4.47	29.08	Si Cumple	15.71	Si Cumple

e) Análisis sísmico estático y dinámico

El comportamiento estructural de la edificación ante solicitaciones sísmicas fue evaluado mediante análisis estático y dinámico con el software ETABS 2022, en cumplimiento de la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente. En primer lugar, se analizaron los desplazamientos absolutos generados por las cargas sísmicas en ambas direcciones principales. El desplazamiento máximo registrado fue de 0.8742 mm en la dirección X y de 0.3572 mm en la dirección Y, valores significativamente por debajo de los límites permisibles, lo que evidencia un adecuado control del desplazamiento global de la estructura.

Asimismo, se evaluaron las derivas entre pisos, que representan el desplazamiento relativo entre niveles consecutivos. Los resultados mostraron que las derivas inelásticas para ambas direcciones se mantuvieron dentro del límite normativo del 0.005 (0.5 % de la altura entre pisos), garantizando la estabilidad lateral del sistema estructural y la seguridad de los ocupantes ante eventos sísmicos. En la dirección X, las derivas máximas alcanzaron 0.003987 en el segundo nivel y 0.003051 en el primero; mientras que en la dirección Y, se obtuvieron valores de 0.0014175 y 0.0012015, respectivamente.

En cuanto al análisis de cortantes en la base, se observó que la fuerza cortante dinámica obtenida mediante el análisis espectral no alcanzó el 80 % de la cortante estática en ninguna de las dos direcciones (69 % en X y 74 % en Y). Esta condición se corrigió mediante la aplicación de factores de amplificación, según lo estipulado por la normativa, con valores de 1.16 para la dirección X y 1.09 para la dirección Y, lo que permitió armonizar las acciones sísmicas entre ambos métodos de análisis.

Figura 73

Desplazamiento absoluto en la dirección X= 0.8742 mm

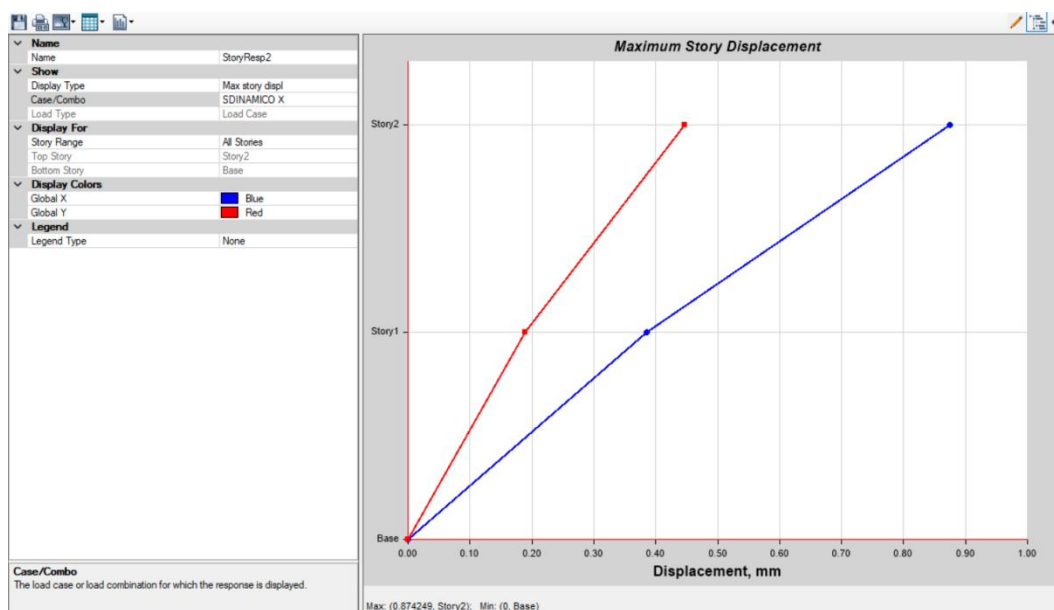


Figura 74

Desplazamiento absoluto en la dirección Y= 0.3572 mm

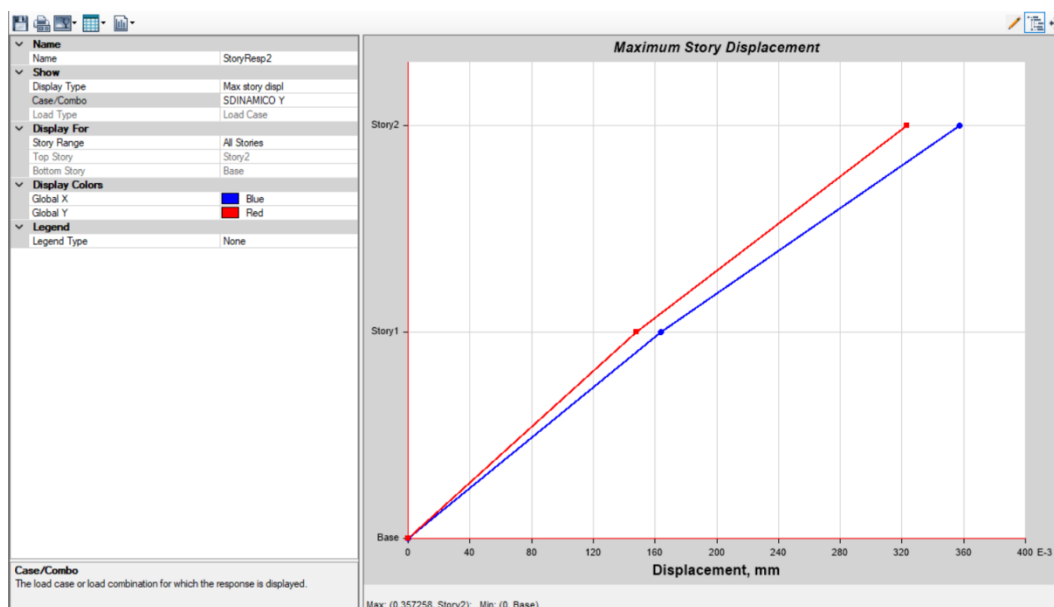


Tabla 45*Desplazamiento relativo (deriva) en la dirección X e Y*

*DERIVAS EN X			
Story	Drift	Inelástica	Límite de Distorsión (0.005)
Story2	0.000886	0.003987	OK
Story1	0.000678	0.003051	OK

*DERIVAS EN Y			
Story	Drift	Inelástica	Límite de Distorsión (0.005)
Story2	0.000315	0.0014175	OK
Story1	0.000267	0.0012015	OK

Tabla 46*Cortante estática y dinámica en las direcciones X e Y*

Dirección	Cortante estática	Cortante dinámica	Vdin>80% Vest	Factor de amplificación
X	17.27	11.95	69%	1.16
Y	17.27	12.70	74%	1.09

f) Verificación de la irregularidad torsional en planta

La respuesta torsional del modelo inicial se evaluó a partir del reporte "Diaphragm Max Over Avg Drifts" de ETABS 2022. De acuerdo con la Tabla 18, el mayor cociente fue de 1.646 y correspondió al segundo nivel, caso DRIF X, diafragma D2 y dirección X. Aunque este resultado superó el umbral de 1.50 correspondiente a la irregularidad torsional extrema, la Tabla 9 de la Norma Técnica E.030 condiciona su aplicación a que el máximo desplazamiento relativo supere el 50 % del límite establecido en la Tabla 11. Para albañilería, esta condición corresponde a un valor mayor que 0.0025.

El valor máximo reportado fue 0.000717, inferior al umbral señalado; por consiguiente, conforme a la comprobación adoptada, no se aplicó la reducción del factor de irregularidad en planta. Sin embargo, el cociente elevado mostró una

diferencia apreciable entre las respuestas de los extremos del diafragma y justificó la revisión de la distribución de la rigidez. La incorporación de la placa en el muro PY11 respondió principalmente al incumplimiento del esfuerzo axial y su posible contribución al control torsional se consideró complementaria. La clasificación torsional del modelo reforzado solo puede establecerse con su propio reporte de cocientes máximos y promedios.

g) Diseño de muros de albañilería

El análisis del diseño estructural de los muros de albañilería permitió verificar su capacidad resistente frente a las solicitaciones sísmicas previstas en la normativa E.070. En primer lugar, se confirmó que la resistencia al corte de los muros fue mayor que las fuerzas cortantes inducidas por el análisis sísmico estático severo, lo que evidencia que la estructura cumple satisfactoriamente con los requerimientos de resistencia lateral exigidos por la norma.

Posteriormente, se verificó el agrietamiento diagonal en los muros, criterio fundamental para garantizar la integridad estructural frente a deformaciones sísmicas. Se determinó que la relación entre las fuerzas internas y la resistencia al agrietamiento fue mayor que 3, lo que indica que no se presentaría agrietamiento diagonal significativo y asegura un comportamiento estructural adecuado ante eventos sísmicos moderados y severos.

En cuanto a la necesidad de refuerzo horizontal en los muros, se aplicaron los criterios establecidos en la E.070 para comparar los esfuerzos cortantes actuantes con el 5 % de la resistencia a la compresión de la albañilería ($0.05f'_m$). Como resultado, se observó que todos los muros del primer nivel y el MY1 del segundo nivel, los esfuerzos superan el umbral, indicando que era necesario colocar refuerzo horizontal, por lo que se recomendó la colocación de acero de $\frac{1}{4}$ " a razón de una hilada horizontal.

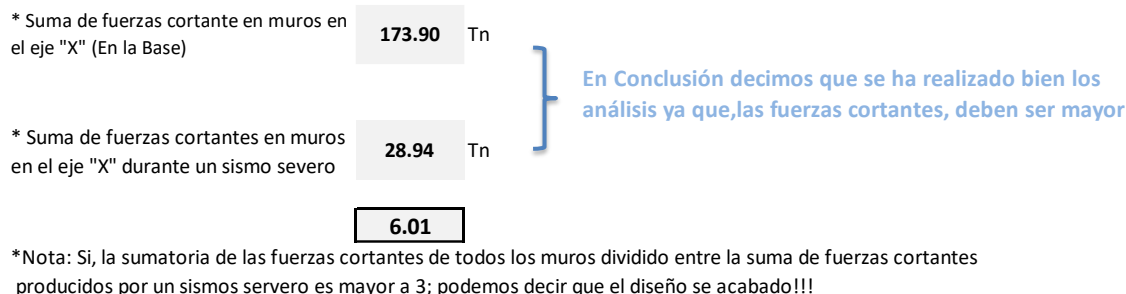
Además se identificó un muro crítico (MY11), el cual superaba el esfuerzo axial máximo, por lo que se reemplazó por una placa de concreto a fin de garantizar la seguridad estructural y prevenir posibles fisuras por cortante.

Finalmente, se diseñaron los elementos de confinamiento, fundamentales para mantener la integridad estructural de los paños de albañilería. Se diseñaron columnas de confinamiento y vigas soleras adecuadas para cada muro, considerando las solicitaciones obtenidas en los análisis estático y dinámico. Estos elementos permiten controlar la deformación de los muros, mejorar la disipación de la energía sísmica y evitar mecanismos de colapso por pandeo o por separación de juntas.

Figura 75

Verificación de la resistencia al corte del edificio en las direcciones X e Y

(a) Dirección X



(b) Dirección Y

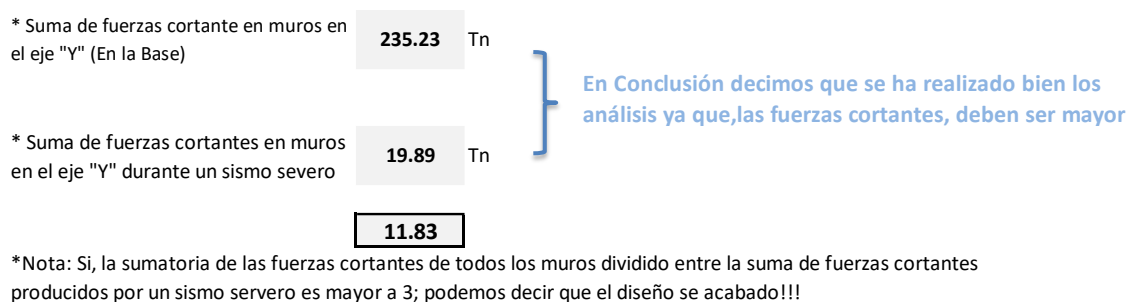
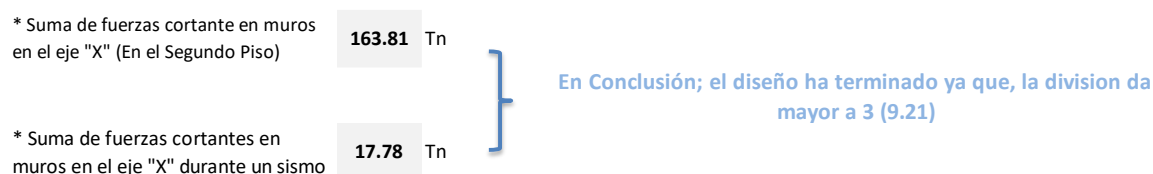


Figura 76

Verificación del agrietamiento en los muros de los pisos superiores

(a) Dirección X



(b) Dirección Y

Verificación de la resistencia al corte del edificio en el eje "Y"



Tabla 47

Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros eje X

VERIFICACIÓN DE REFUERZO HORIZONTAL EN LOS MUROS EJE "x"										
MURO	L (m)	t (m)	VE (Tn) "1er."	OBS:	VE (Tn) "2do."	OBS:	%	0.05f'm (1er Piso)	%	0.05f'm (2do Piso)
MX1	1.33	0.12	4.25	No Colocar			12.81	Colocar		
Mx2	2.38	0.12	4.82	No Colocar	4.56	No Colocar	8.37	Colocar	3.81	No Colocar
MX3	3.35	0.12	4.91	No Colocar	4.48	No Colocar	9.93	Colocar	4.81	No Colocar
MX4	3.35	0.12	2.91	No Colocar	3.46	No Colocar	7.10	Colocar	3.43	No Colocar
MX5	3.35	0.12	3.68	No Colocar	2.22	No Colocar	10.04	Colocar	4.78	No Colocar
MX6	1.24	0.12	0.77	No Colocar	0.28	No Colocar	6.79	Colocar	2.31	No Colocar
MX7	0.68	0.12	0.45	No Colocar	0.49	No Colocar	7.93	Colocar	4.01	No Colocar
MX8	2.95	0.12	3.46	No Colocar	2.63	No Colocar	5.09	Colocar	2.75	No Colocar
MX9	1.55	0.12	0.01	No Colocar	0.01	No Colocar	5.71	Colocar	2.93	No Colocar
MX10	3.35	0.12	4.89	No Colocar	3.68	No Colocar	6.26	Colocar	3.18	No Colocar

Tabla 48

Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros Eje Y

VERIFICACIÓN DE REFUERZO HORIZONTAL EN LOS MUROS EJE "y"										
MURO	L (m)	t (m)	VE (Tn) "1er."	OBS:	VE (Tn) "2do."	OBS:	%	0.05f'm (1er Piso)	%	0.05f'm (2do Piso)
MY1	4.15	0.12	3.26	No Colocar	1.91	No Colocar	10.37	Colocar	6.64	Colocar
MY2	3.15	0.12	2.68	No Colocar	2.13	No Colocar	6.98	Colocar	3.30	No Colocar
MY3	3.17	0.12	3.54	No Colocar	2.63	No Colocar	6.16	Colocar	3.33	No Colocar
MY4	3.64	0.12	3.00	No Colocar	2.01	No Colocar	5.34	Colocar	2.90	No Colocar
MY5	3.15	0.12	2.91	No Colocar	2.14	No Colocar	9.80	Colocar	4.47	No Colocar
MY6	0.88	0.12	0.73	No Colocar	0.41	No Colocar	9.33	Colocar	3.47	No Colocar
MY7	2.68	0.12	1.62	No Colocar	1.03	No Colocar	6.76	Colocar	3.38	No Colocar
MY8	0.48	0.12	1.08	No Colocar			5.07	Colocar		
MY9	3.08	0.12	1.97	No Colocar	1.58	No Colocar	6.97	Colocar	3.38	No Colocar
MY10	2.68	0.12	1.80	No Colocar	1.57	No Colocar	7.75	Colocar	3.59	No Colocar
MY11	1.08	0.12	4.51	No Colocar	0.32	No Colocar	22.40	Colocar	13.09	Colocar
MY12	1.08	0.12	1.18	No Colocar	1.00	No Colocar	8.08	Colocar	4.38	No Colocar
MY13	0.88	0.12	0.56	No Colocar	0.39	No Colocar	6.85	Colocar	3.42	No Colocar
MY14	1.28	0.12	1.27	No Colocar	0.95	No Colocar	7.65	Colocar	4.13	No Colocar

Figura 77

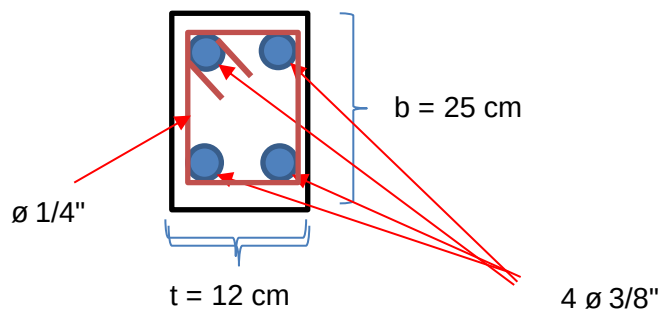
Columnas de confinamiento para muros

Acero mínimo para la sección propuesta

$$A_{smín} = \frac{0.1 * f'c * Ac}{fy} = 1.5 \text{ cm}^2$$

* Es mucho menor; por lo tanto si cumple.

** Sección de columna de confinamiento



Nota. $A_{smín}$ acero mínimo, $F'c$ resistencia del concreto, f_y resistencia del acero, A_c área de confinamiento.

Figura 78

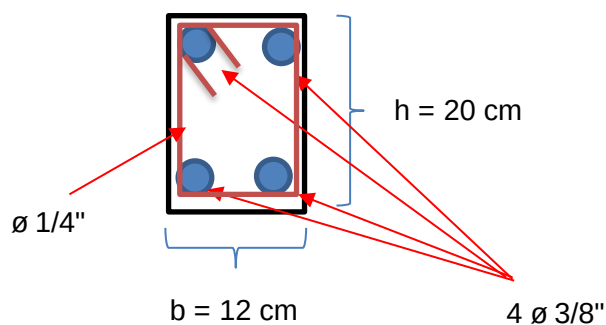
Viga solera para muros

Acero longitudinal

Usar: $4 \text{ } \varnothing 3/8"$

Se utilizarán aceros de $1/4"$ p/estribos

Estribos: $\varnothing 1/4"$; 1 @ 5cm, 4 @ 10, Rsto @ 25 cm.



4.1.5.2. Viabilidad económica

A pesar de que el bloque de concreto artesanal presenta un costo individual mayor (S/. 2.31) que el ladrillo comercial (S/. 0.92), lo que representa un incremento del 151.09% por unidad, esta diferencia se compensa significativamente al analizar el rendimiento por metro cuadrado de muro.

Los resultados económicos se expresaron en soles nominales con año base 2025. Los precios de ambas alternativas constructivas fueron recopilados o corroborados durante el mismo periodo y en el ámbito local; por ello, la diferencia obtenida representó las condiciones económicas existentes durante el desarrollo de la investigación y no necesariamente los precios vigentes en años posteriores.

En la Tabla 50 se observa que, para construir 1 m² de muro, se requiere un número mucho menor de unidades de bloques (13) que de ladrillos (39), lo que representa una reducción del 66.67% en el uso de unidades de albañilería. Asimismo, se evidenció una reducción del 45.83% en el consumo de cemento, ya que el sistema de bloques demanda menos mortero. Mientras el consumo de arena se mantuvo constante. Como resultado de estas eficiencias, el costo total por m² de muro construido con bloques de concreto fue de S/. 51.47, en contraste con S/. 56.96 por m² de muro de ladrillo, lo que representa un ahorro del 9.64%.

Tabla 49

Comparación del costo de 1 bloque de concreto y el ladrillo comercial

Costo bloque de concreto	Costo ladrillo	Porcentaje de incremento
2.31	0.92	151.09%

Nota. El costo calculado del bloque fue S/ 2.31 por unidad, mientras que el precio del ladrillo comercial fue S/ 0.92 por unidad. Ambos valores corresponden a la base local de precios de 2025. Para pedidos superiores a 100 bloques, el productor reportó un precio de S/ 2.10 por unidad en planta, al cual se agregó el flete para obtener el precio puesto en obra.

Tabla 50

Comparación del aporte unitario de materiales para 1 m² de muro con bloque de concreto de Cruz Conga y el ladrillo comercial

Materiales	Sistema de bloques	Sistema de ladrillos	Porcentaje de disminución
Cemento (bls)	0.13	0.24	45.83%
Arena (m ³)	0.02	0.02	0.00%
Unidad de albañilería	13	39	66.67%

Tabla 51

Comparación del costo unitario para 1 m² de muro de albañilería

Unidad de albañilería	Costo unitario por m² de muro	Porcentaje de ahorro
Bloque de concreto	51.47	9.64%
Ladrillo	56.96	

Nota. Los precios unitarios corresponden a valores nominales recopilados o corroborados en Cruz Conga–Conchán y Chota durante 2025. Los montos no reflejan precios vigentes posteriores a dicho año y deberán actualizarse si el análisis se utiliza para presupuestar obras futuras.

Tabla 52

Análisis de costo unitario de 1 m² de muro de bloques de concreto

Rendimiento	m2/día	9.46	EQ	9.46	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Capataz	hh	0.1	0.08	10.00	0.846
Operario	hh	1	0.85	9.00	7.611
Peón	hh	0.5	0.42	6.25	2.643
					11.099
Materiales					
Clavos de 3"	kg		0.022	6.50	0.143
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.020	4.31	0.086
Cemento Portland tipo 1	bls		0.130	31.00	4.030
Arena	m3		0.020	80.00	1.600
Bloques 40x12x18 cm	pz.		13.00	2.60	33.800
Agua	m3		0.075	5.00	0.375
					40.034
Equipos					
Herramientas manuales	%mo		3.00	11.10	0.333
					0.333
Costo unitario directo					51.47

Nota. Los precios unitarios corresponden a valores nominales recopilados o corroborados en Cruz Conga–Conchán y Chota durante 2025. Los montos no reflejan precios vigentes posteriores a dicho año y deberán actualizarse si el análisis se utiliza para presupuestar obras futuras.

Tabla 53

Análisis de costo unitario de 1 m² de muro de ladrillo k.k. de arcilla

Rendimiento	m2/día	9.46	EQ	9.46	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Capataz	hh	0.1	0.08	10.00	0.846
Operario	hh	1	0.85	9.00	7.611
Peón	hh	0.5	0.42	6.25	2.643
					11.099
<i>Materiales</i>					
Clavos de 3"	kg		0.022	6.50	0.143
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.020	4.31	0.086
Cemento Portland tipo 1	bls		0.240	31.00	5.880
Arena	m3		0.020	80.00	1.600
Ladrillo 24x14x9cm	pz.		39.000	0.92	35.880
Agua	m3		0.075	5.00	0.375
					45.524
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo		3	11.099	0.333
Andamio metálico	día	0.5	0.42	10.170	0.043
					0.333
Costo unitario directo					56.96

Nota. Los precios unitarios corresponden a valores nominales recopilados o corroborados en Cruz Conga–Conchán y Chota durante 2025. Los montos no reflejan precios vigentes posteriores a dicho año y deberán actualizarse si el análisis se utiliza para presupuestar obras futuras.

4.2. Contrastación de hipótesis

La contrastación de hipótesis se efectuó mediante un análisis integrado de las tres dimensiones de la variable dependiente: cumplimiento normativo, viabilidad técnica y viabilidad económica. Se conservaron los análisis descriptivos, las pruebas de normalidad y las pruebas t de Student ya realizadas, pero se precisó el alcance de cada procedimiento para evitar que una prueba exploratoria se interprete como una generalización poblacional. En los ensayos de laboratorio se calcularon promedios, desviaciones estándar y valores característicos según los procedimientos normativos

aplicables; en el modelamiento estructural y en el análisis económico se priorizó la verificación directa, debido a que las respuestas de ETABS, los análisis de precios unitarios y los escenarios de costos fueron resultados determinísticos del caso estudiado y no observaciones obtenidas mediante muestreo aleatorio.

4.2.1. Hipótesis general

Ho: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga no presentan viabilidad para su uso en albañilería, porque la evaluación integrada de sus propiedades físico-mecánicas, del desempeño del sistema estructural específico y del costo por metro cuadrado de muro no permite establecer un ámbito de aplicación normativamente admisible, técnicamente verificable y económicamente ventajoso.

H1: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga presentan una viabilidad diferenciada para su uso en albañilería, cuyo alcance —no portante o condicionado a un diseño estructural específico— se determina mediante la evaluación integrada del cumplimiento físico-mecánico, del desempeño técnico del sistema modelado y del costo por metro cuadrado de muro.

4.2.2. Hipótesis específicas por dimensión

Dimensión 1: Cumplimiento normativo (propiedades físico-mecánicas)

H₀₁: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga no cumplen integralmente los requisitos físico-mecánicos exigidos para ser clasificados como bloques de concreto portantes Tipo P.

H₁₁: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga cumplen integralmente los requisitos físico-mecánicos exigidos para ser clasificados como bloques de concreto portantes Tipo P.

Dimensión 2: Viabilidad técnica del sistema estructural específico

H₀₂: La vivienda de dos niveles, modelada con albañilería confinada, refuerzo localizado y elementos complementarios de concreto armado, no cumple los criterios de desempeño estructural evaluados.

H₁₂: La vivienda de dos niveles, modelada con albañilería confinada, refuerzo localizado y elementos complementarios de concreto armado, cumple los criterios de desempeño estructural evaluados.

Dimensión 3: Viabilidad económica (comparación de costos por m²)

H₀₃: El costo directo por metro cuadrado de muro construido con bloques huecos artesanales de concreto no presenta una ventaja económica frente al muro de ladrillo comercial.

H₁₃: El costo directo por metro cuadrado de muro construido con bloques huecos artesanales de concreto es inferior al del muro de ladrillo comercial.

4.2.3. Criterio de análisis inferencial

Se trabajó con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. El tratamiento estadístico comprendió tres verificaciones principales: (1) la prueba de Anderson-Darling para evaluar la compatibilidad de los datos de laboratorio con una distribución normal; (2) la prueba t de Student de una muestra para comparar las medias de las propiedades físico-mecánicas con sus valores de referencia; y (3) la prueba t de Student de una muestra, aplicada con carácter complementario, a las cuatro derivas inelásticas del modelo estructural reforzado. Las decisiones normativas se sustentaron principalmente en los valores característicos y en la comparación directa con los límites aplicables.

En la prueba de Anderson-Darling se planteó como hipótesis nula que los datos eran compatibles con una distribución normal. Por tanto, un valor p mayor que 0.05 implicó que no se rechazaba la hipótesis de normalidad, mientras que un valor p menor que 0.05 indicó evidencia en contra de dicha suposición. No rechazar la normalidad no

se interpretó como una demostración de normalidad, especialmente en las series de tres y seis observaciones, porque las pruebas de ajuste tienen potencia limitada con muestras muy pequeñas (Retzer, 2025).

La prueba t de una muestra se utilizó para mantener la correspondencia con el parámetro de interés —la media— y con las comparaciones originalmente efectuadas en Minitab 22. Su estadístico se calculó mediante la siguiente expresión:

$$t = (\bar{x} - \mu_0) / (s / \sqrt{n})$$

Donde $\bar{x}$ es la media muestral, μ_0 el valor de referencia, s la desviación estándar y n el número de observaciones. Knief y Forstmeier (2021) señalaron que una desviación de la normalidad no invalida automáticamente los procedimientos gaussianos; sin embargo, cuando la muestra es pequeña, se requiere cautela y una verificación robusta complementaria. Por ello, el resultado paramétrico del alabeo cóncavo se conservó para la comparación de medias, pero se complementó con una prueba exacta de rangos con signo de Wilcoxon. Esta estrategia evitó que la decisión dependiera exclusivamente del supuesto de normalidad y concordó con la recomendación de examinar la estabilidad de los resultados ante anomalías en la distribución (Höfler, 2026).

Para las pilas y los muretes se mantuvieron los cálculos t y p ya efectuados, pero se les asignó un alcance exclusivamente exploratorio, dado que cada serie estuvo conformada por tres especímenes. La decisión de cumplimiento no se basó en esos valores inferenciales, sino en la resistencia característica, calculada como el promedio menos una desviación estándar, y en su comparación directa con la Norma Técnica E.070. Así se eliminó la contradicción entre reconocer la limitación de $n = 3$ y formular, al mismo tiempo, una generalización estadística amplia.

4.2.4. Dimensión 1: Cumplimiento normativo (propiedades físico-mecánicas)

A. Análisis descriptivo.

Los bloques evaluados cumplieron los criterios de variación dimensional, alabeo, porcentaje de vacíos, absorción, eflorescencia y resistencia a la compresión en la unidad. La absorción promedio fue de 6.60 %, inferior al máximo permitido de 12 %, mientras que la resistencia promedio a la compresión en unidad alcanzó 54.13 kg/cm², superando el valor de comparación de 50 kg/cm². La adherencia por tracción directa alcanzó 10.775 kg/cm² y superó el valor referencial de 10.20 kg/cm². En muretes, la resistencia característica al corte diagonal fue de 11.86 kg/cm², superando el valor referencial de 8.60 kg/cm².

No obstante, la resistencia característica a compresión axial en pilas fue de 38.24 kg/cm², inferior al valor de 74 kg/cm² correspondiente a bloques de concreto portantes Tipo P. Este incumplimiento fue suficiente para impedir la clasificación integral de las unidades como bloques portantes, aun cuando las demás propiedades hubieran presentado resultados favorables.

B. Análisis inferencial.

a) Datos utilizados para el análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizaron las propiedades físicas y mecánicas en unidad y albañilería de los bloques huecos artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga, Conchán, Chota.

Tabla 54

Datos utilizados para el análisis estadístico

Bloques de concreto	Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)	Alabeo cóncavo (mm)	Alabeo convexo (mm)	Porcentaje de vacíos	Absorción (%)	Peso específico (g/cm ³)	Eflorescencia (%)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la adhesión (kg/cm ²)	Resistencia en pilas (kg/cm ²)	Resistencia en muretes (kg/cm ²)
M1	0.00	0.83	0.56	1.00	1.20	26.80	6.68	2.01	1.88	52.32	10.71	38.79	11.84
M2	0.00	0.83	0.56	2.40	2.40	27.50	6.24	2.01	2.49	53.82	10.91	38.44	12.09
M3	0.25	0.83	0.56	2.30	2.00	27.70	6.66	2.02	1.04	53.94	10.71	40.10	12.22
M4	0.00	0.83	0.56	2.00	2.50	28.70	7.38	2.02	1.50	55.16	10.81		
M5	0.00	0.83	0.56	2.30	2.40	25.80	5.98	2.04	1.96	55.40	10.50		
M6	0.25	0.83	0.56	2.10	2.00	27.70	6.70	2.03	2.08	54.15	11.01		
2.2 g/cm ³													
ladrillo													
Bloque P	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 4%	Máx. 4 mm	Máx. 4 mm	Máx. 30%	Máx. 12%	comercial de 23 x 12.5 x 9 cm		Mín. 50 kg/cm ²	Mín. 10 kg/cm ²	Mín. 74 kg/cm ²	Mín. 8.6 kg/cm ²

Nota. Los códigos M1–M6 indican el orden de las seis repeticiones de cada propiedad evaluada. La numeración se reinició en cada ensayo; por ello, los valores ubicados en una misma fila no corresponden necesariamente a un único bloque sometido a todas las pruebas.

b) Prueba de normalidad de datos

La normalidad se examinó mediante la prueba de Anderson-Darling. Los resultados mostraron valores de p mayores que 0.05 para la mayoría de las propiedades; la excepción fue el alabeo cóncavo, que presentó $p = 0.022$. En consecuencia, se rechazó la normalidad únicamente en esa serie. Para pilas y muretes, aunque los valores p fueron mayores que 0.05, el tamaño de la muestra $n = 3$ no permitió considerar la prueba como evidencia suficiente de normalidad; esos resultados se conservaron solo como diagnóstico descriptivo.

Tabla 55

Prueba de normalidad de datos de Anderson-Darling

Propiedad	Media	Desv. est.	n	AD	p	Decisión ($\alpha = 0.05$)
Variación dimensional	0.175	0.09874	6	0.585	0.070	No se rechaza
Alabeo cóncavo	2.017	0.5193	6	0.753	0.022	Se rechaza
Alabeo convexo	2.083	0.4834	6	0.529	0.102	No se rechaza
Porcentaje de vacíos	27.37	0.9791	6	0.281	0.509	No se rechaza
Absorción (%)	6.607	0.4779	6	0.333	0.372	No se rechaza
Peso específico (g/cm ³)	2.022	0.01169	6	0.311	0.428	No se rechaza
Eflorescencia (%)	1.825	0.5001	6	0.207	0.759	No se rechaza
Compresión en unidad	54.13	1.103	6	0.296	0.469	No se rechaza
Adherencia	10.78	0.1782	6	0.194	0.805	No se rechaza
Compresión en pilas	39.11	0.875	3	0.304	0.267	Diagnóstico limitado
Corte en muretes	12.05	0.1931	3	0.226	0.503	Diagnóstico limitado

Nota. H_0 de Anderson-Darling: los datos son compatibles con una distribución normal. La expresión «no se rechaza» se utilizó en lugar de «se acepta la normalidad», debido a la baja potencia de las pruebas de ajuste con muestras pequeñas.

c) Prueba t-student de una muestra para las propiedades físico-mecánicas

Para las propiedades con límites máximos se empleó una alternativa unilateral inferior ($H_1: \mu < \text{valor de referencia}$), mientras que para las resistencias mínimas se utilizó una alternativa unilateral superior ($H_1: \mu > \text{valor de referencia}$). La prueba t se interpretó como evidencia complementaria del comportamiento de las medias; el

cumplimiento normativo definitivo se estableció según los criterios propios de cada ensayo.

A continuación, se presenta la interpretación de los resultados por grupos de propiedades:

Propiedades físicas. Para los indicadores de variación dimensional, alabeo, porcentaje de vacíos, absorción, peso específico y eflorescencia, se plantearon hipótesis de tipo unilateral inferior ($H_1: \mu < \text{valor de referencia}$), ya que se espera que estos valores estén por debajo del límite normativo para que los bloques sean aceptables. En todos los casos, se obtuvieron valores t negativos, muy alejados de cero, y valores p menores que 0.05, lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1). Los bloques cumplen satisfactoriamente con los requisitos físicos establecidos por la normativa, presentando dimensiones, deformaciones, vacíos, absorción y eflorescencia inferiores a los valores máximos permitidos.

Propiedades mecánicas en unidad. Para la resistencia a la compresión unitaria, se evaluó si los bloques superaban los 50 kg/cm², el valor mínimo para bloques portantes según la E.070. Los valores $t = 9.18$ y $p = 0.000$ indican que se acepta $H_1: \mu > 50$, es decir, los bloques sí cumplen con este criterio. Para la resistencia a la adherencia, se comparó con 10 kg/cm², obteniéndose $t = 10.65$, $p = 0.000$, lo que demuestra que los bloques presentan una adherencia superior a la exigida.

Propiedades mecánicas en albañilería. En el caso de la resistencia a la compresión en pilas como bloque portante (≥ 74 kg/cm²), se obtuvo $t = -69.03$ y $p = 1.000$, lo que indica que no se cumple este requisito; por tanto, los bloques no pueden emplearse directamente como elementos portantes sin reforzamiento. Finalmente, la resistencia al corte diagonal en muretes fue significativamente mayor que el mínimo

exigido de 8.6 kg/cm², con $t = 30.94$ y $p = 0.001$, lo que indica que los bloques presentan un buen desempeño ante esfuerzos cortantes.

Tabla 56

Prueba t de Student de una muestra para las propiedades físico-mecánicas

Propiedad	Hipótesis unilateral	n	t	p	Alcance de la interpretación
Variación dimensional	$H_0: \mu = 4 \text{ \%}; H_1: \mu < 4 \text{ \%}$	6	-45.77	< 0.001	Menor al valor de referencia
Alabeo cóncavo	$H_0: \mu = 4 \text{ mm}; H_1: \mu < 4 \text{ mm}$	6	-9.36	< 0.001	Resultado paramétrico complementario
Alabeo convexo	$H_0: \mu = 4 \text{ mm}; H_1: \mu < 4 \text{ mm}$	6	-9.71	< 0.001	Menor al valor de referencia
Porcentaje de vacíos	$H_0: \mu = 30 \text{ \%}; H_1: \mu < 30 \text{ \%}$	6	-6.59	0.001	Menor al valor de referencia
Absorción	$H_0: \mu = 12 \text{ \%}; H_1: \mu < 12 \text{ \%}$	6	-27.64	< 0.001	Menor al valor de referencia
Peso específico	$H_0: \mu = 2.20; H_1: \mu < 2.20$	6	-37.37	< 0.001	Comparación referencial
Eflorescencia	$H_0: \mu = 10 \text{ \%}; H_1: \mu < 10 \text{ \%}$	6	-40.04	< 0.001	Menor al valor de referencia
Compresión en unidad	$H_0: \mu = 50; H_1: \mu > 50$	6	9.18	< 0.001	Mayor al valor de referencia
Adherencia	$H_0: \mu = 10.20; H_1: \mu > 10.20$	6	7.90	< 0.001	Mayor al valor referencial
Compresión en pilas	$H_0: \mu = 74; H_1: \mu > 74$	3	-69.06	1.000	Exploratorio; no cumple
Corte en muretes	$H_0: \mu = 8.60; H_1: \mu > 8.60$	3	30.94	0.001	Exploratorio; cumple

Nota. Los estadísticos de alabeo se verificaron por separado para no tratar las mediciones cóncavas y convexas de un mismo bloque como doce observaciones independientes. En pilas y muretes, t y p se conservaron como resultados exploratorios; la decisión técnico-normativa se sustentó en la Tabla 58.

Tabla 57

Verificación robusta complementaria del alabeo cóncavo

Propiedad	n	Mediana	Valor de referencia	W	p exacto	Conclusión
Alabeo cóncavo	6	2.20 mm	4.00 mm	0.00	0.016	La mediana es menor que 4 mm

Nota. Prueba unilateral de rangos con signo de Wilcoxon: H_0 : mediana = 4 mm; H_1 : mediana < 4 mm. El resultado coincidió con la prueba t y con la constatación de que las seis mediciones cóncavas fueron inferiores al límite de 4 mm.

Tabla 58*Análisis descriptivo y normativo adicional de pilas y muretes*

Ensayo	Resultados (kg/cm ²)	Media	s	$\bar{x} - s$	Ref.	Dif.	Decisión
Pilas	38.79; 38.44; 40.10	39.11	0.88	38.24	74.00	-35.76	No cumple
Muretes	11.84; 12.09; 12.22	12.05	0.19	11.86	8.60	+3.26	Cumple

Nota. $\bar{x} - s$ representa la resistencia característica; «Ref.» corresponde al valor de referencia y «Dif.» a la diferencia entre ambos valores. La resistencia característica se obtuvo restando una desviación estándar del promedio de los tres especímenes. Esta comparación directa, y no la prueba t exploratoria, constituyó la base de la decisión normativa.

d) Inferencia de la hipótesis de la dimensión 1

Los resultados evidenciaron el cumplimiento de las propiedades físicas, de la resistencia a la compresión de la unidad, de la adherencia tomada como referencia y de la resistencia característica al corte diagonal de muretes. Sin embargo, la resistencia característica de las pilas fue de 38.24 kg/cm² y no alcanzó los 74 kg/cm² requeridos para bloques de concreto portantes Tipo P. Dado que la hipótesis H_{11} exigía cumplimiento integral, no fue posible compensar este incumplimiento con los resultados del modelamiento en ETABS, pues estos correspondieron a la dimensión 2.

En consecuencia, para la dimensión 1 se aceptó H_{01} y se rechazó H_{11} : los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga no cumplieron integralmente los requisitos para ser clasificados como bloques de concreto portantes Tipo P. Esta decisión no significó que las unidades carecieran de toda aplicación en albañilería; estableció únicamente que su uso no podía justificarse mediante la clasificación normativa convencional de los bloques portantes.

4.2.5. Dimensión 2: Viabilidad técnica

a) Análisis descriptivo.

La viabilidad técnica se evaluó para una vivienda unifamiliar específica de dos niveles mediante un modelo de albañilería confinada. El análisis incorporó el módulo de elasticidad de la albañilería de concreto ($E_m = 700f'_m$), elementos de confinamiento, refuerzo horizontal localizado y el reemplazo del muro crítico PY11 del primer piso por una placa de concreto armado. Esta configuración se analizó con las propiedades reales obtenidas en los ensayos y no se consideró que los bloques hubieran alcanzado la clasificación Tipo P.

En el modelo final reforzado, las derivas inelásticas fueron 0.003987 y 0.003051 en la dirección X, y 0.0014175 y 0.0012015 en la dirección Y. Las cuatro respuestas fueron inferiores al umbral de 0.005. También se verificaron la densidad de muros, los esfuerzos axiales, los cortantes, el control del agrietamiento y la necesidad de refuerzo horizontal. Por tanto, el cumplimiento técnico se circunscribió a la vivienda modelada y a la configuración final reforzada.

Respecto de la torsión, los cocientes de amplificación superiores a 1.30 e incluso a 1.50 se interpretaron bajo la condición de aplicabilidad establecida en la Tabla 9 de la Norma Técnica E.030 utilizada en el estudio. Dicha tabla señala que la irregularidad torsional se evalúa cuando el desplazamiento relativo máximo entrepisos supera el 50% del límite permisible; la Tabla 11 contiene los factores de irregularidad correspondientes. En consecuencia, la exención no se sustentó en que el cociente fuera pequeño, sino en que no se activó la condición previa de aplicabilidad. No obstante, la incorporación de placas y el balance de rigidez se mantuvieron como medidas de mejora del modelo.

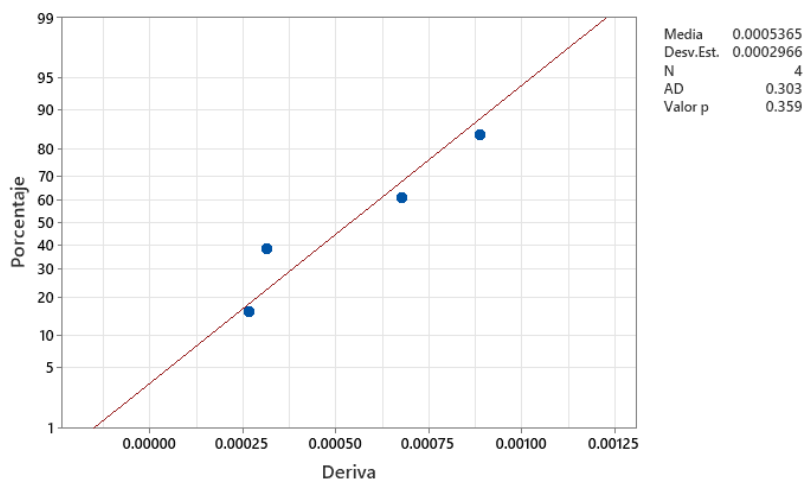
b) Verificación estadística complementaria de las derivas.

Para la dimensión de viabilidad técnica, se evaluó el desempeño estructural de la vivienda modelada en ETABS 2022 mediante el indicador de deriva de entrepiso, por ser un parámetro directo de control de las deformaciones laterales establecido en la Norma E.030. Con el fin de sustentar estadísticamente el cumplimiento, las derivas máximas por piso y dirección se exportaron a Minitab 22 y se compararon con el límite normativo de 0.005 (distorsión máxima permisible). Dado que el criterio de aceptación exige que la deriva sea menor o igual al límite, se aplicó una prueba t-Student unilateral inferior.

Datos utilizados: derivas máximas por dirección y por piso (resultados de ETABS), correspondientes a la vivienda de dos niveles.

Figura 79

Prueba de normalidad de las derivas inelásticas



La prueba de normalidad de las cuatro derivas inelásticas produjo $AD = 0.303$ y $p = 0.359$; por tanto, no se rechazó la compatibilidad con una distribución normal. Este resultado se interpretó con cautela debido a $n = 4$. La prueba t unilateral inferior se conservó como comprobación complementaria, mientras que la decisión principal continuó siendo la comparación directa de cada deriva con el límite normativo.

La revisión de la Tabla 57 original mostró que $t = -30.10$ se calculó con las derivas elásticas 0.000886, 0.000678, 0.000315 y 0.000267, aunque el límite de 0.005 se aplicó a las derivas inelásticas. Se efectuó la verificación con las cuatro derivas inelásticas realmente comparables con el límite normativo. Se obtuvo $\bar{x} = 0.002414$, $s = 0.001335$, $t = -3.875$, tres grados de libertad y $p = 0.015$.

Tabla 59

Prueba t-student a las derivas de la vivienda modelada con bloques de Cruz Conga

Estado del modelo	Evidencia utilizada	Hipótesis / alcance	t	p	Decisión
Modelo sin reforzamiento	Se identificaron deficiencias que motivaron el reemplazo de PY11 y el refuerzo localizado.	No se reportó una serie independiente y trazable de derivas inelásticas para este estado.	No aplica	No aplica	No se utilizó para aceptar H_{12} .
Modelo final reforzado	0.003987; 0.003051; 0.0014175; 0.0012015	$H_0: \mu = 0.005$; $H_1: \mu < 0.005$	-3.875	0.015	Las derivas fueron inferiores al límite.

Nota. La fila del modelo sin reforzamiento se mantuvo para preservar la secuencia del análisis, pero no se le atribuyó un estadístico inferencial, ya que carece de datos independientes y verificables. Para el modelo final, el valor p se calculó con las derivas inelásticas y una alternativa unilateral inferior.

c) Inferencia de la hipótesis de la dimensión 2.

La configuración inicial no fue suficiente para sustentar la viabilidad técnica, porque se identificó el muro crítico PY11 y se requirieron medidas de refuerzo. Después del rediseño, la vivienda específica de dos niveles cumplió el límite de deriva y las verificaciones de resistencia y confinamiento efectuadas. La prueba t corregida respaldó de manera complementaria el control de las derivas inelásticas ($t = -3.875$; $p = 0.015$), sin sustituir la evaluación determinística de cada resultado.

Por tanto, para la dimensión 2 se rechazó H_{02} y se aceptó H_{12} exclusivamente para el sistema estructural final modelado: vivienda de dos niveles con albañilería

confinada, refuerzo localizado y elementos complementarios de concreto armado. Esta aceptación no modificó el rechazo de H_{11} ni convirtió a las unidades en bloques de concreto portantes Tipo P.

4.2.6. Dimensión 3: Viabilidad económica

a) Análisis descriptivo

La viabilidad económica se determinó mediante la comparación del costo directo de construir un metro cuadrado de muro. El muro construido con bloques huecos artesanales de concreto presentó un costo de S/ 51.47 por m², mientras que el muro de ladrillo comercial alcanzó S/ 56.96 por m². La diferencia fue de S/ 5.49 por m², equivalente a un ahorro de 9.64%.

En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula específica H_{03} y se aceptó la hipótesis alternativa H_{13} , debido a que el empleo de los bloques evaluados presentó una ventaja económica frente a la alternativa comercial comparada.

b) Análisis inferencial

La viabilidad económica se sustentó en una comparación directa de costos unitarios por m² de muro, dado que el análisis se basó en presupuestos determinísticos (APU) y no en una muestra aleatoria de costos. En consecuencia, no se aplicó inferencia estadística; en su lugar, se calculó la diferencia absoluta y relativa de costos entre alternativas, identificando el porcentaje de ahorro, considerando tres escenarios:

Escenario conservador: +5% costo MO (debido a que es un producto nuevo) y +5% flete (del costo de materiales)

Escenario base: costos nominales recopilados o corroborados localmente durante 2025.

Escenario optimista: -5% costo MO (por optimización del proceso) y Costo de materiales actual

$$\Delta C = C_{ladrillo} - C_{bloque} \quad (140)$$

$$\%Ahorro = \frac{C_{ladrillo} - C_{bloque}}{C_{ladrillo}} \times 100 \quad (141)$$

Donde: ΔC , variación del costo; $C_{ladrillo}$, costo del metro cuadrado del muro de ladrillo; C_{bloque} , costo del metro cuadrado del bloque; MO, mano de obra. Es viable económicamente si $\Delta C > 0$

El análisis de viabilidad económica se realizó mediante la comparación del costo unitario por metro cuadrado de muro construido con bloques huecos artesanales de concreto frente al de un muro de ladrillo convencional, considerando tres escenarios: optimista, actual y conservador. En el escenario optimista, el costo del muro con bloques alcanza S/ 50.91 por m², inferior al del muro de ladrillo (S/ 56.96 por m²), lo que representa una diferencia favorable de S/ 6.05 por m² y un ahorro del 10.62%. En el escenario actual, el costo del muro con bloques se incrementa ligeramente a S/ 51.47 por m², manteniéndose aún por debajo del costo del muro de ladrillo, con una variación positiva de S/ 5.49 por m² y un ahorro del 9.64%. Finalmente, en el escenario conservador, que considera incrementos en los costos de mano de obra y materiales, el costo del muro de bloques asciende a S/ 54.02 por m²; no obstante, sigue siendo menor que el del muro de ladrillo, lo que genera una diferencia de S/ 2.94 por m² y un ahorro del 5.16%.

Tabla 60

Análisis de viabilidad económica

Viabilidad económica	Escenario optimista	Escenario base, precios de 2025	Escenario conservador
Mano de obra	10.54	11.10	11.65
Materiales	40.03	40.03	42.04
Equipos	0.33	0.33	0.33
Costo m ² bloque	50.91	51.47	54.02
Costo m ² ladrillo	56.96	56.96	56.96
Variación del costo	6.05	5.49	2.94
% ahorro	10.62%	9.64%	5.16%

Estos resultados evidencian que, aun bajo condiciones económicas desfavorables, el sistema constructivo con bloques huecos artesanales de concreto mantiene una ventaja económica relativa frente al uso de ladrillo convencional. En consecuencia, desde el punto de vista del costo directo de ejecución por unidad de área, los bloques evaluados presentan viabilidad económica, lo cual complementa la viabilidad técnica y el cumplimiento normativo analizados previamente.

4.2.7. Inferencia global

El análisis integrado produjo decisiones diferenciadas. En la dimensión 1 se aceptó H_{01} y se rechazó H_{11} porque la resistencia característica de las pilas (38.24 kg/cm^2) fue inferior a 74 kg/cm^2 ; por tanto, los bloques no obtuvieron la clasificación de unidades de concreto portantes Tipo P. En la dimensión 2 se rechazó H_{02} y se aceptó H_{12} para la vivienda específica y su configuración final reforzada. En la dimensión 3 se rechazó H_{03} y se aceptó H_{13} porque el muro de bloques mantuvo una ventaja de costo en los tres escenarios.

Tabla 61

Síntesis de la contrastación de hipótesis

Dimensión	Decisión	Evidencia principal	Alcance
Cumplimiento normativo	H_{01} aceptada; H_{11} rechazada	f'_m en pilas = $38.24 \text{ kg/cm}^2 < 74 \text{ kg/cm}^2$	No clasifica como bloque de concreto portante Tipo P
Viabilidad técnica	H_{02} rechazada; H_{12} aceptada	Modelo final reforzado: derivas < 0.005 y verificaciones estructurales conformes	Válido solo para la vivienda y configuración analizadas
Viabilidad económica	H_{03} rechazada; H_{13} aceptada	$S/ 51.47/\text{m}^2$ frente a $S/ 56.96/\text{m}^2$; ahorro = 9.64%	Válido para los precios y rendimientos considerados
Hipótesis general	H_0 rechazada; H_1 aceptada con alcance diferenciado	Integración de las tres decisiones específicas	Viable como albañilería no portante y, de manera condicionada, dentro del sistema estructural específico reforzado

Nota. La aceptación de H_1 general no contradice la de H_{01} . H_{01} se refiere exclusivamente a la clasificación integral como bloque portante Tipo P; H_1 general se refiere a la viabilidad diferenciada del material en albañilería, con el alcance de uso expresamente delimitado.

Por lo expuesto, se rechazó H_0 general y se aceptó H_1 general con alcance diferenciado y condicionado. Los bloques resultaron viables como unidades de albañilería no portante. Su incorporación en muros con función estructural solo fue técnicamente admisible dentro del diseño específico de albañilería confinada modelado, con refuerzo localizado y elementos complementarios de concreto armado. Esta conclusión no implicó una clasificación normativa como bloque de concreto portante Tipo P ni autorizó su extrapolación directa a otras edificaciones.

4.3. Discusión de resultados

Los agregados utilizados en la fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga presentaron propiedades físicas aceptables para su empleo en morteros de albañilería y, de manera marginal, aptas para el concreto no estructural. Al comparar estos resultados con investigaciones previas, se observan ciertas similitudes. Por ejemplo, en el estudio de Pardo (2023) se emplearon agregados de Conchán y Chuyabamba, cuyos pesos unitarios sueltos (1237.36 kg/m^3 para arena) y compactados (1440.54 kg/m^3 para arena) fueron similares a los de la presente investigación (1248.06 kg/m^3 suelto y 1445.18 kg/m^3 compactado). Asimismo, Medina (2022) reportó un módulo de finura de 1.92 para la arena de Conchán, comparable al 2.07 determinado en el presente estudio, ambos dentro del rango normativo para mortero. Este hallazgo refuerza la idoneidad del árido fino como componente funcional en la elaboración de bloques, aunque no estrictamente en el concreto estructural. En contraste, el módulo de finura elevado del confitillo (4.96) y su alto contenido de finos (6.76%) lo alejan del huso ideal para el concreto, situación también señalada por Benavidez (2023) y Lucano y Núñez (2023), quienes identificaron comportamientos similares al evaluar agregados gruesos con granulometrías no convencionales.

Por otro lado, Sanchez y Gonzales (2024) también aportan datos relevantes. Aunque sus agregados presentaban pesos unitarios y específicos algo más altos (hasta 1950 kg/m³ compactado para arena manufacturada), los valores obtenidos en Cruz Conga aún se mantienen dentro de un rango adecuado para su uso en elementos prefabricados de baja exigencia estructural, como los bloques huecos artesanales.

Desde un enfoque más técnico, los resultados actuales se alinean con lo reportado por Ortiz et al. (2020) y Zanabria e Infantes (2024), quienes analizaron la producción artesanal de bloques en otras regiones y observaron que, pese a las limitaciones granulométricas, la optimización del diseño de mezcla y el control de la producción permiten obtener unidades funcionales y aceptables.

El proceso de fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga se realiza de forma semimecanizada, en cuatro etapas fundamentales: acopio de agregados, mezclado manual, moldeo con máquina semimecanizada y curado en planta mediante aspersión con regadera, tres veces al día durante 28 días. Este procedimiento evidencia un nivel tecnológico bajo, pero funcional para la escala de producción local. Este hallazgo coincide parcialmente con lo reportado por Ortiz et al. (2020), quienes observaron procesos similares en Portoviejo (Ecuador), donde las fábricas artesanales también operaban con procedimientos básicos de mezcla, moldeo y curado, aunque con un control de calidad más sistematizado. En cambio, Zhang et al. (2024) propusieron un sistema de producción semiindustrial que incluía materiales alternativos, como lodos ceramsite, con dosificaciones precisas y una relación agua/cemento controlada de 0.43. Esta condición difiere del proceso empírico observado en Cruz Conga, donde la relación agua/cemento real recalculada fue de 0.79, considerando tanto el agua añadida directamente como el agua libre aportada por los agregados húmedos. Este valor sigue

siendo superior al empleado en mezclas técnicas de mayor control, lo que puede influir en la variabilidad de la resistencia y en la calidad final del bloque artesanal.

Respecto a los materiales empleados en Cruz Conga, se identificó el uso de cemento Portland Tipo I, agua potable y agregados locales (arena y confitillo). En este punto, el confitillo presentó 6.76% de material pasante la malla N° 200, valor que supera el umbral referencial usualmente recomendado para agregados destinados a concreto; sin embargo, debe precisarse que, en la fabricación de bloques huecos artesanales, la mezcla se comporta y se dosifica con una trabajabilidad más cercana a un mortero que a un concreto convencional, debido a la necesidad de una granulometría más fina que permita el adecuado llenado del molde y la compactación por vibrado. Además, la normativa técnica establece que, aun cuando un agregado no cumpla estrictamente con los límites granulométricos de referencia, su empleo puede considerarse aceptable siempre que el producto final verifique el desempeño resistente exigido, en particular la resistencia a la compresión. No obstante, se enfatiza que el exceso de finos incrementa la demanda de agua, puede afectar la adherencia pasta-agregado y comprometer la durabilidad; por ello, la viabilidad técnica del bloque queda condicionada obligatoriamente a la aplicación de pretratamientos de lavado y tamizado del confitillo, práctica que fue contemplada durante el proceso, y que debe mantenerse como control de calidad para reducir el riesgo de baja resistencia y degradación a largo plazo. En este marco, lo observado coincide parcialmente con Vargas y Carrillo (2023), quienes también emplearon cemento hidráulico, arena y confitillo de origen local en bloques experimentales en Cundinamarca; no obstante, a diferencia del caso de Cruz Conga, dichos autores aplicaron una dosificación técnica 2:1 (cemento: agregado) y una relación a/c de 0.48, significativamente menor, lo que explica un control más favorable de la demanda de agua y del desarrollo resistente del material.

La relación agua/cemento real de la mezcla artesanal se recalculó considerando el agua añadida directamente por el productor y el agua libre aportada por los agregados húmedos, descontando la absorción correspondiente. Para una tanda de 1 bolsa de cemento, 7 baldes de arena, 6 baldes de confitillo y 12 L de agua añadida, se estimó un aporte de agua libre de 15.58 L por la arena y 6.19 L por el confitillo, obteniéndose un agua efectiva total de 33.77 L. En consecuencia, la relación agua/cemento real estimada fue $A/C = 33.77/42.50 = 0.79$. Este valor reemplaza el cálculo anterior y evidencia que, aunque la relación a/c no es tan elevada como se había indicado inicialmente, aún requiere control operativo para reducir la variabilidad de resistencia de los bloques.

En cuanto al rendimiento, se observó que con 1 m³ de mezcla artesanal se obtienen aproximadamente 115 bloques de 40×18×12 cm. Este valor resulta superior al reportado por Benavidez (2023), quien determinó que con 1 m³ de concreto convencional se fabricaban 100 bloques sólidos, aunque estos eran de mayor volumen. Esta diferencia podría atribuirse a la forma hueca de los bloques de Cruz Conga, que permite un mayor rendimiento de la mezcla; además, Zanabria e Infantes (2024), en Arequipa, comprobaron que, al aplicar una dosificación técnica con control de agregados y de la cantidad de agua, los bloques artesanales alcanzaban resistencias superiores a 70 kg/cm², lo que evidencia que mejorar el diseño de mezcla puede incrementar sustancialmente la calidad del producto final.

Respecto al curado, los bloques evaluados fueron curados en la planta de Cruz Conga mediante aspersión con regadera tres veces al día durante 28 días, antes de ser trasladados al laboratorio para los ensayos físico-mecánicos. Por tanto, las resistencias obtenidas no corresponden a unidades sometidas a curado por inmersión ni a curado en cámara húmeda de laboratorio, sino a unidades curadas mediante una práctica artesanal controlada por la frecuencia de humedecimiento. Esta precisión es importante porque

una reducción de la frecuencia de aspersión, la exposición directa al sol o el secado prematuro podrían disminuir la resistencia final del bloque respecto de los valores obtenidos en la investigación. Aunque este procedimiento es aceptable para mantener la humedad superficial, su aplicación tres veces al día favoreció la continuidad del curado; sin embargo, al realizarse sin control de las condiciones ambientales, pudo generar variaciones en la hidratación del cemento y en la resistencia final de los bloques, como también señalaron Mayorga y Roperó (2020), quienes afirmaron que el método y la frecuencia del curado inciden directamente en la resistencia final de estas unidades. Del mismo modo, Medina (2022) destacó la necesidad de un curado más técnico y prolongado para garantizar un desarrollo óptimo de las propiedades físico-mecánicas del concreto.

En cuanto al control de calidad, el proceso observado en Cruz Conga se limita a inspecciones visuales ocasionales, sin registros técnicos ni ensayos de resistencia, lo cual concuerda con Paredes (2023) y Choque y Ticona (2024), quienes identificaron que muchas fábricas artesanales carecen de control normativo, lo que conlleva productos con alta variabilidad; en contraste, Gonzales (2024) y Ramos (2025) propusieron procesos técnicos para garantizar la calidad del bloque.

La evaluación de las propiedades físico-mecánicas en la unidad de los bloques huecos artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga permitió determinar que estos cumplen con los parámetros exigidos por la norma técnica E.070. En relación con la variación dimensional, los bloques evaluados en Cruz Conga mostraron desviaciones menores al 1% en largo, ancho y alto, valores significativamente inferiores al límite máximo del 4% establecido por la normativa. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Ortiz et al. (2020), quienes reportaron variaciones dimensionales de entre 0.70 mm y 2 mm en bloques artesanales de Portoviejo. Asimismo, estudios regionales

como los de Pardo (2023) y Gonzales (2024) evidenciaron el cumplimiento dimensional de los bloques de concreto tipo IV elaborados con agregados de la zona, incluso al incorporar fibras de polipropileno o materiales reciclados.

Respecto al alabeo, los bloques de Cruz Conga presentaron valores promedio de 2.02 mm (cóncavo) y 2.08 mm (convexo), inferiores al límite de 4 mm para los bloques portantes. Estos valores son similares a los reportados por Choque y Ticona (2024), quienes registraron alabeos de 2.50 mm y 1.10 mm en bloques de Tacna. Esta coincidencia refleja que, aun en procesos artesanales, es posible lograr una calidad geométrica aceptable mediante moldes metálicos estandarizados en el moldeo.

En lo referente a la absorción, los bloques de Cruz Conga mostraron un promedio de 6.60%, cumpliendo con el límite máximo de 12% para bloques portantes. Este nivel de absorción es similar al observado por Choque y Ticona (2024), quienes reportaron una absorción de 6.44%, y es inferior a lo reportado por Zhang et al. (2024) para bloques de concreto celular (20.75%) y por Ramos (2025) para bloques de concreto celular en Huancayo (28.84%). Esto sugiere una mayor compacidad en el caso de los bloques de Cruz Conga, a pesar de su proceso artesanal.

En cuanto al porcentaje de vacíos, los bloques evaluados alcanzaron un promedio de 27.37%, por debajo del 30% requerido para clasificar una unidad como “bloque hueco”. Esta condición fue contraria a lo encontrado por Choque y Ticona (2024), quienes reportaron porcentajes de vacíos de hasta 61.32%, lo que los calificaba plenamente como huecos, aunque no cumplían con la resistencia estructural exigida. En este sentido, los bloques de Cruz Conga presentan una tipología intermedia, con cavidades suficientes para reducir su peso.

En cuanto a la eflorescencia, los bloques presentaron un valor promedio de 1.82%, muy por debajo del 10% permitido por la norma, lo que indica una baja

presencia de sales solubles y concuerda con Gonzales (2024), quien también reportó un bajo nivel de eflorescencia en bloques con la adición de materiales reciclados. Esta propiedad asegura la durabilidad del material frente a ambientes agresivos.

El peso específico promedio de 2.022 g/cm^3 se aproxima al valor típico de los ladrillos comerciales (2.2 g/cm^3), pero es menor que el reportado por Paredes (2023) en Marcona, donde los bloques presentaron valores entre 2.17 y 2.26 g/cm^3 . Esta menor densidad en los bloques de Cruz Conga representa una ventaja en el manejo en obra, sin comprometer su desempeño estructural.

La resistencia a la compresión promedio de 54.13 kg/cm^2 supera el umbral normativo mínimo de 50 kg/cm^2 , lo que valida su uso como bloques portantes. Este resultado correspondió a bloques curados en planta mediante aspersión con regadera, tres veces al día durante 28 días. Por ello, su comparación con los valores reportados por Medina (2022), Ortiz et al. (2020), Zhang et al. (2024) y Zanabria e Infantes (2024) debe considerarse referencial, ya que dichos estudios pudieron emplear condiciones y procedimientos de curado distintos. Siendo así, esta resistencia es comparable a los resultados obtenidos por Medina (2022) con bloques adicionados con poliestireno (58.32 kg/cm^2) y a los de Ortiz et al. (2020) en Ecuador (hasta 52.01 kg/cm^2). En contraste, estudios como el de Zhang et al. (2024) alcanzaron resistencias mucho mayores (79.13 kg/cm^2), aunque emplearon componentes no tradicionales y control industrial, mientras que Zanabria e Infantes (2024) lograron valores superiores a 65 kg/cm^2 solo tras rediseñar el proceso productivo.

Las propiedades mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto fabricados en albañilería en Cruz Conga muestran un comportamiento mixto respecto de los estándares normativos. En el ensayo de resistencia a la tracción directa por adherencia, los bloques alcanzaron un promedio de 10.775 kg/cm^2 , superando el valor

referencial de comparación de 10.20 kg/cm^2 , aunque este resultado no representa una verificación integral de cumplimiento de ASTM C1072-22 debido a las diferencias existentes entre los procedimientos de ensayo. Este valor se obtuvo utilizando bloques previamente curados en planta mediante aspersión con regadera, tres veces al día durante 28 días; por tanto, su comparación con investigaciones anteriores debe considerar las posibles diferencias en los métodos y condiciones de curado aplicados. El valor es superior al reportado por Choque y Ticona (2024), quienes destacaron un alabeo y una mayor variación dimensional en los bloques mecanizados de Tacna. Asimismo, los valores obtenidos en Cruz Conga se aproximan a los reportados por Gonzales (2024), quien observó una buena adherencia en bloques con adiciones de vidrio y de papel reciclado.

En cuanto a la resistencia a la compresión axial en pilas, el promedio fue de 39.11 kg/cm^2 , con una resistencia final de 38.24 kg/cm^2 , por debajo del valor mínimo de 74 kg/cm^2 establecido para bloques portantes según la norma E.070. Las unidades empleadas en las pilas fueron previamente curadas en planta mediante aspersión con regadera, tres veces al día durante 28 días. En consecuencia, la comparación con Ramos (2025) y Gonzales (2024) debe interpretarse considerando que estos antecedentes pudieron emplear regímenes de curado distintos, capaces de influir en el desarrollo de la resistencia. Siendo así, este resultado es inferior al obtenido por Ramos (2025), quien reportó resistencias de hasta 115.21 kg/cm^2 en bloques de concreto celular; también es inferior al de Gonzales (2024), cuyos bloques superaron los 87 kg/cm^2 con adiciones recicladas. Sin embargo, los bloques de Cruz Conga no superan el valor de referencia para bloques portantes ($> 74 \text{ kg/cm}^2$), por lo que son viables para muros no portantes, con restricciones en los usos estructurales.

En relación con la resistencia al corte diagonal en muretes, los bloques alcanzaron un promedio de 12.05 kg/cm², superando ampliamente el valor mínimo de 8.6 kg/cm² exigido por la norma. Este comportamiento evidencia un buen desempeño frente a esfuerzos cortantes y resulta favorable ante eventos sísmicos. Debe precisarse que los bloques utilizados en los muretes fueron curados en planta mediante aspersión con regadera, tres veces al día durante 28 días. Por ello, las diferencias respecto de Choque y Ticona (2024), Paredes (2023), Medina (2022) y Gonzales (2024) no pueden atribuirse exclusivamente a la calidad de los bloques, ya que también pudieron haber intervenido distintas condiciones de curado y de elaboración de los especímenes. Este resultado es superior al obtenido por Choque y Ticona (2024), quienes reportaron 2.19 kg/cm²; por Paredes (2023), con valores entre 5.70 kg/cm² y 6.33 kg/cm²; y también supera el resultado de Medina (2022), con valores apenas superiores al mínimo. En comparación con Gonzales (2024), cuyos bloques alcanzaron hasta 9.70 kg/cm² en muretes, los bloques de Cruz Conga presentan un desempeño superior, incluso sin aditivos.

La evaluación de la viabilidad técnica y económica del uso de los bloques huecos artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga como unidades de albañilería portante o no portante permitió establecer que, si bien estas unidades no alcanzan los valores mínimos establecidos por la norma E.070 (MVCS, 2006) para bloques portantes, específicamente en cuanto a la resistencia a compresión en pilas (38 kg/cm² < 74 kg/cm²), en un uso específico con reforzamiento estructural de la edificación pueden ser empleados. Esta condición justificó la implementación de un sistema de refuerzo estructural en los muros portantes, el cual fue validado mediante el modelamiento estructural de una vivienda unifamiliar de dos niveles en ETABS 2022, cumpliendo con las exigencias de las normas E.030 (MVCS, 2018) y E.070 (MVCS,

2006). Los resultados obtenidos en el análisis de densidad de muros, esfuerzos axiales, derivas sísmicas, resistencia al corte y control del agrietamiento confirmaron el buen comportamiento estructural del sistema propuesto, comparable al de investigaciones como la de Khan et al. (2023), quienes también emplearon elementos de refuerzo en muros construidos con bloques CLC para mejorar su desempeño sísmico. En ese estudio, se logró incrementar la capacidad de carga lateral y la rigidez estructural mediante elementos confinantes, lo cual guarda similitud con el refuerzo horizontal y el confinamiento implementados en el presente caso, particularmente en muros críticos como el MY11.

Respecto a la resistencia al corte, los bloques Cruz Conga demostraron un desempeño satisfactorio, alineándose con lo reportado por Gonzales (2024), quien evidenció que los bloques modificados con adiciones recicladas superaban los 9 kg/cm^2 de resistencia al corte diagonal, un resultado similar al obtenido en esta investigación: 11.86 kg/cm^2 . Esta comparación también debe considerarse referencial, puesto que los bloques de Cruz Conga recibieron curado por aspersión con regadera tres veces al día durante 28 días, mientras que las condiciones de curado aplicadas en los estudios comparados pudieron ser distintas. Asimismo, el cumplimiento de la densidad mínima de muros en ambas direcciones (0.0250 en X y 0.0330 en Y, frente al mínimo de 0.0089) es un indicador adicional de la viabilidad técnica del sistema, comparable con la propuesta estructural desarrollada por Quirós (2023), en la que los prismas elaborados con bloques clase A también cumplieron con las exigencias normativas de resistencia a la compresión y de deformación estructural.

Desde el punto de vista económico, a pesar del mayor costo unitario por bloque de concreto artesanal (S/ 2.31 frente a S/ 0.92 por ladrillo), se observó una reducción significativa en el uso de unidades de albañilería por metro cuadrado (13 bloques vs.

39 ladrillos), así como en el consumo de cemento (45.83% menos). Este rendimiento mejorado permitió alcanzar un costo por m² de muro de S/ 51.47, frente a S/ 56.96 con ladrillo comercial, lo que representó un ahorro del 9.64%. Estos hallazgos coinciden con los de Benavidez (2023), quien, al evaluar bloques modificados con PET y cal hidratada, también identificó ventajas económicas frente al uso de ladrillos convencionales. Del mismo modo, Gonzales (2024) reportó que los bloques con 9% de adición reciclada no solo cumplieron con la norma E.070, sino que redujeron su costo hasta S/ 1.89 por unidad.

Debe precisarse que los costos utilizados en la comparación correspondieron a precios nominales vigentes en el ámbito local durante 2025. En cambio, los costos reportados por Benavidez (2023) y Gonzales (2024) pertenecieron a los periodos y condiciones particulares de sus investigaciones; por ello, su comparación tuvo carácter referencial y no constituyó una comparación monetaria directa, debido a que sus valores no fueron ajustados por inflación. La determinación del ahorro de 9.64% se efectuó exclusivamente comparando las dos alternativas evaluadas con una misma base local de precios de 2025.

Por tanto, los bloques huecos artesanales de Cruz Conga pueden utilizarse técnicamente en edificaciones, siempre que se apliquen criterios estructurales de refuerzo y de confinamiento. Además, su uso representa una alternativa económicamente viable frente a materiales tradicionales, promoviendo el aprovechamiento de recursos locales y la reducción de los costos constructivos sin comprometer la seguridad estructural.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De forma general, se concluye que los bloques huecos artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga, Conchán, cumplen los requisitos físicos y mecánicos en unidad establecidos por la NTP 399.601 y los criterios aplicables de la Norma E.070 y NTP 399.602; sin embargo, no cumplen el requisito de resistencia a compresión axial en pilas exigido por la Norma E.070 para bloques de concreto portantes ($f'm \geq 74 \text{ kg/cm}^2$), al registrar un valor promedio de 38.24 kg/cm^2 . En consecuencia, no corresponde clasificarlos como “bloque portante de concreto” según la E.070. No obstante, al modelar y diseñar una vivienda de dos niveles con el $f'm$ real del material, se evidenció un desempeño estructural aceptable en términos de control de derivas y verificación de solicitaciones, sujeto a un diseño específico de albañilería confinada, con elementos de confinamiento y refuerzo que garanticen el cumplimiento de los criterios sismorresistentes. Por lo tanto, su aplicación estructural queda restringida a edificaciones de baja altura solo si se realiza un confinamiento estricto y detallado de refuerzo, y no como albañilería de concreto portante convencional. Las conclusiones específicas fueron:

- 1) Los agregados utilizados en la fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga presentan propiedades físicas aceptables para su uso en mortero. La arena posee módulo de finura de 2.07, absorción de 0.5%, peso específico de 2.584 g/cm^3 , peso unitario compactado de 1445.18 kg/m^3 y contenido de material que pasa el tamiz N° 200 de 2.8%, cumpliendo con la NTP 400.037. En cambio, el confitillo mostró un módulo de finura de 4.96, una absorción de 0.98%, un peso específico de 2.62 g/cm^3 , un peso unitario compactado de 1469.29 kg/m^3 y

un contenido de material fino de 6.76%, excediendo el límite normativo (5%), por lo que su uso debe realizarse previo al tamizado.

- 2) El proceso de fabricación de bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga es semimecanizado y se basa en una dosificación empírica de 1 bolsa de cemento, 7 baldes de arena, 6 baldes de confitillo y 12 litros de agua (baldes = baldes de 18L), equivalente a la proporción 1: 4.45: 3.81: 0.42, asociada a una resistencia f'_c de 50 kg/cm². Con esta mezcla se obtienen 115 bloques por m³ de concreto. El curado se realizó en planta mediante aspersión con regadera, tres veces al día durante 28 días, y el control de calidad fue únicamente visual y ocasional, sin ensayos normativos. Aunque el proceso permite una producción continua, presenta deficiencias técnicas en la compactación, la dosificación y el control del curado que limitan la uniformidad y la resistencia de los bloques.
- 3) Los bloques huecos artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga cumplen con los requisitos físico-mecánicos evaluados en unidad; sin embargo, esta condición no implica su clasificación como bloques portantes, ya que dicha clasificación depende también del cumplimiento de la resistencia en pilas. Se registraron desviaciones promedio de 0.08% en el largo, 0.83% en el ancho y 0.56% en el alto, inferiores al 4% permitido. El alabeo promedio fue de 2.02 mm (cóncavo) y 2.08 mm (convexo), ambos dentro del límite normativo. La absorción promedio fue de 6.60% y la eflorescencia de 1.82 %, ambas por debajo de los valores máximos establecidos (12% y 10%, respectivamente). Además, los bloques alcanzaron una resistencia a la compresión de 54.13 kg/cm², superando el mínimo requerido de 50 kg/cm².
- 4) Los bloques huecos artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga presentan un desempeño mecánico aceptable en sistemas de albañilería no portantes. En el

ensayo de tracción directa por adherencia, alcanzaron una resistencia promedio de 10.775 kg/cm², superando el valor referencial de 10.20 kg/cm². La resistencia al corte diagonal en muretes fue de 12.05 kg/cm², también superior al mínimo exigido de 8.6 kg/cm², lo que confirma su buen comportamiento frente a esfuerzos laterales. Sin embargo, en la resistencia a la compresión axial en pilas se obtuvo un valor final de 38.24 kg/cm², por debajo del límite requerido de 74 kg/cm² para bloques portantes, lo que indica que su uso estructural requiere reforzamiento o rediseño del sistema de muros para cumplir como albañilería portante.

- 5) Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga resultaron económicamente viables bajo las condiciones locales y los precios nominales vigentes en 2025. El costo directo de construcción de un muro fue de S/ 51.47 por m², frente a S/ 56.96 por m² para el muro de ladrillo comercial, lo que representó un ahorro de 9.64%. Desde el punto de vista normativo, la resistencia característica de las pilas fue de 38.24 kg/cm² y no alcanzó el mínimo exigido de 74 kg/cm² para bloques de concreto portante Tipo P. En consecuencia, estas unidades son viables como albañilería no portante. Su uso en muros con función estructural solo resulta técnicamente admisible dentro de un diseño específico de albañilería confinada, con refuerzo localizado y elementos complementarios de concreto armado, como ocurrió en la vivienda de dos niveles modelada en ETABS cumplimiento con los requisitos de densidad de muros ($X: 0.0250 / Y: 0.0330 > 0.0089$), desplazamientos ($X: 0.8742 \text{ mm} / Y: 0.3572 \text{ mm}$), derivas ($X: 0.003987 / Y: 0.0014175 < 0.005$), resistencia al corte y control de agrietamiento, sustituyéndose el muro crítico PY11 por una placa de concreto armado.

5.2. Recomendaciones

A la empresa productora de bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga, se recomienda implementar como requisito obligatorio el tamizado del confitillo antes de su incorporación a la mezcla y, de ser necesario, su lavado previo, debido a que el material evaluado presentó un 6.76 % de finos pasantes por el tamiz N.º 200, valor superior al límite recomendado para agregados empleados en concreto. Esta medida permitirá reducir la presencia de partículas finas perjudiciales, mejorar la adhesión pasta-agregado, controlar la demanda de agua y disminuir la variabilidad de la resistencia de los bloques producidos artesanalmente.

A la empresa productora, se recomienda mejorar el control de dosificación de la mezcla mediante el uso de recipientes volumétricos calibrados o balanzas, evitando variaciones empíricas en la cantidad de arena, confitillo, cemento y agua. Asimismo, se sugiere controlar la humedad de los agregados antes del mezclado y asegurar un adecuado proceso de curado mediante aspersión con regadera tres veces al día durante 28 días, evitando el secado prematuro de las unidades. Este control debe complementarse con registros simples de producción y curado por tanda.

A la empresa productora, se recomienda desarrollar una mezcla técnica de mayor resistencia, tomando como referencia una resistencia de diseño aproximada de $f'c = 17 \text{ MPa}$, equivalente a 175 kg/cm^2 , debido a que esta resistencia resulta pertinente para condiciones donde se requiere mayor desempeño frente a la compresión y acción del frío. Esta propuesta debe validarse experimentalmente mediante la fabricación de nuevos bloques y ensayos de resistencia en unidades, pilas y muretes antes de su aplicación.

A los maestros de obra, propietarios y usuarios locales, se recomienda utilizar los bloques huecos artesanales de concreto evaluados preferentemente en muros no

portantes, tabiquería, cerramientos o divisiones interiores, debido a que las unidades no alcanzaron la resistencia mínima en pilas exigida por la Norma E.070 para bloques de concreto portantes Tipo P. Por tanto, no se recomienda su empleo directo como albañilería portante convencional sin una verificación estructural específica.

A los profesionales responsables del diseño estructural y a las entidades vinculadas al control de la construcción local, se recomienda que, si se desea emplear estos bloques en muros con función estructural, su uso esté condicionado a un diseño específico de albañilería confinada, considerando el valor real de resistencia a la compresión axial en pilas obtenido en laboratorio ($f'_m = 38.24 \text{ kg/cm}^2$), incorporando un confinamiento adecuado, refuerzo horizontal y verificación estructural integral.

A los organismos institucionales, como CAPECO y la Municipalidad Distrital de Conchán, se les recomienda promover capacitaciones técnicas dirigidas a productores, maestros de obra y propietarios sobre el control de calidad, la dosificación, el curado y el uso adecuado de los bloques artesanales. Como complemento, se sugiere a futuros investigadores ampliar el número de pilas y muretes ensayados, evaluar nuevas dosificaciones, diferentes condiciones de curado y alternativas de mejora en el proceso productivo, con el fin de optimizar el desempeño de estos bloques y verificar su posible uso estructural.

REFERENCIAS

- Abbas, T. F., & Abbas, Z. K. (2023). Manufacture of load-bearing concrete masonry units using waste demolishing material. *Journal of Engineering*, 29(4), 105–118. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.04.07>
- Abdellatief, M., Elemam, W. E., Alanazi, H., & Tahwia, A. M. (2023). Production and optimization of sustainable cement brick incorporating clay brick wastes using response surface method. *Ceramics International*, 49(6), 9395–9411. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.11.144>
- ACI 211.1. (2022). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (Reapproved 2022)*. American Concrete Institute, ACI Committee 211.
- Álvarez-Risco, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. Universidad de Lima.
- Anas, S. M., Shariq, M., Alam, M., & Umair, M. (2023). Modeling of crashworthy foam-mounted braced unreinforced brick masonry wall and prediction of anti-blast performance. *International Journal of Protective Structures*, 1, 1–10. <https://doi.org/10.1177/20414196231164432>
- ASTM C1072-22. (2022). *Standard test methods for measurement of masonry flexural bond strength*. American Society for Testing and Materials (ASTM). <https://doi.org/10.1520/C1072-22>
- ASTM C-270. (2004). *ASTM C-270-03 standard specification for mortar for unit masonry*. American Society for Testing and Materials.
- Averardo, M. (2009). *El ladrillo: Orígenes y desarrollo*. Área de la Tecnología y la Producción FAU-UNNE. <https://arquitectnologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>
- Beer, F. P., & Johnston, E. R. (2011). *Mecánica de materiales* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Benavidez, D. Y. (2023). *Evaluación del ladrillo sólido de concreto adicionando cal hidratada y plástico PET reciclado, Chota* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Berg, E. R., & Neal, J. A. (1997). A procedure for testing concrete masonry unit (CMU) mixes. *Cement, Concrete and Aggregates*, 19(1), 3–7. <https://doi.org/10.1520/CCA10014J>
- Bouarroudj, M. A., & Boaudaoud, Z. (2022). Comparison between numerical modeling approaches of infilled frames under in-plane load. *Sec. Earthquake Engineering*, 7, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.783051>

- Burga, J. (2022). *Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota* [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/204>
- Cabrera, C. J. (2018). *Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/546>
- CAPECO. (2006). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Cámara Peruana de la Construcción.
- Chanchi, J., Gomez, J., & Gonzáles, C. (2019). Caracterización experimental y teórica de paneles sometidos a fuerza lateral y ensamblados con unidades de mampostería hechas a base de papel reciclado y engrudo de almidón de yuca. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 10(1), 45–49.
- Choque, J. P., & Ticona, L. J. (2024). *Evaluación de la resistencia al corte y axial en prismas de albañilería de bloques de concreto mecanizado, fabricados en la ciudad de Tacna, 2024* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/3861>
- Gallegos, H., & Casabone, C. (2005). *Albañilería estructural* (3.^a ed., Vol. 3). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Gamarra, N., & Meza, J. L. (2018). *Evaluación comparativa de la resistencia a la compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con un mortero convencional (C:A) 1:4, respecto a muros de albañilería elaborados con un mortero adicionado con fibras de polipropileno* [Tesis de grado, Universidad Andina del Cusco]. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1454>
- García, L., & Morales, J. (2020). Análisis estructural de muretes de albañilería construidos con bloques de concreto de baja resistencia. *Revista Científica de Ingeniería*, 15(3), 67–75.
- Gonzales, J. S. (2024). *Análisis de las propiedades mecánicas de los bloques de concreto de albañilería elaborados con partículas de vidrio y papel reciclado, Chota, 2022* [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/7449>
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. <https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Guevara, J. W. (2023). *Niveles de sales y eflorescencia en las unidades de albañilería*

- elaboradas en cinco canteras del distrito de Bambamarca, Chota, 2022* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Höfler, M. (2026). Robust tests should be the default, not the backup. *Peer Community Journal*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.24072/pcjournal.670>
- Horna, V. (2015). *Influencia del tipo de curado en la resistencia a la compresión axial de la albañilería* [Trabajo de grado, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/9432>
- INACAL. (2015). NTP 399.604. *Unidades de albañilería: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.*
- INACAL. (2015). NTP 399.621. *Unidades de albañilería: Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.*
- INACAL. (2016). NTP 331.017. *Unidades de albañilería: Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos.*
- INACAL. (2016). NTP 399.601. *Unidades de albañilería: Ladrillos de concreto. Requisitos.*
- INACAL. (2018). NTP 399.602. *Unidades de albañilería: Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos* (2.^a ed.).
- INACAL. (2018). NTP 399.605. *Unidades de albañilería: Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería* (3.^a ed.).
- INACAL. (2018). NTP 399.610. *Unidades de albañilería: Especificación normalizada para morteros* (2.^a ed.).
- INACAL. (2020). NTP 400.017. *Agregados: Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados.*
- INACAL. (2021). NTP 339.088. *Concreto: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Especificaciones* (4.^a ed.).
- INACAL. (2021). NTP 339.185. *Agregados: Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo* (3.^a ed.).
- INACAL. (2021). NTP 400.012. *Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo* (4.^a ed.).
- INACAL. (2021). NTP 400.022. *Agregados: Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo* (4.^a ed.).
- INACAL. (2021). NTP 400.037. *Agregados: Agregados para concreto. Especificaciones* (5.^a ed.).
- INEI. (2018). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares – acceso a servicios básicos. Censos Nacionales 2017: XIII de Población, VII de Vivienda y III de*

Comunidades Indígenas. Instituto Nacional de Estadística e Informática.

- Jaafar, A. S., Abbas, Z. K., & Allawi, A. A. (2023). Studying sustainable concrete block efficiency production: A review. *Journal of Engineering*, 29(9), 134–149. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.09.10>
- Jiménez-Pacheco, J., González-Drigo, R., Pujades Beneit, L. G., Barbat, A. H., & Calderón-Brito, J. (2021). Traditional high-rise unreinforced masonry buildings: Modeling and influence of floor system stiffening on their overall seismic response. *International Journal of Architectural Heritage*, 15(10), 1547–1584. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1709582>
- Khan, K., Shahzada, K., Gul, A., Khan, I. U., Eldin, S. M., & Iqbal, M. (2023). Seismic performance evaluation of plastered cellular lightweight concrete (CLC) block masonry walls. *Scientific Reports*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37159-0>
- Knief, U., & Forstmeier, W. (2021). Violating the normality assumption may be the lesser of two evils. *Behavior Research Methods*, 53(6), 2576–2590. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01587-5>
- Liang, S., Liu, W., & Chen, Z. (2023). Shear performance investigation of recycled concrete load-bearing blocks for sustainable masonry. *International Journal of Structural Integrity*, 14(5), 755–778. <https://doi.org/10.1108/IJSI-04-2023-0032>
- López, K. V., & Ushiña, W. M. (2017). *Determinación del módulo de elasticidad de mampostería de bloque no estructural utilizada en la vivienda ecuatoriana* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18756>
- Lucano, C. Y., & Núñez, M. D. (2023). *Estudio del bloque portante de concreto sustituyendo agregado fino por caucho granulado de neumáticos reciclados, Chota, 2022* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/408>
- Mamani, C. D. (2018). *Adherencia entre el mortero y el ladrillo macizo al invertir su cara de asiento* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/12673>
- Mamani, J. P. (2024). *Viabilidad técnica y económica del uso de ladrillos ecológicos en infraestructuras de instituciones privadas y públicas de la ciudad de Juliaca, 2022* [Tesis de grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4032>
- Mart Engineers. (2020). *Curso de análisis estático no lineal pushover con el programa ETABS*

V19.

- Mathios, M. A., & Cotrina, N. (2021). *Propuesta de diseño sismorresistente y su relación con el desempeño de un edificio multifamiliar de albañilería confinada, con bloques de concreto celular, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín* [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1361>
- Mayorga, S. Y., & Roperio, M. A. (2020). *Evaluación de la resistencia a compresión de bloques de concreto poroso con alvéolos* [Tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/8621>
- Medeiros, W. A., Parsekian, G. A., & Moreno Jr, A. L. (2023). Residual mechanical properties of hollow concrete blocks with different aggregate types after exposure to high temperatures. *Construction and Building Materials*, 377(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131085>
- Medina, E. J. (2022). *Evaluación de bloques de concreto adicionando poliestireno, Chota* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/223>
- Meli, R. (1994). Mampostería estructural: La práctica, la investigación y el comportamiento sísmico observado en México. *Cuaderno de Investigación*, 17(1), 3–23.
- MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano PDU 2017–2027 Chota*. Municipalidad Provincial de Chota.
- MVCS. (2006). Norma E.070: Albañilería. En Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pp. 1–15). Instituto de la Construcción y Gerencia. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_070.pdf
- MVCS. (2018). Norma E.030: Diseño sismorresistente. En Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pp. 1–32). Instituto de la Construcción y Gerencia. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf
- Nežerka, V., Prošek, Z., Trejbal, J., Pešta, J., Ferriz-Papi, J. A., & Tesárek, P. (2023). Recycling of fines from waste concrete: Development of lightweight masonry blocks and assessment of their environmental benefits. *Journal of Cleaner Production*, 385(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135711>

- Ortiz, E. A., Orejuela, E. F., & Ruiz, W. E. (2020). Evaluación del cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma INEN en la elaboración artesanal de los bloques de hormigón en el cantón Portoviejo. *Revista Riemat*, 4(2), 15–21. <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i2.2189>
- Pardo, W. H. (2023). *Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la unidad de albañilería de concreto tipo IV adicionando distintas dosis de fibras de polipropileno, Chota, 2021* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/332>
- Paredes, J. F. (2023). *Bloques de concreto artesanal y su relación en el nivel de comportamiento estructural en edificaciones de albañilería confinada, Marcona, Nazca, Ica, 2018* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/6888>
- Parra, M. L., & Briceño, I. I. (2013). Aspectos éticos en la investigación cualitativa. *Revista de Enfermería Neurológica*, 12(3), 118–121. <https://doi.org/10.51422/ren.v12i3.167>
- Pranava, K., Avinash, A. R., Chaithra, M., Anil, S., & Kamath, K. (2025). Seismic performance of torsionally irregular multistorey RC buildings with optimised shear wall configurations. *Infrastructures*, 10(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/infrastructures10110296>
- Pulatsu, B., Funari, M. F., Malomo, D., Gonen, S., & Parisi, F. (2023). Seismic assessment of URM pier spandrel systems via efficient computational modeling strategies. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21(12), 5573–5596. <https://doi.org/10.1007/s10518-023-01744-5>
- Quintana, N. J., & Vásquez, N. (2026). *Caracterización del comportamiento mecánico de adoquines tipo I con adición de caucho granular reciclado para pavimentos de uso peatonal, Chota, 2024* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Quirós, Y. D. (2023). *Obtención del módulo de elasticidad, deformación última y la resistencia a la compresión en prismas de mampostería por medio de la curva esfuerzo-deformación de bloques de 12 × 20 × 40 cm bajo carga axial concéntrica* [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica]. <https://hdl.handle.net/10669/90643>
- Ramos, M. F. (2025). *Análisis de la variación geométrica en las propiedades de los bloques de concreto celular en edificaciones de albañilería, Huancayo, 2024* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/9327>
- Ravindra, B., & Vijayakumar, J. (2023). Concrete technology and standard practice for block masonry. *Applied Science and Engineering Journal for Advanced Research*, 2(2), 26–

34. <https://doi.org/10.54741/asejar.2.2.5>
- Retzer, L. (2025). *Normality tests for small sample sizes: A comparison based on power simulation* [Tesis de diploma, Technische Universität Wien]. <https://doi.org/10.34726/hss.2025.119561>
- San Bartolomé, Á. (2005). *Comentario de la norma técnica de edificaciones E.070 de albañilería*. SENCICO 042-2005.
- San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2020). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. Fondo Editorial de la PUCP.
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero* (5.^a ed.). Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.
- Sanchez, A. R., & Gonzales, F. (2024). *Fabricación de bloques de concreto para albañilería, empleando arenas de la cantera El Pedregal de Reque y de la chancadora Piedra Azul de Ferreñafe* [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/13812>
- Shekhar, D., & Godihal, J. (2023). Exploring the mechanical and microstructural characteristics of recycled concrete hollow blocks: Transforming waste into valuable resources. *EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, 10(4), 2195–2206. https://www.tj.kyushu-u.ac.jp/evergreen/contents/EG2023-10_4_content/pdf/p2195-2206.pdf
- Simon, A. R., Hridoy, F. K., Siddique, M. F., & Safat, S. A. (2023). Orientation and location of shear walls in RC buildings to control deflection and drifts. *Procedia Structural Integrity*, 46, 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.06.028>
- Terra, I. C., Batista, F. G., Silva, D. W., Scatolino, M. V., Alves Júnior, F. T., Martins, M. A., & Mendes, L. M. (2023). Mining waste and coconut fibers as an eco-friendly reinforcement for the production of concrete blocks. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(22), 62641–62652. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26493-5>
- Timoshenko, S., & Gere, J. M. (1961). *Theory of elastic stability*. McGraw-Hill.
- Trully. (2019, 27 de marzo). *Panel zone and rigid offset*. CSI. <https://web.wiki.csiamerica.com/wiki/spaces/etabs/pages/1474603/Panel+zone+and+rigid+offset>
- Uysal, Y., Ecemiş, A. S., Aksoylu, C., & Arslan, M. H. (2025). Effects of shear wall ratio and location on earthquake performance of reinforced concrete buildings having different ribbed slab configurations. *Journal of Building Engineering*, 113, 1–10.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113958>

- Vargas, M. F., & Carrillo, J. (2023). New concrete masonry solid block with non-conventional geometry: Experimental characterization. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (106), 36–46. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20220370>
- Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A., & Leo-Amador, G. E. (2014). Paradigmas en la investigación: Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15), 1–10.
- Zanabria, L., & Infantes, J. (2024). *Diseño de bloques de concreto para uso estructural que cumplan las características mecánicas en productores artesanales de la provincia de Arequipa, 2023* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/15450>
- Zhang, Q., Xu, Y., Zhang, H., Gu, X., Ni, S., Xu, Y., & Liu, R. (2024). Preparation and performance influencing factors of sludge-based non-sintering ceramsite foam concrete block. *Construction and Building Materials*, 426(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136240>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tesis: “Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, 2025”

Tesista(s): Eiver Stalin Sánchez Veja, Yonel Muñoz Quiroz

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología		
¿En qué medida los bloques artesanales de concreto fabricados en Cruz Conga, Conchán, cumplen con las propiedades físico mecánicas mínimas establecidas en la norma E.070 (MVCS, 2006) para su uso como albañilería en edificaciones?	Objetivo general Evaluar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto, fabricados en Cruz Conga, Conchan, y su viabilidad como albañilería de acuerdo a la norma E.070 (MVCS, 2006), NTP 399.601 (INACAL, 2016) y NTP 399.602 (INACAL, 2018).	Ho: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga no son viables como unidades de albañilería estructural, debido a que no cumplen en forma independiente o conjunta con: (i) el cumplimiento normativo físico-mecánico, (ii) la viabilidad técnica de desempeño estructural y/o (iii) la viabilidad económica respecto al costo por m² de muro.	VI Propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto	Propiedades físicas de los bloques de concreto	Variación dimensional	81 bloques artesanales de concreto tipo hueco liso que expende la ladrillera Cruz Conga, en la comunicad de Cruz Conga, distrito de Conchán, provincia de Chota.		
	Objetivos específicos – Determinar las propiedades físicas de los agregados utilizados en la fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga. – Analizar el proceso de fabricación de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga. – Determinar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga en unidad, tales como: variación dimensional, alabeo, absorción, eflorescencia, resistencia a compresión. – Determinar las propiedades mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga en albañilería, tales como: resistencia a la tracción directa por adherencia, resistencia a la compresión axial en pilas, resistencia al corte diagonal en muretes. – Analizar la viabilidad técnica y económica del uso de los bloques huecos artesanales de concreto en Cruz Conga como albañilería portante y/o no portante.	H1: Los bloques huecos artesanales de concreto de Cruz Conga son viables como unidades de albañilería estructural, debido a que cumplen en forma independiente o conjunta con: (i) el cumplimiento normativo físico-mecánico, (ii) la viabilidad técnica de desempeño estructural y (iii) la viabilidad económica respecto al costo por m² de muro.			VD Viabilidad como albañilería		Propiedades mecánicas de los bloques de concreto	Alabeo
								Densidad
								Absorción
								Eflorescencia
			Resistencia a compresión (F'b)					
			Adherencia por tracción directa en bloques cruzados					
			Resistencia a compresión axial en pilas (F'm)					
			Resistencia al corte diagonal en muretes (F'v)					
			Dimensiones y geometría					
Absorción								
F'b								
F'm								
F'v								
Espesor efectivo de muro								
Densidad de muro								
Derivas y desplazamientos								
Costo de adquisición								
Costo de uso por m2 de muro								

Anexo 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Recolección de muestra en la cantera de arena



Fotografía 2. Recolección de muestra en la cantera de confitillo



Fotografía 3. Peso unitario de la arena



Fotografía 4. Peso unitario del confitillo



Fotografía 5. Análisis granulométrico de la arena



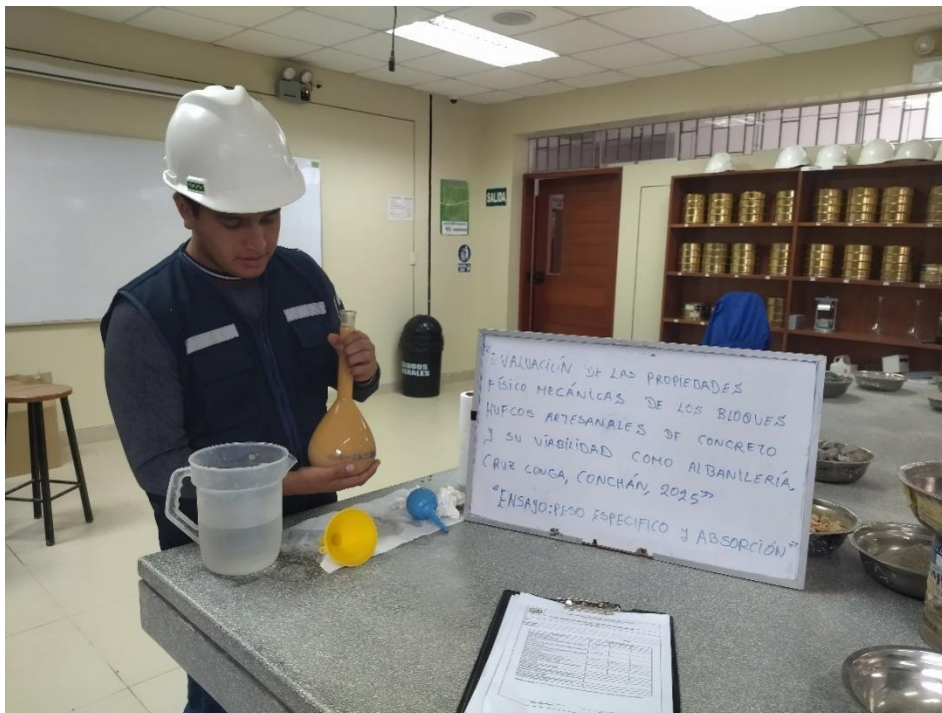
Fotografía 6. Análisis granulométrico del confitillo



Fotografía 7. Pesos específico y absorción del agregado fino: condición saturada superficialmente seco.



Fotografía 8. Pesos específico y absorción del agregado fino: condición saturada superficialmente seco.



Fotografía 9. Contenido de humedad del confitillo.



Fotografía 10. Contenido de humedad del agregado fino.



Fotografía 11. Preparación del material para la elaboración de los bloques de ladrillos.



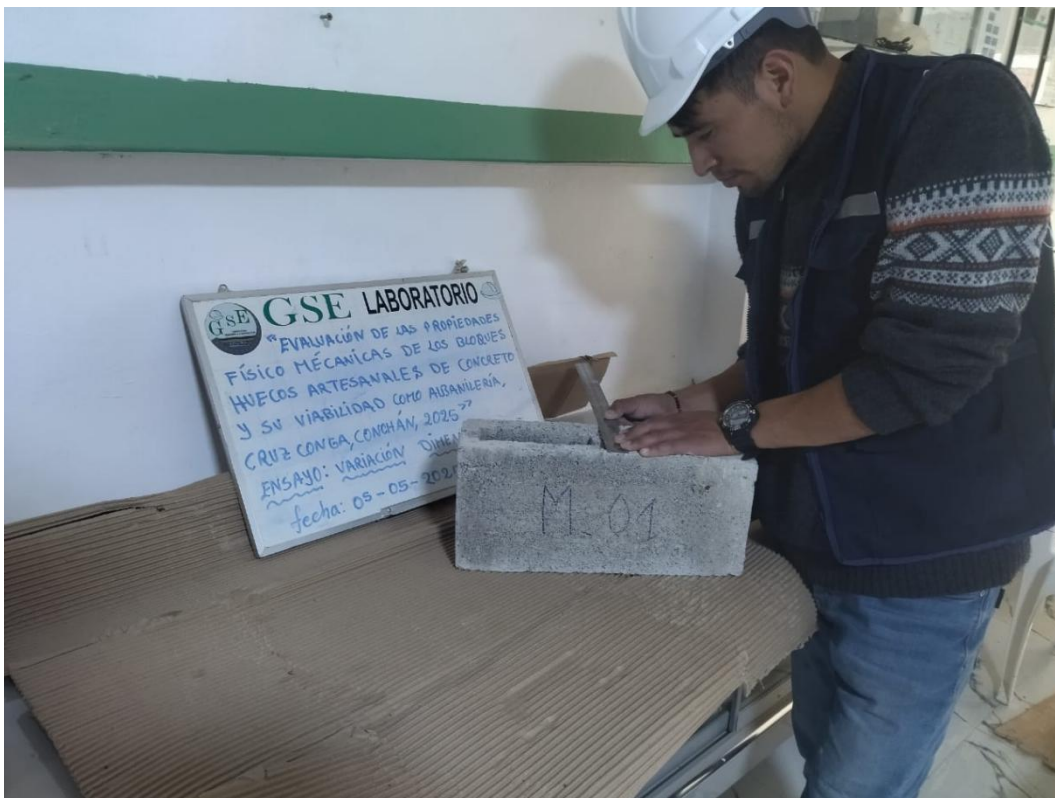
Fotografía 12. Elaboración de los bloques de ladrillos.



Fotografía 13. Curado de los bloques de ladrillo



Fotografía 14. Variación dimensional.



Fotografía 15. Alabeo de los bloques de concreto.



Fotografía 16. Absorción de los bloques de concreto.



Fotografía 17. Porcentaje de vacíos de los bloques de concreto.



Fotografía 18. Ensayo de absorción en los bloques.



Fotografía 19. Peso específico de los bloques.



Fotografía 20. Eflorescencia de los bloques de concreto.



Fotografía 21. Refrendado de los bloques de concreto.



Fotografía 22. Resistencia a compresión bloques de concreto.



Fotografía 23. Preparación del material para la elaboración de los cubos de mortero.



Fotografía 24. Elaboración de los cubos de mortero.



Fotografía 25. Curado de los cubos de mortero.



Fotografía 26. Resistencia a compresión cubos de mortero.



Fotografía 27. Adhesión en ladrillos.



Fotografía 28. Elaboración de muretes.



Fotografía 29. Resistencia al corte diagonal en muretes.



Fotografía 30. Elaboración de pilas.



Fotografía 31. Resistencia a la compresión en pilas.



Fotografía 32. Adherencia por tracción en bloques cruzados.



Anexo 3. Documentación

Anexo N° 3.1. Validación de instrumentos

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, ELMER CHÁVEZ VÁSQUEZ, de profesión INGENIERO CIVIL, con CIP 91731 doctor en Ingeniería Civil, en calidad de asesor de la investigación. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación contenido los tres instrumentos de la tesis "Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, 2025", cuyo propósito es evaluar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, de acuerdo a la norma E.070 (MVCS, 2006), NTP 399.601 (INACAL, 2016) y NTP 339.602 (INACAL, 2018).

Anexo 3. Formato de cálculo de ladrillos y mortero en la construcción de los muros

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Chota, a los 04 días del mes de febrero del 2025

Apellidos y nombres: Elmer Chavez Vásquez

Firma:


Dr. Ing. Elmer Chavez Vasquez
Reg. CIP. 91731

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, JOSELITO BURGA DÍAZ, con DNI 70744471, de profesión INGENIERO CIVIL, con código de colegiatura 321522, maestría en Ciencias con Mención en Ingeniería Civil. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación contenido los tres instrumentos de la tesis "Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, 2025", cuyo propósito es evaluar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, de acuerdo a la norma E.070 (MVCS, 2006), NTP 399.601 (INACAL, 2016) y NTP 339.602 (INACAL, 2018).

Anexo 3. Formato de cálculo de ladrillos y mortero en la construcción de los muros

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.		x			
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	11				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Chota, a los 04 días del mes de febrero del 2025

Apellidos y nombres: Burga Díaz Joselito

DNI: 70744471

Firma:


JOSELITO BURGA DÍAZ
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 321522

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, THALÍA NANCY DEL ROCÍO TICLLA RÍOS, con DNI 77565512, de profesión INGENIERO CIVIL, con código de colegiatura 321548, maestriza en Ciencias con Mención en Ingeniería Civil. Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación contenido los tres instrumentos de la tesis "Evaluación de las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, 2025", cuyo propósito es evaluar las propiedades físico mecánicas de los bloques huecos artesanales de concreto y su viabilidad como albañilería, Cruz Conga, Conchan, de acuerdo a la norma E.070 (MVCS, 2006), NTP 399.601 (INACAL, 2016) y NTP 339.602 (INACAL, 2018).

Anexo 3. Formato de cálculo de ladrillos y mortero en la construcción de los muros

Luego de valorar la adecuación de los ítems, concluyo en las siguientes apreciaciones.

MA= Muy adecuado / BA= Bastante adecuado / A = Adecuado / PA= Poco adecuado / NA= No adecuado

Criterios evaluados	Valoración positiva			Valoración negativa	
	MA (3)	BA (2)	A (1)	PA	NA
Calidad de redacción de los ítems.	x				
Amplitud del contenido a evaluar.	x				
Congruencia con los indicadores.	x				
Coherencia con las dimensiones.	x				
Puntaje total:	12				

Conclusión: MA (X) BA () A () No aporta: ()

Chota, a los 04 días del mes de febrero del 2025

Apellidos y nombres: Tiella Ríos Thalía Nancy del Rocío DNI: 77565512

Firma:


THALIA NANCY DEL ROCIO TICLLA RIOS
Ingeniera Civil
Reg. CIP. N° 321548

Anexo N° 3.2. Instrumento validado

COSTO DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO

Costo de producción para bloques de concreto

Dosificación

	Para 1m3 de concreto		Bloque (40x18x12 cm)	
Dosificación	Kg/cm3	m3	kg	m3
Cemento				
Agregado fino				
Confitillo				
Agua				

Costo unitario de 1 bloque de concreto

Rendimiento	und/día	EQ			
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Operario	hh				
Peón	hh				
<i>Materiales</i>					
Cemento	bol				
Agregado fino	m3				
Confitillo	m3				
Agua	m3				
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo				
Mesa vibratoria	hm				
Costo unitario directo					
Utilidad					
Costo total					

Considerando flete:

$$C_{\text{puesto_obra}} = C_{\text{planta}} + \frac{C_{\text{flete_viaje}} + C_{\text{cyd}}}{N_{\text{viaje}}}$$

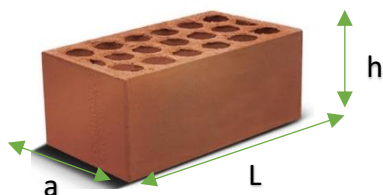
Donde, Cplanta= costo unitario del bloque en fábrica (S/. und), Cflete_viaje= costo total del transporte por viaje (S/.), incluye ida/vuelta y espera (si aplica), Nviaje= número de bloques transportados por viaje (und/viaje), Ccyd= costo total

Costo final de la unidad puesta en obra en soles:

Ladrillos para 1m2 de muro

Dimensiones de ladrillo

L=	
a=	
h=	



Junta	:	e	
-------	---	---	--

Proporcion de mortero C:H

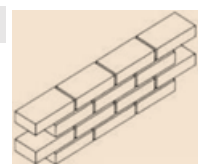
C	:	H

Dimensiones de muro

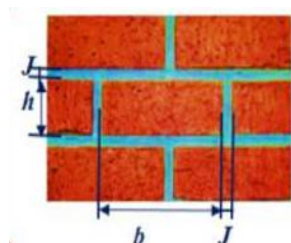
Largo:	
alto :	

Tipo de aparejo :

soga



Calculos :



$$CL = \frac{1m^2}{(b+j)*(h+j)}$$

CL: cantida de ladrillos x M2
 b : base del ladrillo
 a: ancho del ladrillo
 h: altura de ladrillo
 j: espesor de la junta

área de muro

cantida de ladrillos :

CL= ladrillos

Mortero en el muro

$$V_{mo} = V_{mv} - CL \times V_{La}$$

V_{mo} = Volumen de mortero (m3/m2)

V_{mv} = Volumen de muro (m3/m2)

CL = Cantida de ladrillos

V_{La} = Volumen de ladrillos

$$V_{mo} = \text{m3/m2}$$

	partes		m3
	partes		m3
Cemento =		m3	
Arena =		m3	

bls

Resumen:

Redondeado:

Descripcion	Unidad	Cantidad	%desp	Parcial	Total
cemento	bols				bls
Arena	m3				m3
ladrillo	und				und

COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE 1 m2 DE MURO

Costo de construcción de 1 m2 de muro de bloques de concreto

Rendimiento	m2/día		EQ		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Capataz	hh				
Operario	hh				
Peón	hh				
<i>Materiales</i>					
Clavos de 3"	kg				
Alambre negro recocido N° 8	kg				
Cemento Portland tipo 1	bls				
Arena gruesa (puesta en obra)	m3				
Bloques 40x12x18 cm	pz.				
Agua	m3				
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo				

Costo unitario directo

Costo de construcción de 1 m2 de muro de ladrillo k.k. de arcilla de soja según CAPECO

Rendimiento	m2/día		EQ		
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Capataz	hh				
Operario	hh				
Peón	hh				
<i>Materiales</i>					
Clavos de 3"	kg				
Alambre negro recocido N° 8	kg				
Cemento Portland tipo 1	bls				
Arena gruesa (puesta en obra)	m3				
Ladrillo 24x14x9cm	pz.				
Agua	m3				
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo				
Andamio metálico	día				

Costo unitario directo

Anexo 4. Formatos de ensayo de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Laboratorio de Mecánica de Materiales

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO
(NTP 339.185)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 25-02-25

DESCRIPCIÓN	UND	ENSAYOS		
		1	2	3
Numero de ensayos				
Peso del recipiente	gr	151.6	140.2	177.4
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	1014.2	715.9	1326.5
Peso del recipiente + muestra seca	gr	935.2	660.3	1217.6
Peso de la muestra húmeda	gr	862.6	575.7	1149.1
Peso de la muestra seca	gr	783.6	520.1	1040.2
Peso del agua	gr	79	55.6	108.9
Porcentaje de humedad		10.08%	10.69%	10.47%
PROMEDIO (%)		10.41%		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES
Tec. Laboratorio


Asesor

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Laboratorio de Mecánica de Materiales

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(NTP 400.012)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

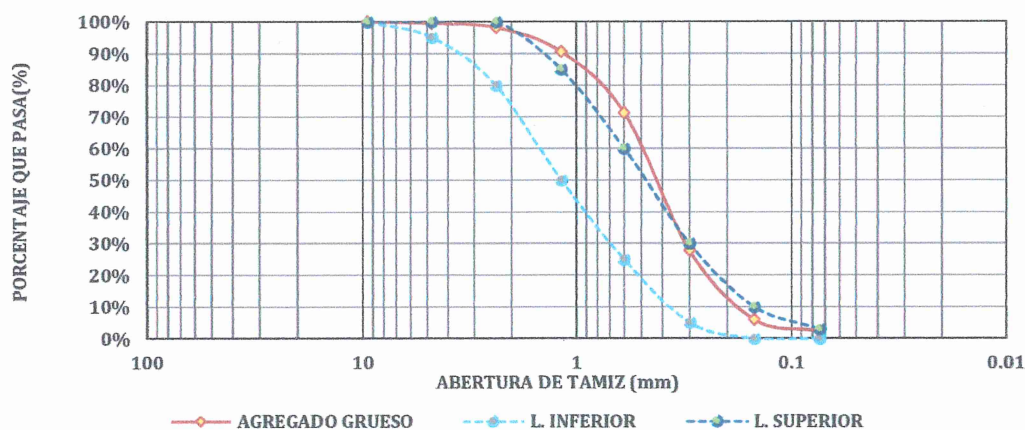
Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 27-02-25

DESCRIPCIÓN	PESO DE LA MUESTRA:	972.1 gr
	PÉRDIDA DE LA MUESTRA:	0.00%

Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.5	0	0%	0%	100.00%
# 4	4.75	4.5	0.46%	0.46%	99.54%
# 8	2.36	13.4	1.38%	1.84%	98.16%
# 16	1.18	73.5	7.56%	9.40%	90.60%
# 30	0.6	188.3	19.37%	28.77%	71.23%
# 50	0.3	421.6	43.37%	72.14%	27.86%
# 100	0.15	213	21.91%	94.05%	5.95%
# 200	0.074	35.2	3.62%	97.68%	2.32%
Fondo	----	22.6	2.32%	100.00%	0.00%
TOTAL		972.1	100.00%	----	----
TMN			Módulo de finura MF=		2.07

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA-AGREGADO FINO



OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ (#200) POR LAVADO EN AGREGADO FINO (NTP 400.018)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 26-02-25

DESCRIPCIÓN	UND	ENSAYOS		
		1	2	3
Numero de ensayos				
Peso del recipiente	gr	118.5	152.8	148.9
Peso del recipiente + muestra	gr	1118.5	1152.8	1148.9
Peso seco de la muestra inicial	gr	1000	1000	1000
Peso del recipiente + muestra lavada seca	gr	1090.6	1125.2	1120.4
Peso seco de muestra ensayada	gr	972.1	972.4	971.5
Material que pasa la malla #200	gr	27.9	27.6	28.5
Porcentaje que pasa la malla #200		2.79%	2.76%	2.85%
PROMEDIO (%)		2.80%		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Leydi Huamán Mejía
TECNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES
Téc. Laboratorio


Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Laboratorio de Mecánica de Materiales

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO
(NTP 400.022)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 27-28/02/2025

DESCRIPCIÓN	DATOS Y RESULTADOS		
	1	2	3
Número de ensayos			
Peso de la fiola (1000 ml)	273.80 gr	273.80 gr	273.80 gr
Peso de la muestra de saturado superficialmente seca (S)	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr
Peso de la fiola llenado con agua hasta la marca de calibración (B)	1270.60 gr	1271.60 gr	1272.60 gr
Peso de la fiola lleno de la muestra y de agua hasta la marca de calibración (C)	1580.80 gr	1578.10 gr	1578.20 gr
Peso de la tara	79.30 gr	83.40 gr	118.50 gr
Peso final de la muestra + la tara	577.40 gr	581.40 gr	614.90 gr
Peso de la muestra seca en el horno (A)	498.10 gr	498.00 gr	496.40 gr
Peso específico de masa (Pem)	2.62 gr/cm ³	2.57 gr/cm ³	2.55 gr/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.63 gr/cm ³	2.58 gr/cm ³	2.57 gr/cm ³
Peso específico aparente (Pea)	2.65 gr/cm ³	2.60 gr/cm ³	2.60 gr/cm ³
Absorción (%)	0.38%	0.40%	0.73%
Promedio de Peso específico de masa (Pem)	2.584 gr/cm ³		
Promedio de Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.60 gr/cm ³		
Promedio de peso específico aparente (Pea)	2.62 gr/cm ³		
Absorción Promedio (%)	0.50%		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

(NTP 400.017)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 26-02-25

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
Numero de ensayos		1	2	3
Peso del recipiente (kg)	A	1.65	1.65	1.65
Peso del recipiente + muestra(kg)	B	5.37	5.40	5.45
Peso de la muestra (kg)	B-A	3.72	3.75	3.8
Factor "f" (m^{-3})	C	332.226	332.226	332.226
Peso unitario suelto del A.F (kg/m^3)	(B-A)x C	1235.88	1245.85	1262.46
PROMEDIO		1248.06 kg/m^3		

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO				
DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
Numero de ensayos		1	2	3
Peso del recipiente (kg)	A	1.65	1.65	1.65
Peso del recipiente + muestra(kg)	B	5.97	6.01	6.02
Peso de la muestra (kg)	B-A	4.32	4.36	4.37
Factor "f" (m^{-3})	C	332.226	332.226	332.226
Peso unitario suelto del A.F (kg/m^3)	(B-A)x C	1435.22	1448.50	1451.83
PROMEDIO		1445.18 kg/m^3		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (NTP 400.012)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

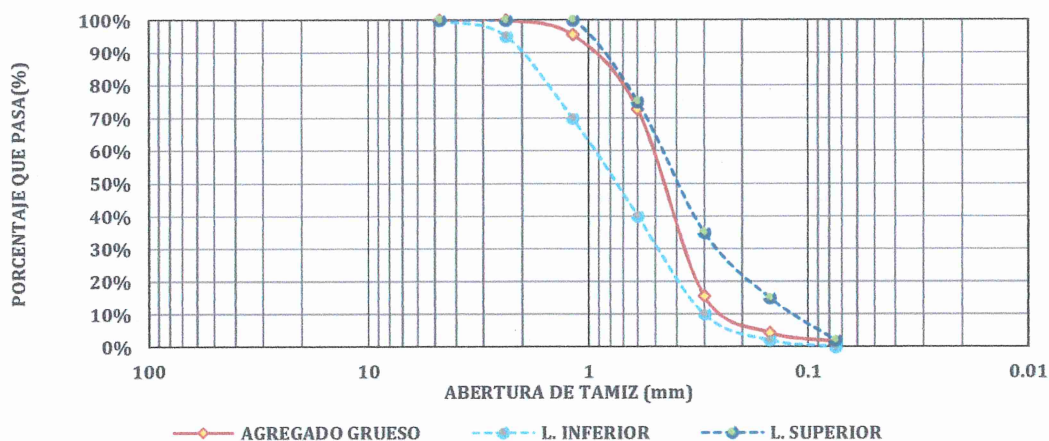
Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 27-02-25

DESCRIPCIÓN	PESO DE LA MUESTRA:	2000 gr
	PÉRDIDA DE LA MUESTRA:	0.16%

Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa
N°	Abertura (mm)				
# 4	4.75	0	0%	0%	100.00%
# 8	2.36	2.5	0.13%	0.13%	99.87%
# 16	1.18	88.9	4.45%	4.58%	95.42%
# 30	0.6	454	22.74%	27.32%	72.68%
# 50	0.3	1142.2	57.20%	84.52%	15.48%
# 100	0.15	222.7	11.15%	95.67%	4.33%
# 200	0.075	53.2	2.66%	98.34%	1.66%
Fondo	----	33.2	1.66%	100.00%	0.00%
TOTAL		1996.7	100.00%	----	----
TMN			Módulo de finura MF=		2.12

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA-AGREGADO FINO



OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía

TECNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Tec. Laboratorio

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

(NTP 339.185)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 25-02-25

DESCRIPCIÓN	UND	ENSAYOS		
		1	2	3
Numero de ensayos				
Peso del recipiente	gr	118.5	152.8	148.9
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	1232.8	1283.5	1149.1
Peso del recipiente + muestra seca	gr	1174	1223.4	1092.7
Peso de la muestra húmeda	gr	1114.3	1130.7	1000.2
Peso de la muestra seca	gr	1055.5	1070.6	943.8
Peso del agua	gr	58.8	60.1	56.4
Porcentaje de humedad		5.57%	5.61%	5.98%
PROMEDIO (%)		5.72%		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tec. Laboratorio

Asesor

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Laboratorio de Mecánica de Materiales

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CONFITILLO
(NTP 400.012)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

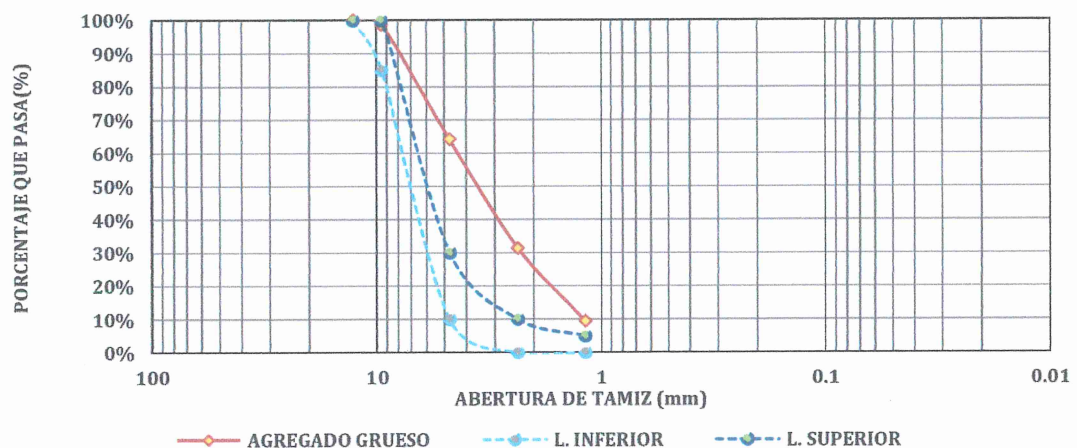
Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 27-02-25

DESCRIPCIÓN	PESO DE LA MUESTRA:	932.4 gr
	PÉRDIDA DE LA MUESTRA:	0.01%

Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa
Nº	Abertura (mm)				
1/2"	12.75	0	0%	0%	100.00%
3/8"	9.5	12.7	1.36%	1.36%	98.64%
# 4	4.75	321.5	34.48%	35.85%	64.15%
# 8	2.36	305.1	32.73%	68.57%	31.43%
# 16	1.18	204.9	21.98%	90.55%	9.45%
Fondo	----	88.1	9.45%	100.00%	0.00%
TOTAL		932.3	100.00%	----	----
TMN		3/8"	Módulo de finura MF=		4.96

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA-AGREGADO FINO



OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán-Mojía
TÉCNICO DE MECÁNICA DE MATERIALES

Ing. Elmer Chavez Vasquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA TAMIZ (#200) POR LAVADO EN AGREGADO CONFITILLO (NTP 400.018)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 26-02-25

DESCRIPCIÓN	UND	ENSAYOS		
		1	2	3
Numero de ensayos				
Peso del recipiente	gr	151.6	140.2	177.4
Peso del recipiente + muestra	gr	1151.6	1140.2	1177.4
Peso seco de la muestra inicial	gr	1000	1000	1000
Peso del recipiente + muestra lavada seca	gr	1084	1072.3	1110.2
Peso seco de muestra ensayada	gr	932.4	932.1	932.8
Material que pasa la malla #200	gr	67.6	67.9	67.2
Porcentaje que pasa la malla #200		6.76%	6.79%	6.72%
PROMEDIO (%)		6.76%		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Tec. Laboratorio

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

(NTP 400.017)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 26-02-25

PESO UNITARIO SUELTO DEL A.G (kg/m ³)				
DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
Numero de ensayos		1	2	3
Peso del recipiente (kg)	A	4.66	4.66	4.66
Peso del recipiente + muestra(kg)	B	15.94	16.04	16.06
Peso de la muestra (kg)	B-A	11.28	11.38	11.4
Factor "f" (m ⁻³)	C	106.496	106.496	106.496
Peso unitario suelto del A.F (kg/m ³)	(B-A)x C	1201.28	1211.93	1214.06
PROMEDIO		1209.09 kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO (kg/m ³)				
DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
Numero de ensayos		1	2	3
Peso del recipiente (kg)	A	4.66	4.66	4.66
Peso del recipiente + muestra(kg)	B	18.4	18.46	18.51
Peso de la muestra (kg)	B-A	13.74	13.8	13.85
Factor "f" (m ⁻³)	C	106.50	106.50	106.50
Peso unitario compacto del A.F (kg/m ³)	(B-A)x C	1463.26	1469.65	1474.97
PROMEDIO		1469.29 kg/m ³		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Tec. Laboratorio

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Procedencia : MATERIAL DE LA CANTERA DE CRUZ CONGA-CONCHÁN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 27-28/02/2025

DESCRIPCIÓN	DATOS Y RESULTADOS		
	1	2	3
Número de ensayos			
Peso del recipiente	177.40 gr	151.60 gr	140.20 gr
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (B)	717.60 gr	1025.70 gr	1187.40 gr
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	442.00 gr	631.70 gr	752.60 gr
Peso final de la muestra + recipiente	887.40 gr	1167.30 gr	1317.10 gr
Peso final de muestra seca al horno (A)	710.00 gr	1015.70 gr	1176.90 gr
Peso específico de masa (Pem)	2.58 gr/cm ³	2.58 gr/cm ³	2.71 gr/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.60 gr/cm ³	2.60 gr/cm ³	2.73 gr/cm ³
Peso específico aparente (Pea)	2.65 gr/cm ³	2.65 gr/cm ³	2.77 gr/cm ³
Absorción (%)	1.07%	0.98%	0.89%
Promedio de Peso específico de masa (Pem)	2.620 gr/cm ³		
Promedio de Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.646 gr/cm ³		
Promedio de peso específico aparente (Pea)	2.689 gr/cm ³		
Absorción Promedio (%)	0.98%		

OBSERVACIONES: Las muestras fueron tomadas por los solicitantes, posteriormente ensayadas en el laboratorio UNACH



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía

TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES

Tec. Laboratorio

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Laboratorio de Mecánica de Materiales

VARIACIÓN DIMENSIONAL BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO
(NTP 399.613, NTP 399,604)

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA - YONEL MUÑOZ QUIROZ

Ubicación : DISTRITO DE CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA

Fecha: 05-05-25

VARIACIÓN DIMENSIONAL (VD%)

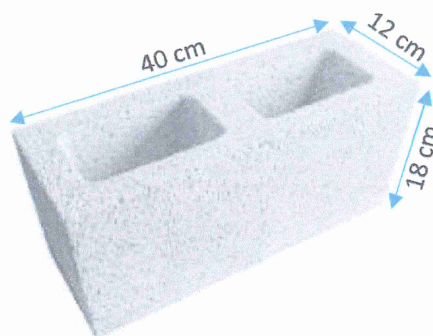
$$VD(\%) = \frac{DN - DP}{DN} * 100$$

Donde:

VD%: Variación de dimensión en porcentaje

DN : Dimensión nominal

DP : Dimensión promedio de cada dimensión



DIMENSIÓN PROMEDIO DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO

MUESTRA	DIM. MEDIDA LONGITUD (cm)	DIM. MEDIDA ANCHO (cm)	DIM. MEDIDA ALTURA (cm)
1	40	11.9	17.9
2	40	11.9	17.9
3	40.1	11.9	18.1
4	40	11.9	18.1
5	40	11.9	17.9
6	39.9	11.9	17.9
DIM. PROMEDIO (cm)	40.00	11.90	17.97

VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO

DIMENSIÓN DE MEDIDA	DIM. NOMIAL DN (cm)	DIM, PROMEDIO DP (cm)	VARIACIÓN (mm)	PORCENTAJE DE VARIACIÓN (%)
Longitud	40	40.0	0	0.00%
Ancho	12	11.9	-1	0.83%
Altura	18	18.0	-0.3	0.17%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES
Tec. Laboratorio

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

DISEÑO DE MEZCLAS METODO ACI 211

Tesis : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIAABILIDAD COMO ALABAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025

Responsables : EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ

Cantera A.Fino : CONCHÁN

Cantera A.Grueso: CRUZ CONGA, CONCHAN

Método de Diseño ACI-(Comité 211)

DISEÑO DE CONCRETO $f'c=50 \text{ kg/cm}^2$

DATOS

CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO		CEMENTO PORTALAND	
Diseño ($f'c$)	50 kg/cm ²	TIPO 1	Pacasmayo
Desviación estándar	70 kg/cm ²	Peso específico	3.12
Resistencia requerida ($f'cr$)	120 kg/cm ²		
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Tamaño máximo nominal (TMN)		3/8"	
Peso específico de masa (kg/m ³)	2583.83	2620.29	
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1445.18	1469.29	
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1248.06	1209.088	
Absorción (%)	0.50%	0.98%	
Contenido de humedad (%)	10.41%	5.72%	
Modulo de finura (%)	2.07		
PROCESAMIENTO		VALORES DE DISEÑO	
Asentamiento	1" a 2"	Cemento	258.75 kg/m ³
Volumen unitario de agua	207 lt/m ³	Agua de diseño	207.00 lt/m ³
Contenido de aire	3.00%	Agregado fino seco	985 kg/m ³
Relación Agua/Cemento	0.8	Agregado grueso seco	783.13 kg/m ³
Factor cemento	258.75 kg/m ³		
Factor cemento	6.09 bolsas/m ³		
Peso del agregado grueso	783.13 kg		
VOLÚMENES ABSOLUTOS		CORRECCIÓN POR HUMEDAD	
Cemento	0.083 m ³	Agregado fino	1087.48 kg/m ³
Agua	0.207 m ³	Agregado grueso	827.93 kg/m ³
Aire	0.030 m ³		
AG	0.299 m ³		
Suma de volúmenes:	0.619 m ³		
CONTENIDO DE AGREGADO FINO		APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
Volumne absoluto fino	0.381 m ³	Agregado fino	97.61 Lts/m ³
Peso agregado fino	984.94 kg/m ³	Agregado grueso	37.12 Lts/m ³
		Aporte de humedad	134.73 Lts/m ³
		Agua efectiva	72.3 Lts/m ³
PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD			
Cemento	258.75 kg/m ³		
Agua Efectiva	72.27 lt/m ³		
Agregado Fino Húmedo	1087.48 kg/m ³		
Agregado Grueso Húmedo	827.93 kg/m ³		
Peso Total	2246.4 kg/m ³		
RESULTADOS FINALES			
PROPORCIÓN EN PESO POR PIE CÚBICO			
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	4.20	3.20	0.28
PROPORCIONES EN VOLUMEN POR PIE CÚBICO			
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	4.58	3.76	11.87
PESO POR TANDA			
Cemento	42.5 kg/bolsa		
Agua efectiva	11.87 lt/bolsa		
Ag. Fino	178.6 kg/bolsa		
Ag. Grueso	136.0 kg/bolsa		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Tec. Laboratorio

Asesor

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

DETERMINACION DE ABSORCIÓN EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremías Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

Dirección: Jr. Anaximandro Vega N° 865 – Chota – Cajamarca

Cel: 930 866 995 - 939 225 167

RUC: 2060544225 – Email: gselaboratorio2019@gmail.com



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025".

Ubicación : CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA

Solicitante : SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL

Contacto : TEL. 963 067 014

Fecha de Recepcion : 2025-03-14

Fecha de Ensayo : 2025-04-22 TIPO DE LADRILLO : BLOQUE DE CONCRETO

Fecha de Emision : 2025-04-25

Identificación : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

ABSORCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 339.613: 2017

N°	DENOMINACIÓN	CÓDIGO/ MUESTRA	PESO SECO DE LA UNIDAD	PESO SATURADO DE LA UNIDAD DESPUES DE 24 HORAS (g)	ABSORCIÓN (%)
			W_b^5	W_s^{24}	$\frac{(W_s - W_b)}{W_b} * 100$
1	BLOQUE DE CONCRETO	BLOQUE 01	12057	12862	6.68
2	BLOQUE DE CONCRETO	BLOQUE 02	11978	12725	6.24
3	BLOQUE DE CONCRETO	BLOQUE 03	12156	12966	6.66
4	BLOQUE DE CONCRETO	BLOQUE 04	11199	12025	7.38
5	BLOQUE DE CONCRETO	BLOQUE 05	12097	12821	5.98
6	BLOQUE DE CONCRETO	BLOQUE 06	12045	12856	6.7
			PROMEDIO		6.6

W_b^5 : Peso seco de la Unidad

W_s^{24} : Peso del espécimen saturado después de 24 horas de sumersión en agua fría.

$$\text{Absorción} = 100 * \frac{W_s - W_b}{W_b}$$

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

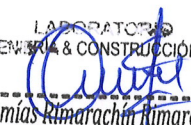
Jefe de Laboratorio:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Geremias Rimarachin
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

FIN DE DOCUMENTO

DETERMINACION DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA EN UNIDADES DE ALBAÑILERIA

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremías Kimarachín Kimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. C.P. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA NTP 339,613 PARA ENSAYOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025"

UBICACIÓN : CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA

SOLICITANTES : SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL

CONTACTO : TEL. 963 067 014

TIPO DE MUESTRA : BLOQUES DE CONCRETO

MATERIAL : BLOQUES ARTESANALES DE CONCRETO

PRESENTACION : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

REALIZADO POR : I.C.D

APROBADO POR: G.R.R

FECHA DE MUESTREO: 2025-03-14

FECHA DE RECEPCIÓN: 2025-03-15

FECHA DE ENSAYO: 2025-04-24

FECHA DE EMISIÓN: 2025-04-25

MUESTRA	CARA	N° DE UNIDADES	EDAD	MEDIDAS DE LADRILLO (cm)			MEDIDAS DE EFLORESCENCIA (cm)		AREA DE LADRILLO	AREA DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE TOTAL DE EFLORESCENCIA
				LARGO	ANCHO	ALTO	ANCHO	LARGO				
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	1.00	7 DIAS	40.00	12.00	18.10	1.50	6.00	480.00	9.00	1.875	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			40.00	12.00	18.02	3.50	2.00	480.00	7.00	1.458	
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	2.00	7 DIAS	40.05	12.10	18.05	2.00	6.00	484.61	12.00	2.476	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			40.06	12.05	18.10	4.00	3.00	482.72	12.00	2.486	
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	3.00	7 DIAS	40.10	12.11	18.08	4.00	1.00	485.61	4.00	0.824	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			40.01	12.06	18.13	2.00	5.00	482.54	5.00	1.036	
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	4.00	7 DIAS	39.92	12.03	18.18	1.20	6.00	480.29	7.20	1.499	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			39.84	12.02	18.23	2.00	2.00	478.83	2.00	0.418	
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	5.00	7 DIAS	40.30	12.14	18.28	2.40	4.00	489.24	9.60	1.962	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			39.66	12.14	18.33	3.30	3.00	481.47	3.00	0.623	
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	6.00	7 DIAS	40.05	12.12	18.38	2.00	5.00	485.41	10.00	2.060	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			39.48	12.12	18.43	2.00	4.00	478.55	4.00	0.836	
PROMEDIO								482.44	7.07	1.463	PRESENTA EFLORESCENCIA	

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:



LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.C
Geremías Rimarachín-Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. O.P. N° 267870



DETERMINACIÓN DEL ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025".
Ubicación : CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA
Solicitante : SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL
Contacto : TEL. 963 067 014
Fecha de Recepción : 2025-03-14
Fecha de Ensayo : 2025-04-22
Fecha de Emisión : 2025-04-25
Identificación : UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

TIPO DE LADRILLO : BLOQUE DE CONCRETO

DETERMINACIÓN DEL ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 399.613

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO		
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - BLOQUE DE CONCRETO	SUPERFICIE	1.0	1.2	2.4	1.5	2.3	1.5	2.4	Máximo 4 mm
	BORDE	1.0	1.0	2.2	2.4	2.1	2.0	2.4	Máximo 4 mm

DENOMINACIÓN	DATOS	MUESTRA 4		MUESTRA 5		MUESTRA 6		MÁXIMO OBTENIDO mm	TOLERANCIA
		CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO		
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA - BLOQUE DE CONCRETO	SUPERFICIE	2.0	2.5	2.3	2.4	2.1	2.0	2.5	Máximo 4 mm
	BORDE	1.5	1.0	2.0	2.1	1.8	1.5	2.1	Máximo 4 mm

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

LABORATORIO
INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC

Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

FIN DE DOCUMENTO



DETERMINACIÓN DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN



LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN S.A.C
Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DEL ENSAYO DE EFLORESCENCIA NTP 339,613 PARA ENSAYO S DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA

PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025"	REALIZADO POR : I.C.D
UBICACIÓN	:	CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA	APROBADO POR: G.R.R
SOLICITANTES	:	SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL	FECHA DE MUESTREO: 2025-03-14
CONTACTO	:	TEL. 963 067 014	FECHA DE RECEPCIÓN: 2025-03-15
TIPO DE MUESTRA	:	BLOQUES DE CONCRETO	FECHA DE ENSAYO: 2025-04-24
CODIGO DE MUESTRA	:	-	FECHA DE EMISIÓN: 2025-04-25
PROF. (m).	:	-	
MATERIAL	:	BLOQUES ARTESANALES DE CONCRETO	
PRESENTACION	:	UNIDADES DE ALBAÑILERIA	

MUESTRA	CARA	N° DE UNIDADES	EDAD	MEDIDAS DE LADRILLO (cm)			MEDIDAS DE EFLORESCENCIA (cm)		AREA DE LADRILLO	AREA DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE TOTAL DE EFLORESCENCIA
				LARGO	ANCHO	ALTO	ANCHO	LARGO				
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	2,00	7 DIAS	40,00	12,00	18,10	1,50	6,00	480,00	9,00	1,875	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			40,00	12,00	18,02	3,50	7,00	480,00	24,50	5,104	

MUESTRA	CARA	N° DE UNIDADES	EDAD	MEDIDAS DE LADRILLO (cm)			MEDIDAS DE EFLORESCENCIA (cm)		AREA DE LADRILLO	AREA DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE TOTAL DE EFLORESCENCIA
				LARGO	ANCHO	ALTO	ANCHO	LARGO				
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	2,00	7 DIAS	40,05	12,10	18,05	2,00	6,00	484,61	12,00	2,476	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			40,06	12,05	18,10	4,00	11,00	482,72	44,00	9,115	

MUESTRA	CARA	N° DE UNIDADES	EDAD	MEDIDAS DE LADRILLO (cm)			MEDIDAS DE EFLORESCENCIA (cm)		AREA DE LADRILLO	AREA DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE DE EFLORESCENCIA	PORCENTAJE TOTAL DE EFLORESCENCIA
				LARGO	ANCHO	ALTO	ANCHO	LARGO				
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA SUPERIOR	2,00	7 DIAS	40,10	12,11	18,08	4,00	1,00	8779,85	4,00	0,046	PRESENTA EFLORESCENCIA
UNIDADES DE ALBAÑILERIA	TABLA INFERIOR			40,01	12,11	18,13	2,00	2,00	8784,81	2,00	0,023	

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

LABORATORIO
INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE VACIOS EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA



LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025".
Ubicación : CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA
Solicitante : SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL
Contacto : TEL. 963 067 014
Fecha de Recepcion : 2025-03-14
Fecha de Ensayo : 2025-04-22
Fecha de Emision : 2025-04-25
Identificación : UNIDADES DE ALBAÑILERIA

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE VACÍOS EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 339.613: 2017

DENOMINACIÓN	CODIGO DE MUESTRA	LONGITUD cm	ANCHO cm	ALTURA cm	Volumen total de la unidad cm3	Peso de arena utilizada g	Densidad aparente de la arena cm3	Volumen de vacíos cm3	% VACÍOS
UNIDAD DE ALBAÑILERIA 01	-	40,1	11,90	18,2	8689,2	3281,0	1,41	2327,0	26,8%
UNIDAD DE ALBAÑILERIA 02	-	39,8	12,0	17,8	8501,3	3301,0	1,41	2341,1	27,5%
UNIDAD DE ALBAÑILERIA 03	-	40,0	11,9	18,1	8615,6	3371,0	1,41	2390,8	27,7%
UNIDAD DE ALBAÑILERIA 04	-	40,0	12,0	18,0	8640,0	3494,0	1,41	2478,0	28,7%
UNIDAD DE ALBAÑILERIA 05	-	39,9	12,1	17,9	8641,9	3143,0	1,41	2229,1	25,8%
UNIDAD DE ALBAÑILERIA 06	-	40,0	11,9	18,1	8615,6	3371,0	1,41	2390,8	27,7%

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

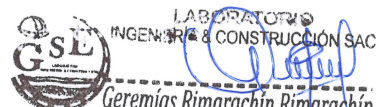
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:


GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Geremías Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



RESISTENCIA DE ADHESIÓN DEL MORTERO A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA



LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025"	
UBICACIÓN	:	CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA	
SOLICITANTES	:	SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL	REALIZADO POR : I.C.D
CONTACTO	:	TEL. 963 067 014	APROBADO POR: G.R.R
TIPO DE MUESTRA	:	BLOQUES DE CONCRETO	FECHA DE MUESTREO: 2025-03-14
CODIGO DE MUESTRA	:	M-014-01	FECHA DE RECEPCIÓN: 2025-03-15
PROF. (m).	:	-	FECHA DE ENSAYO: 2025-04-24
MATERIAL	:	BLOQUES ARTESANALES DE CONCRETO	FECHA DE EMISION: 2025-04-25
PRESENTACION	:	UNIDADES DE ALBAÑILERIA	

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA DE ADHESIÓN DEL MORTERO A LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA

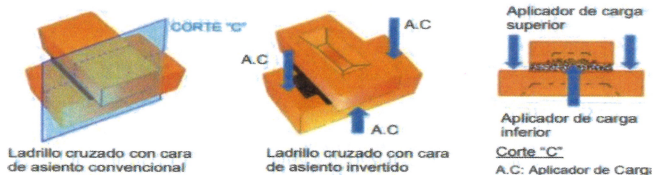
ASTM C-952 - 12

CÁLCULO DE RESISTENCIA ADHERENCIA POR TRACCIÓN

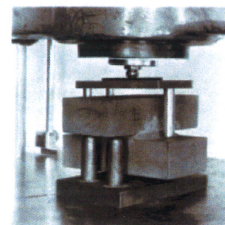
N°	IDENTIFICACION	DIMENSIONES PROMEDIO DE AREA DEL MORTERO (cm)			ÁREA BRUTA (cm²)	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)
		ANCHO (A)	LARGO (L)	PUNTOS DE CONTACTO			
1	BLOQUES DE CONCRETO	3,21	3,22	5	51,68	54,00	1,0
2	BLOQUES DE CONCRETO	3,20	3,20	5	51,20	53,00	1,0
3	BLOQUES DE CONCRETO	3,21	3,20	5	51,36	51,00	1,0
4	BLOQUES DE CONCRETO	3,22	3,21	5	51,68	53,00	1,0
5	BLOQUES DE CONCRETO	3,21	3,20	5	51,36	48,00	0,9
6	BLOQUES DE CONCRETO	3,20	3,21	5	51,36	49,00	1,0

Figura 11

Aplicación de carga en las probetas de ladrillos cruzados



Nota: (Mamani, 2018).



Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

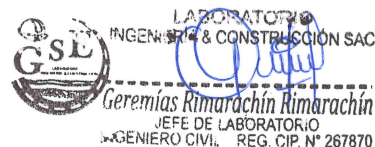
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:


Geremías Rimarachín Rimarachín
 JEFE DE LABORATORIO
 INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO EN BLOQUES DE CONCRETO

 LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	:"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025".					
Ubicación	: CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA					
Solicitante	: SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL					
Contacto	: TEL. 963 067 014					
Fecha de Recepcion	: 2025-03-14					
Fecha de Ensayo	: 2025-04-22					
Fecha de Emision	: 2025-04-25					
Identificación	: UNIDADES DE ALBAÑILERIA					
TIPO DE LADRILLO : BLOQUE DE CONCRETO						

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO EN BLOQUES DE CONCRETO

(NTP. 399.604 Y NTP. 399.611)

DATOS		1	2	3	4	5	6
1	Masa de la muestra sss (g)	12821	12821	12025	12966	12178	12256
2	Masa de la muestra sss sumergida (g)	6826	6826	6419	6899	6253	6306
4	Masa de la muestra secada al horno (g)	12057	12057	11324	12230	12101	12105

RESULTADOS	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
PESO ESPECIFICO, Tn/m3	2,011	2,011	2,020	2,016	2,042	2,034	2,022

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

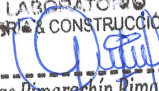
Jefe de Laboratorio:


GSE LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025".

Ubicación : CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA

Solicitante : SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL

Contacto : TEL. 963 067 014

Fecha de Recepcion : 2025-03-14

Fecha de Ensayo : 2025-04-05

Fecha de Emision : 2025-04-25

Identificación : UNIDADES DE ALBAÑILERIA

TIPO DE LADRILLO : BLOQUE DE CONCRETO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 339.613: 2017

N°	CÓDIGO/ MUESTRA	PESO (g)	DIMENSIONES PROMEDIO (Cm)			ÁREA BRUTA (cm ²) (A)	CARGA (KN) KN	CARGA MÁX. (kg) W	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm ²) (C=W/A)	RESISTENCIA OBTENIDA (Kpa)
			LARGO	ANCHO	ALTO					
1	BLOQUE 01	11299	40.13	12.04	18.10	483.17	247.9	25278	52.32	5,131
2	BLOQUE 02	11481	40.10	12.11	18.06	485.61	256.3	26136	53.82	5,278
3	BLOQUE 03	11377	40.07	12.30	18.11	492.86	260.7	26585	53.94	5,290
4	BLOQUE 04	11530	40.10	12.30	18.10	493.23	266.8	27206	55.16	5,409
5	BLOQUE 05	11647	40.07	12.10	18.06	484.85	263.4	26859	55.40	5,433
6	BLOQUE 06	11820	40.20	12.09	18.11	486.02	258.1	26318	54.15	5,311

PROMEDIO	53.4	5,308
DESV. ESTANDAR	0.90	108
f _b	52.5	5,200

OBSERVAC: Los Ladrillos fueron proporcionados por el solicitante, el Laboratorio solo realizó el ensayo a la compresión.
Se ensayaron ladrillos refrentados.

Dónde: $C = W / A$

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

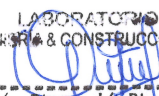
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:


GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN



LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN S.A.C
Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ASTM C39M - 24

SOLICITANTE:	SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL	PROYECTO:	PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025".	Fecha de Recepción:	10/04/2025
CONTACTO:	TEL. 963 067 014			Fecha de Emisión:	10/04/2025

CODIGO DE CAMPO	ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE MORTERO				DIMENSIONES (CUBOS)			TIPO DE MEZCLA					
	ELEMENTO - ESTRUCTURA (*)	FECHA DE MUESTREO (*)	DIAS (*)	FECHA DE ROTURA	ALTURA	ANCHO	DIAMETRO	PESO	TIPO DE ROTURA	CARGA	CARGA	ÁREA	RESISTENCIA
					(mm)	(mm)	(mm)	(Kg)		(KN)	(Kg)	(mm ²)	Kg/Cm ²
CUBO - 01	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:3	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.05	50.04	50.65	0.225	3	14.08	1435.74	2505	57.33
CUBO - 02	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:3	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.35	50.07	50.09	0.234	5	14.14	1441.86	2521	57.19
CUBO - 03	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:3	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.80	50.80	50.98	0.241	3	13.94	1421.46	2581	55.08
CUBO - 04	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:3	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.87	51.11	50.65	0.236	5	14.05	1432.68	2600	55.10
CUBO - 05	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:3	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.25	50.42	50.40	0.238	3	13.87	1414.32	2534	55.82
CUBO - 06	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:3	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.09	50.07	50.54	0.243	3	14.13	1440.84	2508	57.45

(*) Información proporcionada por el solicitante.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

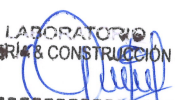
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:


GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

ASTM C39M - 24

SOLICITANTE:	SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL	PROYECTO:	PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025".	Fecha de Recepción:	10/04/2025
CONTACTO:	TEL. 963 067 014			Fecha de Emisión:	10/04/2025

CODIGO DE CAMPO	ENSAYO DE RESISTENCIA DE CUBOS DE MORTERO				DIMENSIONES (CUBOS)			TIPO DE MEZCLA					
	ELEMENTO - ESTRUCTURA (*)	FECHA DE MUESTREO (*)	DÍAS (*)	FECHA DE ROTURA	ALTURA (mm)	ANCHO (mm)	DIAMETRO (mm)	PESO (Kg)	TIPO DE ROTURA	CARGA (KN)	CARGA (Kg)	ÁREA (mm ²)	RESISTENCIA Kg/Cm ²
CUBO - 01	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:4	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.78	51.16	50.93	0.225	3	9.44	962.60	2598	37.05
CUBO - 02	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:4	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.47	50.88	50.98	0.234	5	9.50	968.72	2568	37.72
CUBO - 03	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:4	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.10	50.12	50.40	0.241	3	9.28	946.28	2511	37.69
CUBO - 04	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:4	13-mar.-25	29	11-abr.-25	50.44	50.87	50.99	0.238	5	9.66	985.03	2566	38.39
CUBO - 05	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:4	13-mar.-25	28	10-abr.-25	50.56	50.72	50.91	0.240	5	9.54	972.79	2564	37.93
CUBO - 06	Ensayo de Resistencia de Cubos de Mortero - 1:4	13-mar.-25	30	12-abr.-25	50.37	50.20	50.97	0.243	3	9.46	964.64	2529	38.15

(*) Información proporcionada por el solicitante.

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:


LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremías Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

FIN DE DOCUMENTO



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN



LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025"	
UBICACIÓN	:	CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA	
SOLICITANTES	:	SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL	REALIZADO POR : I.C.D
CONTACTO	:	TEL. 963 067 014	APROBADO POR: G.R.R
TIPO DE MUESTRA	:	BLOQUES DE CONCRETO	FECHA DE MUESTREO: 2025-03-14
MATERIAL	:	BLOQUES ARTESANALES DE CONCRETO	FECHA DE RECEPCIÓN: 2025-03-15
PRESENTACION	:	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	FECHA DE ENSAYO: 2025-04-24
			FECHA DE EMISION: 2025-04-25

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

NTP 399.605 : 2018

N°	IDENTIFICACION	DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			ÁREA BRUTA (cm²)	CARGA MÁX. (kg)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	ESBELTEZ	INCREMENTO DE F'm y V'm	RESISTENCIA CORREGIDA
		ANCHO (A)	LARGO (L)	ALTO (H)						
1	BLOQUES DE CONCRETO	12.60	40.10	56.30	505.3	17819.00	35.3	4.5	1.10	38.79
2	BLOQUES DE CONCRETO	12.20	40.50	56.7	494.1	17267.00	34.9	4.6	1.10	38.44
3	BLOQUES DE CONCRETO	12.40	40.30	56.5	499.7	18215.00	36.5	4.6	1.10	40.10
PROMEDIO										39.11
DESV. ESTANDAR										0.87
f'm										38.24

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:


GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC
Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870



ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN



LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 267870



INFORME DE ENSAYO

"GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC" - LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

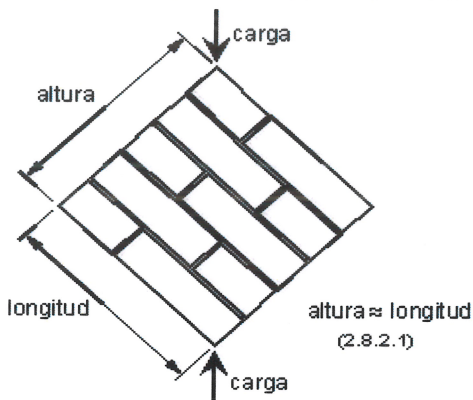
DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIABILIDAD COMO ALBAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHAN, 2025"	REALIZADO POR : I.C.D
UBICACIÓN	:	CRUZ CONGA- CONCHAN-CHOTA-CAJAMARCA	APROBADO POR: G.R.R
SOLICITANTES	:	SÁNCHEZ VEGA EIVER STALIN & MUÑOZ QUIROZ YONEL	FECHA DE MUESTREO: 2025-03-14
CONTACTO	:	TEL. 963 067 014	FECHA DE RECEPCIÓN: 2025-03-15
TIPO DE MUESTRA	:	BLOQUES DE CONCRETO	FECHA DE ENSAYO: 2025-04-24
MATERIAL	:	BLOQUES ARTESANALES DE CONCRETO	FECHA DE EMISION: 2025-04-25
PRESENTACION	:	UNIDADES DE ALBAÑILERIA	

MÉTODO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

NTP 399.621:2015

N°	IDENTIFICACION	UNIDAD DIMENSIONES PROMEDIO (cm)			Diagonal Principal (cm)	ÁREA DIAGONAL (cm ²) (A diag.)	CARGA MÁX. (kg) (W)	INCREMENTO DE F'm y V'm	RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA	
		LARGO	ANCHO	ALTO					kg/cm ²	Kpa
1	BLOQUES DE CONCRETO	60.25	12.50	60.20	84.85	1060.63	10047	1.25	11.84	1161.21
2	BLOQUES DE CONCRETO	60.10	12.40	60.50	84.20	1044.08	10097	1.25	12.09	1185.49
3	BLOQUES DE CONCRETO	60.30	12.20	60.40	84.60	1032.12	10086	1.25	12.22	1197.92
PROMEDIO ($\bar{V}_m$)									12.05	1181.54
DESV. ESTANDAR (S)									0.19	18.67
V'm									11.86	1162.87



FÓRMULAS:

$$V'm = \bar{V}_m - S \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$V_m = \frac{W * (F. Edad)}{A \text{ diag.}} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Los resultados se relacionan solamente con las muestras sometidas a ensayo.

Sin la aprobación del laboratorio GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C no se debe reproducir el informe de ensayo de manera parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Las actividades de laboratorio se llevarán a cabo de manera imparcial y confidencial.

AUTORIZADO POR

Jefe de Laboratorio:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC
Geremías Rimarachín Rimarachín
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

FIN DE DOCUMENTO

***Anexo 5. Análisis de costos unitarios de los bloques de concreto artesanal para su uso en
muros de albañilería***

COSTO DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO

Costo de producción para bloques de concreto

Dosificación

Dosificación	Para 1m3 de concreto		Bloque (40x18x12 cm)	
	Kg/m3	m3	kg	m3
Cemento	258.75	0.083	1.59	0.00052
Arena	1087.48	0.421	0.00	0.00262
Confitillo	827.93	0.316	0.00	0.00197
Agua	72.270	0.072	0.450	0.00045

Costo unitario de 1 bloque de concreto

Rendimiento	und/día	300	EQ	300	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Operario	hh	1	0.027	9.00	0.240
Peón	hh	1	0.027	6.25	0.167
					0.407
<i>Materiales</i>					
Cemento	bol		0.03739	31.00	1.159
Arena	m3		0.00262	50.00	0.131
Confitillo	m3		0.00197	35.00	0.069
Agua	m3		0.00045	5.00	0.002
					1.361
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo		3.00	0.41	0.012
Mesa vibratoria	hm	1	0.027	12	0.320
					0.333
Costo unitario directo					2.10
Utilidad					0.21
Costo total					2.31

Costo por unidad 2.31 soles, de 100 unidades arriba el costo será de 2.10 soles.

Considerando flete:

$$C_{\text{puesto_obra}} = C_{\text{planta}} + \frac{C_{\text{flete_viaje}} + C_{\text{cyd}}}{N_{\text{viaje}}}$$

Donde, Cplanta= costo unitario del bloque en fábrica (S/. und), Cflete_viaje= costo total del transporte por viaje (S/.), incluye ida/vuelta y espera (si aplica), Nviaje= número de bloques transportados por viaje (und/viaje), Ccyd= costo total de

$$C_{\text{venta,po}} = 2.10 + \frac{150}{300} = 2.10 + 0.50 = 2.60 \text{ soles/und}$$

Costo final de la unidad puesta en obra en soles:

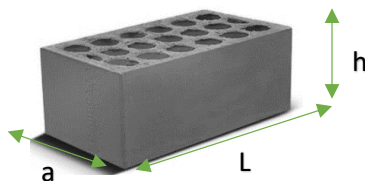
2.60

CÁLCULO DE MATERIALES PARA 1m² de MURO

Bloques para 1m² de muro

Dimensiones de ladrillo

L=	40 cm
a=	12 cm
h=	18 cm



Junta :	e	1.50 cm
---------	---	---------

Proporcion de mortero C:H

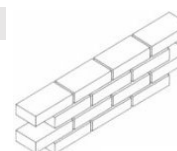
1	:	3
C	:	H

Dimensiones de muro

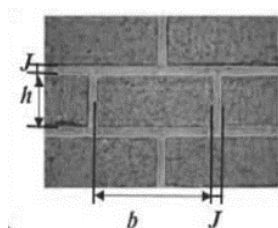
Largo:	1 m
alto :	1 m

Tipo de aparejo :

soga



Calculos :



$$CL = \frac{1m^2}{(b+j)*(h+j)}$$

CL: cantida de ladrillos x M2
 b : base del ladrillo
 a: ancho del ladrillo
 h: altura de ladrillo
 j: espesor de la junta

área de muro

1 m²

cantida de ladrillos :

CL= 12.357 ladrillos

Mortero en el muro

$$V_{mo} = V_{mv} - CL \times V_{la}$$

V_{mo} = Volumen de mortero (m³/m²)

V_{mv} = Volumen de muro (m³/m²)

CL = Cantida de ladrillos

V_{la} = Volumen de ladrillos

$$V_{mo} = 0.013234476 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

4	partes	0.013	m ³
1	partes	0.003	m ³
Cemento =	0.003	m ³	1 bls/0.02832
Arena =	0.010	m ³	

0.12 bls

Resumen:

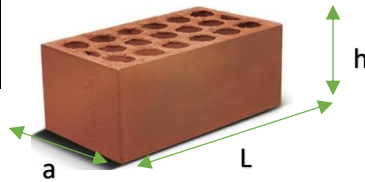
Redondeado:

Descripcion	Unidad	Cantidad	%desp	Parcial	Total	
cemento	bls	0.12	5	0.122671	0.13	bls
Arena	m ³	0.010	5	0.010422	0.02	m ³
ladrillo	und	12.357	5	12.97498	13	und

Ladrillos para 1m2 de muro

Dimensiones de ladrillo

L=	24 cm
a=	13 cm
h=	9 cm



Junta	:	e	1.50 cm
-------	---	---	---------

Proporcion de mortero C:H

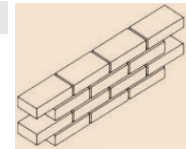
1	:	3
C	:	H

Dimensiones de muro

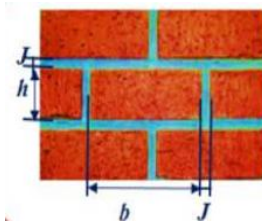
Largo:	1 m
alto :	1 m

Tipo de aparejo :

soga



Calculos :



$$CL = \frac{1m^2}{(b+j)*(h+j)}$$

CL: cantida de ladrillos x M2

b : base del ladrillo

a: ancho del ladrillo

h: altura de ladrillo

j: espesor de la junta

área de muro

1 m2

cantida de ladrillos :

CL= 37.35 ladrillos

Mortero en el muro

$$V_{mo} = V_{mv} - CL \times V_{la}$$

V_{mo} = Volumen de mortero (m3/m2)

V_{mv} = Volumen de muro (m3/m2)

CL = Cantida de ladrillos

V_{la} = Volumen de ladrillos

$$V_{mo} = 0.02512605 \text{ m3/m2}$$

4	partes	0.025	m3
1	partes	0.006	m3
Cemento =	0.006	m3	1 bls/0.02832
Arena =	0.019	m3	

0.22 bls

Resumen:

Redondeado:

Descripcion	Unidad	Cantidad	%desp	Parcial	Total	
cemento	bols	0.22	5	0.232895	0.24	bls
Arena	m3	0.019	5	0.019787	0.02	m3
ladrillo	und	37.348	5	39.21569	40	und

COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE 1 m2 DE MURO

Costo de construcción de 1 m2 de muro de bloques de concreto

Rendimiento	m2/día	9.46	EQ	9.46	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Capataz	hh	0.1	0.08	10.00	0.846
Operario	hh	1	0.85	9.00	7.611
Peón	hh	0.5	0.42	6.25	2.643
					11.099
<i>Materiales</i>					
Clavos de 3"	kg		0.022	6.50	0.143
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.020	4.31	0.086
Cemento Portland tipo 1	bls		0.130	31.00	4.030
Arena	m3		0.020	80.00	1.600
Bloques 40x12x18 cm	pz.		13.00	2.60	33.800
Agua	m3		0.075	5.00	0.375
					40.034
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo		3.00	11.10	0.333
					0.333
Costo unitario directo					51.47

Costo de construcción de 1 m2 de muro de ladrillo k.k. de arcilla de soda según CAPECO

Rendimiento	m2/día	9.46	EQ	9.46	
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<i>Mano de obra</i>					
Capataz	hh	0.1	0.08	10.00	0.846
Operario	hh	1	0.85	9.00	7.611
Peón	hh	0.5	0.42	6.25	2.643
					11.099
<i>Materiales</i>					
Clavos de 3"	kg		0.022	6.50	0.143
Alambre negro recocido N° 8	kg		0.020	4.31	0.086
Cemento Portland tipo 1	bls		0.240	31.00	7.440
Arena	m3		0.020	80.00	1.600
Ladrillo 24x14x9cm	pz.		39.000	0.92	35.880
Agua	m3		0.075	5.00	0.375
					45.524
<i>Equipos</i>					
Herramientas manuales	%mo		3	11.099	0.333
Andamio metálico	día	0.5	0.42	10.170	0.043
					0.333
Costo unitario directo					56.96

COMPARACIÓN ECONÓMICA

Costo unitario de 1 bloque en Cruz Conga (por cada 100 und)	2.10	
Costo unitario de 1 bloque en Chota (por cada 100 und)	2.60	
Costo unitario de 1 ladrillo KK 18 huecos comercial	0.92	
Costo de construcción de 1 m2 de muro con bloques	51.47	9.64%
Costo de construcción de 1 m2 de muro de ladrillo	56.96	

Anexo 6. Diseño de vivienda de albañilería

METODO ESTATICO PARA EL ANALISIS DE DISEÑO DE ALBAÑILERIA CONFINADA

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

ALBAÑILERÍA

Ladrillo tipo IV sólido kin kong de arcilla industrial			
Dimensiones del ladrillo ancho = 0.12 m largo = 0.40 m altura = 0.18 m			
f _b :	Resistencia a la compresión Axial en las Unidades	53 Kg/cm2	
f _m :	Resistencia a la compresión Axial en Pilas	38 Kg/cm2	
V _m :	Resistencia a la compresión del muro de albañilería	11.9 Kg/cm2	
E _m :	Modulo de Elasticidad de la bañilería E _m =700f _m	26600 Kg/cm2	
G _m :	Modulo de Corte G _m =0.4E _m	10640 Kg/cm2	

CONCRETO

f _c :	Resistencia a la compresión del concreto	210 Kg/cm2
E _c :	Modulo de Elasticidad del Concreto	217370.651 Kg/cm2
v :	Módulo de Poisson	0.15
G=E _c /(2(1+v))	Módulo de corte	94508.98 Kg/cm2

n :	E _c /E _m	8.17
-----	--------------------------------	------

ACERO

f _y :	Esfuerzo de fluencia del acero	4200 Kg/cm2
E _s :	Módulo de elasticidad	2000000 Kg/cm2
	Deformación unitaria máxima	0.0021

CARGAS UNITARIAS

Pe _m :	Peso específico del muro de albañilería	2022 Kg/m3
Pe _c :	Peso específico del concreto	2400 Kg/m3
	Peso específico del tarrajeo	2000 Kg/m3

P tab. Mov :	Peso de tab. Movil	0 Kg/m2
Sc :	Sobrecarga piso	200 Kg/m2
Sc : En azotea	Sobrecarga piso en el último piso.	100 Kg/m2
Sc escalera :	Sobre carga de escalera	200 Kg/m2
Sc techo :	Sobre carga techo	100 Kg/m2
Acab.	Acabados	100 Kg/m2

Z	U	S	N
0.25	1	1	2

N = NÚMEROS DE PISOS

DATOS DE LA LOSA ALIGERADA				T=LADRILLO DE TECHO	PESO DE LOSA
ALTURA		ESPESOR DE LA LOSA		L=LADRILLO	
H1	2.60 m	1º Piso	e= 0.20 m	L	300 Kg/cm2
H2	2.60 m	2º Piso	e= 0.20 m	L	300 Kg/cm2

Nº01 DENSIDAD DE MUROS EN AMBAS DIRECCIONES

DIRECCIÓN "X"					DIRECCIÓN "Y"				
Muro	Longitudes y espesor efectivo		Área de muros portantes	Material	Muro	Longitudes y espesor efectivo		Área de muros portantes	Material
	0.12	0.40	L*t (m2)	A-C		0.12	0.4	L*t (m2)	A-C
X1	1.58		0.19	A	Y1	4.15		0.50	A
X2	2.38		0.29	A	Y2	3.15		0.38	A
X3	3.35		0.40	A	Y3	3.17		0.38	A
X4	3.35		0.40	A	Y4	3.64		0.44	A
X5	3.35		0.40	A	Y5	3.15		0.38	A
X6	1.24		0.15	A	Y6	0.88		0.11	A
X7	0.68		0.08	A	Y7	2.68		0.32	A
X8	2.95		0.35	A	Y8	0.48		0.06	A
X9	1.55		0.19	A	Y9	3.08		0.37	A
X10	3.35		0.40	A	Y10	2.68		0.32	A
X11			0		Y11	1.08		0.13	A
X12			0		Y12	1.08		0.13	A
X13			0		Y13	0.88		0.11	A
X14			0		Y14	1.28		0.15	A
X15			0		Y15			0	
X16			0		Y16			0	
X17			0		Y17			0	
X18			0		Y18			0	
X19			0		Y19			0	
X20			0		Y20			0	
X21			0		Y21			0	
X22			0		Y22			0	
X23			0		Y23			0	
X24			0		Y24			0	
X25			0		Y25			0	
X26			0		Y26			0	
X27			0		Y27			0	
X28			0		Y28			0	
X29			0		Y29			0	
X30			0		Y30			0	
	23.78	0.00	2.85			31.38	0.00	3.77	
Σx	23.78				Σy	31.38			

Z.U.S.N	0.5
Z.U.S.N/56	0.0089

PARAMETROS	ESPECIFICACIÓN
Z	0.250 ZONA 2
U	1.000 VIVIENDA
S	1.000 SUELO TIPO 1
N	2 NÚMEROS DE PISOS
Ap	114.000 ÁREA EN PLANTA

DIRRECCIÓN X				
Σ _{i=1} ^N (L+i)/Ap	0.0250315789	>	0.0089	CUMPLE
DIRRECCIÓN Y				
Σ _{i=1} ^N (L+i)/Ap	0.0330315789	>	0.0089	CUMPLE

COLOCAR LA LONGITUD DONDE CORRESPONDE Y DEJAR EN BLANCO LA CELDA QUE NO SE USE

*** Carga de Muros**

Story2 (X)	Story1 (X)
	-9.23
-4.1337	-9.0793
-7.3432	-15.1635
-5.2412	-10.848
-7.2954	-15.3426
-1.3067	-3.8393
-1.2447	-2.4581
-3.6964	-6.8438
-2.0707	-4.0334
-4.8632	-9.5576

Story2 (Y)	Story1 (Y)
-12.5619	-19.6186
-4.7365	-10.0289
-4.8071	-8.9064
-4.811	-8.8579
-6.4256	-14.0751
-1.3919	-3.7439
-4.1356	-8.2606
0	-1.1102
-4.7535	-9.792
-4.3909	-9.4659
-8.0609	-13.7873
-2.157	-3.979
-1.3741	-2.7487
-2.4125	-4.467

MURO	PM (Tn) en la dirección en X	
	2do Piso	1er Piso
MX1	0	9.23
MX2	4.1337	9.0793
MX3	7.3432	15.1635
MX4	5.2412	10.848
MX5	7.2954	15.3426
MX6	1.3067	3.8393
MX7	1.2447	2.4581
MX8	3.6964	6.8438
MX9	2.0707	4.0334
MX10	4.8632	9.5576

MURO	PM (Tn) en la dirección en Y	
	2do Piso	1er Piso
MY1	12.5619	19.6186
MY2	4.7365	10.0289
MY3	4.8071	8.9064
MY4	4.811	8.8579
MY5	6.4256	14.0751
MY6	1.3919	3.7439
MY7	4.1356	8.2606
MY8	0	1.1102
MY9	4.7535	9.792
MY10	4.3909	9.4659
MY11	8.0609	13.7873
MY12	2.157	3.979
MY13	1.3741	2.7487
MY14	2.4125	4.467

*** Carga Axial**

b) Esfuerzo Axial Máximo

$$\sigma_{\max} = 0.20 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15 f'_m$$

$$\sigma_{\max} = 0.20 \times 38 \left[1 - \left(\frac{2.40}{(35 \times 0.12)} \right)^2 \right] = 5.12 \text{ Kg/cm}^2 \leq 0.15 \times 38 = 5.7 \text{ Kg/cm}^2$$

* Esfuerzo Axial Máximo = **51.2** Tn/m2

***Esfuerzo Axial "X" en el 1er y 2do Piso**

MURO	LONGITUD	ESPESOR	PM (Tn) en la dirección en X		ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "1er"	OBS.	ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "2do"	OBS.
			2do Piso	1er Piso				
MX1	1.58	0.12	0	9.23	48.68	Si Cumple	0.00	Si Cumple
MX2	2.38	0.12	4.13	9.08	31.79	Si Cumple	14.47	Si Cumple
MX3	3.35	0.12	7.34	15.16	37.72	Si Cumple	18.27	Si Cumple
MX4	3.35	0.12	5.24	10.85	26.99	Si Cumple	13.04	Si Cumple
MX5	3.35	0.12	7.30	15.34	38.17	Si Cumple	18.15	Si Cumple
MX6	1.24	0.12	1.31	3.84	25.80	Si Cumple	8.78	Si Cumple
MX7	0.68	0.12	1.24	2.46	30.12	Si Cumple	15.25	Si Cumple
MX8	2.95	0.12	3.70	6.84	19.33	Si Cumple	10.44	Si Cumple
MX9	1.55	0.12	2.07	4.03	21.68	Si Cumple	11.13	Si Cumple
MX10	3.35	0.12	4.86	9.56	23.78	Si Cumple	12.10	Si Cumple

***Esfuerzo Axial "Y" en el 1er y 2do Piso**

MURO	LONGITUD	ESPESOR	PM (Tn) en la dirección en Y		ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "1er"	OBS.	ESFUERZO AXIAL (Tn/M2) "2do"	OBS.
			2do Piso	1er Piso				
MY1	4.15	0.12	12.56	19.62	39.39	Si Cumple	25.22	Si Cumple
MY2	3.15	0.12	4.74	10.03	26.53	Si Cumple	12.53	Si Cumple
MY3	3.17	0.12	4.81	8.91	23.41	Si Cumple	12.64	Si Cumple
MY4	3.64	0.12	4.81	8.86	20.28	Si Cumple	11.01	Si Cumple
MY5	3.15	0.12	6.43	14.08	37.24	Si Cumple	17.00	Si Cumple
MY6	0.88	0.12	1.39	3.74	35.45	Si Cumple	13.18	Si Cumple
MY7	2.68	0.12	4.14	8.26	25.69	Si Cumple	12.86	Si Cumple
MY8	0.48	0.12	0.0	1.11	19.27	Si Cumple	0	
MY9	3.08	0.12	4.75	9.79	26.49	Si Cumple	12.86	Si Cumple
MY10	2.68	0.12	4.39	9.47	29.43	Si Cumple	13.65	Si Cumple
PY11	1.08	0.15	8.06	13.79	85.11	No Cumple	49.76	Si Cumple
MY12	1.08	0.12	2.16	3.98	30.70	Si Cumple	16.64	Si Cumple
MY13	0.88	0.12	1.37	2.75	26.03	Si Cumple	13.01	Si Cumple
MY14	1.28	0.12	2.41	4.47	29.08	Si Cumple	15.71	Si Cumple

*NOTA. PY11 se ha modificado a placa de concreto en el primer piso y muro de albañilería en el segundo piso

*** Carga de Muros/Sismo**

Story2 (x)	Story1 (X)
0	-7.4914
-3.8064	-7.9202
-6.6668	-13.1688
-4.8053	-9.8863
-6.6813	-13.4778
-1.1803	-3.4142
-1.1299	-2.1707
-3.5312	-6.3384
-1.9516	-3.7031
-4.5819	-8.8197

MURO	PM (Tn) en la dirección en X	
	2do Piso	1er Piso
MX1	0	7.4914
MX2	3.8064	7.9202
MX3	6.6668	13.1688
MX4	4.8053	9.8863
MX5	6.6813	13.4778
MX6	1.1803	3.4142
MX7	1.1299	2.1707
MX8	3.5312	6.3384
MX9	1.9516	3.7031
MX10	4.5819	8.8197

Story2 (Y)	Story1 (Y)
-11.4926	-17.5907
-4.4363	-9.0656
-4.5648	-8.2689
-4.6329	-8.2875
-5.7912	-12.1215
-1.2567	-3.2624
-3.8552	-7.384
0	-1.0245
-4.3329	-8.5046
-4.0728	-8.3727
-7.2913	-12.1939
-1.9884	-3.5732
-1.3323	-2.4798
-2.2813	-4.0664

MURO	PM (Tn) en la dirección en Y	
	2do Piso	1er Piso
MY1	11.4926	17.5907
MY2	4.4363	9.0656
MY3	4.5648	8.2689
MY4	4.6329	8.2875
MY5	5.7912	12.1215
MY6	1.2567	3.2624
MY7	3.8552	7.384
MY8	0	1.0245
MY9	4.3329	8.5046
MY10	4.0728	8.3727
MY11	7.2913	12.1939
MY12	1.9884	3.5732
MY13	1.3323	2.4798
MY14	2.2813	4.0664

***DERIVAS EN X**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
								m	m	m
Story2	DRIF X	LinRespSpec	Max		X	0.000886	84	7.85	-0.6	5.2
Story1	DRIF X	LinRespSpec	Max		X	0.000678	48	7.85	0	2.6

Inelástica	Límite de Distorsión (0.005)
0.003987	OK
0.003051	OK

***DERIVAS EN Y**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
								m	m	m
Story2	DRIF Y	LinRespSpec	Max		Y	0.000315	69	7.85	1.08	5.2
Story1	DRIF Y	LinRespSpec	Max		Y	0.000267	50	7.85	10.45	2.6

Inelástica	Límite de Distorsión (0.005)
0.0014175	OK
0.0012015	OK

***FUERZAS INTERNAS EN X**

MURO	CORTE (Tn) en la dirección en X		MURO	MOMENTO (Tn-m) en la dirección en X	
	2do Piso	1er Piso		2do Piso	1er Piso
MX1	0	2.1259	MX1	0	4.7624
MX2	2.2797	2.4098	MX2	3.6773	7.008
MX3	2.2392	2.4566	MX3	3.0975	3.9152
MX4	1.7288	1.4539	MX4	3.0639	2.0459
MX5	1.1102	1.8384	MX5	1.9642	5.4588
MX6	0.1421	0.3826	MX6	0.1682	0.8097
MX7	0.247	0.226	MX7	0.345	0.3785
MX8	1.3171	1.7321	MX8	1.577	2.2394
MX9	0.0047	0.0065	MX9	0.0061	0.0087
MX10	1.8376	2.443	MX10	2.5118	3.6194

***FUERZAS INTERNAS EN Y**

MURO	CORTE (Tn) en la dirección en Y		MURO	MOMENTO (Tn-m) en la dirección en Y	
	2do Piso	1er Piso		2do Piso	1er Piso
MY1	0.9543	1.6293	MY1	1.5659	3.6945
MY2	1.0667	1.3379	MY2	1.3914	1.7404
MY3	1.3145	1.7681	MY3	1.752	2.4221
MY4	1.003	1.5001	MY4	1.707	3.6272
MY5	1.0675	1.4529	MY5	1.7979	3.5375
MY6	0.2069	0.3655	MY6	0.3173	0.7364
MY7	0.5137	0.812	MY7	0.7026	1.1574
MY8	0	0.5421	MY8	0	0.9124
MY9	0.7907	0.9854	MY9	1.1772	2.0303
MY10	0.7845	0.8995	MY10	1.0672	1.6539
MY11	0.1603	2.2562	MY11	0.2422	4.4256
MY12	0.4996	0.5886	MY12	0.6746	1.1202
MY13	0.1934	0.2821	MY13	0.297	0.4909
MY14	0.4749	0.6348	MY14	0.7918	1.7085

V'm = 11.86 Kg/cm2 118.6 Tn/m2

α = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

1/3 ≤ α = (F_c * L) / (M_c) ≤ 1 (26.3)

La resistencia al corte (V_u) de los muros de albanilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

Unidades de Arcilla y Concreto: V_u = 0.50 * V_uo * L + 0.23 * P_d (28.2.1)

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE LA EDIFICACIÓN DEL 1º PISO EN DIRECCIÓN X																
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α _{mín}	α _{máx}	α	h/L	Vm(Tn)	0.55Vm (Tn)	OBSERVACIÓN	Vm1/Ve1	Vu1	MU1 (T-n)
MX1	1.58	0.12	7.49	2.13	4.76	0.71	0.33	1.00	0.71	3.29	9.65	5.31	OK	3.00	6.38	14.29
MX2	2.38	0.12	7.92	2.41	7.01	0.82	0.33	1.00	0.82	2.18	15.71	8.64	OK	3.00	7.23	21.02
MX3	3.35	0.12	13.17	2.46	3.92	2.10	0.33	1.00	1.00	1.55	26.87	14.78	OK	3.00	7.37	11.75
MX4	3.35	0.12	9.89	1.45	2.05	2.38	0.33	1.00	1.00	1.55	26.11	14.36	OK	3.00	4.36	6.14
MX5	3.35	0.12	13.48	1.84	5.46	1.13	0.33	1.00	1.00	1.55	26.94	14.82	OK	3.00	5.52	16.38
MX6	1.24	0.12	3.41	0.38	0.81	0.59	0.33	1.00	0.59	4.19	5.96	3.28	OK	3.00	1.15	2.43
MX7	0.68	0.12	2.17	0.23	0.38	0.41	0.33	1.00	0.41	7.65	2.46	1.36	OK	3.00	0.68	1.14
MX8	2.95	0.12	6.34	1.73	2.24	2.28	0.33	1.00	1.00	1.76	22.45	12.35	OK	3.00	5.20	6.72
MX9	1.55	0.12	3.70	0.01	0.01	1.16	0.33	1.00	1.00	3.35	11.88	6.53	OK	3.00	0.02	0.03
MX10	3.35	0.12	8.82	2.44	3.62	2.26	0.33	1.00	1.00	1.55	25.87	14.23	OK	3.00	7.33	10.86
SUMA											173.90					

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE LA EDIFICACIÓN DEL 2º PISO EN DIRECCIÓN X																
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α _{mín}	α _{máx}	α	h/L	Vm(Tn)	0.55Vm (Tn)	OBSERVACIÓN	Vm2/Ve2	Vu2	MU12(T-n)
MX1																
MX2	2.38	0.12	3.81	2.28	3.68	1.48	0.33	1.00	1.00	2.18	17.81	9.80	OK	3.00	6.84	11.03
MX3	3.35	0.12	6.67	2.24	3.10	2.42	0.33	1.00	1.00	1.55	25.37	13.95	OK	3.00	6.72	9.29
MX4	3.35	0.12	4.81	1.73	3.06	1.89	0.33	1.00	1.00	1.55	24.94	13.72	OK	3.00	5.19	9.19
MX5	3.35	0.12	6.68	1.11	1.96	1.89	0.33	1.00	1.00	1.55	25.38	13.96	OK	3.00	3.33	5.89
MX6	1.24	0.12	1.18	0.14	0.17	1.05	0.33	1.00	1.05	4.19	9.52	5.23	OK	3.00	0.43	0.50
MX7	0.68	0.12	1.13	0.25	0.35	0.49	0.33	1.00	0.49	7.65	2.62	1.44	OK	3.00	0.74	1.04
MX8	2.95	0.12	3.53	1.32	1.58	2.46	0.33	1.00	1.00	1.76	21.80	11.99	OK	3.00	3.95	4.73
MX9	1.55	0.12	1.95	0.00	0.01	1.19	0.33	1.00	1.00	3.35	11.48	6.31	OK	3.00	0.01	0.02
MX10	3.35	0.12	4.58	1.84	2.51	2.45	0.33	1.00	1.00	1.55	24.89	13.69	OK	3.00	5.51	7.54

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE LA EDIFICACIÓN DEL 1º PISO EN DIRECCIÓN Y																
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α _{mín}	α _{máx}	α	h/L	Vm(Tn)	0.55Vm (Tn)	OBSERVACIÓN	Vm1/Ve1	Vu1	MU1 (T-n)
MY1	4.15	0.12	17.59	1.63	3.69	1.83	0.33	1.00	1.00	1.25	33.58	18.47	OK	3.00	4.89	11.08
MY2	3.15	0.12	9.07	1.34	1.74	2.42	0.33	1.00	1.00	1.65	24.50	13.48	OK	3.00	4.01	5.22
MY3	3.17	0.12	8.27	1.77	2.42	2.31	0.33	1.00	1.00	1.64	24.46	13.45	OK	3.00	5.30	7.27
MY4	3.64	0.12	8.29	1.50	3.63	1.51	0.33	1.00	1.00	1.43	27.81	15.29	OK	3.00	4.50	10.88
MY5	3.15	0.12	12.12	1.45	3.54	1.29	0.33	1.00	1.00	1.65	25.20	13.86	OK	3.00	4.36	10.61
MY6	0.88	0.12	3.26	0.37	0.74	0.44	0.33	1.00	0.61	5.91	4.57	2.51	OK	3.00	1.10	2.21
MY7	2.68	0.12	7.38	0.81	1.16	1.88	0.33	1.00	1.00	1.94	20.77	11.42	OK	3.00	2.44	3.47
MY8	0.48	0.12	1.02	0.54	0.91	0.29	0.33	1.00	0.35	10.83	1.43	0.79	OK	2.64	1.43	2.41
MY9	3.08	0.12	8.50	0.99	2.03	1.49	0.33	1.00	1.00	1.69	23.87	13.13	OK	3.00	2.96	6.09
MY10	2.68	0.12	8.37	0.90	1.65	1.46	0.33	1.00	1.00	1.94	21.00	11.55	OK	3.00	2.70	4.96
PY11	1.08	0.15	12.19	2.26	4.43	0.55	0.33	1.00	0.67	4.81	9.24	5.08	OK	3.00	6.77	13.28
MY12	1.08	0.12	3.57	0.59	1.12	0.57	0.33	1.00	0.71	4.81	6.28	3.45	OK	3.00	1.77	3.36
MY13	0.88	0.12	2.48	0.28	0.49	0.51	0.33	1.00	0.61	5.91	4.39	2.41	OK	3.00	0.85	1.47
MY14	1.28	0.12	4.07	0.63	1.71	0.48	0.33	1.00	0.79	4.06	8.13	4.47	OK	3.00	1.90	5.13
										SUMA	235.23					

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE LA EDIFICACIÓN DEL 2º PISO EN DIRECCIÓN Y																
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α _{mín}	α _{máx}	α	h/L	Vm(Tn)	0.55Vm (Tn)	OBSERVACIÓN	Vm1/Ve1	Vu2	MU2 (T-n)
MY1	4.15	0.12	11.49	0.95	1.57	2.53	0.33	1.00	1.00	1.25	32.17	17.70	OK	3.00	2.86	4.70
MY2	3.15	0.12	4.44	1.07	1.39	2.41	0.33	1.00	1.00	1.65	23.44	12.89	OK	3.00	3.20	4.17
MY3	3.17	0.12	4.56	1.31	1.75	2.38	0.33	1.00	1.00	1.64	23.61	12.98	OK	3.00	3.94	5.26
MY4	3.64	0.12	4.63	1.00	1.71	2.14	0.33	1.00	1.00	1.43	26.97	14.83	OK	3.00	3.01	5.12
MY5	3.15	0.12	5.79	1.07	1.80	1.87	0.33	1.00	1.00	1.65	23.75	13.06	OK	3.00	3.20	5.39
MY6	0.88	0.12	1.26	0.21	0.32	0.57	0.33	1.00	0.65	5.91	4.36	2.40	OK	3.00	0.62	0.95
MY7	2.68	0.12	3.86	0.51	0.70	1.96	0.33	1.00	1.00	1.94	19.96	10.98	OK	3.00	1.54	2.11
MY8																
MY9	3.08	0.12	4.33	0.79	1.18	2.07	0.33	1.00	1.00	1.69	22.91	12.60	OK	3.00	2.37	3.53
MY10	2.68	0.12	4.07	0.78	1.07	1.97	0.33	1.00	1.00	1.94	20.01	11.00	OK	3.00	2.35	3.20
PY11	1.08	0.12	7.29	0.16	0.24	0.71	0.33	1.00	0.71	4.81	7.13	3.92	OK	3.00	0.48	0.73
MY12	1.08	0.12	1.99	0.50	0.67	0.80	0.33	1.00	0.78	4.81	6.45	3.55	OK	3.00	1.50	2.02
MY13	0.88	0.12	1.33	0.19	0.30	0.57	0.33	1.00	0.67	5.91	4.50	2.48	OK	3.00	0.58	0.89
MY14	1.28	0.12	2.28	0.47	0.79	0.77	0.33	1.00	0.98	4.06	9.45	5.20	OK	3.00	1.42	2.38

Verificación de la resistencia al corte del edificio en el eje "X"

* Suma de fuerzas cortante en muros en el eje "X" (En la Base)

173.90 Tn

* Suma de fuerzas cortantes en muros en el eje "X" durante un sismo severo (Etabs)

28.38 Tn

6.13

*Nota: Si, la sumatoria de las fuerzas cortantes de todos los muros dividido entre la suma de fuerzas cortantes producidos por un sismo severo es mayor a 3; podemos decir que el diseño se acabó!!!

Verificación de la resistencia al corte del edificio en el eje "Y"

* Suma de fuerzas cortante en muros en el eje "Y" (En la Base)

235.23 Tn

* Suma de fuerzas cortantes en muros en el eje "Y" durante un sismo severo (Etabs)

23.02 Tn

10.22

*Nota: Si, la sumatoria de las fuerzas cortantes de todos los muros dividido entre la suma de fuerzas cortantes producidos por un sismo severo es mayor a 3; podemos decir que el diseño se acabó!!!

*Comparación del cortante de muro (0.55Vm) con el Cortante Elástico (ve)

En Conclusión decimos que se ha realizado bien los análisis ya que, las fuerzas cortantes, deben ser mayor a las fuerzas cortantes producidas por el sismo severo.

En Conclusión decimos que se ha realizado bien los análisis ya que, las fuerzas cortantes, deben ser mayor a las fuerzas cortantes producidas por el sismo severo.

V'm = 11.86 Kg/cm2
118.6 Tn/m2

α = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{F_c \cdot L}{M_c} \leq 1 \quad (26.3)$$

La resistencia al corte (V_c) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

Unidades de Arcilla y Concreto: $V_w = 0.50 \cdot v'_{m \cdot \alpha \cdot t \cdot L} + 0.23 \cdot P_g$ (28.2.i)

VERIFICACIÓN DE AGRETIAMIENTO DEL 1º PISO EN DIRECCIÓN X															
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α_{min}	$\alpha_{máx}$	α	h/L	Vm(Tn)	Vm1/Ve1	Vu1	OBS.	MU1 (T-n)
MX1	1.33	0.12	7.49	2.13	4.76	0.59	0.33	1.00	0.59	3.91	7.34	3.00	6.38	NO SE AGRIETA	14.29
Mx2	2.38	0.12	7.92	2.41	7.01	0.82	0.33	1.00	1.00	2.18	18.76	3.00	7.23	NO SE AGRIETA	21.02
MX3	3.35	0.12	13.17	2.46	3.92	2.10	0.33	1.00	1.00	1.55	26.87	3.00	7.37	NO SE AGRIETA	11.75
MX4	3.35	0.12	9.89	1.45	2.05	2.38	0.33	1.00	1.00	1.55	26.11	3.00	4.36	NO SE AGRIETA	6.14
MX5	3.35	0.12	13.48	1.84	5.46	1.13	0.33	1.00	1.00	1.55	26.94	3.00	5.52	NO SE AGRIETA	16.38
MX6	1.24	0.12	3.41	0.38	0.81	0.59	0.33	1.00	0.59	4.19	5.96	3.00	1.15	NO SE AGRIETA	2.43
MX7	0.68	0.12	2.17	0.23	0.38	0.41	0.33	1.00	0.41	7.65	2.46	3.00	0.68	NO SE AGRIETA	1.14
MX8	2.95	0.12	6.34	1.73	2.24	2.28	0.33	1.00	1.00	1.76	22.45	3.00	5.20	NO SE AGRIETA	6.72
MX9	1.55	0.12	3.70	0.01	0.01	1.16	0.33	1.00	1.00	3.35	11.88	3.00	0.02	NO SE AGRIETA	0.03
MX10	3.35	0.12	8.82	2.44	3.62	2.26	0.33	1.00	1.00	1.55	25.87	3.00	7.33	NO SE AGRIETA	10.86

VERIFICACIÓN DE AGRETAMIENTO DEL 2º PISO EN DIRECCIÓN X															
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α_{min}	$\alpha_{m\acute{a}x}$	α	h/L	Vm(Tn)	Vm2/Ve2	Vu2	OBS.	MU12(T-n)
MX1															
Mx2	2.38	0.12	3.81	2.28	3.68	1.48	0.33	1.00	1.00	2.18	17.81	3.00	6.84	NO SE AGRIETA	11.03
MX3	3.35	0.12	6.67	2.24	3.10	2.42	0.33	1.00	1.00	1.55	25.37	3.00	6.72	NO SE AGRIETA	9.29
MX4	3.35	0.12	4.81	1.73	3.06	1.89	0.33	1.00	1.00	1.55	24.94	3.00	5.19	NO SE AGRIETA	9.19
MX5	3.35	0.12	6.68	1.11	1.96	1.89	0.33	1.00	1.00	1.55	25.38	3.00	3.33	NO SE AGRIETA	5.89
MX6	1.24	0.12	1.18	0.14	0.17	1.05	0.33	1.00	1.05	4.19	9.52	3.00	0.43	NO SE AGRIETA	0.50
MX7	0.68	0.12	1.13	0.25	0.35	0.49	0.33	1.00	0.49	7.65	2.62	3.00	0.74	NO SE AGRIETA	1.04
MX8	2.95	0.12	3.53	1.32	1.58	2.46	0.33	1.00	1.00	1.76	21.80	3.00	3.95	NO SE AGRIETA	4.73
MX9	1.55	0.12	1.95	0.00	0.01	1.19	0.33	1.00	1.00	3.35	11.48	3.00	0.01	NO SE AGRIETA	0.02
MX10	3.35	0.12	4.58	1.84	2.51	2.45	0.33	1.00	1.00	1.55	24.89	3.00	5.51	NO SE AGRIETA	7.54
											163.81				

163.81

VERIFICACIÓN DE AGRETIAMIENTO DEL 1º PISO EN DIRECCIÓN Y															
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α_{min}	$\alpha_{m\acute{a}x}$	α	h/L	Vm(Tn)	Vm1/Ve1	Vu1	OBS.	MU1 (T-n)
MY1	4.15	0.12	17.59	1.63	3.69	1.83	0.33	1.00	1.00	1.25	33.58	3.00	4.89	NO SE AGRIETA	11.08
MY2	3.15	0.12	9.07	1.34	1.74	2.42	0.33	1.00	1.00	1.65	24.50	3.00	4.01	NO SE AGRIETA	5.22
MY3	3.17	0.12	8.27	1.77	2.42	2.31	0.33	1.00	1.00	1.64	24.46	3.00	5.30	NO SE AGRIETA	7.27
MY4	3.64	0.12	8.29	1.50	3.63	1.51	0.33	1.00	1.00	1.43	27.81	3.00	4.50	NO SE AGRIETA	10.88
MY5	3.15	0.12	12.12	1.45	3.54	1.29	0.33	1.00	1.00	1.65	25.20	3.00	4.36	NO SE AGRIETA	10.61
MY6	0.88	0.12	3.26	0.37	0.74	0.44	0.33	1.00	0.61	5.91	4.57	3.00	1.10	NO SE AGRIETA	2.21
MY7	2.68	0.12	7.38	0.81	1.16	1.88	0.33	1.00	1.00	1.94	20.77	3.00	2.44	NO SE AGRIETA	3.47
MY8	0.48	0.12	1.02	0.54	0.91	0.29	0.33	1.00	0.35	10.83	1.43	2.64	1.43	SE AGRIETA	2.41
MY9	3.08	0.12	8.50	0.99	2.03	1.49	0.33	1.00	1.00	1.69	23.87	3.00	2.96	NO SE AGRIETA	6.09
MY10	2.68	0.12	8.37	0.90	1.65	1.46	0.33	1.00	1.00	1.94	21.00	3.00	2.70	NO SE AGRIETA	4.96
PY11	1.08	0.12	12.19	2.26	4.43	0.55	0.33	1.00	0.67	4.81	7.95	3.00	6.77	NO SE AGRIETA	13.28
MY12	1.08	0.12	3.57	0.59	1.12	0.57	0.33	1.00	0.71	4.81	6.28	3.00	1.77	NO SE AGRIETA	3.36
MY13	0.88	0.12	2.48	0.28	0.49	0.51	0.33	1.00	0.61	5.91	4.39	3.00	0.85	NO SE AGRIETA	1.47
MY14	1.28	0.12	4.07	0.63	1.71	0.48	0.33	1.00	0.79	4.22	8.13	3.00	1.90	NO SE AGRIETA	5.13

VERIFICACIÓN DE AGRETAMIENTO DEL 2º PISO EN DIRECCIÓN Y															
MURO	L (m)	t (m)	Pg (Tn)	Ve (Tn)	Me (Tn-m)	α'	α_{min}	$\alpha_{máx}$	α	h/L	Vm(Tn)	Vm1/Ve1	Vu2	OBS.	MU2 (T-n)
MY1	4.15	0.12	11.49	0.95	1.57	2.53	0.33	1.00	1.00	1.25	32.17	3.00	2.86	NO SE AGRIETA	4.70
MY2	3.15	0.12	4.44	1.07	1.39	2.41	0.33	1.00	1.00	1.65	23.44	3.00	3.20	NO SE AGRIETA	4.17
MY3	3.17	0.12	4.56	1.31	1.75	2.38	0.33	1.00	1.00	1.64	23.61	3.00	3.94	NO SE AGRIETA	5.26
MY4	3.64	0.12	4.63	1.00	1.71	2.14	0.33	1.00	1.00	1.43	26.97	3.00	3.01	NO SE AGRIETA	5.12
MY5	3.15	0.12	5.79	1.07	1.80	1.87	0.33	1.00	1.00	1.65	23.75	3.00	3.20	NO SE AGRIETA	5.39
MY6	0.88	0.12	1.26	0.21	0.32	0.57	0.33	1.00	0.65	5.91	4.36	3.00	0.62	NO SE AGRIETA	0.95
MY7	2.68	0.12	3.86	0.51	0.70	1.96	0.33	1.00	1.00	1.94	19.96	3.00	1.54	NO SE AGRIETA	2.11
MY8															
MY9	3.08	0.12	4.33	0.79	1.18	2.07	0.33	1.00	1.00	1.69	22.91	3.00	2.37	NO SE AGRIETA	3.53
MY10	2.68	0.12	4.07	0.78	1.07	1.97	0.33	1.00	1.00	1.94	20.01	3.00	2.35	NO SE AGRIETA	3.20
PY11	1.08	0.12	7.29	0.16	0.24	0.71	0.33	1.00	0.71	4.81	7.13	3.00	0.48	NO SE AGRIETA	0.73
MY12	1.08	0.12	1.99	0.50	0.67	0.80	0.33	1.00	0.78	4.81	6.45	3.00	1.50	NO SE AGRIETA	2.02
MY13	0.88	0.12	1.33	0.19	0.30	0.57	0.33	1.00	0.67	5.91	4.50	3.00	0.58	NO SE AGRIETA	0.89
MY14	1.28	0.12	2.28	0.47	0.79	0.77	0.33	1.00	0.98	4.06	9.45	3.00	1.42	NO SE AGRIETA	2.38

224.71

Verificación de la resistencia al corte del edificio en el eje "X"

* Suma de fuerzas cortante en muros en el eje "X" (En el Segundo Piso)

163.81 Tn

* Suma de fuerzas cortantes en muros en el eje "X" durante un sismo severo (Etabs)

17.56 Tn

9.33

Verificación de la resistencia al corte del edificio en el eje "Y"

* Suma de fuerzas cortante en muros en el eje "Y" (En el Segundo Piso)

224.71 Tn

* Suma de fuerzas cortantes en muros en el eje "Y" durante un sismo severo (Etabs)

13.62 Tn

16.50

En Conclusión; el diseño ha terminado ya que, la division da mayor a 3 (9.21)

En Conclusión; el diseño ha terminado ya que, la division da mayor a 3 (19.44)

*Comparación del cortante de muro (0.55Vm) con el Cortante Elástico (ve)

Corresponde: Diseño de muros no agrietados (excepto el muro "MY8" en el 1er Nivel)

* Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

VE (Tn) = Cortante en muros produciod por un sismo severo

Esfuerzo Axial Máx. = 51.2 Tn/m2

F'm= 380 Tn/m2

VERIFICACIÓN DE REFUERZO HORIZONTAL EN LOS MUROS EJE "x"										
MURO	L (m)	t (m)	VE (Tn) "1er"	OBS:	VE (Tn) "2do"	OBS:	%	0.05f' m (1er Piso)	%	0.05f' m (2do Piso)
MX1	1.33	0.12	4.25	No Colocar			12.81	Colocar		
Mx2	2.38	0.12	4.82	No Colocar	4.56	No Colocar	8.37	Colocar	3.81	No Colocar
MX3	3.35	0.12	4.91	No Colocar	4.48	No Colocar	9.93	Colocar	4.81	No Colocar
MX4	3.35	0.12	2.91	No Colocar	3.46	No Colocar	7.10	Colocar	3.43	No Colocar
MX5	3.35	0.12	3.68	No Colocar	2.22	No Colocar	10.04	Colocar	4.78	No Colocar
MX6	1.24	0.12	0.77	No Colocar	0.28	No Colocar	6.79	Colocar	2.31	No Colocar
MX7	0.68	0.12	0.45	No Colocar	0.49	No Colocar	7.93	Colocar	4.01	No Colocar
MX8	2.95	0.12	3.46	No Colocar	2.63	No Colocar	5.09	Colocar	2.75	No Colocar
MX9	1.55	0.12	0.01	No Colocar	0.01	No Colocar	5.71	Colocar	2.93	No Colocar
MX10	3.35	0.12	4.89	No Colocar	3.68	No Colocar	6.26	Colocar	3.18	No Colocar

VERIFICACIÓN DE REFUERZO HORIZONTAL EN LOS MUROS EJE "y"										
MURO	L (m)	t (m)	VE (Tn) "1er"	OBS:	VE (Tn) "2do"	OBS:	%	0.05f' m (1er Piso)	%	0.05f' m (2do Piso)
MY1	4.15	0.12	3.26	No Colocar	1.91	No Colocar	10.37	Colocar	6.64	Colocar
MY2	3.15	0.12	2.68	No Colocar	2.13	No Colocar	6.98	Colocar	3.30	No Colocar
MY3	3.17	0.12	3.54	No Colocar	2.63	No Colocar	6.16	Colocar	3.33	No Colocar
MY4	3.64	0.12	3.00	No Colocar	2.01	No Colocar	5.34	Colocar	2.90	No Colocar
MY5	3.15	0.12	2.91	No Colocar	2.14	No Colocar	9.80	Colocar	4.47	No Colocar
MY6	0.88	0.12	0.73	No Colocar	0.41	No Colocar	9.33	Colocar	3.47	No Colocar
MY7	2.68	0.12	1.62	No Colocar	1.03	No Colocar	6.76	Colocar	3.38	No Colocar
MY8	0.48	0.12	1.08	No Colocar			5.07	Colocar		
MY9	3.08	0.12	1.97	No Colocar	1.58	No Colocar	6.97	Colocar	3.38	No Colocar
MY10	2.68	0.12	1.80	No Colocar	1.57	No Colocar	7.75	Colocar	3.59	No Colocar
MY11	1.08	0.12	4.51	No Colocar	0.32	No Colocar	22.40	Colocar	13.09	Colocar
MY12	1.08	0.12	1.18	No Colocar	1.00	No Colocar	8.08	Colocar	4.38	No Colocar
MY13	0.88	0.12	0.56	No Colocar	0.39	No Colocar	6.85	Colocar	3.42	No Colocar
MY14	1.28	0.12	1.27	No Colocar	0.95	No Colocar	7.65	Colocar	4.13	No Colocar

27.1	Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros
a)	Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ($V_u \geq V_u$), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga, $\sigma_m = P_u / (L.t)$, mayor o igual que $0.05 f'_m$, deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.
b)	En los edificios de más de tres pisos, todos los muros portantes del primer nivel serán reforzados horizontalmente.
c)	La cuantía del acero de refuerzo horizontal será: $\rho = A_s / (s.t) \geq 0.001$. Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12.5 cm y terminarán con gancho a 90° vertical de 10 cm de longitud.

* Cantidad de acero de refuerzo horizontal:

$$\rho = A_s / (S \cdot t) \geq 0.001$$
$$\varnothing 1/4" = 0.317 \text{ cm}$$

$$S = (0.317) / (0.12 \cdot 0.001)$$

$$S = 26.42 \text{ cm}$$

* Conclusión: $\varnothing 1/4" @ 1 \text{ hilada}$

DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO DE MUROS AGRIETADOS

* Para el primer nivel asumiremos como muros agrietados para verificar

a) Columnas de confinamiento

Datos:

V _{m1} =	18.76 Tnf
L _m =	2.45 m
Ø =	0.85
F _y =	42000 Tnf/m ²
μ =	0.8
L =	2.45 m
N _c =	2
M _{u1} =	21.02 Tnf-m
P _g (m _{x2}) =	7.92 Tnf
h =	2.60 m
M = M _{u1} - 1/2 V _{m1} * h	3.36 Tnf-m
F = M/L	1.37 Tnf
P _g (m _{y1}) =	17.59
P _g (m _{y2}) =	9.07

$$P_c = (P_g(m_{x2}))/2 + (1.02 * P_g(m_{y1}))/4.08 + (0.72 * P_g(m_{y2}))/3$$

10.53 Tnf

$$V_c = (1.5 * V_{m1} * L_m) / (L * (N_c + 1))$$

9.38 Tn

$$T = F - P_c$$

9.16 Tn

$$C = P_c + F$$

11.91 Tn

Cálculos:

A- DISEÑO DE COLUMNA DE CONFINAMIENTO

DETERMINACION DE SECCION DE LA COLUMNA

*Diseño por compresion

$$A_n = A_s + \frac{C / \phi - A_s f_y}{0.85 \delta f'_c} = -52.97 \quad \text{cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 b &= 25 \\
 t &= 12 \\
 r &= 2.5 \\
 A_n &= 140 \quad \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

*Diseño por corte fricción (Vc)

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.2 f'_c \phi} \geq A_c \geq 15t(\text{cm}^2)$$

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0.2 \cdot f'_c \cdot \phi} = 262.75 \text{ cm}^2$$

Ac ≥ Acf

$$A_{\min} = 15 \cdot t = 180 \text{ cm}^2$$

DETERMINACION DE REFUERZO AXIAL

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \cdot \mu \cdot \phi} = 3.28 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = (0.1 \cdot f'_c \cdot A_c) / f_y = 1.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = \frac{T}{f_y \cdot \phi} = 2.57 \text{ cm}^2$$

$$A_s = A_{st} + A_{sf} \geq A_{s\min}$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} = 5.85 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 2 \text{ } \varnothing 5/8" , 2 \text{ } \varnothing 1/2"$$

$$A_s = 6.58 \text{ cm}^2$$

* DE ACUERDO AL REGLAMENTO: Existe acero mínimo, que deben ir en los elem

*** (Columnas) Determinación del refuerzo vertical

$$A_s = 2 \text{ } \varnothing 5/8" + 2 \text{ } \varnothing 1/2"$$

$$A_s = 6.58 \text{ cm}^2$$

Determinación de longitud de desarrollo:

$$L_{dg} = f_y / \sqrt{((f'_c) / (1 \text{ Kgf/cm}^2) * 1 \text{ Kgf/cm}^2) * db} = 20.705 \text{ cm}$$

Donde;

$$f'_c = 2100 \text{ tn/m}^2$$

$$f_y = 42000 \text{ tn/m}^2$$

$$db = 9.53 \text{ mm}$$

Por lo tanto:

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$t = 12 \text{ cm}$$

$$r = 2.5 \text{ cm}$$

$$b' = b - 2r = 20 \text{ cm}$$

$$t' = t - 2r = 7 \text{ cm}$$

$$A_n' = b' * t' = 140 \text{ cm}^2$$

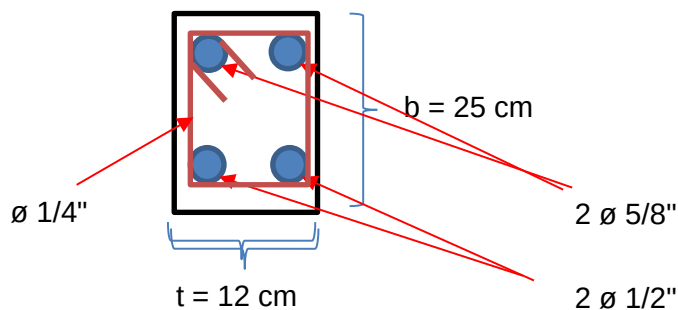
$$A_c = b * t = 300 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo para la sección propuesta

$$A_{s\text{mín}} = (0.1 * f'^c * A_c) / f_y = 1.5 \text{ cm}^2$$

* Es mucho menor; por lo tanto si cumple.

** Sección de columna de confinamiento



*** Determinación de los estribos de confinamiento

Se utilizarán aceros de 1/4"

Acero = Acero Ø 1/4"

$$A_s = 0.32 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 * 0.317 \text{ cm}^2 = 0.64 \text{ cm}^2$$

$$t_n = t' = 7 \text{ cm}$$

$$d = b = 25 \text{ cm}$$

$$S_1 = (A_v * f_y) / (0.3 * t_n * f'^c * (A_c / A_n - 1)) = \mathbf{5.33 \text{ cm}}$$

$$S_2 = (A_v * f_y) / (0.12 * t_n * f'^c) = \mathbf{15.24 \text{ cm}}$$

$$S_3 = d/4 = \mathbf{6.25 \text{ cm}}$$

$$S_4 = \mathbf{10 \text{ cm}}$$

Longitud de confinamiento 1.5d ó 45 cm

Estribos: Ø 1/4"; 3 @ 5cm, 3 @ 10 cm, Rsto @ 25 cm

B. DISEÑO DE VIGAS SOLERAS

Datos:

$$\begin{aligned}\phi &= 0.9 \\ V_{m1} &= 0.00 \text{ Tnf} \\ L &= L_m = 2.45 \text{ m}\end{aligned}$$

$$T_s = V_u \frac{L_m}{2L} = 9.38 \text{ Tnf}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_v} = 2.48 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{mín}} \geq \frac{0.1 \cdot f'_c \cdot A_g}{f_y} = 1.2 \text{ cm}^2$$

$$(\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm}), = 2.01 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4 \phi 3/8''$$

$$A_s = 2.84 \text{ cm}^2$$

***** (Vigas Soleras) Determinación del refuerzo horizontal**

Datos:

$$b = 12 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

$$A_{cs} = b \cdot h = 240 \text{ cm}^2$$

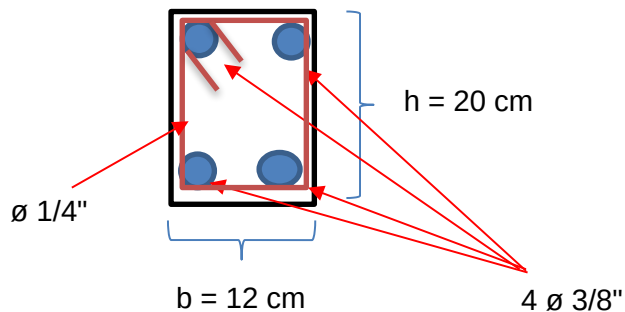
$$A_{s\text{mín}} = (0.1 \cdot f'_c \cdot A_{cs}) / f_y = 1.2 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal

Usar: 4 $\phi 3/8''$

Se utilizarán aceros de 1/4" p/estribos

Estribos: $\phi 1/4''$; 1 @ 5cm, 4 @ 10, Rsto @ 25 cm.



* DISEÑO DE ELEMENTO DE CONFINAMIENTO EN MUROS NO AGRIE

a) Columnas de confinamiento

Datos:

$$\begin{aligned}\phi &= 0.9 \\ \text{Mu} &= 11.03 \text{ Tnf-m} \\ L &= 2.45 \text{ m} \\ F = \text{Mu}/L &= 4.50 \text{ Tnf} \\ \text{Pg} &= 3.81 \text{ Tnf}\end{aligned}$$

$$P_c = (\text{Pg}(\text{mx}2))/2 + (1 * \text{Pg}(\text{my}1))/4 + (0.75 * \text{Pg}(\text{my}2))/3 = 5.79 \text{ Tnf}$$

$$\begin{aligned}T = F - P_c &= 1.29 \text{ Tnf} \\ A_s = T/\phi * f_y &= 0.340 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

*** Los resultados son demasiados bajos, por eso se utilizarán los acer**

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0.1 f'_c A_g}{f_y} \dots (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm}), \text{ donde } \phi = 0.9.$$

$$\begin{aligned}A_{s,\text{mín}} &\geq \frac{0.1 \cdot f'_c \cdot A_g}{f_y} = 1.50 \text{ cm}^2 & A_s &= 4 \phi 3/8'' \\ & & & A_s = 2.84 \text{ cm}^2 \\ (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm}), & = 2.01 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$C = P_c + F = 10.21 \text{ tonf}$$

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot \delta \cdot f'_c} = 18.36 \text{ cm}^2$$

a) Vigas Soleras

Datos:

$$\begin{aligned}\phi &= 0.9 \\ V_u &= 6.84 \text{ Tnf} \\ L &= L_m = 2.45 \text{ m}\end{aligned}$$

$$T_s = V_u \frac{L_m}{2L} = 3.42 \text{ Tnf}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} = 0.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{mín}} \geq \frac{0.1 \cdot f'_c \cdot A_g}{f_y} = 1.2 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} & A_s = 4 \phi 3/8'' \\ (\text{mínimo: } 4 \phi 8 \text{ mm}), & = 2.01 \text{ cm}^2 & A_s &= 2.84 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO (VIGAS DINTELES)

*Datos:

Viga Dintel del eje 1 tramo A al C (Mayor momento)

$$f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

$$b = 12 \text{ cm}$$

$$Mu = 6.32 \text{ tnf-m}$$

$$Es = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$d = 36 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 0.9$$

*Cálculos:

$$As = (0.85 * f'_c * b * d) / f_y - \sqrt{((1.7 * f'_c * b) / [f_y])^2 * ((0.85 * f'_c * b * d) / [f_y])^2 - Mu / \emptyset}) = 5.45 \text{ cm}^2$$

$$As_{\min} = (0.7 * \sqrt{f'_c}) / f_y * b * d = 1.04 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0.025 * b * d = 10.8 \text{ cm}^2$$

6

$$As_{\min} = 14 / f_y * b * d = 1.44 \text{ cm}^2$$

Acero a utilizar será:

$$As = 5.45 \text{ cm}^2$$

MOMENTO NOMINAL NEGATIVO EXTREMO

*Datos:

$$As_{\text{neg}} = 5.45 \text{ cm}^2$$

$$d' = 36 \text{ cm}$$

*Cálculos:

$$\alpha = (As_{\text{neg}} * f_y) / (0.85 * f'_c * b) = 10.69 \text{ cm}$$

$$M_{\text{neg}} = As_{\text{neg}} * f_y * (d' - \alpha / 2) = 7.02 \text{ tnf-m}$$

MOMENTO NOMINAL POSITIVO EXTREMO

*Datos:

$$As_{\text{neg}} = 5.45 \text{ cm}^2$$

$$d' = 36 \text{ cm}$$

*Cálculos:

$$\alpha = (As_{\text{pos}} * f_y) / (0.85 * f'_c * b) = 10.69 \text{ cm}$$

$$M_{\text{pos}} = As_{\text{pos}} * f_y * (d' - \alpha / 2) = 7.02 \text{ tnf-m}$$

DISEÑO SÍSMICO POR CORTE

*Datos:

$$w_d = 0.115 \text{ Tnf/m}$$

$$w_l = 0.076 \text{ Tnf/m}$$

$$w_u = 1.25 \cdot (w_d + w_l) = 0.240 \text{ tnf/m}$$

$$L_n = 4.5 \text{ m}$$

$$\phi = 0.85$$

*Cálculos:

$$M_{proi} = 1 \cdot M_{npos} = 7.02 \text{ tnf-m}$$

$$M_{prod} = 1 \cdot M_{nneg} = 7.02 \text{ tnf-m}$$

$$V_u = (w_u \cdot L_n) / 2 + (M_{proi} - M_{prod}) / L_n = 3.660 \text{ tnf}$$

$$V_n = V_u / (\phi) = 4.306 \text{ tnf}$$

$$V_s = V_n = 4.306 \text{ tnf}$$

$$A_v = 2 \cdot 0.32 \text{ cm}^2 = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$s = (A_v \cdot f_y \cdot d') / (V_s) = 49.86 \text{ cm}$$

$$s_1 = d' / (4) = 9 \text{ cm}$$

$$s_2 = 10 \cdot 5 / (8) \cdot 2.54 \text{ cm} = 15.875 \text{ cm}$$

$$s_3 = 24 \cdot 3 / (8) \cdot 2.54 \text{ cm} = 22.86 \text{ cm}$$

$$s_4 = 30 \text{ cm}$$

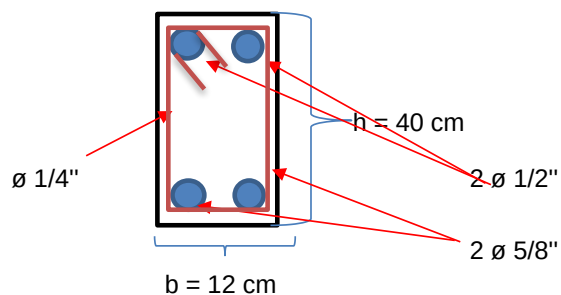
$$s_p = d' / 2 = 18 \text{ cm}$$

Acero longitudinal

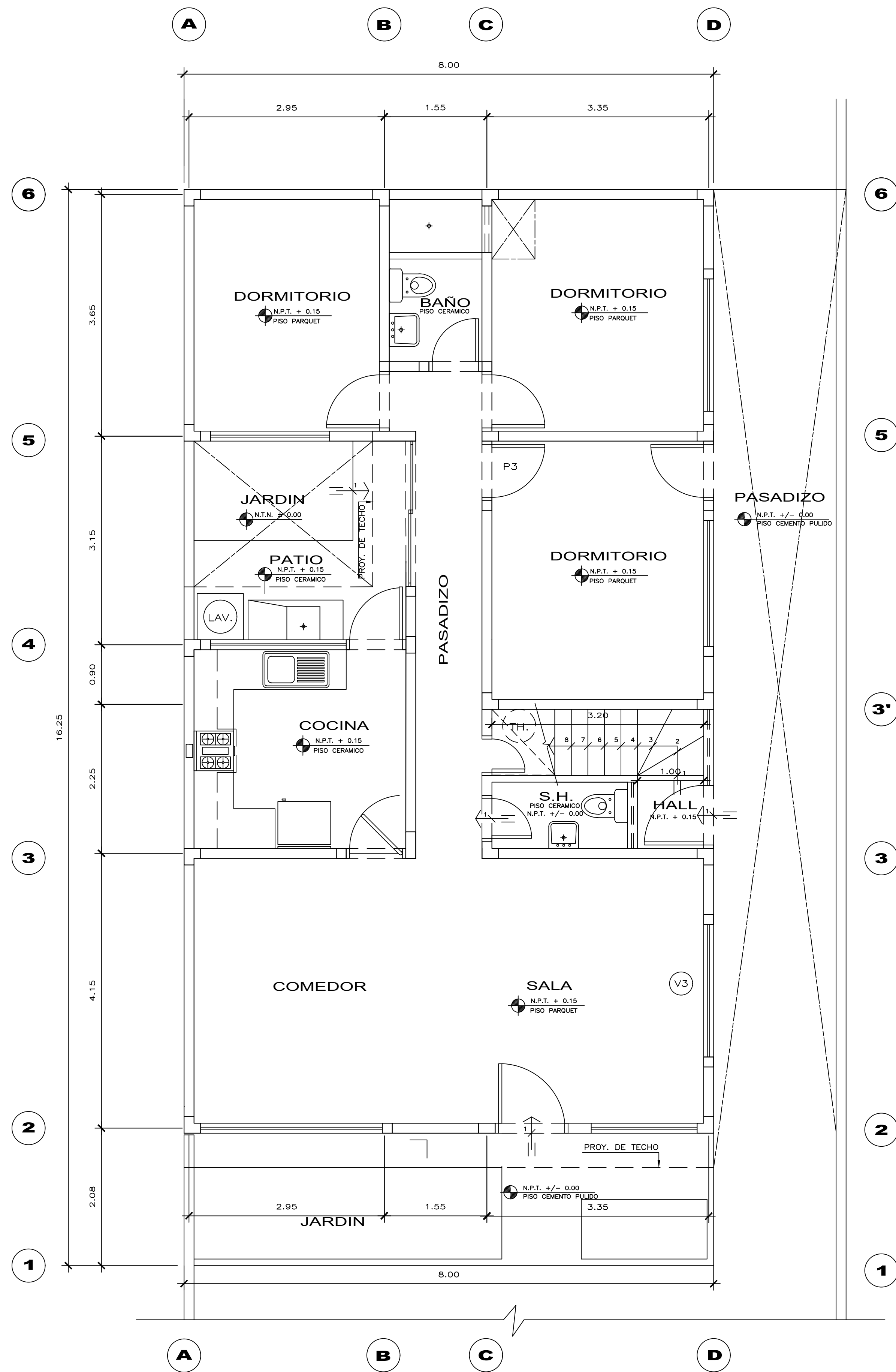
Usar: 2 ϕ 5/8" + 2 ϕ 1/2"

Se utilizarán aceros de 3/8" p/estribos

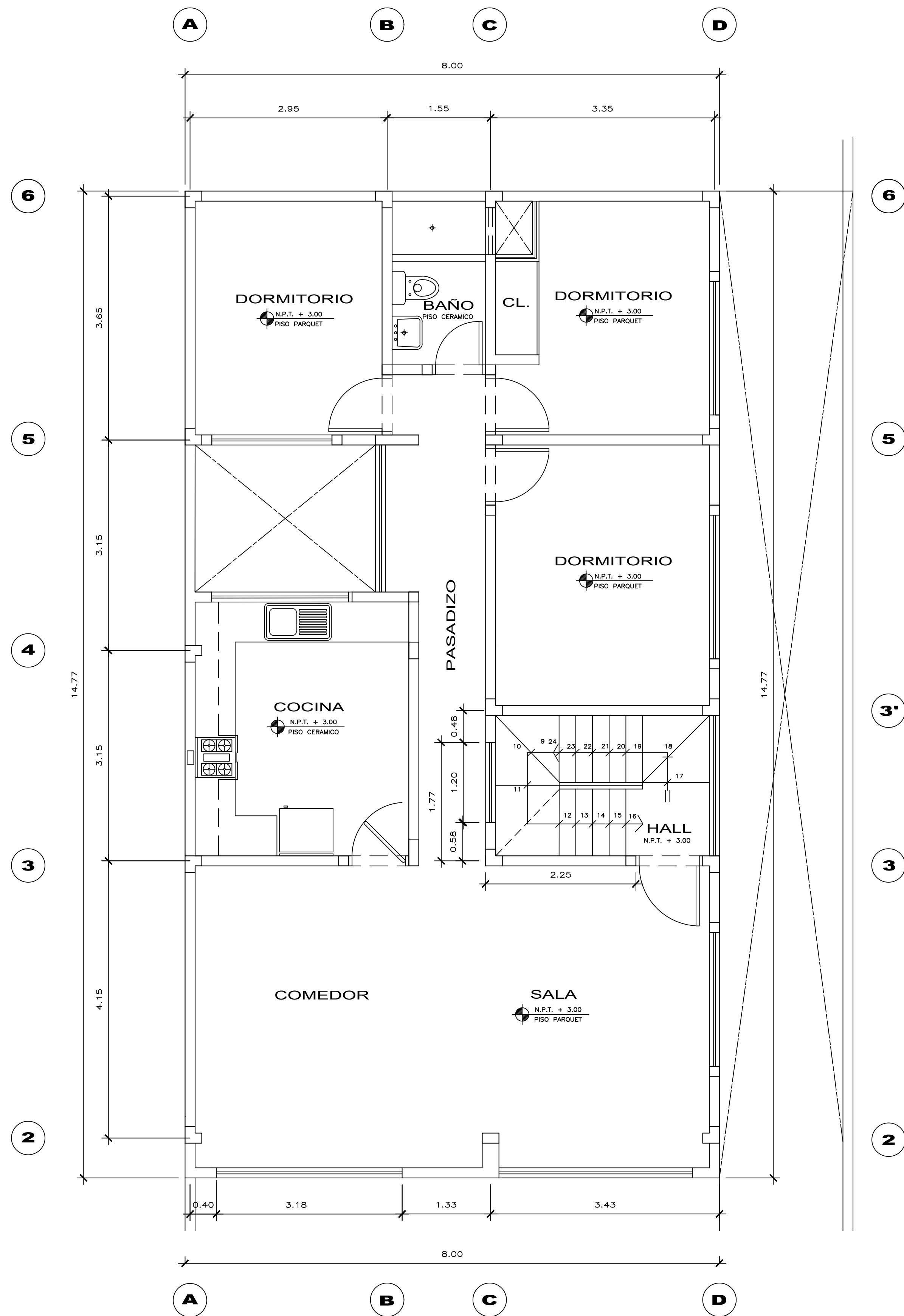
Estribos: ϕ 1/4"; 1 @ 5cm, 8 @ 9cm, Rsto @ 18 cm.



Anexo 7. Planos



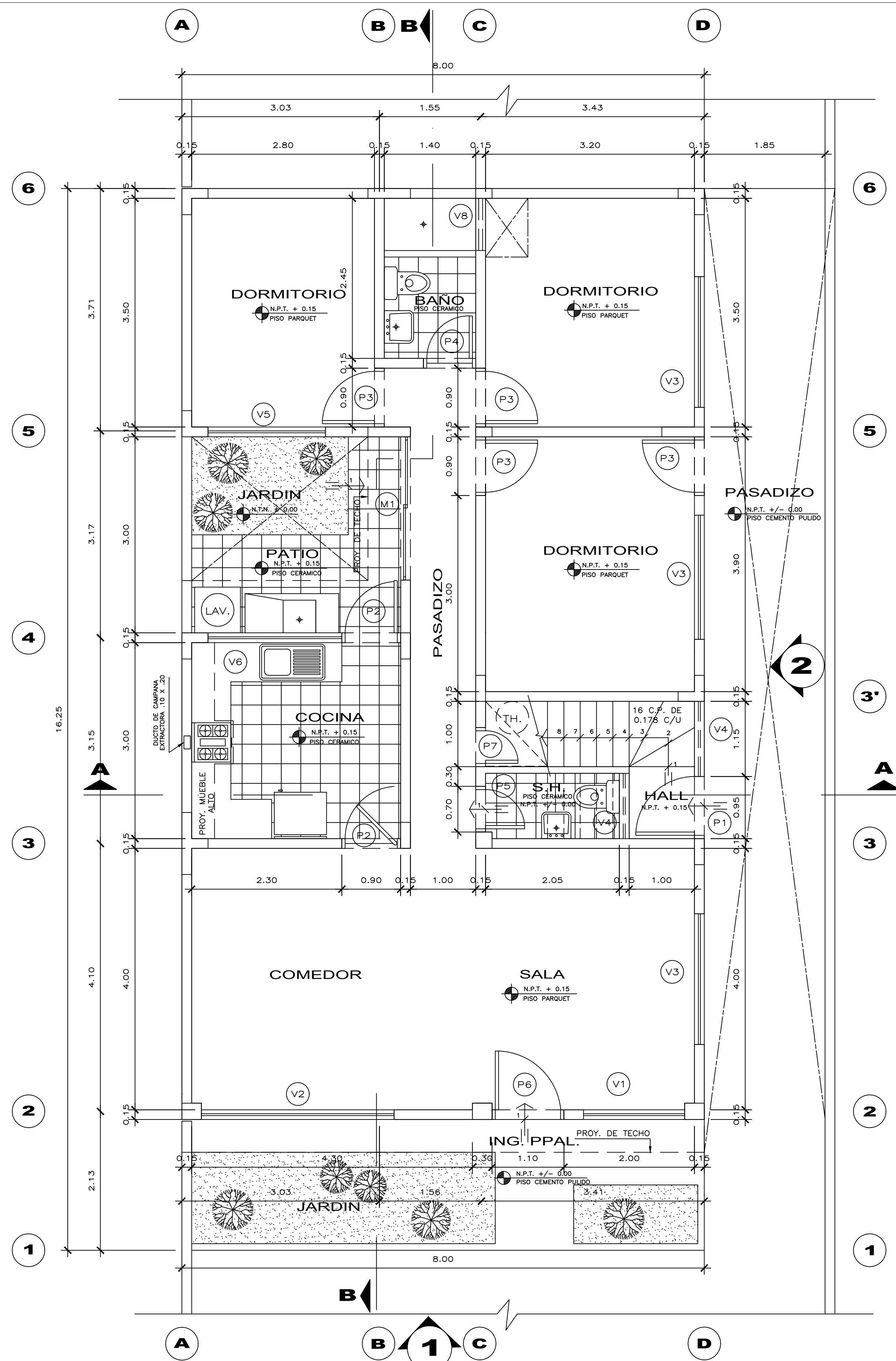
PLANTA 1° PISO
ESC. 1 / 50



PLANTA 2° PISO
ESC. 1 / 50

PROPIETARIO: YONEL MUÑOZ QUIROZ		DPTO.: CAJAMARCA	LAMINA: A-01
		PROV.: CHOTA	1 DE 3
ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA		UBICACION:	DIBUJO:
DESCRIPCION: PLANTA 1°, 2° PISO		DISTRITO:	ESCALA: 1 : 50
PROYECTO: VIVIENDA BIFAMILIAR		FECHA: JULIO - 2026	FECHA:
		PROFESIONAL: STALIN SÁNCHEZ VEGA	





PLANTA 1° PISO
ESC. 1 / 50

CUADRO DE VANOS

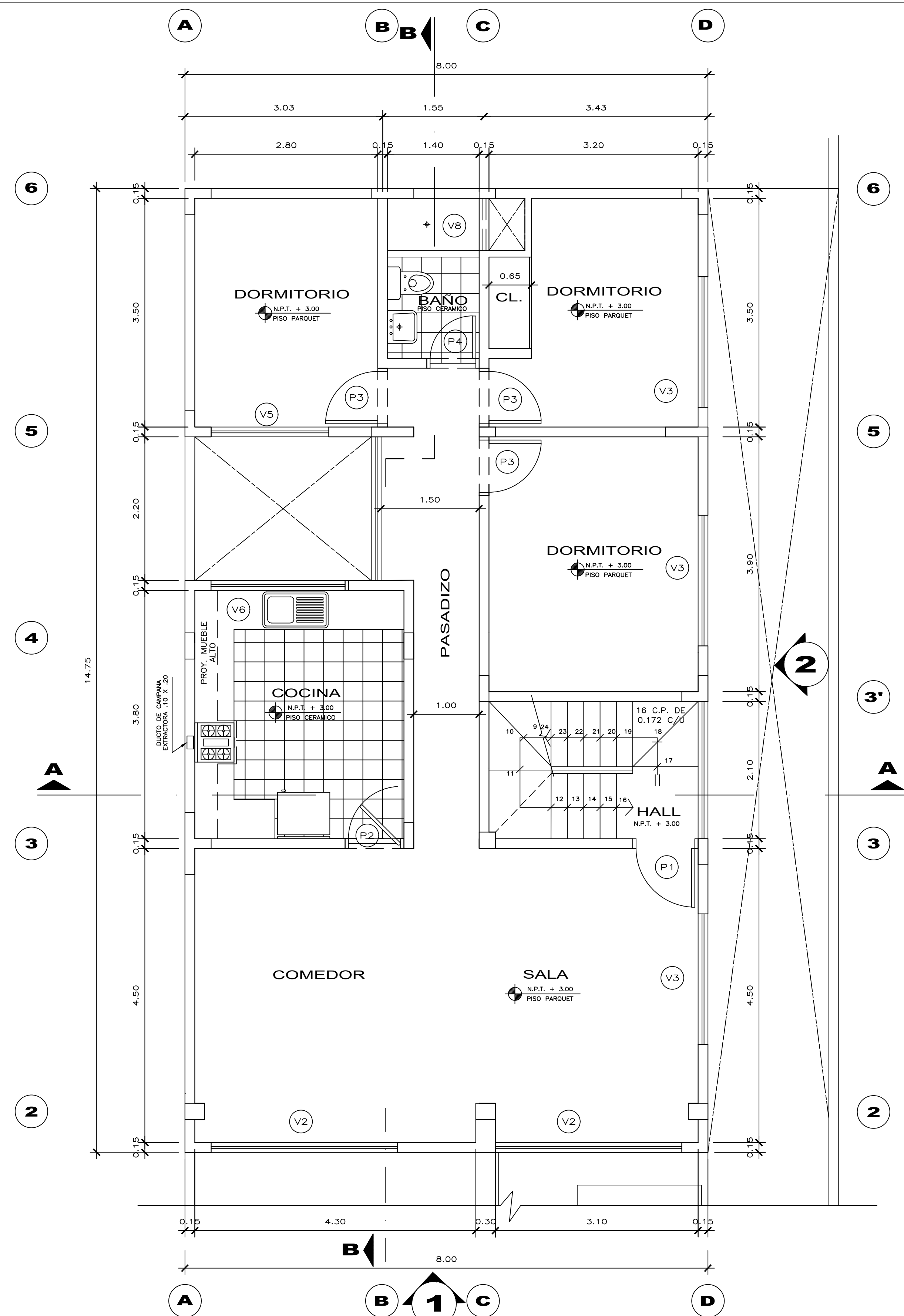
VENTANAS							
CODIGO	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
ALF.	1.00	1.00	1.00	1.90	1.80	1.20	2.20
ANCHO	1.55	2.95	2.00	1.00	0.80	2.07	0.80
ALTO	1.40	1.40	1.40	0.50	0.50	1.20	0.40

CUADRO DE VANOS

PUERTAS							
CODIGO	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
ANCHO	1.00	0.90	0.90	0.80	0.70	1.10	0.60
ALTO	2.30	2.30	2.10	2.10	1.90	2.40	1.50

CUADRO DE VANOS

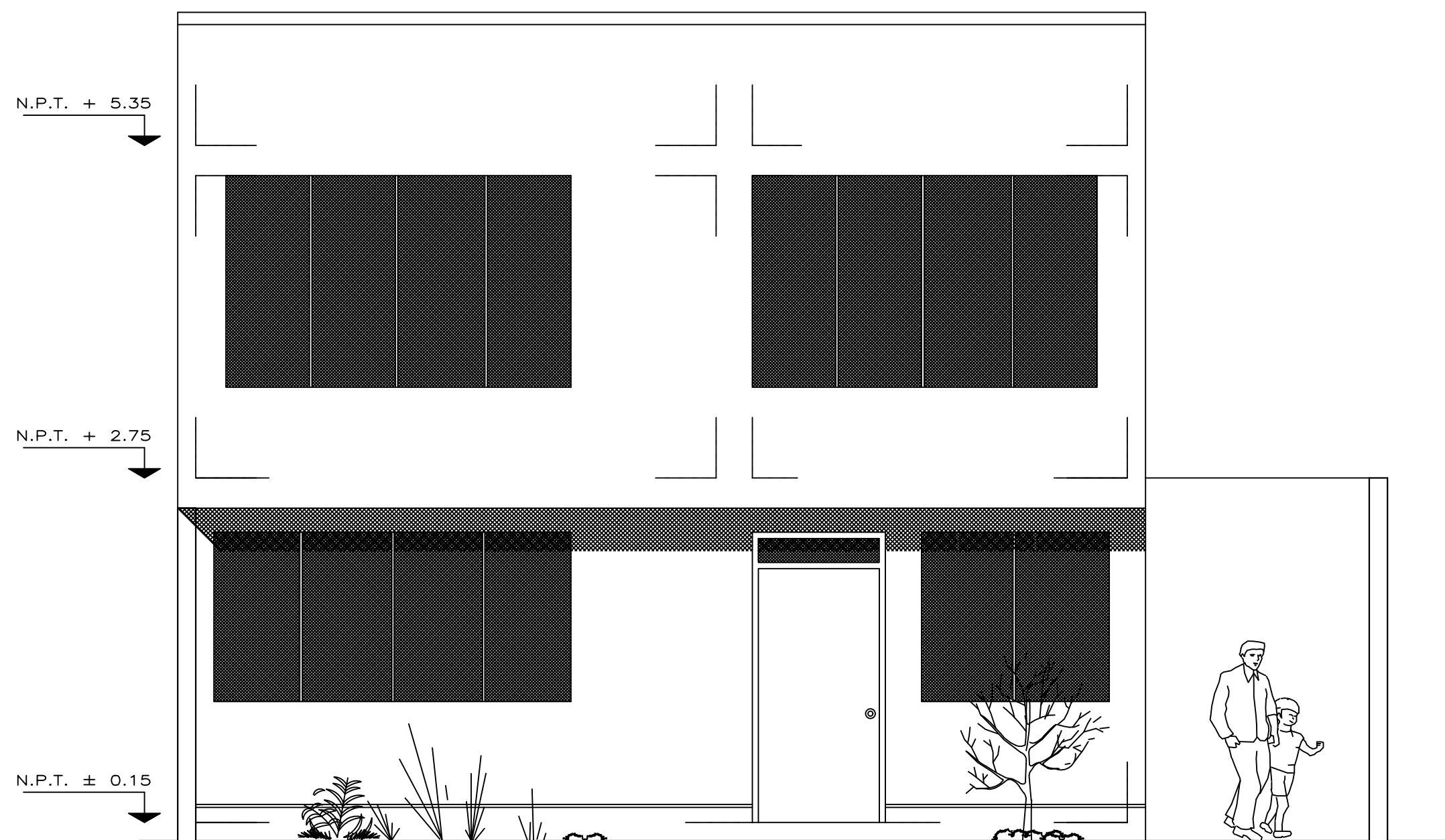
MAMPARAS		
CODIGO	M1	
ANCHO	2.20	
ALTO	2.30	



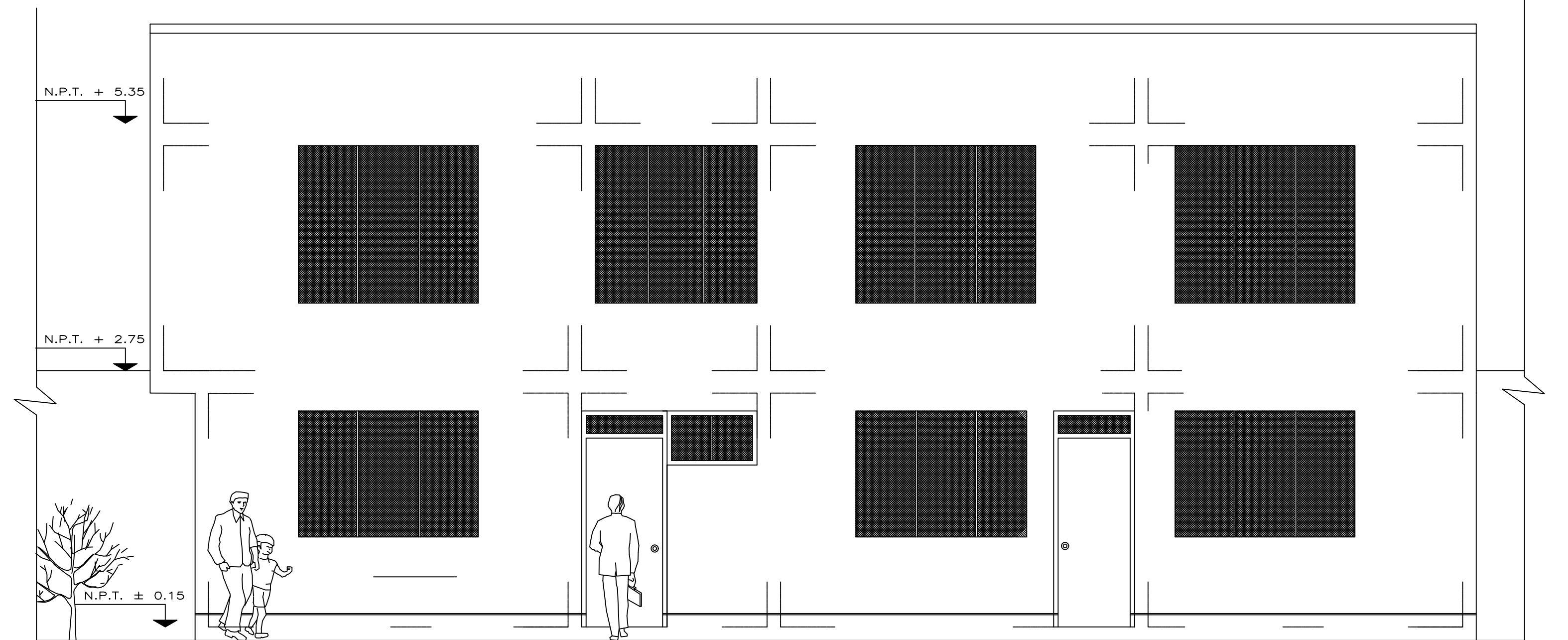
PLANTA 2° PISO
ESC. 1 / 50

PROPIETARIO: YONEL MUÑOZ QUIROZ		DPTO.: CAJAMARCA	LAMINA: A-02
ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA		PROV.: CHOTA	2 DE 3
DESCRIPCION: PLANTA 1°, 2° PISO		DISEÑO:	DIBUJO:
PROYECTO: VIVIENDA BIFAMILIAR		UBICACION: DISTRITO:	ESCALA: 1 : 50
		FECHA: JULIO - 2026	FECHA:
		PROFESIONAL: STALIN SÁNCHEZ VEGA	



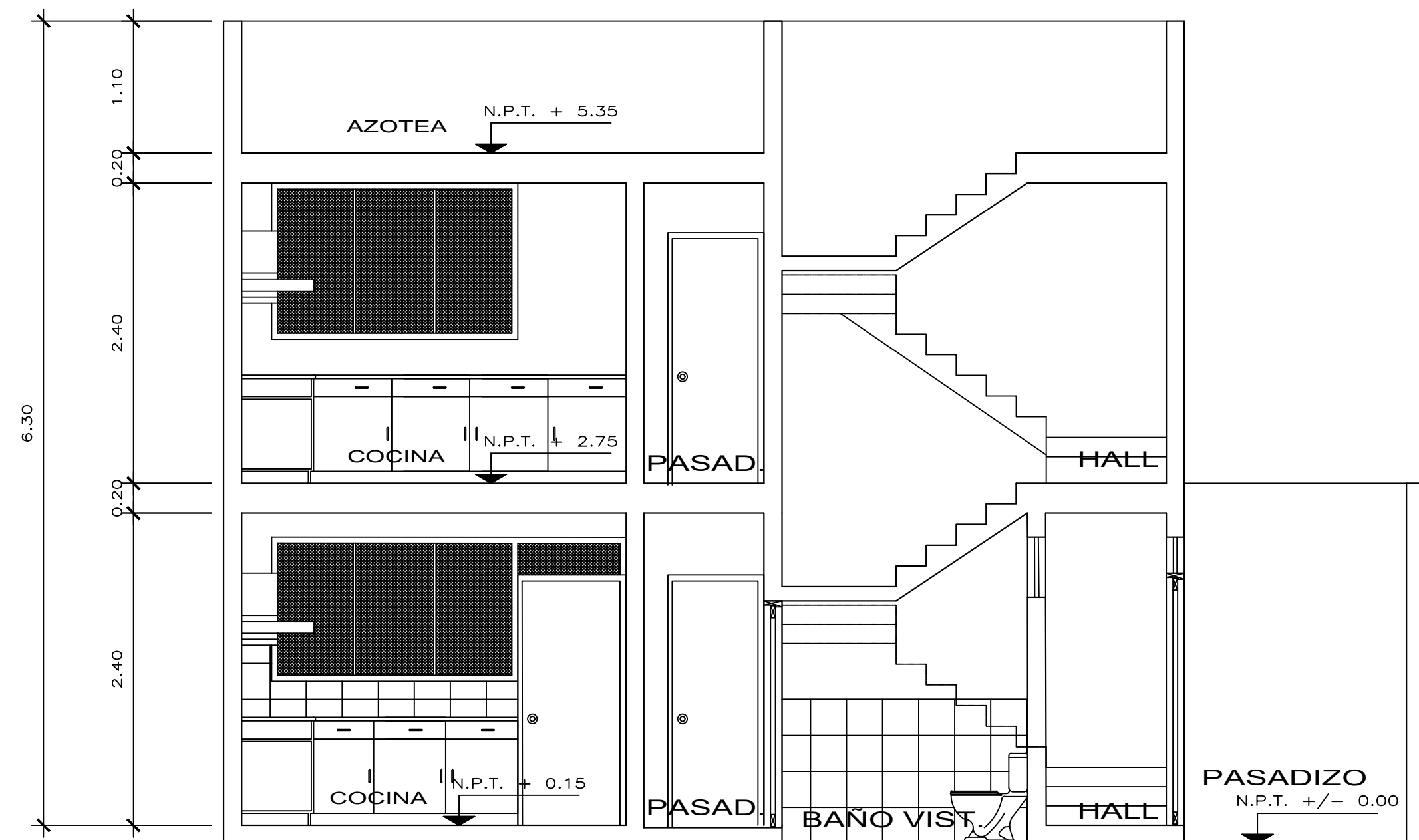


ELEVACION N° 1
ESC. 1 / 50

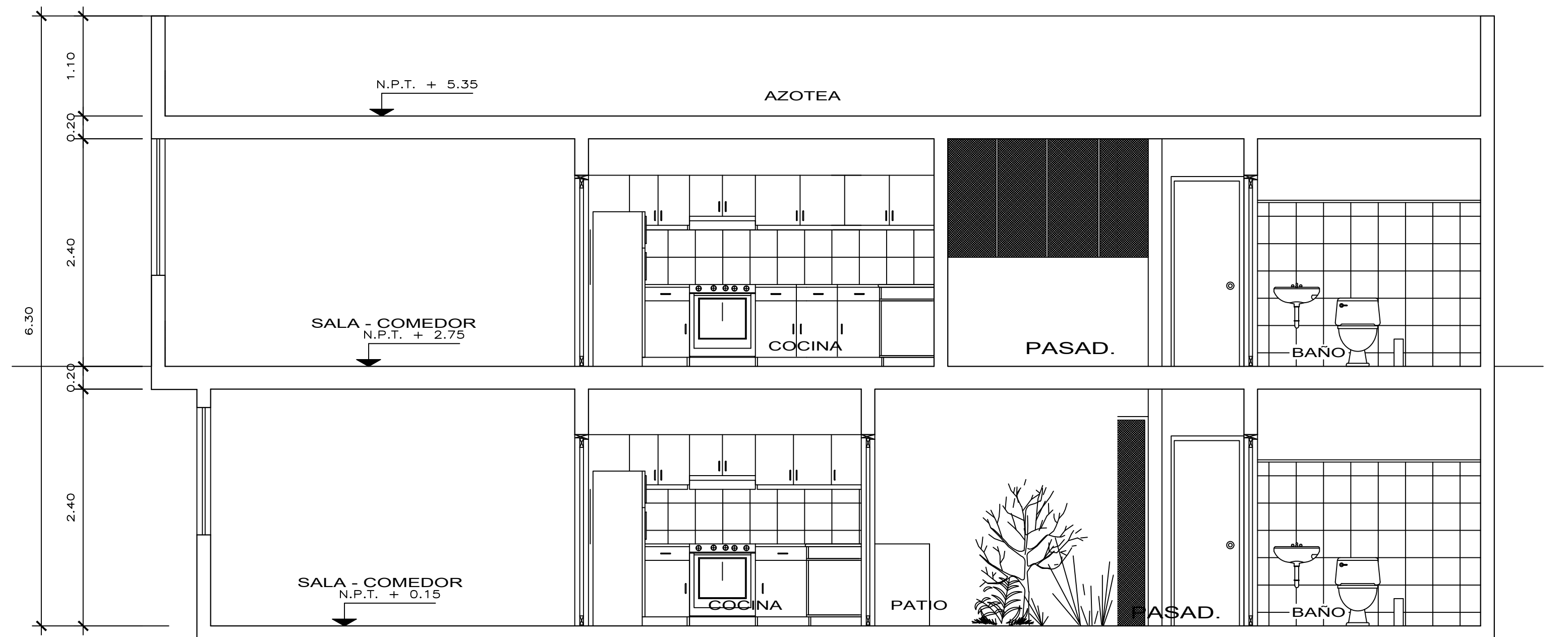


ELEVACION N° 2
ESC. 1 / 50

CAMBIO LINEA DE CORTE



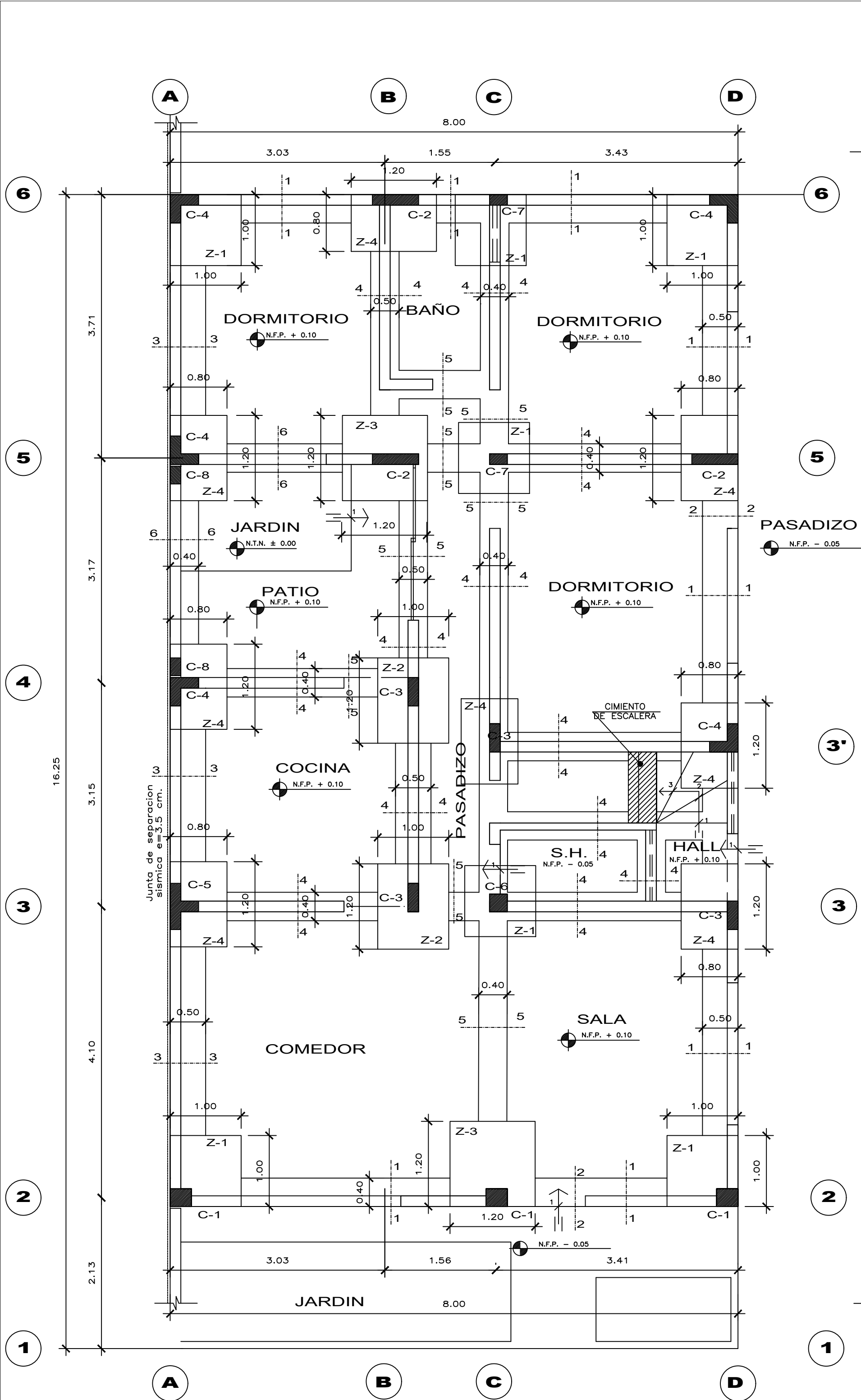
CORTE A - A
ESC. 1 / 50



CORTE B - B
ESC. 1 / 50

PROPIETARIO: YONEL MUÑOZ QUIROZ		DPTO.: CAJAMARCA	LAMINA: A-02
		PROV.: CHOTA	3 DE 3
		DISEÑO:	
ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA	UBICACION:	DIBUJO:	
DESCRIPCION: PLANTA 1°, 2° PISO	DISTRITO:	ESCALA: 1 : 50	
PROYECTO: VIVIENDA BIFAMILIAR	PROFESIONAL: STALIN SÁNCHEZ VEGA	FECHA: JULIO - 2026	

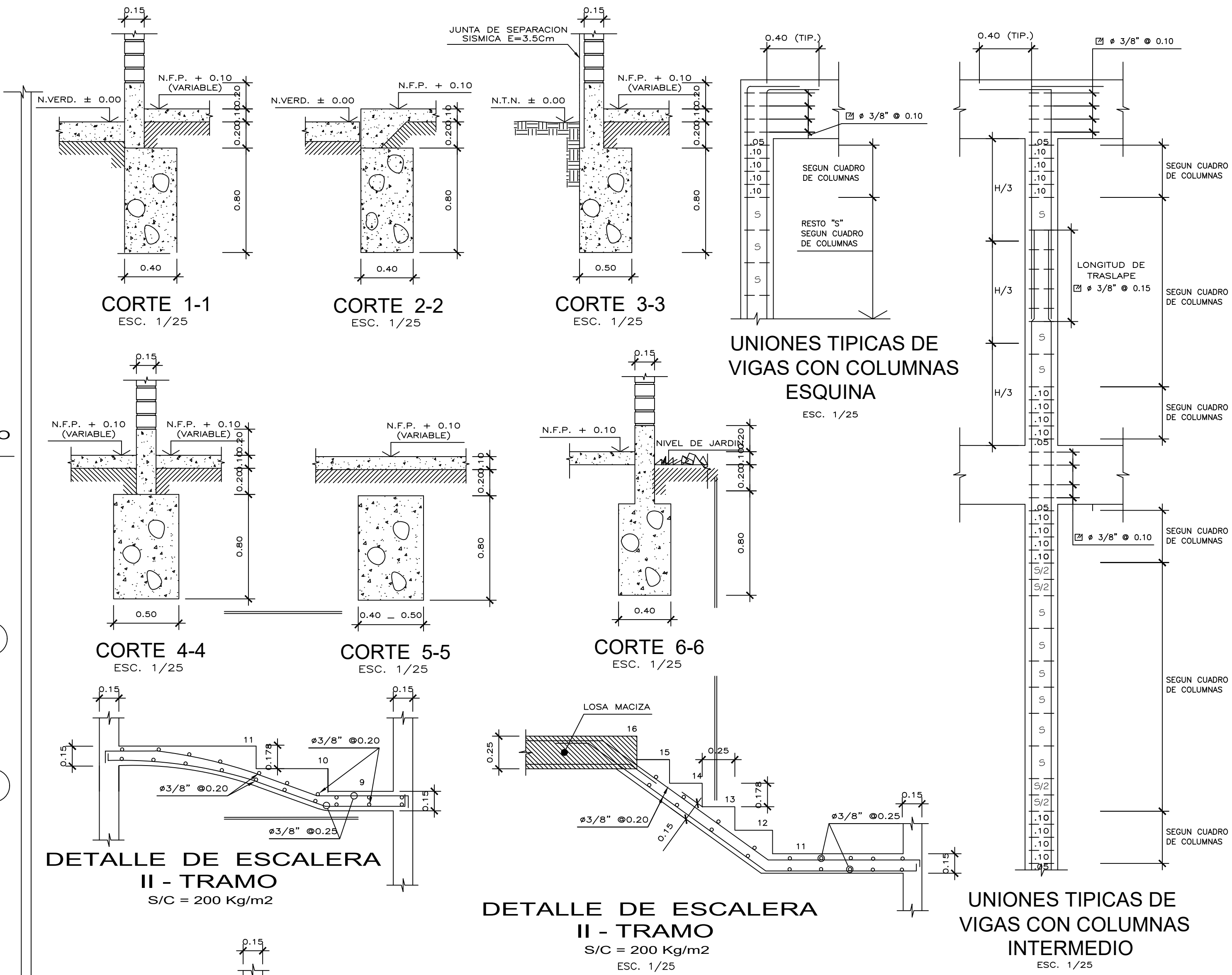




PLANTA CIMENTACION
ESC. 1 / 50

CUADRO DE COLUMNAS

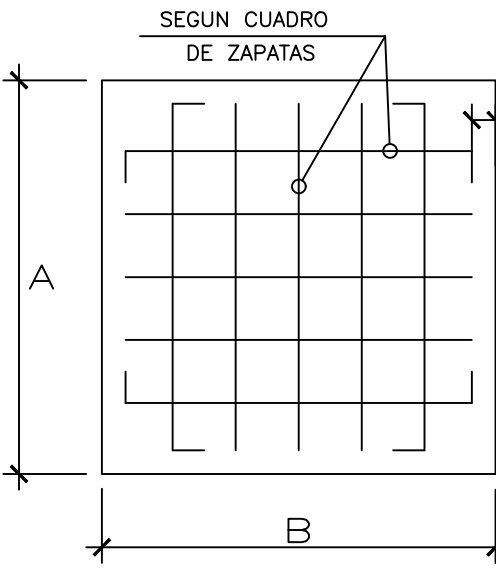
TIPO		C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8
DIMENSION									
1°PISO 2°PISO	ACERO	4 ∅ 5/8"	4 ∅ 3/8" + 2 ∅ 3/8"	4 ∅ 3/8" + 2 ∅ 3/8"	6 ∅ 3/8" + 1 ∅ 3/8"	6 ∅ 3/8" + 4 ∅ 3/8"	4 ∅ 1/2"	4 ∅ 1/2"	4 ∅ 3/8"
	ESTRIBOS	1 ∅ 3/8" @ 0.10 Rto. ∅ 0.20	2 ∅ 1/4" @ 0.10 Rto. ∅ 0.20	1 ∅ 1/4" @ 0.10 Rto. ∅ 0.20	2 ∅ 1/4" @ 0.05, 5 ∅ 0.10 Rto. ∅ 0.25	3 ∅ 1/4" @ 0.05, 5 ∅ 0.10 Rto. ∅ 0.25	1 ∅ 1/4" @ 0.05, 5 ∅ 0.10 Rto. ∅ 0.25	1 ∅ 1/4" @ 0.05, 5 ∅ 0.10 Rto. ∅ 0.25	1 ∅ 1/4" @ 0.05, 5 ∅ 0.10 Rto. ∅ 0.25
CANTIDAD		03	03	04	05	01	01	02	02



CUADRO DE ZAPATAS

TIPO	DIMENSION AxB	H	PARRILLA
Z-1	1.00 x 1.00	0.70	1 ∅ 3/8" @ 0.15
Z-2	1.00 x 1.20	0.70	1 ∅ 3/8" @ 0.15
Z-3	1.20 x 1.20	0.70	1 ∅ 1/2" @ 0.15
Z-4	0.80 x 1.20	0.70	1 ∅ 3/8" @ 0.15

MALLA DE ZAPATA



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO CICLOPEO
CIMENTOS CORRIDOS : CONCRETO CICLOPEO 1:10
(CEMENTO-HORMIGON MAS 30% PG (6"max.)
SOBRECIMENTOS : CONCRETO CICLOPEO 1:8
(CEMENTO-HORMIGON MAS 25% PG (3"max.)

CONCRETO ARMADO
CONCRETO : f'c = 210Kg/cm2
ACERO REFUERZO : fy = 4200 Kg/cm2

RECUBRIMIENTOS
VIGAS PERALTADAS Y COLUMNAS : 4 Cm
VIGAS CHATAS : 2.5 Cm
ESCALERAS Y ALIGERADOS : 2 Cm
ZAPATAS : 7 Cm

SOBRECARGAS : S/C : INDICADA EN LOS PLANOS DE ALIGERADOS
AZOTEA : 200 Kg / m2
RESTO : 200 Kg / m2
ESCALERA : 200 Kg / m2

LONGITUDES MINIMAS DE ANCLAJE Y TRASLAPE DE ARMADURAS

∅	ANCLAJE	TRASLAPES	ESTRIBOS (Z)
1/4"	0.45	0.55	0.10
3/8"	0.45	0.55	0.15
1/2"	0.50	0.60	
5/8"	0.60	0.75	
3/4"	0.70	0.80	

TERRENO
CAPACIDAD PORTANTE : 2.00 Kg/cm2

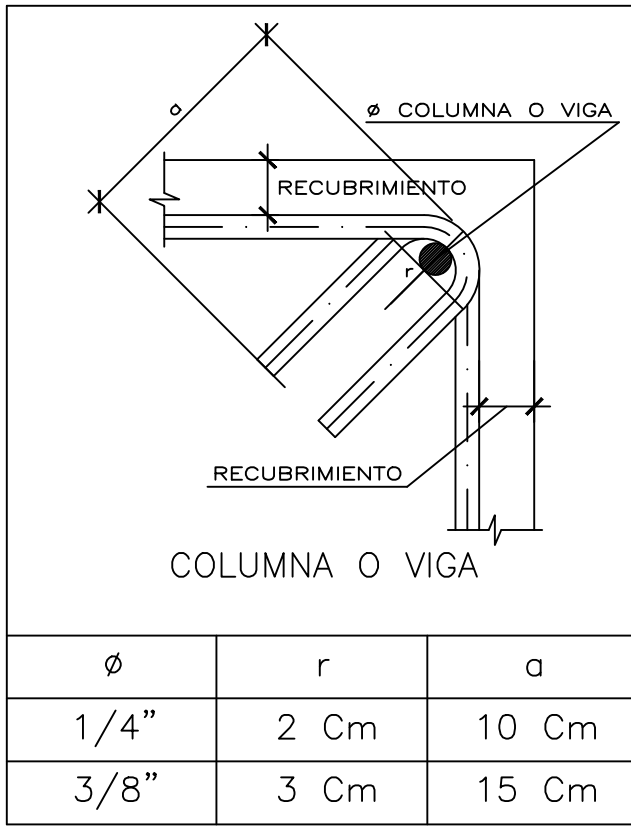
ESPECIFICACIONES DE DISEÑO Y CONSTRUCCION :
REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES
NORMAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE
NORMAS TECNICAS DE EDIFICACION E-020, E-030, E-050, E-060, E070

OBSERVACIONES :
LOS MUROS ACHURADOS SON PORTANTES Y SERAN DE BLOQUES
HUECOS DE CONCRETO ARTESANAL, CON PORCENTAJE DE VACIOS < 30% .
LOS MUROS NO PORTANTES SE LEVANTARAN A SU ALTURA TOTAL
DESPUES DEL DESENCOFRADO DEL TECHO , CON LADRILLO PANDERETA.

CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERIA CONFINADA :
UNIDAD (BLOQUES HUECOS DE CONCRETO) : f'm 38 Kg / Cm2
ESPESOR MINIMO : e min. = 0.12m , 0.40m
% MAXIMO DE VACIOS : 30 %
MORTERO P1-C : 1:3 (CEMENTO : ARENA)
ESPESOR DE JUNTAS DE MORTERO : e min : =0.9 Cm
e max : =1.5 Cm

Si tiene Alveolos estos no excederan el 30% del Volumen

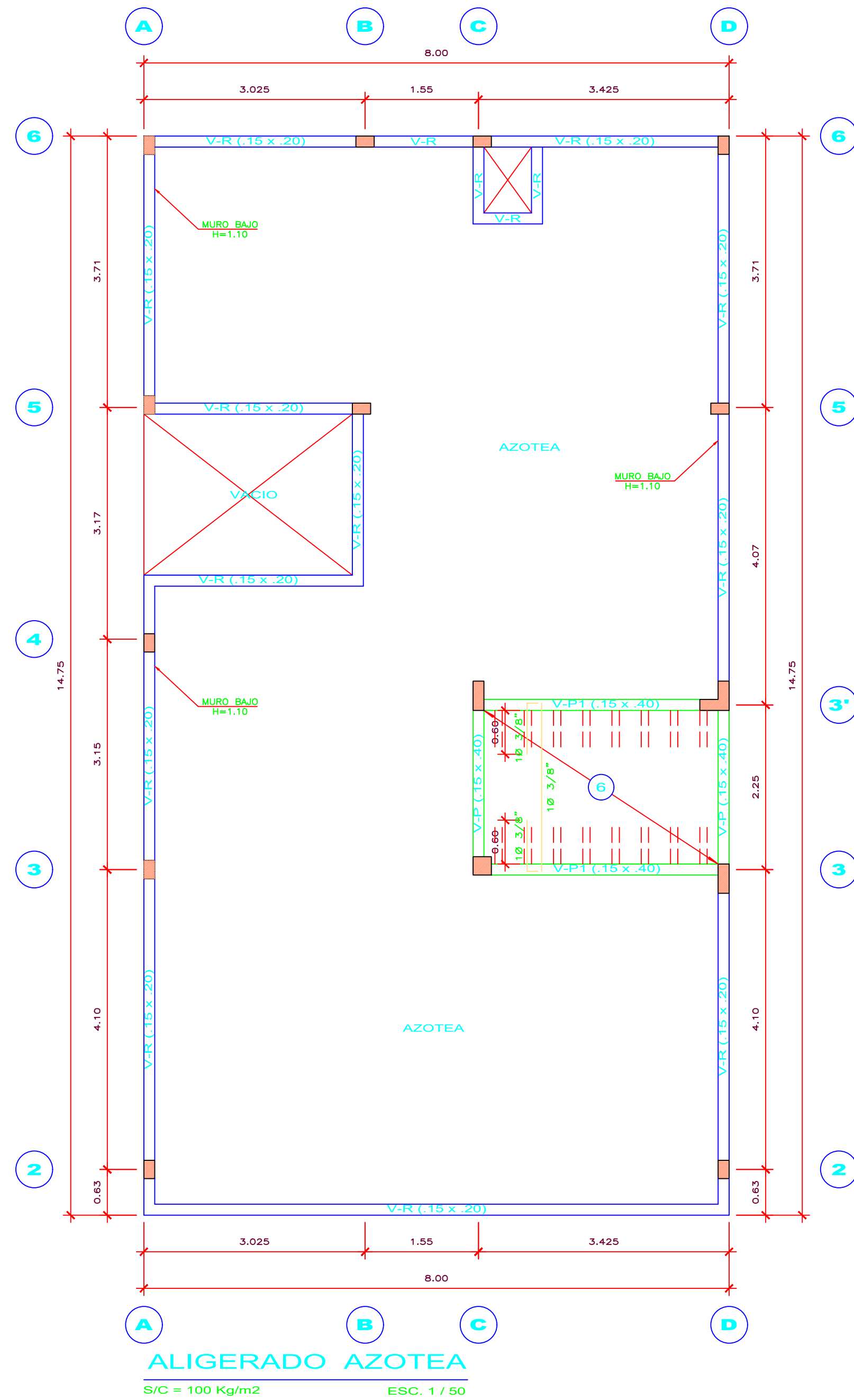
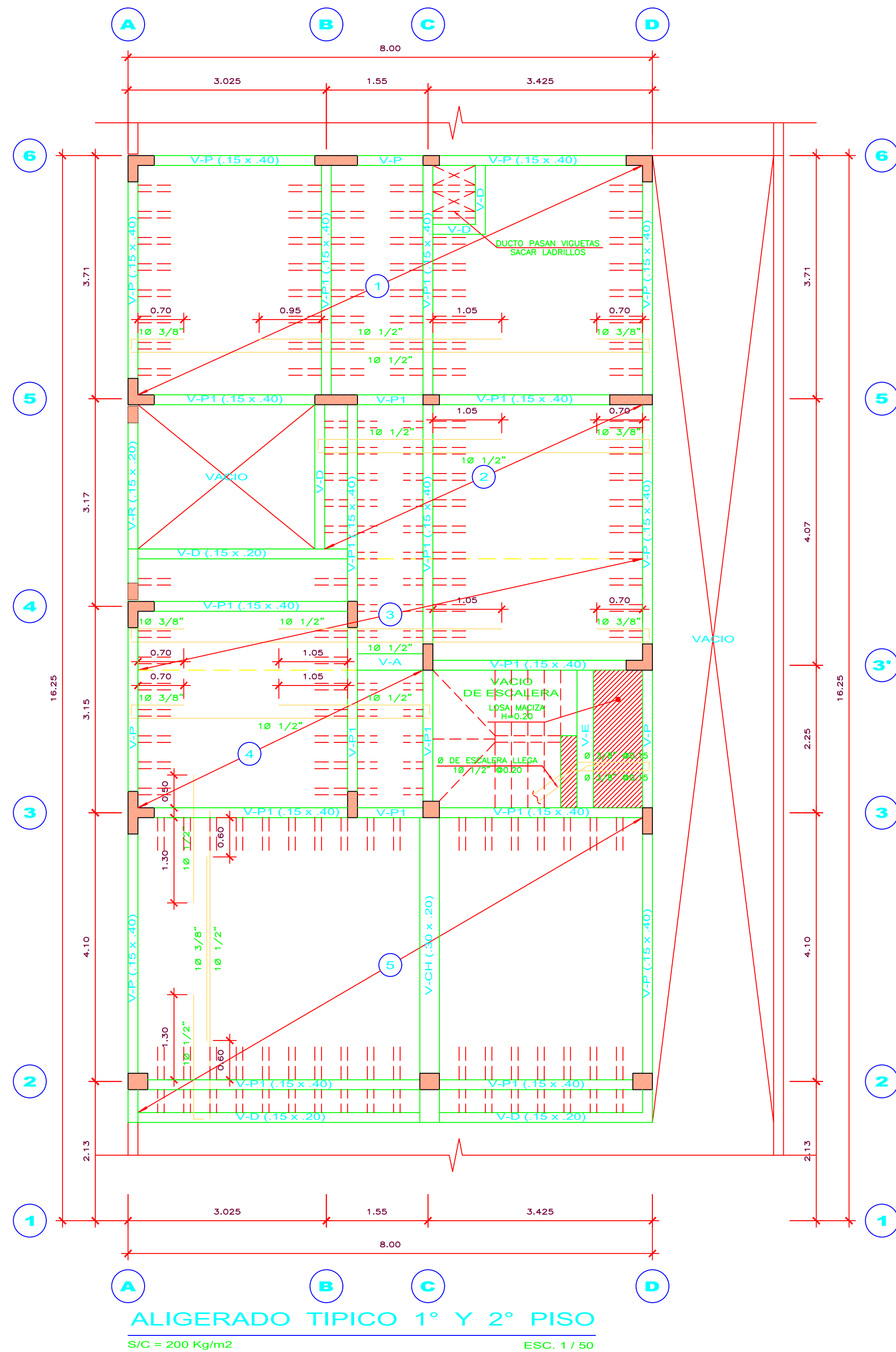
NOTA : CIMENTACION :
1) - TODAS LAS ZAPATAS TIENEN H = 0.70 ; CONCRETO f'c = 175 Kg/m2.
2) - EL NIVEL DE CIMENTACION SERA = 1.00; SALVO ESTE INDICADO EN PLANTA.
3) - PARA EL TRAZO DE CIMENTACION VER LOS PLANOS DE ARQUITECTURA.



DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIBOS
ESCALA 1/5

PROPIETARIO:	YONEL MUÑOZ QUIROZ	DPTO. CAJAMARCA	LÁMINA: E-01
ESPECIALIDAD:	ESTRUCTURAS	PROV.: CHOTA	1 DE 2
DESCRIPCION:	PLANTA 1°,2° PISO	DIBUJO:	
PROYECTO:	VIVIENDA BIFAMILIAR	ESCALA:	1 : 50
		FECHA:	
		PROFESIONAL:	STALIN SÁNCHEZ VEGA





TRASLAPES Y EMPALMES PARA VIGAS, LOSA Y ALIGERADOS

NOTAS

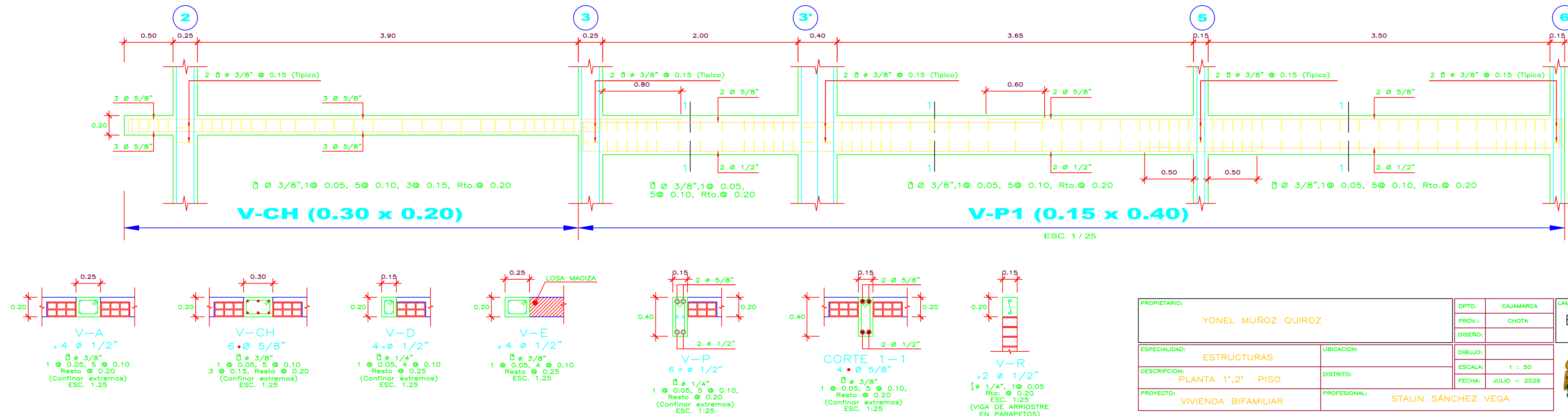
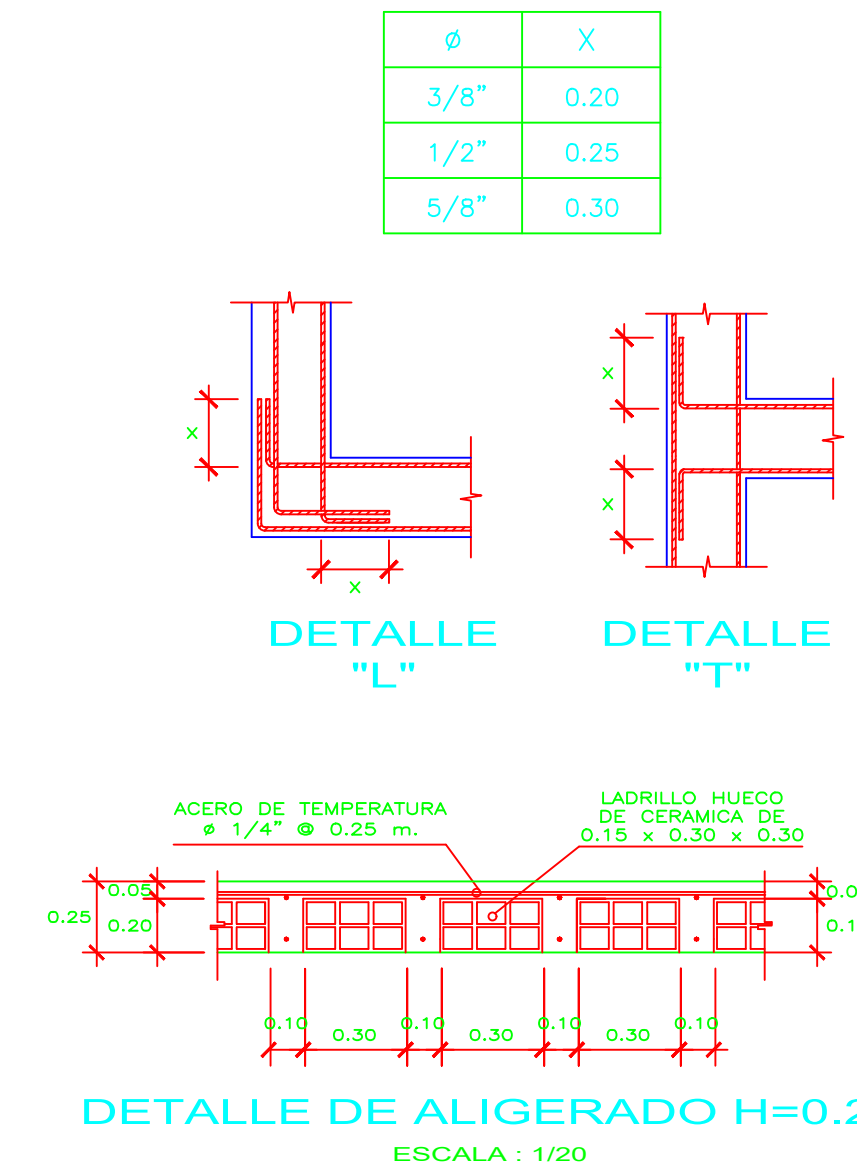
- 1.- NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA DE UNA MISMA SECCION
- 2.- EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70 %
- 3.- PARA ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 25 CM. PARA FIERRO DE 3/8" Y 35 CM. PARA 1/2" O 5/8"

VALORES DE m

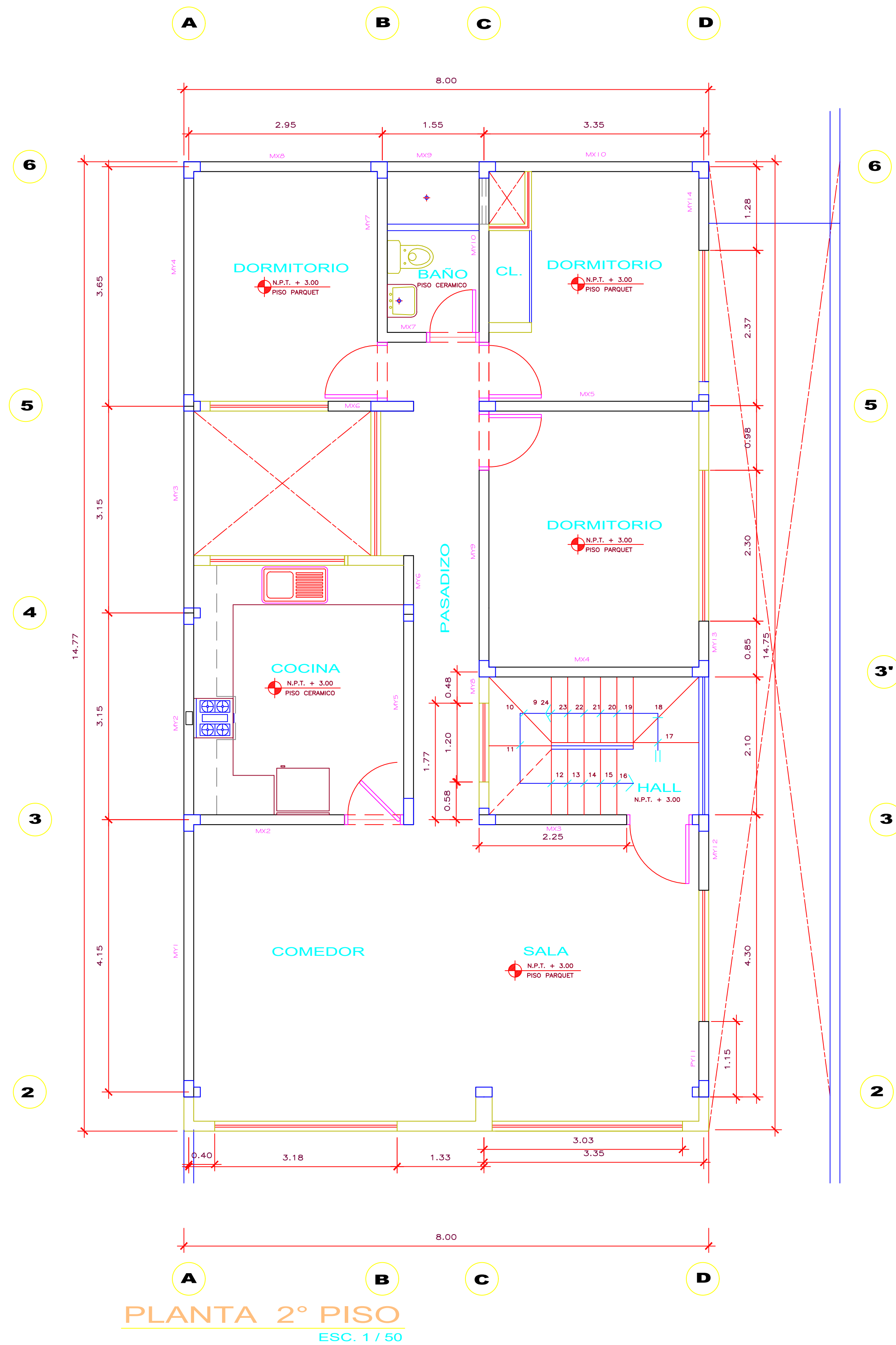
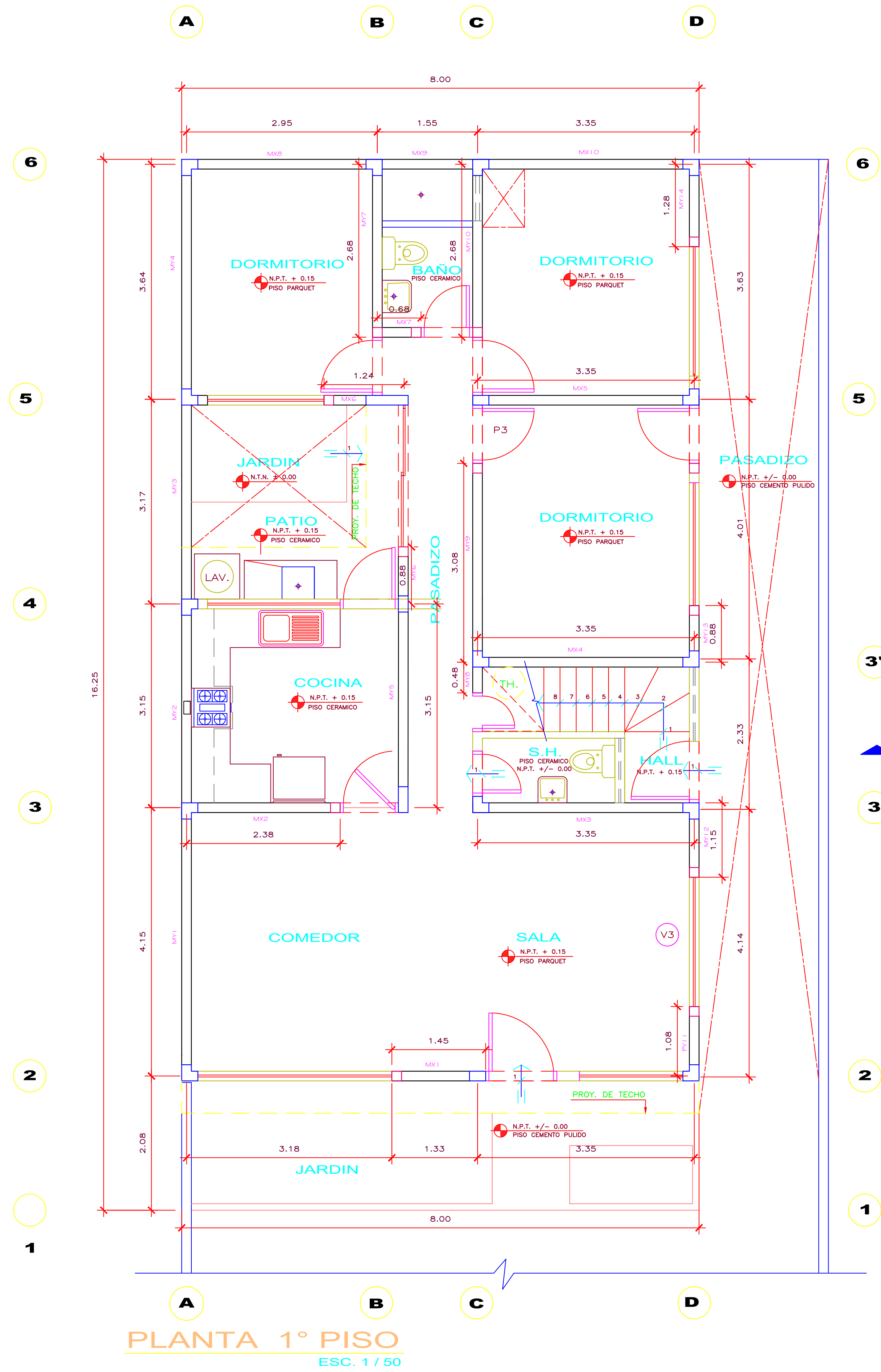
Ø	REFUERZO INFERIOR h CUALQUIERA	REFUERZO SUPERIOR h < .30	REFUERZO SUPERIOR h > .30
3/8"	.40	.40	.45
1/2"	.40	.40	.50
5/8"	.50	.55	.60
3/4"	.60	.65	.75
1"	1.15	1.00	1.30

EMPALME VERTICAL

Ø	X
3/8"	0.40
1/2"	0.40
5/8"	0.50
3/4"	0.60



PROPIETARIO: YONEL MUÑOZ QUIROZ		DPTO.: CAJAMARCA	LAMINA: E-02
ESPECIALIDAD: ESTRUCTURAS		PROV.: CHOTA	2 DE 2
DESCRIPCION: PLANTA 1°, 2° PISO		DISEÑO:	DIBUJO:
PROYECTO: VIVIENDA BIFAMILIAR		DISTRITO:	ESCALA: 1 : 50
		FECHA: JULIO - 2026	
		PROFESIONAL: STALIN SANCHEZ VEGA	



PROPIETARIO:		YONEL MUÑOZ QUIROZ		DPTO.	CAJAMARCA	LAMINA: M-01 1 DE 1
				PROV.:	CHOTA	
				DISEÑO:		
ESPECIALIDAD: UBICACIÓN DE LOS MUROS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DE MUROS		UBICACION:		DIBUJO:		
DESCRIPCION: PLANTA 1°,2° PISO		DISTRITO:		ESCALA: 1 : 50		
				FECHA: MAYO 2002		
PROYECTO: VIVIENDA BIFAMILIAR		PROFESIONAL: STALIN SÁNCHEZ VEGA				



Anexo 8. Diseño de mezcla propuesto para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ como alternativa de mejora técnica

La dosificación propuesta para $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ se planteó como una alternativa técnica de mejora para la producción artesanal de bloques de concreto en Cruz Conga, Conchán. Esta propuesta no formó parte de la fabricación de los bloques ensayados en la investigación, por lo que no se utilizó para interpretar los resultados físico-mecánicos obtenidos en unidades, pilas o muretes. Su inclusión tuvo únicamente carácter referencial y prospectivo.

La selección preliminar de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, equivalente aproximadamente a 17 MPa, se fundamentó en la clasificación de resistencia para unidades de albañilería de concreto establecida en la Tabla 7 de la NTP 399.601 (INACAL, 2016). Para el Tipo 17, esta norma exige una resistencia promedio mínima de 17 MPa (173.35 kg/cm^2) en tres unidades y una resistencia mínima individual de 14 MPa (142.76 kg/cm^2). En consecuencia, el valor adoptado se utilizó como referencia para formular una mezcla de concreto de mayor desempeño. No obstante, el $f'c$ del diseño de mezcla no equivale por sí mismo a la resistencia a compresión f'_b del bloque terminado ni acredita automáticamente su clasificación como Tipo 17. Dicha clasificación deberá comprobarse después de fabricar y curar las unidades, ensayarlas conforme a la NTP 399.604 (INACAL, 2015) y contrastar sus resultados con los requisitos de la NTP 399.601.

El diseño de mezcla se desarrolló mediante la metodología ACI 211.1, considerando las propiedades físicas de los agregados caracterizados en laboratorio, así como el uso de cemento Portland Tipo I y de agua potable. La propuesta deberá ser validada experimentalmente en investigaciones posteriores mediante la fabricación de bloques, el curado por aspersión y ensayos de resistencia en unidades, pilas y muretes, antes de recomendar su aplicación productiva.

A. Dosificación propuesta como mejora para la ladrillera Cruz Conga $f'_c=175$ kg/cm².

Con la finalidad de proponer una alternativa técnica orientada a mejorar el desempeño mecánico de los bloques huecos artesanales, se desarrolló en gabinete una dosificación preliminar de concreto con $f'_c = 175$ kg/cm² (aproximadamente 17 MPa). Este valor se adoptó por su correspondencia numérica aproximada con la resistencia promedio mínima prevista para las unidades Tipo 17 en la Tabla 7 de la NTP 399.601 (INACAL, 2016). La propuesta se elaboró aplicando la metodología ACI 211.1 (2022), utilizando los agregados caracterizados en laboratorio, cemento Portland Tipo I y agua potable del lugar. La comparación con la dosificación empírica de la fábrica, asociada a $f'_c = 50$ kg/cm², tuvo carácter prospectivo y no modificó la interpretación de los bloques ensayados. La eventual denominación Tipo 17 solo procederá si las unidades fabricadas con la mezcla propuesta cumplen los valores promedio e individual establecidos por la NTP 399.601.

a) Equipos, materiales e instrumentos utilizados

- Resultados de ensayos físico-mecánicos de agregados (arena y confitillo).
- Normas ACI 211.1 (2022) para el diseño de mezcla, NTP 399.601 (INACAL, 2016) para los requisitos de clasificación y NTP 399.604 (INACAL, 2015) para el muestreo y ensayo de unidades de concreto.
- Software Excel 2024 para el diseño y el ajuste por humedad/absorción.
- Calculadora científica (verificación).

b) Procedimiento realizado

- Se tomó como base la caracterización de los agregados y se planteó el diseño según el ACI 211.1 para una resistencia objetivo de $f'_c = 175$ kg/cm².

- Se calcularon los volúmenes absolutos, la relación a/c, el consumo de cemento y el ajuste por humedad/absorción.
- Se expresaron proporciones equivalentes para facilitar una eventual implementación práctica en la fábrica.

c) Para el diseño de mezcla del concreto f'_c 175 kg/cm² propuesta para bloques de concreto tipo 17 MPa

En este anexo se incluyen los resultados de los ensayos de agregados y las hojas de cálculo del diseño de mezcla correspondientes a la dosificación propuesta. El valor $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ corresponde a la resistencia de diseño del concreto obtenida mediante ACI 211.1 y no a la resistencia f'_b de la unidad terminada. Por ello, la comprobación del Tipo 17 requerirá fabricar los bloques, determinar su resistencia a compresión conforme a la NTP 399.604 y verificar un promedio mínimo de 17 MPa en tres unidades y un valor individual mínimo de 14 MPa, de acuerdo con la Tabla 7 de la NTP 399.601 (INACAL, 2016).

Selección de resistencia media (f'_{cr}): Se determinaron los requisitos de resistencia a compresión, es se definió el f'_c de diseño 175 kg/cm².

$$F'_{cr} = F'_c + 84 \text{ kg/cm}^2 \quad (142)$$

$$F'_{cr} = 175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2 \quad (143)$$

Elección del Slump: 1" a 2"

Determinación de las propiedades de los materiales: Se recolectaron y analizaron los datos de los materiales a utilizar en la mezcla, así como los resultados de los ensayos de los agregados (confitillo y arena), del cemento y del agua.

Selección del TMN de partícula de los áridos gruesos: 3/8"

$$\text{Para TMN } 3/8'' \rightarrow \text{agua} = 207 \text{ lt/m}^3 \rightarrow 3\% \text{ aire} \quad (144)$$

Contenido de aire: 3%

Contenido de agua: 207 L/m³

Relación agua/cemento (A/C): 0.613

$$\text{Para } f'c \text{ } 210 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \frac{a}{c} = 0.613 \quad (145)$$

Tabla 62

Relación a/c de acuerdo a la resistencia

Resistencia a compresión a los 28 días (kg/cm ²)	a/c	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
200	0.69	0.60
150	0.79	0.70

Nota. (ACI 211.1, 2022).

Cálculo del consumo de cemento: Se calculó la cantidad de cemento necesaria mediante la relación agua-cemento requerida y el contenido de agua, con el fin de alcanzar la resistencia a la compresión especificada.

$$\frac{\text{Cantidad de agua}}{\text{Factor } C} = A/C \quad (146)$$

$$\frac{207}{\text{Factor } C} = 0.613 \quad (147)$$

$$\text{Factor } C = 7.94 \text{ bolsas/m}^3 \quad (148)$$

Peso del agregado grueso

$$\text{Peso A. G.} = \frac{b}{bo} \times \text{Peso PUC} \quad (149)$$

Entonces b/bo es la relación entre el MF de la arena y el TMN de la grava.

Tabla 63

Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario del Concreto

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso (cm ³) para MF de la arena		
	2.00	2.07	2.40
3/8"	0.54	b/bo=0.533	0.50

Nota. (ACI 211.1, 2022).

$$\text{Peso A. G.} = 0.533 \times 1469.29 \quad (150)$$

$$\text{Peso A. G.} = 783.13 \text{ kg} \quad (151)$$

Determinación del volumen absoluto: Se determinaron las proporciones de los agregados (grava y arena) en función de la relación requerida entre ambos y considerando el contenido de cemento previamente calculado.

$$\text{Cemento} \rightarrow \text{vol. cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{PU.Cemento (kg/cm}^3\text{)}} \quad (152)$$

$$\text{A. grueso} \rightarrow \text{vol. AG (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.grueso húmedo (kg)}}{\text{PU.A.grueso húmedo (kg/cm}^3\text{)}} \quad (153)$$

$$\text{A. fino} \rightarrow \text{vol. AF (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.fino húmedo (kg)}}{\text{PU.A.fino húmedo (kg/cm}^3\text{)}} \quad (154)$$

$$\text{Agua (lts/bls)} = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3}{\frac{\text{Peso del cemento por m}^3}{\text{Peso del cemento por bolsa}}} \quad (155)$$

$$\text{Cemento} = \frac{C}{\text{Densidad}} \quad (156)$$

$$\text{Cemento} = \frac{337.57 \text{ kg/m}^3}{3120 \text{ kg/m}^3} = 0.108 \text{ m}^3 \quad (157)$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Peso específico}} \quad (158)$$

$$\text{Agua} = \frac{207}{1000} = 0.207 \text{ m}^3 \quad (159)$$

$$\text{Aire} = \text{contenido de aire atrapado} = 0.030 \text{ m}^3 \quad (160)$$

$$\text{AG} = \frac{\text{Peso AG}}{\text{Peso específico}} \quad (161)$$

$$\text{AG} = \frac{783.13 \text{ kg/m}^3}{2620.29 \text{ kg/m}^3} = 0.299 \text{ m}^3 \quad (162)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (\text{Cemento} + \text{agua} + \text{aire} + \text{AG}) \quad (163)$$

$$\text{Volumen AF} = 1 - (0.108 + 0.207 + 0.030 + 0.299) \quad (164)$$

$$\text{Volumen AF} = 0.356 \text{ m}^3 \quad (165)$$

Determinación del peso del agregado fino

$$\text{Peso AF} = \text{Volumen AF} \times \text{Peso específico AF} \quad (166)$$

$$\text{Peso AF} = 0.356 \times 2583.83 = 919.67 \text{ kg} \quad (167)$$

Pesos de agregados para diseño

$$\text{Cemento} = 337.57 \text{ kg/m}^3 \quad (168)$$

$$\text{Agua efectiva} = 207 \text{ Lt/m}^3 \quad (169)$$

$$\text{Agregado fino húmedo} = 920 \text{ kg/m}^3 \quad (170)$$

$$\text{Agregado grueso húmedo} = 783.13 \text{ kg/m}^3 \quad (171)$$

Ajuste de agregados por humedad

$$\text{Agregado final} = \text{Agregado kg} \times (\text{Contenido de humedad} + 1) \quad (172)$$

$$\text{Agregado fino} = 920 \times (10.41\% + 1) = 1015.40 \text{ kg} \quad (173)$$

$$\text{Agregado grueso} = 783.13 \times (5.72\% + 1) = 827.93 \text{ kg} \quad (174)$$

Aporte de agua a la mezcla: Se calculó la cantidad de agua necesaria para alcanzar la consistencia deseada del concreto, basándose en la relación agua-cemento y en el contenido de cemento definido.

$$\text{Aporte de agua} = \sum(\text{humedad} - \text{absorción}) \times \text{agregados final} \quad (175)$$

$$\text{Aporte AF} = \sum(10.41\% - 0.50\%) \times 1015.40 = 91.14 \text{ lts} \quad (176)$$

$$\text{Aporte AG} = \sum(5.72\% - 0.98\%) \times 827.93 = 37.12 \text{ lts} \quad (177)$$

Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua} - \text{aporte de agua} \quad (178)$$

$$\text{Agua efectiva} = 207 \text{ lts} - (91.14 + 37.12) = 78.70 \text{ lts} \quad (179)$$

Proporción de diseño base: Se realizaron ajustes en las proporciones de los componentes de la mezcla para asegurar el cumplimiento de las características deseadas del concreto.

$$\text{Cemento} = 337.57 \text{ kg/m}^3 \quad (180)$$

$$\text{Agua efectiva} = 78.74 \text{ Lt/m}^3 \quad (181)$$

$$\text{Agregado fino húmedo} = 1014.40 \text{ kg/m}^3 \quad (182)$$

$$\text{Agregado grueso húmedo} = 827.93 \text{ kg/m}^3 \quad (183)$$

B. Dosificación obtenida bajo la norma ACI 211.1 para $f'c$ 175 kg/cm² (propuesta de mejora, no aplicada en ensayos)

Con base en la clasificación de unidades de concreto de la NTP 399.601 (INACAL, 2016), se desarrolló una propuesta de dosificación de concreto con $f'c = 175$ kg/cm² como punto de partida para obtener unidades de mayor desempeño. La dosificación incrementó el contenido de cemento y redujo la relación agua/cemento respecto de la mezcla empírica. Sin embargo, el diseño conforme a ACI 211.1 no constituye una verificación de cumplimiento del Tipo 17, debido a que la NTP 399.601 clasifica la resistencia del bloque terminado. La propuesta no se utilizó para fabricar los bloques evaluados en la investigación y deberá validarse mediante ensayos de unidades producidas y curadas bajo condiciones controladas.

Tabla 64

Dosificación para 1 m³ de concreto con agregados de Cruz Conga obtenida bajo la Norma ACI 211.1 para $f'c$ 175 kg/cm²

Diseño ($f'c$) kg/cm ²	175			
Desviación estándar	70			
Resistencia requerida ($f'cr$)	248			
Asentamiento	1" a 2"			
Relación a/c	0.613			
Contenido de aire	3%			
Proporción	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
Cantidades en kg	337.57	1015.4	827.93	78.74
Proporción en peso	1	3.01	2.45	0.23
Proporción en volumen por pie cúbico	1	3.28	2.88	9.91
Peso por tanda (kg/bolsa)	42.5	127.8	104.2	9.91
En obra	1 bolsa	5.1 balde	4.5 balde	9.91 lt/bolsa

Nota. La dosificación constituye una propuesta preliminar obtenida mediante ACI 211.1. El valor $f'c = 175$ kg/cm² corresponde al concreto diseñado y no certifica por sí mismo que el bloque sea Tipo 17. La clasificación deberá verificarse ensayando las unidades terminadas conforme a la NTP 399.604 y comparando los resultados con la Tabla 7 de la NTP 399.601 (INACAL, 2016).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Laboratorio de Mecánica de Materiales

Tesis	: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MÉCANICAS DE LOS BLOQUES HUECOS ARTESANALES DE CONCRETO Y SU VIAABILIDAD COMO ALABAÑILERÍA, CRUZ CONGA, CONCHÁN, 2025
Responsables	: EIVER STALIN SÁNCHEZ VEGA Y YONEL MUÑOZ QUIROZ
Cantera A.Fino	: CONCHÁN
Cantera A.Grueso	: CONCHÁN

Método de Diseño ACI-(Comité 211)

DISEÑO DE CONCRETO F'C=175 kg/cm2			
DATOS			
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO		CEMENTO PORTLAND	
Diseño (f'c)	175 kg/cm2	TIPO I	Pacasmayo
Desviación estándar	70 kg/cm2	Peso específico	3.12
Resistencia requerida (f'cr)	245 kg/cm2		
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Tamaño máximo nominal (TMN)		3/8"	
Peso específico de masa (kg/m3)	2583.83	2620.29	
Peso unitario compactado (kg/m3)	1445.18	1469.29	
Peso unitario suelto (kg/m3)	1248.06	1209.087682	
Absorción (%)	0.50%	0.98%	
Contenido de humedad (%)	10.41%	5.72%	
Modulo de finura (%)	2.07		
PROCESAMIENTO		VALORES DE DISEÑO	
Asentamiento	1" a 2"	Cemento	334.95 kg/m3
Volumen unitario de agua	207 lt/m3	Agua de diseño	207.00 lt/m3
Contenido de aire	3.00%	Agregado fino seco	922 kg/m3
Relación Agua/Cemento	0.618	Agregado grueso seco	783.13 kg/m3
Factor cemento	334.95 kg/m3		
Factor cemento	7.88 bolsas/m3		
Peso del agregado grueso	783.13 kg		
VOLÚMENES ABSOLUTOS		CORRECCIÓN POR HUMEDAD	
Cemento	0.107 m3	Agregado fino	1017.80 kg/m3
Agua	0.207 m3	Agregado grueso	827.93 kg/m3
Aire	0.030 m3		
AG	0.299 m3		
Suma de volúmenes:	0.643 m3		
CONTENIDO DE AGREGADO FINO		APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	
Volumne absoluto fino	0.357 m3	Agregado fino	91.35 Lts/m3
Peso agregado fino	921.84 kg/m3	Agregado grueso	37.12 Lts/m3
		Aporte de humedad	128.47 Lts/m3
		Agua efectiva	78.53 Lts/m3
		PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD	
		Cemento	334.95 kg/m3
		Agua Efectiva	78.53 lt/m3
		Agregado Fino Húmedo	1017.80 kg/m3
		Agregado Grueso Húmedo	827.93 kg/m3
		Peso Total	2259.2 kg/m3
RESULTADOS FINALES			
PROPORCIÓN EN PESO POR PIE CÚBICO			
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	3.04	2.47	0.23
PROPORCIONES EN VOLUMEN POR PIE CÚBICO			
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	3.31	2.90	9.96
		PESO POR TANDA	
Cemento		42.5 kg/bolsa	
Agua efectiva		9.96 lt/bolsa	
Ag. Fino		129.1 kg/bolsa	
Ag. Grueso		105.1 kg/bolsa	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ing. Leydi Huamán Mejía
TÉCNICO DE LABORATORIO DE MATERIALES
Tec. Laboratorio

Ing. Elmer Chávez Vásquez
Reg. CIP: 91731

Asesor