

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES DE MAMPOSTERIA ARMADA EN VENEZUELA.**

Presentado por los bachilleres:

Cárdenas, Jozmiguel C.I. 19671033

González, José, C.I. 18534324

Ante la Ilustre

Universidad Central de Venezuela,

para optar al título de

Ingeniero Civil

Caracas, 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES DE MAMPOSTERIA ARMADA EN VENEZUELA**

Tutor Académico: Prof. Velásquez, José Manuel.

Presentado por los bachilleres:  
Cárdenas, Jozmiguel C.I. 19671033  
González, José, C.I. 18534324  
Ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela,  
para optar al título de  
Ingeniero Civil

Caracas, 2012

ACTA

El día 13 de Junio del 2012 se reunió el jurado formado por los profesores:

**ANGELO MARINILLI**  
**NORBERTO FERNÁNDEZ**  
**JOSÉ MANUEL VELSQUEZ**

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE MAMPOSTERÍA ARMADA EN VENEZUELA"** Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar por el título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los bachilleros hicieron de su Trabajo Especial de Grado, éste jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Número	Letras
Br. José González	18	Diesiocho
Br. Jozmiguel Cárdenas	18	Diesiocho

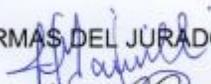
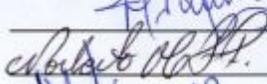
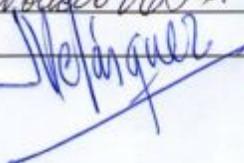
Recomendaciones

---

---

---

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, 20 de Junio de 2012

## DEDICATORIA

Muy Especialmente a mis Padres: **María Gisela De González y Armando González**, por las enseñanzas y la educación que me han dado.

A mis Hermanas: **Lic. Armarys G. González, Ing. Ayari del C. González.**

A mi Hermano: **Armando J. González**

A mis sobrinas **mariana carolina** y **Andrea Isabel** por ser razón de alegría y ayudar a impulsarme en mi formación como ingeniero.

A mi futura esposa: **María Carolina De Sousa**, y en especial a la memoria de mis Abuelos: **Carmen Díaz y José Díaz.**

**José González...**

A mis padres: **Leida Mundaraín y Antonio Cárdenas** por su constante amor y por haber hecho de mi la persona que soy hoy día.

A mi sobrina: **Paola** por hacer cada día un regalo.

A mi hermana: **Karla** por su gran apoyo en mi formación como persona.

A mis hermanas: **Leidimar, Gladimar y María Betania** por su amor incondicional.

A mis sobrinos: **Jonas, Juandiego, Diego Rafael y Diego Miguel.**

A mi tía **Zenaida Cárdenas** por su apoyo y amor.

**Jozmiguel Cárdenas...**

**Cárdenas M. Jozmiguel A.  
González D. José G.**

**CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN VIVIENDAS  
UNIFAMILIARES DE MAMPOSTERIA ARMADA EN VENEZUELA.**

**Tutor Académico: Prof. José M. Velásquez. Caracas, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Año 2012, 88 pp.**

**Palabras Claves:** Mampostería armada, Resistencia a la compresión, Resistencia al corte, Elemento Portante, elemento no Portante, normas de mampostería estructural, Diseño Sismorresistente, Unidades de albañilería, Parámetros de Diseño.

**RESUMEN:** La mampostería armada consiste en paredes reforzadas internamente con acero longitudinal y transversal, relleno de las cavidades correspondientes de los bloques con concreto líquido. Este sistema ha hecho posible extender el concepto histórico de la mampostería a estructuras de paredes mucho más delgadas y con alturas de hasta 20 pisos. En el presente trabajo se estudiarán y analizarán las normas más relevantes para el diseño de estructuras de mampostería reforzada en Latinoamérica, como lo son: las Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (Norma mexicana), Norma Técnica E.070 Albañilería (Norma peruana) y la Norma de Albañilería Armada-Requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.Of1993 (Norma Chilena); para ello se caracterizaron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman la mampostería armada, se compararon parámetros constructivos y de cálculo para la construcción este tipo de estructuras; seguidamente se analizaron estas comparaciones, resaltando lo que se consideró más importante del análisis. Por último, establecido y estudiado los criterios constructivos se procedió al diseño estructural de algunos muros de mampostería de una vivienda venezolana típica de interés social, mediante la escogencia de la Norma que se consideró más elaborada y completa en cuanto a la caracterización de dichos parámetros involucrados directamente con el diseño de estructuras.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
RESUMEN .....	V
INDICE GENERAL .....	VI
INDICE DE FIGURAS .....	IX
INDICE DE TABLAS .....	X
NOMENCLATURA .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	3
EI PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos. ....	5
1.2.1 Objetivos General.....	5
1.2.2 Objetivos específicos. ....	5
1.3 Justificación.....	6
CAPITULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Mampostería .....	7
2.2 Tipos de mampostería.....	7
2.2.1 Clasificación de los muros según su función estructural. ....	7
2.2.1.1 Muros portantes: .....	7
2.2.1.2 Muros no portantes .....	8
2.2.2 Tipos de mampostería según la disposición de los refuerzos .....	8
2.2.2.1 Mampostería confinada.....	8
2.2.2.2 Mampostería armada .....	9
2.3 Características y ventajas de la mampostería armada.....	9
2.4 Tipos de materiales empleados en mampostería armada.....	11

2.4.1 Unidades de albañilería.....	11
2.4.2 Acero de refuerzo o armadura.....	13
2.4.3 Mortero.....	14
2.4.3.1 Composiciones del mortero.....	15
2.5 Propiedades mecánicas de la mampostería en Venezuela.....	15
2.5.1 Propiedades básicas de las piezas y del mortero .....	15
2.5.1.1 Propiedades de las piezas .....	15
2.5.1.2 Propiedades del mortero. ....	20
2.5.2 La resistencia de los muros ante cargas verticales .....	23
2.5.3 Resistencia de los muros ante cargas horizontales. ....	24
2.5.4 Longitudes de solape de barras de acero. ....	26
CAPITULO III .....	28
MÉTODO .....	28
3.1 Recopilación bibliográfica.....	28
3.2 Comparación de normas. ....	29
3.3 Elección de la norma a emplear en el cálculo de viviendas de mampostería armada. ....	29
3.4 Diseño estructural de una vivienda unifamiliar de una planta. ....	30
3.5 Conclusiones y recomendaciones.....	31
CAPITULO IV .....	31
ANÁLISIS COMPARATIVO DE NORMAS LATINOAMERICANAS.....	31
4.1 Análisis comparativo de los requerimientos exigidos por las diferentes normas en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas de los elementos de mampostería armada. ....	31
4.1.1 Requerimientos para la utilización de bloques de concreto. ....	31
4.1.2 Mortero, requerimientos mínimos para el empleo de este material en la mampostería armada (utilizado para pegar las unidades de albañilería). ....	36
4.1.3 Concreto de relleno o Grout (para rellenar las celdas).....	43
4.1.4 Análisis comparativo sobre la determinación de la resistencia a la compresión.....	46

4.1.4.1 A partir de ensayos de prismas contruidos con las piezas y el mortero que se emplea en la construcción: .....	46
4.1.4.2 A partir de la resistencia nominal de las piezas y el mortero.....	49
4.1.4.3 Mediante valores indicativos. ....	51
4.1.5 Determinación de la resistencia al corte.....	52
4.1.5.1 A partir de ensayos de comparación diagonal de muretes.....	52
4.1.5.1.1 Ensayos de muretes contruidos con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.....	52
4.1.5.2 Mediante valores indicativos. ....	54
4.2.Disposiciones para el diseño de estructuras de mampostería armada .....	54
4.2.1 Cuantías mínimas de refuerzo vertical y horizontal.....	54
4.2.2 Tamaño, colocación y separación del refuerzo. ....	56
4.2.3 Anclaje del acero de refuerzo longitudes de solape .....	61
4.2.4 Módulos de elasticidad y módulo de corte. ....	64
4.2.5 Factores de resistencia. ....	67
4.2.6 Relación espesor-altura del muro de mampostería.....	72
4.2.7Resistencia a compresión de la mampostería con refuerzo interior.....	74
4.2.8 Resistencia a flexocompresión.....	75
4.3 Cálculo vivienda unifamiliar en mampostería armada.....	89
CAPÍTULO V .....	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	98
BIBLIOGRAFÍA .....	100
ANEXOS .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Estructuras de mampostería confinada.....	8
Figura 2.2 Paredes de mampostería armada.....	9
Figura 2.3 Estructuras de mampostería armada.....	10
Figura 2.4 Bloques huecos de concreto.....	13
Figura 2.5 Barras de acero estructural.....	13
Figura 2.6 Sistemas y modelos de ensayos de muros de mampostería.....	24
Figura 2.7 Curva carga vs deslizamiento.....	25
Figura 4.1 Ejemplo gráfico de los prismas a ensayar a compresión.....	47
Figura 4.2 Murete para prueba en compresión digonal.....	53
Figura 4.3 Requisitos para mampostería con refuerzo interior.....	57
Figura 4.4 Anclaje del refuerzo horizontal.....	62
Figura 4.5 Excentricidad de la carga vertical.....	68
Figura 4.6 Restricción a la deformación lateral.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Requisitos mínimos de resistencia a compresión.....	12
Tabla 2.2 Valores promedios de $f_m$ para Venezuela.....	16
Tabla 2.3 Características y propiedades de bloques de concreto.....	16
Tabla 2.4 Evaluación estadística de los esfuerzos últimos obtenidos en los ensayos a compresión de bloques de concreto .....	18
Tabla 2.5 Valores recomendados de resistencia a compresión .....	19
Tabla 2.6 Valores recomendados de módulo de elasticidad.....	19
Tabla 2.7 Mortero recomendado para mampostería por las normas ASTM c270-73. Proporciones en volumen.....	20
Tabla 2.8 Mortero elaborado con la misma proporción de materiales utilizados en el barrio. Proporciones en peso.....	20
Tabla 2.9 Propiedades mecánicas de los morteros estudiados .....	21
Tabla 2.10 Resultados de los ensayos sobre morteros para unión de bloques de arcilla.....	22
Tabla 2.11 Ensayo de murete a compresión. Tipo armada $a_b = 568,68 \text{ cm}^2$ .....	23
Tabla 2.12 Ensayo de murete a corte .....	24
Tabla 4.1 Resistencia mínima a compresión en bloques de concreto.....	32
Tabla 4.2 Clasificación de los bloques de concreto.....	33
Tabla 4.3 Resistencia mínima a compresión en bloques de concreto.....	34
Tabla 4.4 Requisitos mínimos de resistencia a la compresión.....	34
Tabla 4.5 Resistencia mínima a compresión en bloques huecos de concreto .....	36
Tabla 4.6 Proporciones, en volumen, recomendados para mortero en elementos estructurales.....	37
Tabla 4.7 Granulometría de la arena gruesa.....	38
Tabla 4.8 Tipos de mortero .....	39
Tabla 4.9 Bandas granulométricas de las arenas según $D_n$ .....	41
Tabla 4.10 Resistencia a la compresión y a la flexión.....	42
Tabla 4.11 Revenimiento permisible para los morteros y concretos de relleno, en función de la adsorción de las piezas.....	43

Tabla 4.12 Composición volumétrica del concreto líquido o grout .....	45
Tabla 4.13 Factores correctivos para las resistencias de las pilas con diferentes relaciones de altura a espesor .....	48
Tabla 4.14 Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez .....	49
Tabla 4.15 Resistencia nominal, según la norma chilena de la resistencia a la compresión de las unidades de concreto de la mampostería.....	50
Tabla 4.16 Resistencia nominal, según la norma mexicana de la resistencia a la compresión de las unidades de concreto de la mampostería.....	50
Tabla 4.17 Valores, sugeridos por la norma Mexicana de $f'm$ en función de los tipos usuales de unidades y morteros .....	51
Tabla 4.18 Valores, sugeridos por la norma peruana de $f'm$ en función de los tipos usuales de unidades y morteros.....	51
Tabla 4.19 Resumen comparativo de los parámetros de diseño de mampostería armada .....	84

## Nomenclatura

$A_T$  = área bruta de la sección transversal del muro o segmento de muro, que incluye a los machones ( $cm^2$ ).

$A_S$  = Área del acero de refuerzo vertical en muros de mampostería reforzada interiormente ( $cm^2$ ).

$A_s$  = Refuerzo longitudinal de la viga de corona ( $cm^2$ ).

$A_{sc}$  = Área total de acero del refuerzo transversal de la dala ( $cm^2$ ).

$A$  = área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante ( $cm^2$ ).

$A_{sh}$  = Área de acero de refuerzo horizontal ( $cm^2$ ).

$A_{sv}$  = Área de acero de refuerzo vertical ( $cm^2$ ).

$C_m$  = Coeficiente de variación de la resistencia a la compresión de las pilas de mampostería, que en ningún caso se someterá inferior a 0,15.

$c_v$  = Coeficiente de variación de la resistencia a compresión diagonal de muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0.20.

$D_n$  = Tamaño máximo nominal de la arena en ( $mm$ ).

$D_b$  = Diámetro del refuerzo vertical existente en el borde libre ( $mm$ ).

$d'$  = distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos de un muro ( $cm$ ).

$d$  = Distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra a compresión máxima ( $cm$ ).

$db$  = Diámetro de las barras de acero ( $mm$ ).

$e$  = Espesor de las paredes del bloque ( $cm$ ).

$e'$  = Excentricidad calculada para obtener el factor de reducción por excentricidad.

$E$  = Módulo de elasticidad ( $kg/cm^2$ ).

$E_m$  = Módulo de elasticidad de la mampostería ( $kg/cm^2$ ).

$f'm$  = Resistencia del concreto líquido ( $kg/cm^2$ ).

$f'm$  = resistencia a la compresión de las unidades de concreto de la mampostería ( $kg/cm^2$ ).

$\overline{f_m}$  = Media de la resistencia a compresión de las pilas, corregida por su relación altura a espesor y referida al área bruta ( $kg/cm^2$ ).

$f_m^*$  = La resistencia de diseño a la compresión para los prismas ( $kg/cm^2$ ).

$f'c$  = Resistencia mínima a compresión del concreto líquido ( $kg/cm^2$ ).

$f_m'$  = Resistencia prismática de proyecto de la albañilería ( $kg/cm^2$ ).

$FE$  = Factor de reducción por efectos de excentricidad y esbeltez.

$F_R$  = Factor resistencia.

$F_a$  = Tensión admisible por compresión axial ( $kg/cm^2$ ).

$G_m$  = Módulo de cortante de la mampostería.

$h$  = altura de entrepiso o altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado ( $m$ ).

$h_c$  = Dimensión de la dala en el plano del muro ( $cm$ ).

$H$  = Altura libre del muro entre elementos capaces de darle apoyo lateral ( $cm$ ).

$I$  = momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro ( $m^4$ ).

$k$  = Factor de altura efectiva del muro.

$L_d$  = Longitud de desarrollo ( $cm$ ).

$L$  = Longitud total del muro ( $m$ ).

$L'$  = Separación de los elementos que rigidizan transversalmente al muro ( $cm$ ).

$M_e$  = Momento flector del muro obtenido del análisis elástico ( $kg.cm$ ).

$M_n$  = Capacidad resistente a flexión ( $kg.cm$ ).

$M_R$  = Momento flexionante resistente de diseño, aplicado en el plano, en un muro sujeto a flexocompresión, ( $kg.cm$ ).

$M_o$  = Momento flexionante, aplicado en el plano, que resiste el muro en flexión pura ( $kg.cm$ ).

$M_u$  = Momento flector en un muro producido por el sismo severo ( $kg.m$ ).

$p_h$  = Suma de las cuantías de acero de refuerzo vertical.

$p_v$  = Suma de las cuantías de acero de refuerzo horizontal.

$P_u$  = Carga total del muro, considerando 100% de sobrecarga y amplificada por 1,25 ( $kg$ ).

$P_u$  = carga axial de diseño (kg).

$P_u$  = Carga axial en un muro en condiciones de sismo severo (kg).

$P_R$  = Resistencia de diseño del muro a carga vertical (kg).

$P_h$  = Cuantía de acero de refuerzo horizontal en el muro.

$P_g$  = Carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida (kg).

$P_m$  = Carga de gravedad máxima de servicio (kg).

$s$  = separación entre estribos, planchas, o entre refuerzos horizontales o verticales (mm).

$S$  = Separación de los estribos (la cual no excederá de 1,5t ni de 200 mm) (mm).

$S_h$  = Separación vertical de las barras de acero de refuerzo (mm).

$t$  = Ancho del bloque (cm).

$t$  = espesor efectivo del muro (cm).

$V_m^*$  = La resistencia de diseño a compresión diagonal (kg/cm<sup>2</sup>).

$\overline{V_m}$  = Media de la resistencia a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga (kg/cm<sup>2</sup>).

$V_{uf}$  = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso "i" de uno de los muros (kg).

$V_{mR}$  = Fuerza cortante resistente de diseño (kg).

$V_m^*$  = Resistencia de diseño a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga ( $kg/cm^2$ ).

$V_{SR}$  = Fuerza cortante de diseño que toma el acero de refuerzo horizontal o mallas de alambre soldado ( $kg$ ).

$V_e$  = Fuerza cortante del muro obtenido del análisis elástico.

$\bar{X}$  = Resistencia promedio a la compresión de los cinco prismas ensayados ( $kg/cm^2$ ).

$X_5, X_1$  = Correspondiente al mayor y el menor valor de resistencia a la compresión obtenidos de los ensayos ( $kg/cm^2$ ).

$\sigma_u$  = esfuerzo de compresión último ( $kg/cm^2$ ).

$\alpha$  = Factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez.

$\sigma_m$  = Esfuerzo axial máximo ( $kg/cm^2$ ).

$\eta$  = Factor de eficiencia del refuerzo horizontal.

## INTRODUCCIÓN

Gran parte de la región latinoamericana se encuentra ubicada en zonas de amenaza sísmica importante, siendo Venezuela un ejemplo de ello. La población de menores recursos de esta región, resuelve mayoritariamente su problema de vivienda, construyéndola con muros portantes de mampostería confinada, es cierto que los constructores populares tienen experiencia en construcciones de viviendas en mampostería confinada, sin embargo éstos no se rigen bajo ninguna norma para elaborar éstas estructuras, pasando sin ser considerados aspectos sismo-resistentes; es por ello que mediante la implementación de una norma de mampostería se podrían formalizar este tipo de construcción en el país.

En este sentido los entes gubernamentales tienen como principal misión dar respuesta al problema de la vivienda, para ello se plantea este método como principal sistema constructivo. Muchos de los países involucrados, cuentan con normas y reglamentos para el proyecto de edificaciones de mampostería armada que garanticen un diseño confiable, no siendo Venezuela uno de ellos.

Para poder utilizar a la mampostería armada en Venezuela como elemento portante, es necesario considerar dos aspectos importantes: el primero de ello se presenta con las alternativas de los tipos de elementos a utilizar y el segundo en las confianza de los materiales a emplear; en este sentido se plantea la necesidad de evaluar con detalle las propiedades físicas y comportamiento de los elementos que conforman la mampostería.

El presente trabajo pretende explicar con detalle cuáles deben ser los criterios donde se contemplen los parámetros para el cálculo de viviendas de mampostería reforzada.

Este trabajo ha sido dividido en seis partes: en la primera parte, se plantea el problema de investigación y sus objetivos. En la segunda parte, se desarrolla el marco teórico con el cual se sustenta el problema desde una perspectiva teórica. En la tercera parte, se presenta el marco metodológico que se ha de seguir en el marco de la investigación que se propone realizar. En la cuarta parte se plantea una comparación de las normas Latinoamericanas con respecto a las propiedades de los elementos de mampostería y los criterios de diseño estructural. La quinta parte se plantea el diseño estructural de algunos muros de una vivienda venezolana típica de interés social, siguiendo los parámetros constructivos de alguna norma latinoamericana de mampostería estructural. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones producto del análisis de cada uno de los resultados.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Las viviendas unifamiliares en las zonas populares de Venezuela se caracterizan por poseer una estructura poco eficaz desde el punto de vista sismorresistente; la población venezolana ha adoptado a la mampostería como principal sistema constructivo. Así, las personas de bajos recursos construyen sus viviendas sin ningún tipo de consideración sísmica, lo que puede acarrear problemas en el comportamiento de la estructura al producirse un sismo.

La resistencia y rigidez de las viviendas construidas con este sistema se basa en la unión entre cada una de las piezas que forman los muros de mampostería, como lo son los bloques de arcilla recocida, bloques de concreto los cuales pueden ser sólidos o huecos y mortero, de manera que trabaja como un todo; aun construyendo con la debida precaución tal sistema sigue siendo vulnerable ante acciones sísmicas. Como una solución a esta problemática se ideó la mampostería armada, reforzada internamente con barras de acero distribuidas vertical y horizontalmente, integradas mediante concreto liquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos (norma E-070, 2006).

La mampostería reforzada ofrece una gran ventaja ya que se excluye el uso de los encofrados debido a que las unidades de mampostería proporcionan un encofrado permanente, haciendo que el tiempo de construcción se vea reducido y además, los costos son bajos pero con buenos resultados. Por esta razón se han venido

implementando parámetros de cálculo y diseño de mampostería reforzada en las normas de construcción de los países ubicados en zonas de peligro sísmico como Chile, Perú, Argentina, México y USA.

Por otra parte, desde el año 1955, no se ha publicado en Venezuela normas sobre el diseño o construcción de estructuras de mampostería. Las normas de 1955, publicadas por el entonces Ministerio de Obras Públicas (M.O.P., 1954), contenían recomendaciones, pero deben ser revisadas y ampliadas principalmente desde el punto de vista sísmico, sobre todo cuando se considera que el uso de mampostería armada es corriente en edificaciones de pequeña y mediana altura en otros países. (Lafuente, 1989).

En los años 80 un grupo de profesores del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, conjuntamente con la colaboración de estudiantes de pregrado de Ingeniería Civil y maestría de Ingeniería Sismo-Resistente, trabajaron en el desarrollo de un proyecto en el área de mampostería estructural y cuyo objetivo principal fue “racionalizar” su uso como elemento portante en construcciones que pueden ser afectadas por la ocurrencia de terremotos severos. (Castilla, 1990). Mas sin embargo no se logró concretar normas o lineamientos referentes al cálculo y diseño de sistemas de mampostería reforzada.

En vista de lo anterior esta investigación se propone la recopilación de un conjunto de criterios y recomendaciones que contenga los parámetros a seguir para el diseño de viviendas, basándose en los parámetros utilizados en México, Chile y Perú, adaptándolas a las realidades venezolanas, con los materiales y piezas producidas en el país.

### 1.2.1 Objetivos General.

Establecer criterios donde se contemplen los parámetros para el cálculo de viviendas unifamiliares de mampostería reforzada.

### 1.2.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar propiedades mecánicas y físicas de los materiales empleados para la construcción de mampostería en Venezuela.
- Analizar los parámetros y criterios que contemplan las normas mexicana, peruana y chilena de mampostería reforzada.
- Comparar los parámetros constructivos de cálculo de mampostería reforzada de México, Chile, Perú y la venezolana, tomando en cuenta los aspectos más resaltantes en cada norma.
- Establecer los procedimientos y parámetros a seguir para el cálculo y diseño de los muros de mampostería reforzada en Venezuela.
- Diseñar la estructura de una vivienda unifamiliar de una planta de mampostería reforzada.

### 1.3 Justificación

Esta investigación se basará en las normas de construcción sismo-resistente de Chile, México y Perú, ya que estos países poseen una amplia trayectoria en la investigación de la mampostería reforzada como sistema constructivo, contando con normas aptas y confiables que han venido actualizando con el tiempo y que han venido mejorando a través de las experiencias obtenidas con los sismos ocurridos en sus regiones.

La investigación representará un aporte metodológico, puesto que será una guía para el cálculo de estructuras de mampostería reforzada aportando así los lineamientos y parámetros, que se basarán en las normas de mampostería reforzada de México, Chile y Perú, que serán adaptados a la realidad venezolana ya que actualmente en el país no existe una norma vigente sobre el tema, de manera tal que los ingenieros venezolanos cuenten con una guía que les permita calcular viviendas de mampostería reforzada.

Representará un aporte social ya que a pesar de que será un manual técnico, tiene como principal función dar una respuesta a la problemática habitacional en el país, puesto que la mampostería armada representa una solución viable desde el punto de vista económica debido a que se evita el uso de encofrados.

Esta investigación estará dirigida a los entes gubernamentales que tengan como prioridad la construcción masiva de viviendas de interés social para el país, pues se fundamenta en la delimitación de parámetros constructivos basados en normas muy elaboradas, que podrán ser empleadas y aplicadas por profesionales de la construcción, para proporcionar un sistema constructivo normado y seguro para la población venezolana, y por supuesto será dirigida a los entes privados que también tengan como misión, la construcción de viviendas de interés social.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Mampostería

La mampostería es un material estructural que principalmente se compone de ladrillos, bloques de arcilla recocida y bloques de concreto, que además pueden ser sólidos, huecos, alveolares o tubulares y que son asentadas con mortero o por las mismas unidades de mampostería colocadas de forma apilada, en cuyo caso son integradas con concreto líquido. (Norma E-070, 2006).

Históricamente la mampostería juega un papel muy importante en la construcción, pues fue el primer sistema estructural implementado por las pujantes civilizaciones que imaginaban edificios de grandes alturas, las cuales apilaban bloques de arcilla recocida para armar los muros portantes que sostendrían las estructuras antiguas, este sistema fue empleado mucho antes de la invención del concreto armado o los perfiles de acero y fue remplazado poco a poco por estas nuevas prácticas constructivas que permiten la construcción de estructuras muy altas.

#### 2.2 Tipos de mampostería

##### 2.2.1 Clasificación de los muros según su función estructural.

###### 2.2.1.1 Muros portantes:

Los muros portantes, además de llevar cargas verticales adicionales a su peso propio, están sometidos a cargas horizontales, laterales y coplanares, por ejemplo las producidas por un sismo o viento y a momentos transversales derivados de las

inevitables excentricidades en las cargas verticales adicionales al peso propio (Gallegos, 1993).

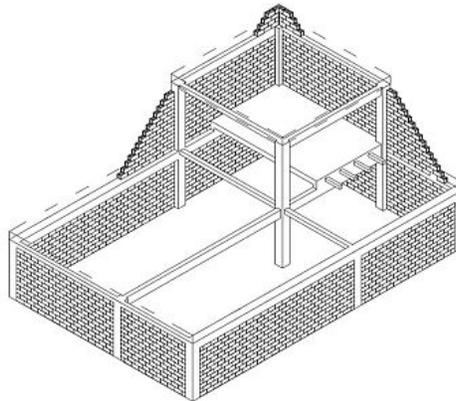
#### 2.2.1.2 Muros no portantes

Son aquellos muros que solo llevan cargas verticales (gravitacionales) y horizontales (sísmicas y/o de viento), generadas por su propia existencia, se pueden considerar de esta categoría los muros de contención (Gallegos, 1993).

#### 2.2.2 Tipos de mampostería según la disposición de los refuerzos

##### 2.2.2.1 Mampostería confinada

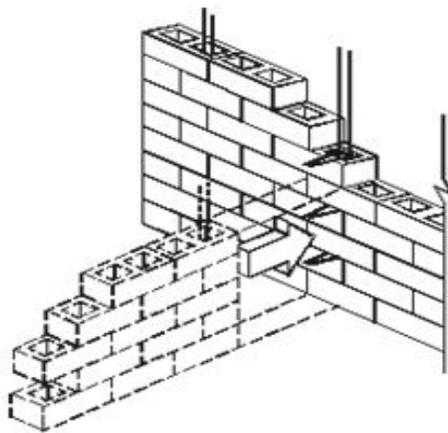
Son paredes rodeadas (en su periferia) de elementos menores de concreto armado, para garantizar la estabilidad de estas al ser sometidas ante cargas horizontales perpendiculares a su plano, la configuración se muestra en la figura 2.1. (Castilla, 1997).



**Figura 2.1.** Estructura de mampostería confinada.

### 2.2.2.2 Mampostería armada

Consiste en paredes reforzadas internamente con acero longitudinal y transversal, rellenando las cavidades correspondientes de los bloques con concreto líquido, la configuración se muestra en la figura 2.2. (Castilla, 1997).



*Figura 2.2. Paredes de mampostería Armada. (Fuente: Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)*

### 2.3 Características y ventajas de la mampostería armada

La mampostería armada ha hecho posible extender el concepto histórico de la mampostería a estructuras de paredes mucho más delgadas y con alturas de hasta 20 pisos, nivel hasta el que se considera económicamente factible construir edificios de mampostería de concreto. En nuestro medio, si bien se han logrado estructuras de grandes alturas, predomina la utilización de la mampostería estructural para viviendas de uno y dos niveles y para multifamiliares de 5 pisos, conformando unidades de gran tamaño ver figura 2.3.



**Figura 2.3.** Estructuras de mampostería Armada. Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.co>

El empleo de la mampostería armada se ha vuelto muy oportuno en los últimos tiempos por varias razones, entre ellas se encuentran:

- a) Es un sistema estructural que admite la participación del usuario en su fase constructiva y reduce considerablemente la costosa utilización de encofrados, la racionalización de su uso tiene especial significado dentro del campo de la vivienda informal, ya que puede adaptarse a las condiciones económicas de las personas que recurren a este tipo de edificación como una solución al problema habitacional (Abouhamad, 1987)
- b) Posee características sismorresistente adecuadas debido a la configuración propia del acero de refuerzo, ya que el refuerzo longitudinal es el

responsable de resistir la tracción del elemento debido al volcamiento, mientras que el refuerzo horizontal debe resistir el corte impuesto, a demás que el armado tipo malla que presenta este tipo de estructuras se puede aprovechar mejor desde el punto de vista sismorresistente por su comprobado buen comportamiento, en comparación con la mampostería confinada.(Castilla, 1997).

- c) Se puede emplear en la construcción de vivienda multifamiliares, en estructuras de hasta 14 pisos, con un comportamiento sismorresistente mucho mejor que las estructuras de mampostería confinada. Ensayos en el IMME han logrado constatar que la resistencia de muros de Mampostería Armada es 3,38 veces mayor que la resistencia de muros de Mampostería Confinada con las mismas dimensiones. (Castilla, 1995).

## 2.4 Tipos de materiales empleados en mampostería armada

### 2.4.1 Unidades de albañilería

La norma chilena NCh1928.Of1993 define a las unidades de albañilería como piezas simples empleadas en la construcción de albañilería: ladrillos cerámico, bloque de concreto u otro.

Para los efectos de este trabajo se consideraran sólo los bloques de concreto y además los más usados en el país, ya sean de dos o tres celdas cuyas dimensiones son las siguientes (dimensiones nominales en cm): 40x20x10, 40x20x15 y 40x20x20 cuyo espesor de las paredes varia entre 13 y 25 cm. (Palladino y Perna, 1985).

Los bloques huecos de concreto son elementos simples en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas, ver figura 2.4. (COVENIN 42-82, 1982).

Los bloques producidos en el territorio venezolano deben cumplir con algunas especificaciones y requisitos impuestos por la norma COVENIN 42-82, en cuanto a la apariencia, resistencia a la compresión, dimensiones, etc.

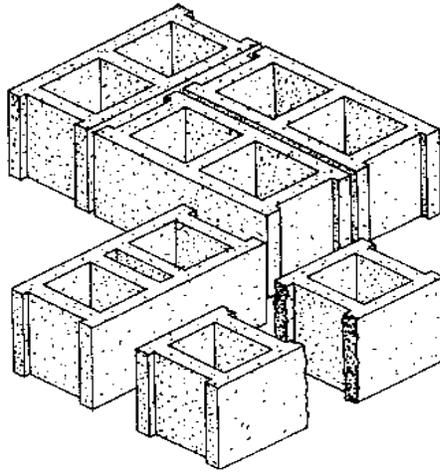
A continuación se muestra los requerimientos mínimos de resistencia a compresión que deben presentar los bloques (COVENIN 42-82, 1982).

**Tabla 2.1.** Requisitos mínimos de resistencia a la compresión (norma COVENIN 42-82)

Tipo de bloque	Promedio 3 bloques (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo 1 bloque (Kg/cm <sup>2</sup> )
A1	70	55
A2	50	40
B1-B2	30	25

Siendo:

- Bloque tipo A1: bloques para paredes de carga, expuestas a la humedad.
- Bloque tipo A2: bloques para paredes de carga, no expuestas a la humedad.
- Bloque tipo B1: bloques para paredes que no soportan carga, expuestas a la humedad.
- Bloque tipo B2: bloques para paredes que no soporten carga, no expuestas a la humedad.



*Figura 2.4. Bloques huecos de concreto*

#### 2.4.2 Acero de refuerzo o armadura

La norma chilena NCh1928.Of1993 define a la armadura como barras de acero estructural incluidas en el mortero o en el hormigón de relleno de la albañilería, ver figura 2.5.



*Figura 2.5. Barras de acero estructural.*

La implementación del acero de refuerzo en la mampostería mejora el comportamiento estructural de los elementos resistentes a cargas horizontales y verticales, debido a que éste es el responsable de resistir los esfuerzos de tracción, pues las hipótesis de diseño suponen que ni el concreto ni las piezas de albañilería soportan dichas sollicitaciones. Además que este material es el que permite la incursión de las estructuras en el rango plástico, consiguiendo la disipación de energía por histéresis.

Como se dijo anteriormente, el refuerzo longitudinal es el responsable de resistir la tracción del elemento debido al volcamiento, mientras que el refuerzo horizontal debe resistir el corte impuesto cuando la albañilería sea incapaz de hacerlo.

#### 2.4.3 Mortero

La norma chilena NCh1928.Of1993 define al mortero como un material que resulta de mezclar cemento, arena y agua, o, cemento, cal, arena y agua. Estudios hechos en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales que han caracterizado el mortero empleado en las viviendas de mampostería en las ciudades venezolanas (Genatios y otros, 1984) expresan que las funciones principales del mortero en estas viviendas son:

- Unir las piezas de mampostería, corrigiendo eventualmente imperfecciones que pudieran existir en las piezas, permitiendo así su colocación en forma nivelada.
- Impedir el deslizamiento horizontal de las piezas, cuando estas son sometidas ante cargas en esa misma dirección.
- Permitir un buen acabado por medio del frisado que a su vez protege al elemento de la entrada de agua.

#### 2.4.3.1 Composiciones del mortero

La relación volumétrica más usada en los ensayos realizados para la determinación de las propiedades mecánicas de la mampostería es de 4:1:1 (partes de arena, cal y cemento respectivamente) proporciones en volumen. También existen variaciones en las proporciones que a su vez hace que varíen las propiedades mecánicas y físicas de este material, lo cual se mostrará más adelante.

#### 2.5 Propiedades mecánicas de la mampostería en Venezuela

La mampostería es un elemento que como ya se expuso anteriormente, está formado por la unión de diferentes materiales que deben trabajar como un todo para resistir las sollicitaciones. Por esta razón, es necesaria la caracterización de las propiedades de cada uno de los elementos y materiales que la conforman, para así poder analizar y diseñar los elementos de mampostería mediante procedimientos analíticos representativos de la realidad.

A continuación se detallaran los resultados obtenidos en investigaciones realizadas por estudiantes y profesores de la Universidad Central de Venezuela, que mediante ensayos y métodos estadísticos caracterizaron las propiedades mecánicas de algunos componentes de la mampostería en el territorio venezolano.

##### 2.5.1 Propiedades básicas de las piezas y del mortero

###### 2.5.1.1 Propiedades de las piezas

- Ensayos realizados por el Profesor Enrique Castilla. (Castilla, 1997).

La siguiente tabla ilustra una experiencia general del IMME con valores realísticos de  $f_m$  para el tipo de mampostería que pudiera utilizarse en el país, con una relación volumétrica del mortero de 4:1:1. (Castilla, 1997).

**Tabla 2.2.** Valores promedios de  $f_m$  para Venezuela

Valores promedios de $f_m$ para Venezuela	
Tipo de mampostería	$F_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
Bloques huecos de arcilla	15 a 20
Bloques de concreto estructurales	50 a 80
Bloques de concreto de menor calidad	20 a 30
Ladrillos macizos de arcilla de mejor calidad	150 a 160
Ladrillos macizos de arcilla de menor calidad	80 a 100

*Adaptado de: castilla, 1997.*

Donde:

- $F_m$ : Resistencia a la compresión en kgf/cm<sup>2</sup>

Otros ensayos que consistieron en compresión de cinco piezas independientes de concreto hasta la rotura, preparados y ensayados en dirección paralela a las celdas de las piezas, arrojaron como resultados las siguientes propiedades (Castilla, 1995):

**Tabla 2.3.** Características y propiedades de bloques de concreto.

Denominación:	15-A
Área bruta media:	569 cm <sup>2</sup>
Área neta media:	359 cm <sup>2</sup>
Peso aproximado:	7.5 Kg/und.
Resistencia media a compresión:	57.30 Kg/cm <sup>2</sup>

*Adaptado de: castilla, 1997.*

- Trabajo hecho por los Ingenieros Abouhamad, Bellorin y Carmona. (Abouhamad, 1987)

Este trabajo especial de grado tuvo como objetivo la definición de las propiedades mecánicas de los bloques de concreto fabricados en el área metropolitana mediante ensayos que permitieran definir la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y el modulo de Poisson, a demás de un análisis estadístico que arrojó valores promedios representativos de dichas propiedades, tomando en cuenta la variación en los datos y las dispersiones producidas en los ensayos.

A continuación se muestran los resultados que derivaron de los ensayos de compresión hasta la rotura de bloques provenientes de uno de los seis fabricantes de bloques:

**Tabla 2.4.** Evaluación estadística de los esfuerzos últimos obtenidos en los ensayos a compresión de bloques de concreto.

Ancho del Bloque cm	Ensayo con Carga Aplicada en la Dirección Paralela a las Celdas				Ensayo con Carga Aplicada en la Dirección Perpendicular a las Celdas						
	$\sigma_i$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{prom}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	D.E. (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.V. (%)	$\sigma_i$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{prom}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	D.E. (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.V. (%)			
10	54.95	76.71	16.21	21.14	133.55	124.31	12.35	9.94	área neta		
	93.85				106.86						
	81.32				132.52						
15	54.34	55.1	9.25	16.79	80.96	66.08	10.59	16.02		área neta	
	66.8				57.22						
	44.17				60.06						
20	37.26	30.64	5.29	17.28	23.05	31.07	6.19	19.91			área neta
	24.3				38.11						
	30.36				32.05						
10	30.6	44.19	10.33	23.38	62.5	58.23	4.82	8.27	área bruta		
	55.63				51.5						
	46.35				60.7						
15	27.07	26.97	4.37	15.35	29.1	23.65	3.86	16.31		área bruta	
	32.15				20.98						
	21.68				20.86						
20	16.03	13.06	2.36	18.07	6.18	8.22	1.5	18.32			área bruta
	10.26				9.77						
	12.88				8.7						

**Adaptado de:** (Abouhamad, 1987)

Donde:

- $\sigma_i$ : Esfuerzo de rotura expresado en (Kg/cm<sup>2</sup>).
- $\sigma_{prom}$ : Esfuerzo promedio de rotura expresado en (Kg/cm<sup>2</sup>).
- D.E.: Desviación estándar expresado en (Kg/cm<sup>2</sup>).
- C.V.: Coeficiente de variación.

Luego de haber ensayado bloques provenientes de seis fabricantes diferentes ubicadas en el área metropolitana y habiendo manejado los resultados a través de análisis estadísticos, presentaron las tablas 2.5 y 2.6, las cuales muestran los valores recomendables de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, advirtiendo que su uso está limitado por los altos coeficientes de variación asociados a ellos, por el método empleado para su determinación y por el hecho de que los valores promedios pertenecen a bloques de diferentes configuración geométrica, densidad y nivel de tecnología (Abouhamad, 1987).

**Tabla 2.5.** Valores recomendados de resistencia a la compresión

TIPO	valores Recomendables de Resistencia a la Compresión			
	Dirección paralela a las celdas		Dirección perpendicular a las celdas	
	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	C.V. (%)	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	C.V. (%)
10	84.3	24.63	113.77	11.04
15	82.22	19.61	109.26	24.66
20	69.61	13.23	113.62	28.54

**Tomado de:** (Abouhamad, 1987)

**Tabla 2.6.** Valores recomendables de módulo de elasticidad

TIPO	Valores Recomendables de Modulo de Elasticidad			
	Dirección paralela a las celdas		Dirección perpendicular a las celdas	
	E (kg/cm <sup>2</sup> )	C.V. (%)	E (kg/cm <sup>2</sup> )	C.V. (%)
10	69361	45.73	77905	9.96
15	76838	16.23	113971	29.09
20	124005	40.16	112683	14.33

**Tomado de:** (Abouhamad, 1987)

### 2.5.1.2 Propiedades del mortero.

- Trabajos hechos por los profesores Genatios, García, López y Rodríguez.

Esta parte de la investigación de los profesores (Genatios, 1984), consistió en la caracterización de los elementos empleados por el sector informal en cuanto a la composición del mortero, comparándolas con la composición del mortero óptimo para mampostería sugerida por las normas ASTM C270-73, donde se ensayaron tres muestras cúbicas de 5 cm de lado con la composición empleada por el sector informal y tres muestras más pero con la composición recomendada por las normas ASTM C270-73. La tabla 2.6 y 2.7 muestran la composición de los morteros a ensayar mientras que la tabla 2.8 muestra los resultados de resistencia a la compresión y módulos de elasticidad de las muestras ensayadas:

- Mortero 1: mortero recomendado para mampostería por las normas ASTM C270-73. Proporciones en volumen. Fluidéz aproximada de 110% a 115%.

**Tabla 2.7.** Mortero recomendado para mampostería por las normas ASTM c270-73. Proporciones en volumen.

	Cemento	arena	cal
mortero 1	1	4 1/2	1/2

**Adaptado de:** (Genatios, 1984)

- Mortero 2: mortero elaborado con la misma proporción de materiales utilizados en el barrio. Proporciones en peso. Fluidéz aproximada de 110% a 115%.

**Tabla 2.8.** Mortero elaborado con la misma proporción de materiales utilizados en el barrio. Proporciones en peso.

	Cemento	arena	cal
mortero 2	1	4	-

**Adaptado de:** (Genatios, 1984)

**Tabla 2.9.** Propiedades mecánicas de los morteros estudiados (numero de muestras: 3)

Tipo de Mortero	Parámetros Estadísticos	Esfuerzo Ultimo (Kg/cm2)	Modulo Elasticidad (Kg/cm2)
Mortero del barrio	Media Aritmética	70.67	15370
Mortero A.S.T.M.	Media Aritmética	33.33	5160
Mortero del barrio	C.V. (%)	3.27	5.33
Mortero A.S.T.M.	C.V. (%)	6.93	4.9

**Adaptado de:** (Genatios, 1984)

- Análisis de resultado aportados por los autores de la investigación:

La tabla nos muestra que el mortero recomendado por la norma ASTM no cumple con el esfuerzo último a compresión establecido por esta norma, ya que éste debería ser superior a los 52 kg/cm<sup>2</sup>. La norma recomienda que al mortero se le debe añadir cal con el fin de darle suficiente plasticidad a la mezcla y facilitar la retención de agua por parte de ésta durante el proceso de secado, pero como la arena que se usa en el país para la elaboración del mortero es, en general, un suelo de alta plasticidad, la cal aumentaría esa plasticidad y, a su vez, restaría resistencia a la mezcla. (Genatios, 1984).

Por otra parte los resultados expresados en la tabla nos muestran que el mortero que se utiliza en los barrios obtuvo un esfuerzo último promedio de 70,6 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, que esta por encima del valor mínimo que establece la norma ASTM, hay que tener en cuenta que los resultados obtenidos quizás estén un poco alterados debido a que las muestras fueron elaboradas y curadas en el laboratorio y no representan la condición real. (Genatios, 1984)

- Estudios realizado por el Ing. Luchsinger J. (Luchsinger, 1972).

En este trabajo se evaluaron las características mecánicas de la mampostería, en forma experimental, a través de probetas que trataban de representar un tipo de tabaquería medio (Luchsinger, 1972).

En la investigación se determinó las características mecánicas de los elementos de mampostería en el país, mas sin embargo en esta oportunidad solo se tomará en cuenta los resultados obtenidos de las diferentes configuraciones de composición de los morteros (tabla 2.9), puesto que permite evaluar la variación de las propiedades mecánicas de los morteros cuando se varia su composición.

**Tabla 2.10.** Resultados de los ensayos sobre morteros para unión de bloques de arcilla.

Obra	Mezcla	Pesos (Kg./m <sup>3</sup> )	Resistencia a Compresión Cilindros de 5 x 11 cm		Modulo de elasticidad (Kg./cm <sup>2</sup> )
			7 días (Kg./cm <sup>2</sup> )	28 días (Kg./cm <sup>2</sup> )	
1	2-2-1	2065,31	27,76	44,82	47,9
2	4-2-1	2090,45	20,26	30,19	42,689
3	2-2-1	2097,09	47,04	78,09	85,901
4	2-2-1	2093,51	6,7	10,9	15,33
5	2-2-1	2072,38	19,04	23,06	34,585
6	2-2-1	1989,55	14,94	20,84	32,635
7	2-2-1*	1985,54	6,21	9,95	19,581
8	3-2-1	1939,2	5,95	8,15	18,498
9	2-1-1**	2053,94	47,2	60,49	70,869
10	1-3-1	1989,32	12,38	17,11	26,108
11	1-4-1	2067,43	5,05	8,78	24,696
12	2-2-1	2031,74	6,85	11,66	20,669
13	1-2-1	2037,64	5,24	7,13	18,987

**Adaptado de:** (Luchsinger, 1972).

En donde no se indique lo contrario todas las proporciones son en volumen de arena “amarilla”, polvo de piedra – cemento. Estas proporciones fueron obtenidas de los encargados de las obras.

\*: Tierra roja – 1 Polvo de piedra.

\*\* : Arena lavada 1 Arena amarilla.

## 2.5.2 La resistencia de los muros ante cargas verticales

- Estudios realizados por los Profesores Enrique Castilla y Manuel Pose. (Castilla, 1995).

Ensayo hechos en el IMME para caracterizar las propiedades mecánicas de la mampostería venezolana aportó datos sobre la resistencia a compresión y a corte de muretes de concreto (Castilla, 1995). Cada murete formado por tres bloques de concreto dispuestos uno sobre otro y pegados con el mortero 4:1:1 (partes de arena, cal y cemento respectivamente), luego con una modificación del murete se preparó y ensayaron cinco especímenes, los cuales se sometieron a corte contra compresión y se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 2.11.** Ensayo de pilas a compresión. Tipo armado  $ab= 568,58 \text{ cm}^2$

Murete	h (cm)	P (ton)	f <sub>m</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	62,3	32,5	57,16
2	61,7	35,8	62,96
3	61,7	35,1	61,73
4	62,3	32,9	57,86
Promedio		34,1	59,93

**Tomado de:** (Castilla, 1995).

**Tabla 2.12.** Ensayo de murete a corte.

Carga de Compresión	Esfuerzo de Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Corte (Kg)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )
0,25 P	14,9	2683,9	6,17
0,25 P	14,9	2588,3	5,95
0,35 P	20,9	3202,3	7,36

**Tomado de:** (Castilla, 1995).

### 2.5.3 Resistencia de los muros ante cargas horizontales.

- Estudios hechos por los Profesores Enrique Castilla y Manuel Pose. (Castilla, 1995).

Parte del estudio consistió en disponer dos muros de mampostería reforzada a escala natural, para ser ensayados ante cargas laterales. La mampostería utilizada consistió de mortero, lechada y piezas huecas de concreto. Las dimensiones de los muros correspondieron a 2.40 m de altura, 2.80 m de ancho y 14 cm. de espesor, siendo ésta última el espesor de la pieza, la figura 2.6 muestra el mecanismo implementado para el ensayo de estos muros.

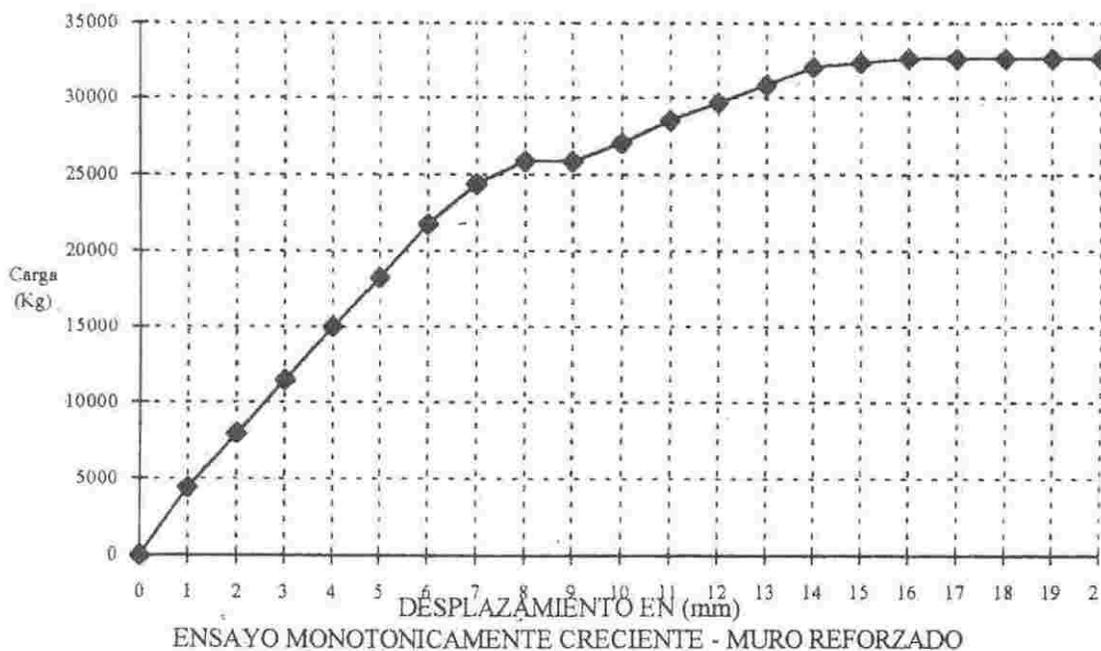


**Figura 2.6:** Sistemas y modelos de ensayos de muros de mampostería (fuente: Marinili, 2007)

El armado interior consistió en una armadura vertical y horizontal. La armadura vertical resulto en 14 barras de diámetro ½" cada 60 cm.

- Resultados obtenidos de los ensayos:

El comportamiento del muro reforzado internamente ante la carga horizontal monotónicamente se presenta en la figura anexa (figura 2.7), se alcanzó una carga máxima de 32.6 Ton debido al aplastamiento de la zona de contacto entre el gato y la viga superior, eran de esperarse mayores niveles de carga para el agotamiento del muro de no ser por esta falla tan localizada, además que se puede observar de la figura 2.7, una respuesta del muro ante carga lateral con tres estados diferentes de rigidez (Castilla, 1995)



**Figura 2.7.** Curva carga vs. Desplazamiento. Fuente: Castilla, 1995

#### 2.5.4 Longitudes de solape de barras de acero.

- Trabajo especial de grado de la Ing. Volcán S. (Volcán, 1993)

Este trabajo consistió en disponer de 54 muretes de configuraciones particulares, variando el ancho del bloque y el diámetro de las barras de refuerzo con el fin de precisar la respuesta y evaluar el comportamiento de cada una ante la aplicación de cargas (Volcán, 1993)

En este trabajo se propuso una fórmula para la determinación de las longitudes de solape para barras sometidas a tracción donde el acero desarrolle su estado de cadencia, la fórmula propuesta es la siguiente:

$$Ld = \frac{(0.178)(db)(Fy)}{\alpha\sqrt{f'cm}} \text{ (cm)} \quad \text{(Ecuación 2.1)}$$

$$\text{Con } \alpha=1, \text{ si } \beta = \frac{t-2e}{2db} \geq 2.21$$

$$\text{Y } \alpha = \frac{\beta}{2.21}, \text{ si } \beta = \frac{t-2e}{2db} < 2.21$$

Donde:

- Ld: longitud de desarrollo.
- t: ancho del bloque.
- e: espesor de las paredes de bloque.
- f'cm: resistencia del concreto líquido.
- db: diámetro de las barras de acero.
- Fy: resistencia de cedencia del acero.

La ventaja de la ecuación 2.1 es que incluye todas las variables influyentes para determinar el correcto funcionamiento del solape (diámetro del refuerzo, resistencia del acero, resistencia del concreto líquido, espesor de la pared y ancho del bloque).

## CAPITULO III

### MÉTODO

El presente trabajo tuvo como finalidad la recopilación de criterios y lineamientos para el cálculo de estructuras de mampostería armada, basándose en las normas de otros países de Latinoamérica, cuya metodología se desarrollara en las siguientes etapas:

#### 3.1 Recopilación bibliográfica.

Primeramente se recopiló la información bibliográfica que permita profundizar en el tema de investigación, por lo que se basó en la revisión de las normas de mampostería de Chile, México y Perú, además de autores con una amplia experiencia en la investigación de estos sistemas. Se sometió a revisión los trabajos publicados del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Facultad de Ingeniería de la UCV, incluyendo los trabajos de grado que aporten información al presente trabajo. Se tomó en cuenta las normas del M.O.P. de 1955 y las normas COVENIN que guardan relación con la investigación. La estructura que se siguió para alcanzar el objetivo descrito por esta etapa, es la siguiente:

- a) Definiciones, características y clasificaciones de algunos términos que permitan la comprensión, familiarización y entendimiento del tema y objetivos de la investigación.
- b) Caracterización de las propiedades mecánicas y físicas de los materiales empleados para la construcción de mampostería reforzada en Venezuela,

mediante la recopilación bibliográfica de trabajos hechos en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la UCV, que permitan caracterizar los materiales fabricados en el territorio.

### 3.2 Comparación de normas.

En esta etapa se identificaron los parámetros más importantes de las normas mexicana, peruana y chilena, para así analizarlos y posteriormente hacer una comparación entre los criterios que guarden relación ubicados en cada una de ellas, con la finalidad de determinar cual norma presenta parámetros más conservadores y observar las distintas metodologías empleadas por cada país. Esta etapa se dividió en dos partes, que se describen a continuación:

- 1) Análisis comparativo de las características mecánicas y físicas de los materiales exigidas por las normas latinoamericanas para la construcción de mampostería armada, en contraste con los requerimientos exigidos por las normas existentes en Venezuela que guarden relación con los requerimientos mínimos de los materiales a emplear en la construcción de dicho sistema.
- 2) Análisis comparativo entre los distintos criterios constructivos y de diseño estructural que presentan las normas mexicanas, peruana y chilena.

### 3.3 Elección de la norma a emplear en el cálculo de viviendas de mampostería armada.

Luego de haber analizado los parámetros constructivos presentados por cada norma, se procedió a la escogencia de la norma que se considero más elaborada, mejor redactada para la comprensión y mas detallada en la definición de los criterios constructivos para edificaciones de mampostería armada.

### 3.4 Diseño estructural de una vivienda unifamiliar de una planta.

Una vez elegida la norma, se procedió a aplicar los criterios de diseño y de cálculo a una vivienda unifamiliar típica venezolana, se partirá del diseño arquitectónico de la estructura y se hará uso de la norma para hacer el cálculo estructural de la vivienda de mampostería reforzada, de manera que se pueda apreciar la aplicabilidad de la norma en el territorio venezolano.

El producto final será constara de una memoria de cálculo y planos de planta y detalle de los muros, aceros de refuerzo y los elementos estructurales de la vivienda.

### 3.5 Conclusiones y Recomendaciones.

Luego de haber culminado con las etapas del trabajo de investigación y haber analizado minuciosamente cada uno de las consideraciones empleadas para el diseño de estructuras de mampostería armada, se procedió a aportar las conclusiones y recomendaciones pertinentes acerca de los objetivos alcanzados.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE NORMAS LATINOAMERICANAS

4.1 Análisis comparativo de los requerimientos exigidos por las diferentes normas en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas de los elementos de mampostería armada.

Las normas de diseño y cálculo de mampostería de los diferentes países exponen exigencias mínimas en cuanto a las propiedades mecánicas y físicas de cada uno de los elementos que conforman a la mampostería, de manera que si se garantizan estas exigencias mínimas, entonces se puede garantizar el adecuado comportamiento de las estructuras ante eventos sísmicos.

Por lo que se sabe, cada norma o código expone sus propios parámetros y criterios constructivos, que dependen de las características propias de los materiales utilizados y las teorías empleadas para el cálculo y diseño de los elementos estructurales.

4.1.1 Requerimientos para la utilización de bloques de concreto.

Los bloques de concreto que son empleados en la construcción de estructuras de mampostería armada deben cumplir con requerimientos mínimos que garanticen un buen comportamiento como elementos estructurales, a continuación se exponen los requerimientos mínimos que estas unidades deben presentar para cada país.

- Norma mexicana (Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, 2004).

La norma mexicana de diseño de mampostería estructural no especifica en su apartado las condiciones de resistencia que deben poseer los bloques huecos de concreto; ésta a su vez nos remite a la norma NMX-C-404-ONNCCE la cual describe y menciona cual debe ser la resistencia mínima para este tipo de piezas, se expresan a continuación:

**Tabla 4.1.** Resistencia mínima a compresión en bloques de concreto (norma mexicana)

Tipo de pieza	Resistencia mínima de diseño a compresión (fp*) N/mm <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tolerancia en la altura (mm)	Tolerancia a lo largo (mm)
Bloques de concreto	6(60)	±3	±2

**Adaptado de:** Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, 2004).

La norma mexicana (Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, 2004) expone que los bloques huecos de concreto a ser utilizados para el diseño sísmico deben poseer en su sección transversal más desfavorable un área neta de por lo menos 50% del área bruta; además establece que el espesor de las paredes externas deben de ser mínimo de 1,5 cm y el espesor mínimos de las paredes interiores deberán ser de 1,3 cm o 13 mm.

- Norma peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006)

La norma Peruana especifica que para efectos del diseño estructural las unidades de albañilería tendrán las siguientes características indicadas:

**Tabla 4.2.** Clasificación de los bloques de concreto (norma peruana)

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales					
CLASE	VARIACION DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máxima en mm)	RESISTENCIA CARÁCTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN ( $f'_b$ ) mínimo en MPa (kg/ cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Bloque P <sup>(1)</sup>	± 4	±3	±2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

**Tomado de:** Norma técnica E.070 albañilería, 2006

- (1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
  - (2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes
- Norma chilena (Albañilería Armada-Requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.Of1993, 2003).

La norma chilena de Albañilería Armada no hace referencia en cuanto a las especificaciones sobre la resistencia de los bloques de concreto; ésta nos indica que las unidades de bloques de hormigón deben satisfacer los requisitos de la clase A especificados en la norma NCh 181 la cual se menciona a continuación:

**Tabla 4.3.** Resistencia mínima a compresión en bloques de concreto (NCh 181 Of65)

Clase	RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN		TOLERANCIA :ANCHO-LARGO-ALTO  (mm)
	PROMEDIO DE 5 BLOQUES ( $kg/cm^2$ )	INDIVIDUAL MÍNIMO ( $kg/cm^2$ )	
A	45	35	±3
B	22,5	17,5	±3

**Adaptado de:** Albañilería Armada-Requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.Of1993, 2003

- Clase A: Bloques para muros soportantes.
  - Clase B: Bloques para tabiques o muros no soportantes.
- Norma venezolana (COVENIN 42-82, 1982).

Los bloques producidos en el territorio venezolano deben cumplir con algunas especificaciones y requisitos impuestos por la norma COVENIN 42-82, en cuanto a la apariencia, resistencia a la compresión, dimensiones, etc. A continuación se muestra los requerimientos mínimos de resistencia a compresión que deben presentar los bloques (COVENIN 42-82, 1982).

**Tabla 4.4.** Requisitos mínimos de resistencia a la compresión (norma COVENIN 42-82)

Tipo de bloque	Promedio 3 bloques (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo 1 bloque (Kg/cm <sup>2</sup> )
A1	70	55
A2	50	40
B1-B2	30	25

**Tomado de:** Norma COVENIN 42-82

Siendo:

- Bloque tipo A1: bloques para paredes de carga, expuestas a la humedad.
- Bloque tipo A2: bloques para paredes de carga, no expuestas a la humedad.
- Bloque tipo B1: bloques para paredes que no soportan carga, expuestas a la humedad.
- Bloque tipo B2: bloques para paredes que no soporten carga, no expuestas a la humedad.

Como se puede observar cada norma presenta restricciones diferentes para el diseño y aceptación de bloques de concreto; unas presentan parámetros más conservadoras que otras; en algunos casos se consideran aspectos que en las otras no; en este sentido los parámetros comparables son: la resistencia mínima a compresión y la tolerancia en las dimensiones del bloque.

Cabe destacar que los parámetros de resistencia mínimas difieren en cada caso, ya que la norma Venezolana se hace en base a su uso y los ensayos se deben hacer en sólo tres probetas, la norma Chilena y la Peruana también lo hacen dependiendo su uso y ensayando 5 probetas, por último la norma Mexicana establece que la determinación de la resistencia mínima se obtendrá luego de ensayar al menos 3 muestras cada una de 10 piezas, de lotes diferentes de la producción, dando un total de 30 especímenes.

Por ésta razón solo se compara la menor resistencia a compresión requerida para bloques de concreto empleados en muros portantes.

A continuación se presenta una tabla comparativa de la resistencia mínima a compresión:

**Tabla 4.5.** Resistencia mínima a compresión en bloques huecos de concreto.

NORMA	RESISTENCIA MÍNIMA A COMPRESIÓN ( $kg/cm^2$ )
PERUANA	50
MEXICANA	60
CHILENA	45
VENEZOLANA	40

Adicionalmente, si se toma en cuenta los valores de resistencia a compresión de la tabla 2.3 se puede evidenciar que muy pocos bloques de concreto logran superar la resistencia mínima exigida por la norma venezolana (COVENIN 42-82, 1982), que a su vez representa la norma menos conservadora de las cuatro citadas en este trabajo. Esto nos hace reflexionar en cuanto al control de calidad que existe en la producción de las piezas de concreto en el país.

4.1.2 Mortero, requerimientos mínimos para el empleo de este material en la mampostería armada (utilizado para pegar las unidades de albañilería).

- Norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

Los morteros que se empleen en elementos estructurales de mampostería deberán cumplir con los siguientes requisitos.

- a) Su resistencia a compresión será por lo menos de  $40 kg/cm^2$ .
- b) Siempre deberán contener cemento en la cantidad mínima indicada en la tabla siguiente.

**Tabla 4.6.** Proporciones, en volumen, recomendados para mortero en elementos estructurales.

TIPO DE MORTERO	PARTES DE CEMENTO HIDRÁULICO	PARTES DE CEMENTO DE ALBAÑILERIA	PARTES DE CAL HIDRATADA	PARTES DE ARENA (1)	RESISTENCIA NOMINAL EN COMPRESIÓN, $f_j(\frac{kg^2}{cm^2})$
I	1	-	0 a ¼	NO MENOS DE 2.25 NI MAS DE 3 VECES LA SUMA DE CEMENTO EN VOLUMEN	125
	1	0 a ½	-		
II	1	-	¼ a ½		75
	1	½ a 1	-		
III	1	-	½ a ¼	40	

**Tomad de:** Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004

- El volumen en arena se medirá en estado suelto.
- c) La relación volumétrica entre la arena y la suma de cementantes se encontrará entre 2.25 y 3. El volumen de arena se medirá en estado suelto.
- d) Se empleará la mínima cantidad de agua que de como resultado un mortero fácilmente trabajable.

Como recomendación se especifica que si se incluye cemento de albañilería, la cantidad máxima de éste, a usar en combinación con cemento será la indicada en la tabla “proporciones en volumen, recomendados para mortero en elementos estructurales”.

- Norma peruana (norma técnica E.070 albañilería, 2006)

Además de la resistencia mínima a compresión que nos indica la norma NTP 399.607 Y 399.610 la norma Técnica E.070 Albañilería nos dice que los principales componentes del mortero serán:

- Los materiales aglomerantes: cemento Portland a cemento adicionado normalizado y cal hidratada normalizada de acuerdo a las normas técnicas peruanas correspondientes.
- El agregado fino: Podrá ser fino o arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla 4.7.** Granulometría de la arena gruesa

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 - 100
N° 16 (1,18 mm)	70 – 100
N° 30 (0,60 mm)	40 – 75
N° 50 (0,30 mm)	10 – 35
N° 100 (0,15 mm)	2 - 15
N° 200 (0,075 mm)	MENOS DE 2

**Tomado de:** Norma técnica E.070 albañilería, 2006

También se establece que:

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
  - El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
  - No deberá emplearse arena de mar.
- c) El agua será potable y libres de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Para fines de la norma Peruana E.070 el mortero se clasifica según su fin estructural mediante la siguiente tabla:

**Tabla 4.8.** Tipos de mortero

COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3/4	Muros Portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no Portantes

**Tomado de:** Norma técnica E.070 albañilería, 2006

Como consideración se indica que se podrán utilizar otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5 de la norma Peruana E.070) proporcionen resistencias iguales o mayores a las que se especifican en los planos.

- Norma chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003)

Establece que la determinación de la resistencia a la compresión del mortero se debe efectuar a los 28 días de edad, de acuerdo a lo especificado en NCh158, por consiguiente se determina la siguiente característica.

- El valor mínimo de resistencia a compresión del mortero debe ser de 100  $kg/cm^2$ .

Requisitos para los materiales componentes:

Arena: La arena disponible se puede emplear, cualquiera que sea su granulometría, si se demuestra, mediante ensayos de laboratorio, que el mortero fabricado con ella cumple con todos los requisitos exigidos en el proyecto.

Cuando la arena disponible cumpla con las bandas granulométricas de Tabla que corresponda según el mortero a fabricar, éstas se pueden utilizar sin requerir ensayos previos de comportamiento.

**Tabla 4.9. Bandas granulométricas de las arenas según  $D_n$ .**

Abertura tamices según NCh165 (mm)	% acumulado que pasa, en peso		
	Tamaño máximo nominal, $D_n$ , (mm)		
	5	2,5	1,25
10	100	-	-
5	95 – 100	100	-
2,5	80 – 100	95 – 100	100
1,25	50 – 85	70 – 100	95 – 100
0,63	25 – 60	40 – 75	50 – 100
0,315	10 – 30	10 – 35	15 – 40
0,160	2 - 10	2 – 15	2 - 20
Módulo de finura	3,38 – 2,15	2,83 – 1,75	2,38 -1,40
Retenido entre tamices 0,315 y 0,160 (mm)	-	< 25	< 25
% retenido entre dos tamices sucesivos	< 45	< 45	< 45

**Tomado de:** Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003

La arena debe tener un tamaño máximo nominal,  $D_n$ , que sea menor o igual a 1/3 del espesor de la junta. El cumplimiento de la banda granulométrica correspondiente al  $D_n$  se debe controlar sólo cuando no se hayan realizado las mezclas de prueba indicadas en la tabla anterior.

Cemento: La resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión será la indicada en tabla siguiente:

**Tabla 4.10.** Resistencia a la compresión y a la flexión.

Grado	Tiempo de fraguado		Resistencia mínima a la compresión		Resistencia mínima a la flexión	
	Inicial mínimo (min)	Final máximo (h)	7 días $kg/cm^2$	28 días $kg/cm^2$	7 días $kg/cm^2$	28 días $kg/cm^2$
Corriente	60	12	180	250	35	45
Alta resistencia	45	10	250	350	45	55

**Tomado de:** Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003

Cal: Para los efectos de ésta norma (Albañilería Armada-Requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.Of1993, 2003), sólo se acepta el uso de cales aéreas hidratadas e hidráulicas hidratadas.

Comparando la resistencia a compresión del mortero entre las normas antes mencionadas se puede afirmar que la Norma chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003) presenta una resistencia a compresión mínima bastante conservadora, con un valor de  $100 kg/cm^2$  está por encima en un 60% de la resistencia a compresión de la Norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004) siendo el valor de esta de  $40 kg/cm^2$ .

#### 4.1.3 Concreto de relleno o Grout (para rellenar las celdas)

- Norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

La presente norma dice que el concreto de relleno que se emplean en elementos estructurales de mampostería para rellenar celdas de pizas huecas deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- (1) Su resistencia a compresión será por lo meno de  $125 \text{ Kg/cm}^2$ .
- (2) El tamaño máximo del agregado no excederá de 10 mm.
- (3) Se empleará la mínima cantidad de agua que permita que la mezcla sea lo suficientemente fluida para rellenar cedas y cubrir completamente las barras de refuerzo vertical, e el caso de que se cuente con refuerzo interior. Se aceptará el uso de aditivos que mejoren la trabajabilidad.
- (4) En la siguiente tabla se incluyen revenimientos nominales recomendados para morteros y concretos de relleno según la adsorción de las piezas.

**Tabla 4.11.** Revenimiento permisible para los morteros y concretos de relleno, en función de la adsorción de las piezas.

TIPO	PARTES DE CEMENTO HIDRÁULICO	PARTES DE CAL HIDRATADA	PARTES DE AREANA (1)	PARTES DE GRAVA
MORTERO	1	0 a 0.25	2.25 a 3	-
CONCRETO	1	0 a 0.1	2.25 a 3	0 a 2

**Tomado de:** Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004.

a) El volumen de arena se medirá en estado suelto.

Sobre el acero de refuerzo se establece que estará constituido por barras corrugadas, por mallas de acero, por alambre corrugados laminados en frío, o por armaduras soldadas por resistencia eléctrica de alambres de acero para castillas y dalas, que cumplan con las normas Mexicanas correspondientes. Se admitirá el uso de barras lisas como e alambrón, únicamente en estribos, en mallas de alambres soldados o en conectores. El módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordinario  $E_s$  se supondrá igual  $2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ .

- Norma peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006)

La presenta norma clasifica al grout en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos de la unidad de albañilería sea inferior a 60 mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos sea igual o mayor a 60 mm.

*Componentes:*

(1) Los materiales aglomerantes serán:

- Cemento Portland o cemento adicionado normalizado y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

(2) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y murete proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

**Tabla 4.12.** Composición volumétrica del concreto líquido o Grout.

MALA ASTM	% QUE PASA
½ pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
N° 4 (4,75 mm)	10 a 30
N° 8 (2,36 mm)	0 a 10
N° 16 (1,18 mm)	1 a 5

**Tomado de:** Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006

- a) El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica
- b) El agregado fino será arena gruesa natural.
- Resistencia: El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión  $f_c = 13,72$  MPa (140kg/cm<sup>2</sup>).
- Norma chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003)

La norma presenta caracteriza a este tipo de elemento (grout) como hormigón de relleno y determina que debe cumplir con los siguiente requisitos.

- Resistencia a la compresión: La determinación de la resistencia a la compresión debe efectuarse a los 28 días de edad. El valor mínimo de la resistencia característica a la compresión debe ser 17,5 MPa (175 Kg/cm<sup>2</sup>), aceptándose una fracción máxima defectuosa de 4%.

Comparando la resistencia a compresión del Grout o concreto líquido (de relleno) entre las normas antes mencionadas se puede afirmar que la Norma chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003) presenta la mayor resistencia a compresión mínima, siendo ésta, la más conservadora, con un valor de  $175 \text{ kg/cm}^2$  está por encima que las Norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004) y la Norma peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006) con un valor de resistencia promedio de  $42,5 \text{ kg/cm}^2$  mayor a las otras dos normas.

#### 4.1.4 Análisis comparativo sobre la determinación de la resistencia a la compresión.

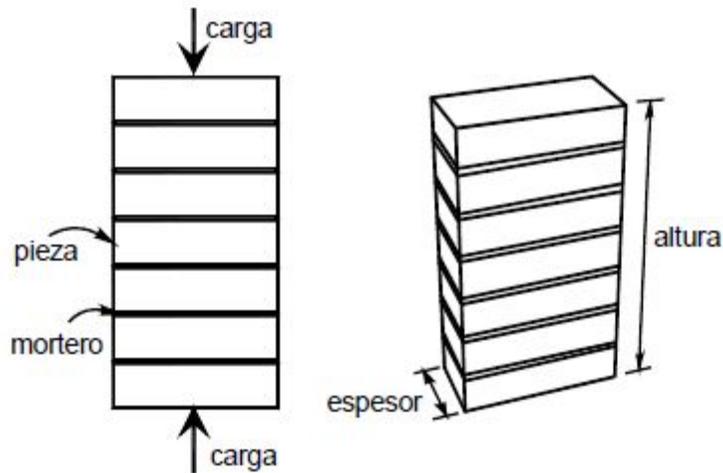
Las normas mexicana, peruana y chilena de diseño y cálculo de estructuras de mampostería armada coinciden en la manera de determinar la resistencia a la compresión de las unidades de concreto, aunque pueden existir variaciones en la fórmula y valores sugeridos; existen tres formas básicas de determinarla, estas son:

- a) A partir de ensayos de prismas contruidos con las piezas y el mortero que se emplea en la construcción.
- b) A partir de la resistencia nominal de las piezas y el mortero.
- c) Mediante valores indicativos.

A continuación se describe cada método:

4.1.4.1 A partir de ensayos de prismas contruidos con las piezas y el mortero que se emplea en la construcción:

El prisma con el que se determina la resistencia a compresión está prácticamente estandarizada a nivel mundial, por lo general está formada por unidades asentadas una sobre otra, con juntas de mortero entre las unidades como se muestra en la figura 4.1.4



**Figura 4.1.** Ejemplo grafico de los prismas a ensayar a compresión. Fuente: norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

En el caso de prismas hechos de bloques de concreto las normas coinciden en que la esbeltez estará entre 1,5 y 5, siendo la altura no menor de 40 cm. En este caso debe existir por lo menos una junta de mortero, la misma debe estar ubicada de manera tal que no se vea afectado por el cabezal de la máquina de ensayos.

Los prismas no se curan, sólo se protegen con una tele húmeda durante 24 horas y luego se colocan bajo techo hasta que son ensayados. Este ensayo se hace normalmente a los 28 días, sin embargo puede realizarse antes. El sistema de ensayo funciona de la siguiente manera: se realiza en una máquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado, hasta que el prisma no admita más carga. La resistencia prismática debe calcularse como el cociente de la carga máxima y el área de la sección transversal.

Los resultados deben expresarse en  $Kg/cm^2$  con una aproximación inferior o igual 0,1 MPa ( $1,0Kg/cm^2$ ).

Por último se debe emplear una fórmula que permita aportar el esfuerzo último a compresión de los prismas a utilizar en las fórmulas de diseño, a continuación se muestra la formulación según cada norma con sus respectivos factores de corrección por esbeltez.

- Norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

La resistencia de diseño a la compresión se calculará como:

$$f_m * = \frac{\overline{f_m}}{1+2,5 C_m} \quad (\text{Ecuación 3.1.})$$

Donde:

$\overline{f_m}$  = Media de la resistencia a compresión de las pilas, corregida por su relación altura a espesor y referida al área bruta.

$C_m$  = Coeficiente de variación de la resistencia a la compresión de las pilas de mampostería, que en ningún caso se someterá inferior a 0,15.

**Tabla 4.13.** Factores correctivos para las resistencias de pilas con diferentes relaciones altura a espesor.

Relación altura a espesor de la pila (1)	2	3	4	5
Factor correctivo	0,75	0,9	1	1,05
(1) Para relaciones altura a espesor intermedias se interpolará linealmente				

**Tomado de:** Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004.

- Norma peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006)

La resistencia característica de  $f'_m$  en pilas, se obtendrá con el valor promedio de las muestras ensayadas menos una vez la desviación estándar.

Adicionalmente las normas proponen factores de corrección para la resistencia en pilas de bloques de concreto con diferentes relaciones de altura y espesor; a continuación se comenta según cada norma.

**Tabla 4.14.** Factores de corrección de  $f'_m$  por esbeltez.

Esbeltez	2	2,5	3	4	4,5	5
Factor	0,73	0,8	0,91	0,95	0,98	1

**Tomado de:** Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004.

- Norma Chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003)

Luego de ensayar cinco probetas la resistencia prismática queda definida por el siguiente valor:

$$f'_m = \bar{X} - 0,431 (X_5 - X_1) \quad (\text{Ecuación 3.2.})$$

Donde:

$\bar{X}$  = Resistencia promedio a la compresión de los cinco prismas ensayados.

$X_5, X_1$  = Correspondiente al mayor y el menor valor de resistencia a la compresión obtenidos de los ensayos.

4.1.4.2 A partir de la resistencia nominal de las piezas y el mortero.

Este método lo proponen únicamente las normas chilena y mexicana, en estos casos la propuesta es parecida.

La norma chilena y mexicana propone una tabla en función de los valores de la resistencia a la compresión de las piezas según el tipo de mortero ambos trabajan con el área bruta de la unidad de concreto.

**Tabla 4.15.** Resistencia nominal, según la norma chilena de la resistencia a la compresión de las unidades de concreto de la mampostería.

	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES ( $Kg/cm^2$ )	VALORES DE $f'm$ ( $Kg/cm^2$ )		
		MORTERO I	MORTERO II	MORTERO III
CONCRETO	51	-	31	-
	36	-	20	-

**Tomado de:** Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003.

**Tabla 4.16.** Resistencia nominal, según la norma mexicana de la resistencia a la compresión de las unidades de concreto de la mampostería.

	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES ( $Kg/cm^2$ )	VALORES DE $f'm$ ( $Kg/cm^2$ )		
		MORTERO I	MORTERO II	MORTERO III
CONCRETO	100	50	45	40
	150	75	60	60
	$\geq 200$	100	90	80

**Tomado de:** Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004

En ambos casos para valores intermedios de  $f'm$  se interpolará linealmente para un mismo tipo de mortero.

#### 4.1.4.3 Mediante valores indicativos.

Para éste último procedimiento las normas Mexicana, Peruana, proponen tablas en las cuales se debe entrar con el tipo de unidad y mortero utilizado para así obtener el valor de resistencia.

A continuación se citaran las tablas correspondientes a dichas normas.

**Tabla 4.17.** Valores, sugeridos por la norma Mexicana de  $f'm$  en función de los tipos usuales de unidades y morteros.

TIPO DE UNIDAD	VALORES DE $f'm$ ( $kg/cm^2$ )		
	TIPO DE MORTERO		
	MORTERO I	MORTERO II	MORTERO III
BLOQUE DE CONCRETO	20	15	15

**Tomado de:** Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004.

**Tabla 4.18.** Valores, sugeridos por la norma peruana de  $f'm$  en función de los tipos usuales de unidades y morteros.

TIPO DE UNIDAD	VALORES DE $f'm$ ( $kg/cm^2$ )	
	TIPO DE MORTERO	
	P1 Ó P1-C	P2 Ó P2-C
BLOQUE DE CONCRETO I	45	40
BLOQUE DE CONCRETO II	25	25

**Tomado de:** Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006.

#### 4.1.5 Determinación de la resistencia al corte

La resistencia al corte de la mampostería se determinará a los 28 días y puede hacerse por dos procedimientos:

- a) A partir de ensayos de comparación diagonal de muretes.
- b) Mediante valores indicativos.

A continuación se describe cada método:

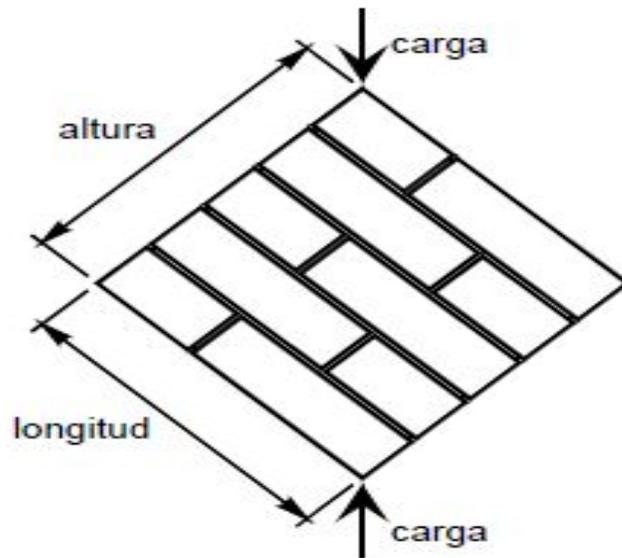
##### 4.1.5.1 A partir de ensayos de comparación diagonal de muretes.

- Norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

La resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería,  $v_m^*$ , sobre área bruta de la diagonal, se determinará con alguno de los dos procedimientos indicados en las secciones 4.1.5.2.1 de la norma mexicana correspondiente. El valor de la resistencia en esta Norma está referido a 28 días. Si se considera que el muro recibirá las acciones de diseño antes de este lapso, se deberá valorar la resistencia para el tiempo estimado según la sección 4.1.5.2.1.

4.1.5.1.1 Ensayos de muretes contruidos con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.

Los muretes (fig. 4.2) tendrán una longitud de al menos una vez y media la longitud de la pieza y el número de hiladas necesario para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. Los muretes se ensayarán sometiéndolos a una carga de compresión monótona a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se determinará dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida sobre la misma diagonal.



Altura = Longitud

**Figura 4.2.** Murete para prueba en compresión diagonal (fuente: normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

La resistencia de diseño a compresión diagonal,  $V_m^*$ , será igual a:

$$V_m^* = \frac{\overline{v_m}}{1+2.5c_v} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Donde:

$\overline{v_m}$  = Media de la resistencia a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga

$c_v$  = Coeficiente de variación de la resistencia a compresión diagonal de muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0.20.

En líneas generales el ensayo de compresión diagonal se realiza sobre muretes aproximadamente cuadrados, cuya arista no puede ser menor de 55 cm, elaboradas con los materiales que se utilizaran en la construcción de los muros en la obra, los cuales serán sometidos a una carga de compresión creciente según una diagonal del murete hasta llegar a la rotura (Lara, 1996).

#### 4.1.5.2 Mediante valores indicativos.

En este procedimiento para obtener la resistencia al corte consiste en tablas propuestas.

En tal sentido los valores de resistencia al corte que en cada una de las normas se comentan, dependen tanto del tipo de unidad como del tipo de mortero utilizados. En este sentido seleccionando el tipo de unidad y el mortero que se quiera utilizar se puede obtener la resistencia al corte que se requiere

### 4.2 Disposiciones para el diseño de estructuras de mampostería armada.

#### 4.2.1 Cuantías mínimas de refuerzo vertical y horizontal

- Norma Mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

#### Apartado 6.1.1 Cuantías de acero de refuerzo vertical y horizontal.

- a) la suma de las cuantías de acero de refuerzo horizontal,  $p_h$  y vertical,  $p_v$  no será menor que 0.002 y ninguna de las dos cuantías será menor que 0,0007, es decir:

$$a) \rho_h + \rho_v \geq 0,002 ; \rho_h \geq 0,0007 ; \rho_v \geq 0,0007$$

Donde:

$$b) \rho_h = A_{sh} / S_h.t \quad \text{y} \quad \rho_v = A_{sv} / S_v.t$$

$A_{sh}$  = área de acero de refuerzo horizontal que se colocara a una separación vertical  $S_h$  y  $A_{sv}$  área de acero de refuerzo vertical que se colocara a una separación  $S_v$ .

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006)

Artículo 28.1.

- a) todos los muros llevaran refuerzo horizontal y vertical. La cuantía mínima de refuerzo en cualquier dirección será de 0,1%. Las varillas de acero de refuerzo serán corrugadas.
- Norma Chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003)

Apartado 6.4.3.2

El área de la armadura de muros, tanto en dirección vertical como horizontal, debe ser mayor o igual a un 0,06% de la sección bruta medida perpendicularmente a la dirección de la armadura. La suma de los porcentajes de armadura vertical y horizontal debe ser mayor o igual a 0,15%. Solo las armaduras que se extienden a lo largo de todo el ancho y la altura del muro se consideran en el cálculo del área mínima de armadura.

El cálculo del área mínima debe efectuarse multiplicando el porcentaje indicado por el área definida por el espesor del elemento y el espaciamiento entre las barras.

#### 4.2.2 Tamaño, colocación y separación del refuerzo.

- Norma Mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

#### Apartado 3.3.2 tamaño del acero de refuerzo.

##### Apartado 3.3.2.1 Diámetro del acero de refuerzo longitudinal:

El diámetro de la barra más gruesa no deberá exceder de la mitad de la menor dimensión libre de una celda.

##### Apartado 3.3.2.2 Diámetro del acero de refuerzo horizontal

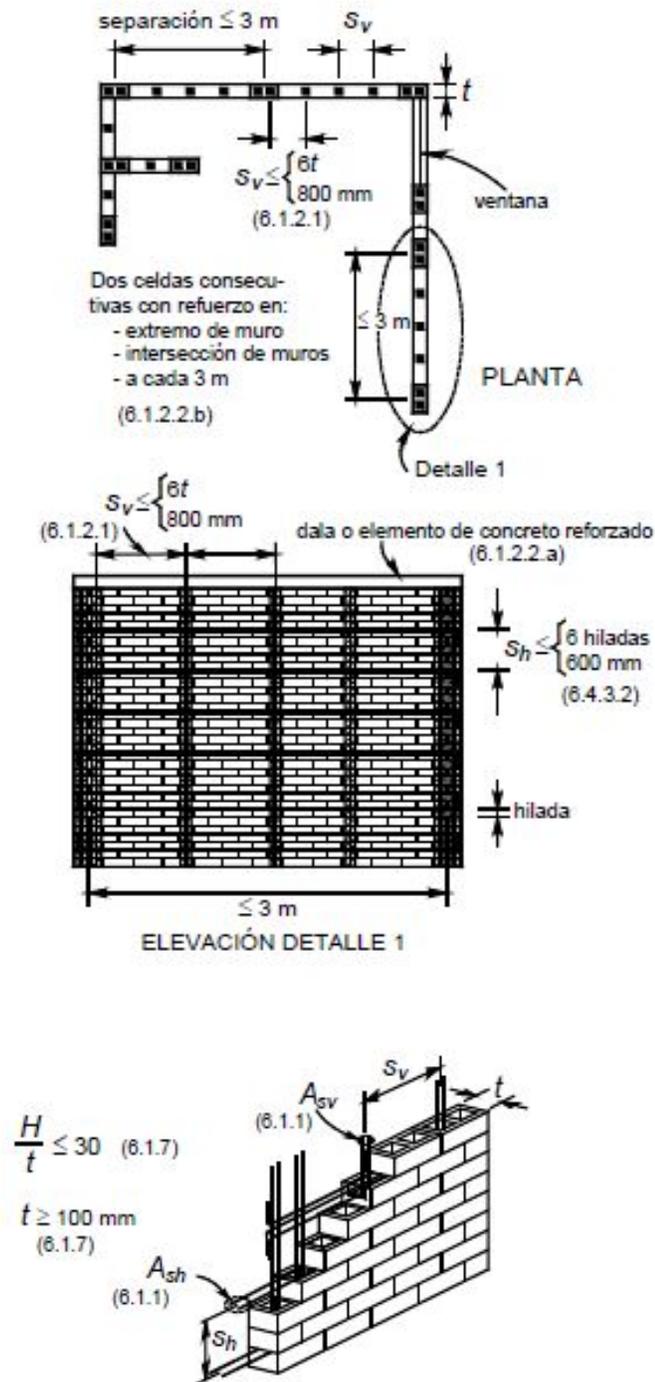
El diámetro del refuerzo horizontal no será menor que 3.5 mm ni mayor que tres cuartas partes del espesor de la junta.

#### Apartado 6.1.2.1 Refuerzo vertical

El refuerzo vertical en el interior del muro tendrá una separación no mayor de seis veces el espesor del mismo ni mayor de 800 mm.

#### Apartado 6.1.2.2 refuerzo en los extremos del muro.

Existirá una dala en todo extremo horizontal del muro, a menos que éste último esté ligado a un elemento de concreto reforzado con un peralte mínimo de 100 mm. Aun en este caso se deberá colocar refuerzo longitudinal y transversal; ver figura 4.3.



**Figura 4.3.** Requisitos para mampostería con refuerzo interior. Fuente: norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

El refuerzo longitudinal de la dala deberá dimensionarse para resistir la componente horizontal del puntal de compresión que se desarrolle en la mampostería para resistir las cargas laterales y verticales. En cualquier caso,

estará formado por lo menos de tres barras, cuya área total sea al menos igual a la obtenida con la ecuación 3.4.

$$A_s = 0.2 \frac{f'_c}{f_y} t^2 \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

El refuerzo transversal de la dala estará formado por estribos cerrados y con un área,  $A_{sc}$ , al menos igual a la calculada con la ecuación 3.5.

$$A_{sc} = \frac{10000 s}{f_y h_c}, \text{ si se usan MPa y mm} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

$$(A_{sc} = \frac{1000 s}{f_y h_c}, \text{ Si se usan Kg/cm}^2 \text{ y cm})$$

Donde  $h_c$  es la dimensión de la dala en el plano del muro. La separación de los estribos,  $s$ , no excederá de  $1.5t$  ni de 200 mm.

Deberá colocarse por lo menos una barra No. 3 (9.5 mm de diámetro) con esfuerzo especificado de fluencia de  $4200 \text{ Kg/cm}^2$ , o refuerzo de otras características con resistencia a tensión, equivalente, en cada una de dos celdas consecutivas, en todo extremo del muro, en las intersecciones entre muros o cada 3 m.

#### Apartado 6.4.3.2 separación del refuerzo del acero horizontal

La separación máxima del refuerzo horizontal,  $Sh$ , no excederá de seis hiladas o 600 mm.

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006)

#### Artículo 28.1

- e) El espaciamiento del refuerzo horizontal en el primer piso de muros hasta de tres pisos o 12 m de altura en las zonas sísmicas 2 y 3 no excederá de 450 mm y para muros de más de 3 pisos o 12 m no excederá de 200 mm; en zona sísmica 1 no excederá de 800 mm.
- f) para evitar las fallas por deslizamiento en el muro (cizalle), el refuerzo vertical por flexión se concentrará en los extremos del muro y en la zona central se utilizará una cuantía no menor que 0.001, espaciando las barras a no más de 45 cm. Adicionalmente, en la interface cimentación-muro, se añadirán espigas verticales de 3/8" que penetre 30 y 50 cm, alternadamente, en el interior de aquellas celdas que carecen de refuerzo vertical.

#### Artículo 28.3

Por lo menos se colocara 2 Ø 3/8", o su equivalente, en los bordes libres del muro y en las intersecciones entre muros.

#### Artículo 28.4

- a) Se verificará la necesidad de confinar los extremos libres (sin muros transversales) comprimidos, evaluando el esfuerzo de compresión último ( $\sigma_u$ ) con la fórmula de flexión compuesta:

$$\sigma_u = \frac{Pu}{A} + \frac{Mu.y}{I} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

En la que  $P_u$  es la carga total del muro, considerando 100% de sobrecarga y amplificada por 1,25.

- a) Toda la longitud del muro donde se tenga  $\sigma_u \geq 0,3 f'm$  deberá ser confinada. El confinamiento se hará en toda la altura del muro donde los esfuerzos calculados con Artículo 28 (28.4), sean mayores o iguales al esfuerzo límite indicado.
  - b) Cuando se utilice confinamiento, el esfuerzo vertical existente en el borde libre deberá tener un diámetro  $D_b \geq s/13$ , donde "s" es el espaciamiento entre elementos de confinamiento.
- Norma Chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003)

#### Apartado 6.4.3.3

El diámetro mínimo de la armadura vertical debe ser de 8 mm.

#### Apartado 6.4.3.4

La máxima separación de la armadura vertical u horizontal no debe ser mayor que seis veces el espesor del muro, ni mayor que 120 cm.

#### Apartado 6.4.3.5

La armadura vertical mínima en los bordes y los encuentros de muros debe ser igual a una barra de 12 mm de diámetro.

#### Apartado 6.4.3.6

Se debe colocar armaduras horizontales en la parte superior de los cimientos, en la base y parte superior de los vanos, a nivel de los pisos y techos y en el coronamiento de los parapetos. Alrededor de los vanos deben colocarse barras verticales de diámetro mayor o igual a 10 mm. Las barras alrededor de vanos deben prolongarse un mínimo de 60cm más allá de las esquinas del vano.

#### 4.2.3 Anclaje del acero de refuerzo longitudes de solape

- Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

#### Apartado 3.3.6.1 requisitos generales.

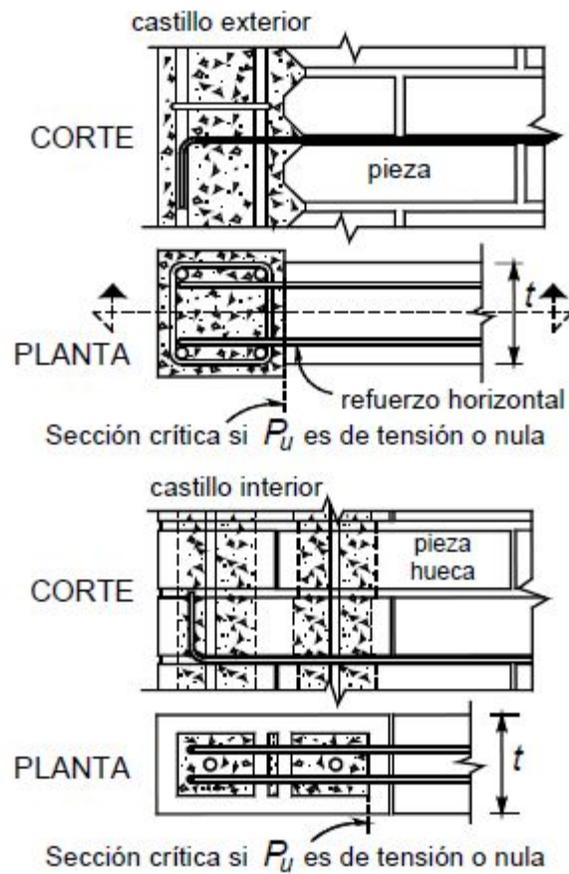
La fuerza de tensión o compresión que actúan en el acero de refuerzo en toda sección debe desarrollarse a cada lado de la sección considerada por medio de adherencia en una longitud suficiente de barra.

En lo general, se aplicara lo dispuesto en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y construcción de estructuras de concreto.

#### Apartado 3.3.6.4 refuerzo horizontal en juntas de mortero.

El refuerzo horizontal colocado en las juntas de mortero (5.4.3 y 6.4.3) deberá ser continuo a lo largo del muro, entre dos castillos si se trata de mampostería confinada, o entre dos celdas rellenas y reforzadas con barras verticales en muros reforzados interiormente. Si se requiere, se podrán anclar dos o más barras o alambres en el mismo castillo o celda que refuercen muros colineales o transversales. No se admitirá el traslape de alambres o barras de refuerzo horizontal en ningún tramo.

El refuerzo horizontal deberá anclarse en los castillos, ya sea exteriores o interiores, o en las celdas rellenas reforzadas (fig 4.4). Se deberá anclar mediante dobleces a 90 grados colocados dentro de los castillos o celdas. El doblez del gancho se colocara verticalmente dentro del castillo o celda rellena lo mas alejado posible de la cara del castillo o de la pared de la celda rellena en contacto con las mampostería.



**Figura 4.4.** Anclaje del refuerzo horizontal. Fuente: norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

### Apartado 3.3.6.6 uniones de barras.

#### a) Barras sujetas a tensión.

La longitud de traslape de barras en concreto se determinara según lo especificado para concreto reforzado. No se aceptan uniones soldadas. Si las barras se traslapan en el interior de piezas huecas, la longitud de traslape será al menos igual a  $50db$  en barras con refuerzo especificado de fluencia de hasta 412 MPa (4200 Kg/cm<sup>2</sup>) y al menos igual a  $60db$  en barras o alambres con esfuerzo especificado de fluencia mayor;  $db$  es el diámetro de la barra mas gruesa del traslape. El traslape se ubicara en el tercio medio de la altura de muro. No se aceptan traslapes de mas del 50 por ciento del acero longitudinal del elemento (castillo, dala, muro) en una misma sección.

- Norma peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

### Articulo 12.2

El refuerzo horizontal debe ser continuo y anclado en los extremos con doblez vertical de 10 cm en la celda extrema.

### Articulo 12.1

Los empalmes por traslape serán de 60 veces el diámetro de la barra.

- Norma chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

### Apartado 6.1.6 anclaje de armaduras.

Para las longitudes de anclaje de las armaduras, deben usarse los valores especificados en la norma de hormigón armado.

Apartado 6.1.5 empalmes de armaduras.

Para empalmes de barras por traslape, su longitud debe determinarse a partir de datos experimentales; en caso que no se disponga de ellos, la longitud de traslape debe ser mayor o igual a 40 veces el menor diámetro de las barras.

4.2.4 Módulos de elasticidad y módulo de corte.

- Norma Mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

Apartado 2.8.5 Módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad de la mampostería,  $E_m$ , se determinará con alguno de los procedimientos indicados en las secciones 2.8.5.1 y 2.8.5.2.

Apartado 2.8.5.1 Ensayes de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.

Se ensayarán pilas del tipo, a la edad y en la cantidad indicados en la sección 2.8.1.1. El módulo de elasticidad para cargas de corta duración se determinará según lo especificado en la Norma Mexicana correspondiente.

Para obtener el módulo de elasticidad para cargas sostenidas se deberán considerar las deformaciones diferidas debidas al flujo plástico de las piezas y el mortero. Optativamente, el módulo de elasticidad para cargas de corta duración obtenida del ensaye de pilas se podrá dividir entre 2,3 si se trata de piezas de concreto, o entre 1,7 si se trata de piezas de barro o de otro material diferente del concreto.

Apartado 2.8.5.2 Determinación a partir de la resistencia de diseño a compresión de la mampostería.

a) Para mampostería de tabiques y bloques de concreto:

$E_m = 800 \text{ fm}^*$  para cargas de corta duración

$E_m = 350 \text{ fm}^*$  para cargas sostenidas

Apartado 2.8.6 Módulo de cortante.

El módulo de cortante de la mampostería,  $G_m$ , se determinará con alguno de los procedimientos indicados en las secciones 2.8.6.1 y 2.8.6.2. Se aplicará la sección 2.8.6.2 si el módulo de elasticidad se determinó según la sección 2.8.5.2.

2.8.6.1 Ensayes de muretes contruidos con las piezas y morteros que se emplearán en la obra.

Se ensayarán muretes del tipo, a la edad y en la cantidad señalados en la sección 2.8.2.1. El módulo de cortante se determinará según lo especificado en la Norma Mexicana correspondiente.

2.8.6.2 Determinación a partir del módulo de elasticidad de la mampostería.

Si se opta por usar la sección 2.8.5.2 para determinar el módulo de elasticidad de la mampostería, el módulo de cortante de la mampostería se puede tomar como:

$$G_m = 0.4 E_m$$

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

Artículo 24.7

El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ) para la albañilería se considerarán como sigue:

- a) Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 f'_m$
- b) Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0,4 E_m$

Opcionalmente, los valores de “ $E_m$ ” y “ $G_m$ ” podrán calcularse experimentalmente según se especifica en el Artículo 13.

- Norma Chilena (albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

#### Apartado A.6.2 Módulo de elasticidad.

Para los efectos de ésta norma, el módulo de elasticidad de la albañilería se determina a partir de la resistencia prismática de proyecto, en la forma siguiente:

- a) Para efectos de calcular propiedades dinámicas y distribución de cargas sísmicas:

$$E = 1000 f'_m$$

- b) Para efectos de diseño elástico de elementos de albañilería armada:

$$E = 800 f'_m, \text{ para albañilería de bloques de hormigón con hormigón de relleno.}$$

En estas expresiones, el valor  $f'_m$  está referido al área bruta de la albañilería. Cuando se requiere usar el módulo de elasticidad referido al área de contacto, se debe usar  $E = 700 f'_m$  con la corrección correspondiente en el valor de  $f'_m$ .

#### Apartado A.6.3 Módulo de corte.

Para los efectos de ésta Norma, el módulo de corte se determina de:

$$G = 0,3 E_m$$

#### 4.2.5 Factores de resistencia.

- Norma Mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

##### Apartado 3.1.4 Factores de resistencia.

Las resistencias deberán reducirse por un factor de resistencia, FR. Se acepta aplicar estos valores en aquellas modalidades constructivas y de refuerzo cuyo comportamiento experimental ha sido evaluado y satisface el Apéndice Normativo A. Los valores del factor de resistencia serán los siguientes.

##### Apartado 3.1.4.1 En muros sujetos a compresión axial.

FR = 0.6 para muros confinados o reforzados interiormente.

FR = 0.3 para muros no confinados ni reforzados interiormente.

Apartado 3.1.4.2 En muros sujetos a flexocompresión en su plano o a flexocompresión fuera de su plano.

- Para muros confinados o reforzados interiormente.

$$FR = 0.8 \text{ si } P_u \leq \frac{P_R}{3}$$

$$FR = 0.6 \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3}$$

- Para muros no confinados ni reforzados interiormente

FR = 0,3

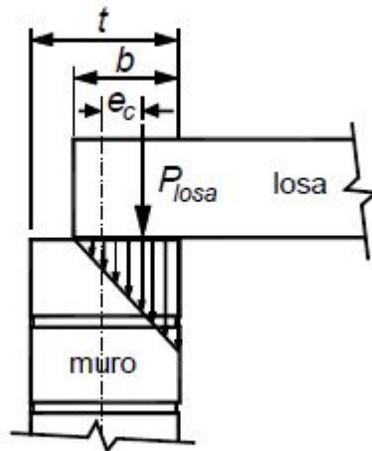
Apartado 3.1.4.3 En muros sujetos a fuerza cortante

FR = 0.7 para muros diafragma, muros confinados y muros con refuerzo interior.

FR = 0.4 para muros no confinados ni reforzados interiormente.

Apartado 3.2.2.3 Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez

En el diseño, se deberán tomar en cuenta los efectos de excentricidad y esbeltez. Optativamente, se pueden considerar mediante los valores aproximados del factor de reducción FE, ver figura 4.5.



**Figura 4.5.** Excentricidad de la carga vertical. Fuente: norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

- a) Se podrá tomar FE igual a 0.7 para muros interiores que soporten claros que no difieren en más de 50 por ciento. Se podrá tomar FE igual a 0.6 para muros extremos o con claros que difieran en más de 50 por ciento, así como para casos en que la relación entre cargas vivas y cargas muertas de diseño excede de uno. Para ambos casos, se deberá cumplir simultáneamente que:

(1) Las deformaciones de los extremos superior e inferior del muro en la dirección normal a su plano están restringidas por el sistema de piso, por dadas o por otros elementos.

(2) La excentricidad en la carga axial aplicada es menor o igual que  $t/6$  y no hay fuerzas significativas que actúan en dirección normal al plano del muro.

(3) La relación altura libre a espesor de la mampostería del muro,  $H/t$ , no excede de 20.

b) Cuando no se cumplan las condiciones del inciso 3.2.2.3.a, el factor de reducción por excentricidad y esbeltez se determinará como el menor entre el que se especifica en el inciso 3.2.2.3.a, y el que se obtiene con la ecuación siguiente.

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

Donde

$H$ = altura libre de un muro entre elementos capaces de darle apoyo lateral;

$e'$ = excentricidad calculada para la carga vertical más una excentricidad accidental que se tomará igual a  $t/24$ ; y  $k$  factor de altura efectiva del muro que se determinará según el criterio siguiente:

$k = 2$  para muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior;

$k = 1$  para muros extremos en que se apoyan losas; y

$k = 0.8$  para muros limitados por dos losas continuas a ambos lados del muro.

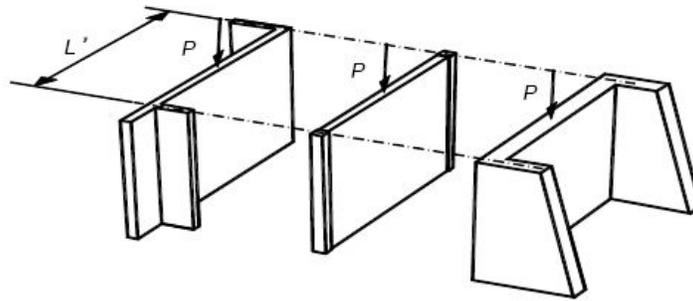
#### Apartado 3.2.2.4 Efecto de las restricciones a las deformaciones laterales

En casos en que el muro en consideración esté ligado a muros transversales, a contrafuertes, a columnas o a castillos (que cumplan con la sección 5.1) que restrinjan su deformación lateral, el factor FE se calculará como:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \left(1 - \frac{H}{L'}\right) + \frac{H}{L'} \leq 0,9 \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

Donde

$L'$  = es la separación de los elementos que rigidizan transversalmente al muro



**Figura 4.6.** Restricción a la deformación lateral. Fuente: Norma mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004)

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

Intrínsecamente el factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez se encuentra expresado en el artículo 26.3.a de esta manera:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

Donde:

$\alpha$  = Factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez

$V_e$  = Fuerza cortante del muro obtenido del análisis elástico

$M_e$  = Momento flector del muro obtenido del análisis elástico

*Factor de reducción de resistencia de muros sujetos a flexocompresión en su plano o a flexocompresión fuera de su plano.*

Intrínsecamente el Factor de reducción de resistencia de muros sujetos a flexocompresión en su plano o a flexocompresión fuera de su plano se encuentra en el artículo 28.3.a de esta manera:

$$0,65 \leq \phi = 0,85 - 0,2 P_u / P_0 \leq 0,85$$

Donde:

$$P_0 = 0,1 f' m. t. L \quad (\text{Ecuación 3.9})$$

Factor de reducción por efecto de las restricciones a las deformaciones laterales.

Intrínsecamente el Factor de reducción por efecto de las restricciones a las deformaciones laterales se encuentra en el artículo 28.3.b de esta manera:

Cuando el extremo traccionado concurre un muro perpendicular, el momento flector  $M_u$  podrá ser reducido en  $0,90 P_{gt} \cdot L/2$ , donde  $P_{gt}$  es la carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal.

- Norma Chilena (Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

No presenta factores de reducción.

#### 4.2.6 Relación espesor-altura del muro de mampostería.

- Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

Apartado 6.1.7. Espesor y relación altura a espesor de los muros.

El espesor de la mampostería de los muros  $t$ , no será menor de 100 mm y la relación altura a espesor de la mampostería del muro,  $H/t$ , no excederá de 30.

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

Artículo 19.1. Muros portantes.

a) Espesor efectivo “ $t$ ”. El espesor efectivo mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \text{ Para zonas sísmicas 2 y 3}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \text{ Para zonas sísmica 1}$$

Donde “ $h$ ” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo.

- Norma Chilena (Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

#### Apartado 6.4.1. Dimensiones límite.

Los muros resistentes de albañilería armada deben tener un espesor mayor o igual 1/25 del menor entre la altura libre y el ancho libre del muro. En todo caso, el espesor no debe ser menor que 14 cm.

#### 4.2.7 Resistencia a compresión de la mampostería con refuerzo interior.

- Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

#### *Apartado 6.3.1 Resistencia a compresión de la mampostería con refuerzo interior.*

La carga vertical resistente,  $P_R$  se calculará como:

$$P_R = F_R \cdot F_E \cdot (f_m \cdot A_T + \sum A_S \cdot f_y) \leq 1,25 \cdot F_R \cdot F_E \cdot f_m \cdot A_T \quad (\text{Ecuación 3.10})$$

Donde:

$F_E$  = Factor de reducción por efectos de excentricidad y esbeltez

$F_R$  = Se tomará igual a 0,6 y corresponde al factor de reducción por compresión axial.

Alternativamente,  $P_R$ , se podrá calcular con:

$$P_R = F_R \cdot F_E \cdot (f_m \cdot +0,70) \cdot A_T \leq 1,25 \cdot F_R \cdot F_E \cdot f_m \cdot A_T \quad (\text{Ecuación 3.11})$$

Si se usan MPa y mm<sup>2</sup>

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

Artículo 19.1.b. Esfuerzo axial máximo.

El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) producido por la carga de gravedad máxima de servicio ( $P_m$ ), incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 \cdot f'_m \cdot \left[ 1 - \left( \frac{h}{35 \cdot t} \right)^2 \right] \leq 0,15 \cdot f'_m \quad (\text{Ecuación 3.12})$$

Donde:

L = Longitud total del muro.

- Norma Chilena (Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

Apartado 5.2.3.1 Compresión en muros.

La tensión de compresión axial en muros no debe exceder:

$$F_a = 0,2 \cdot f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right], \text{ con inspección especializada.} \quad (\text{Ecuación 3.13})$$

$$F_a = 0,1 \cdot f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right], \text{ sin inspección especializada.} \quad (\text{Ecuación 3.14})$$

Donde:

h = Es el menor valor entre la longitud de pandeo vertical y la distancia libre entre soportes laterales, encaso de que el muro tenga algún borde libre se debe usar la longitud de pandeo vertical.

#### 4.2.8 Resistencia a flexocompresión.

- Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

#### Apartado 6.3.2 Resistencia a flexocompresión en el plano del muro

##### 6.3.2.1 Método general de diseño

La resistencia a flexión pura o flexocompresión en el plano de un muro confinado exterior o interiormente se calculará con base en las hipótesis estipuladas en la sección 3.1.6. La resistencia de diseño se obtendrá afectando la resistencia por el factor de resistencia indicado en la sección 3.1.4.2.

##### 6.3.2.2 Método optativo

Para muros con barras longitudinales colocadas simétricamente en sus extremos, las fórmulas simplificadas siguientes (ecuaciones 3.15 y 3.16) dan valores suficientemente aproximados y conservadores del momento flexionante resistente de diseño.

El momento flexionante resistente de diseño de la sección,  $M_R$ , se calculará de acuerdo con las ecuaciones

$$M_R = F_R M_0 + 0.3 P_u d; \text{ si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3} \quad (\text{Ecuación 3.15})$$

$$M_R = (1.5 F_R M_0 + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right); \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3} \quad (\text{Ecuación 3.16})$$

Donde:

$M_0 = A_s \cdot f_y \cdot d'$  resistencia a flexión pura del muro.

$A_s$  = área total de acero de refuerzo longitudinal colocada en los extremos del muro.

$d'$  = distancia entre los centroides del acero colocado en ambos extremos del muro.

$d$  = distancia entre el centroide del acero de tensión y la fibra a compresión máxima.

$P_u$  = carga axial de diseño a compresión, cuyo valor se tomará con signo positivo en las ecuaciones. 6.8 y 6.9.

$FR$  = se tomará igual a 0.8, si  $P_u \leq PR / 3$  e igual a 0.6 en caso contrario.

Para cargas axiales de tensión será válido interpolar entre la carga axial resistente a tensión pura y el momento flexionante resistente  $M_o$ , afectando el resultado por  $FR=0.8$  (ver fig. 5.4).

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

Evaluación de la Capacidad Resistente “ $M_n$ ”

- a) Para todos los muros portantes se debe cumplir que la capacidad resistente a flexión  $M_n$ , considerando la interacción carga axial - momento flector, reducida por el factor  $\phi$ , sea mayor o igual que el momento flector factorizado  $M_u$ :

$$\phi M_n \geq M_u$$

El factor de reducción de la capacidad resistente a flexocompresión  $\phi$ , se calculará mediante la siguiente expresión:

$$0,65 \leq \phi = 0,85 - 0,2 \leq P_u/P_0 \leq 0,85$$

Donde

$$P_0 = 0,1 f'_m \cdot t \cdot L \quad (\text{Ecuación 3.17})$$

- b) Para muros de sección rectangular, la capacidad resistente a flexión  $M_n$  podrá calcularse aplicando la fórmula siguiente:

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot D + P_u \cdot \frac{L}{2} \quad (\text{Ecuación 3.18})$$

Donde:

$$D = 0,8 \cdot L$$

$A_s$  = Área del refuerzo vertical en el extremo del muro

Para calcular el área de acero " $A_s$ " a concentrar en el extremo del muro, se deberá utilizar la menor carga axial:  $P_u = 0,9P_g$ .

Cuando al extremo traccionado concurre un muro perpendicular, el momento flector  $u$   $M$  podrá ser reducido en  $0,9P_{gt} \cdot L/2$ , donde  $P_{gt}$  es la carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal.

- c) Para muros con secciones no rectangulares, el diseño por flexocompresión podrá realizarse empleando la formulación anterior o mediante la evaluación del Diagrama de Interacción para las acciones nominales ( $P_n$  vs  $M_n$ ).
- d) Por lo menos se colocará 2  $\phi 3/8$ ", o su equivalente, en los bordes libres del muro y en las intersecciones entre muros.

- e) En la zona central del muro el refuerzo vertical mínimo será el requerido por corte fricción de acuerdo a lo indicado en el Artículo 28 (28.1k).
  - f) El valor “ $M_n$ ” se calculará sólo para el primer piso ( $M_{n1}$ ), debiéndose emplear para su evaluación la máxima carga axial posible existente en ese piso:  $P_u = 1,25 P_m$ , contemplando el 100% de sobrecarga.
- Norma Chilena (Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

Se calculará como:

$0,33f'_m$  pero  $\leq 6.3$  , si se realiza inspección especializada

$0,166f'_m$  pero  $\leq 3.2$  , si no se realiza inspección especializada

#### 4.2.9 Fuerza cortante resistida por la mampostería

- Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

La fuerza cortante resistente de diseño,  $V_{mR}$  se determinará como sigue:

$$V_{mR} = F_R(0,5 \cdot V_m \cdot A_T + 0,3 \cdot P) \leq 1,5 \cdot F_R \cdot V_m \cdot A_T \quad (\text{Ecuación 3.19})$$

Donde P se deberá tomar positiva en compresión

La carga vertical P que actúa sobre el muro deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical P es de tensión, se despreciará la contribución de la mampostería  $V_{mR}$ ; por lo que la

totalidad de la fuerza cortante deberá ser resistida por el refuerzo horizontal. La resistencia a compresión diagonal de la mampostería para diseño,  $V_m$  \* no deberá exceder de 0.6 MPa (6 kg/cm<sup>2</sup>), a menos que se demuestre con ensayos que satisfagan la sección referente la resistencia a compresión, que se pueden alcanzar mayores valores. En adición se deberá demostrar que se cumplen con todos los requisitos de materiales, análisis, diseño y construcción aplicables.

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

#### Resistencia al Agrietamiento Diagonal

a) La resistencia al corte ( $V_m$ ) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

*Unidades de Arcilla y de Concreto:*

$$V_m = 0.5V'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g \quad (\text{Ecuación 3.20})$$

Donde:

$V'_m$  = resistencia característica a corte de la albañilería (ver Artículos 13 (13.8 y 13.9)).

$P_g$  = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (NTE E.030 Diseño Sismorresistente)

$t$  = espesor efectivo del muro (ver Artículo 3 (3.13))

$L$  = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados).

$\alpha$ = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

Donde:

$V_e$  = Es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico.

$M_e$ = Es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

- Norma Chilena (Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

Para muros:

Para  $M/Vd \geq 1$ ;  $0.06\sqrt{f_m'}$  pero  $\leq 0.19$  si se cuenta con inspección especializada y 0.10 si no se cuenta con inspección especializada.

Para  $M/Vd=0$ ;  $0.13\sqrt{f_m'}$  pero  $\leq 0.28$  si se cuenta con inspección especializada y 0.14 si no se cuenta con inspección especializada.

4.2.10 Fuerza cortante resistida por el acero de refuerzo.

- Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

Apartado 6.4.3.3 Cuantías mínima y máxima del acero de refuerzo horizontal

Si se coloca acero de refuerzo horizontal para resistir fuerza cortante, la cuantía de acero de refuerzo horizontal,  $\rho_h$ , no será inferior a  $0,3/f_{yh}$  si se usan MPa ( $3/f_{yh}$ , si se usan  $\text{kg/cm}^2$ ) ni al valor que resulte de la expresión siguiente:

$$p_h = \frac{V_{mR}}{F_R \cdot f_{yh} \cdot A_T} \quad (\text{Ecuación 3.21})$$

En ningún caso  $p_h$  será mayor que  $0.3 \frac{f_m^*}{f_{yh}}$ ; ni que  $1.2/f_{yh}$  para piezas macizas, ni que  $0.9/f_{yh}$  para piezas huecas si se usan MPa ( $12/f_{yh}$  y  $9/f_{yh}$ , respectivamente, si se usan kg/cm<sup>2</sup>).

#### 6.4.3.4 Diseño del refuerzo horizontal

La fuerza cortante que toma el refuerzo horizontal,  $V_{sR}$ , se calculará con

$$V_{sR} = F_R \eta p_h f_{yh} A_T \quad (\text{Ecuación 3.22})$$

El factor de eficiencia del refuerzo horizontal,  $\eta$ , se determinará con el criterio siguiente:

$$\eta = \begin{cases} 0.6; & \text{si } p_h f_{yh} \leq 0.6 \text{ Mpa } (6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}) \\ 0.2; & \text{si } p_h f_{yh} \geq 0.9 \text{ Mpa } (9 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}) \end{cases}$$

Para valores de  $p_h \cdot f_y \cdot h$  comprendidos entre 0.6 y 0.9 MPa (6 y 9 kg/cm<sup>2</sup>),  $\eta$  se hará variar linealmente.

- Norma Peruana (Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006).

#### Resistencia a corte

- El diseño por fuerza cortante se realizará para el cortante " $V_{uf}$ " asociado al mecanismo de falla por flexión producido en el primer piso. El diseño por fuerza cortante se realizará suponiendo que el 100% del cortante es absorbido por el refuerzo horizontal. El valor " $V_{uf}$ " considera un factor de amplificación de 1,25, que contempla el ingreso de refuerzo vertical en la zona de endurecimiento.

b) El valor “ $V_{uf}$ ” se calculará con las siguientes fórmulas:

$$\text{Primer Piso: } V_{uf1} = 1,25V_{u1}(M_{n1}/M_{n1}) \dots \text{ no menor que } V_{m1}$$

(Ecuación 3.23)

$$\text{Piso superior: } V_{uf1} = 1,25V_{ui}(M_{n1}/M_{n1}) \dots \text{ no mayor que } V_{mi}$$

(Ecuación 3.24)

El esfuerzo de corte  $v_i = \frac{V_{uf}}{tL}$  no excederá de  $0.10f'_m$  en zonas de posible formación de rotulas plásticas y de  $0.20f'_m$  en cualquier otra zona.

c) En cada piso, el área del refuerzo horizontal ( $A_{sh}$ ) se calculará con la siguiente expresión:

$$A_{sh} = \frac{V_{uf} \cdot S}{f_y \cdot D} \quad (\text{Ecuación 3.25})$$

Donde

S = espaciamiento del refuerzo horizontal

D = 0,8 L para muros esbeltos, donde:  $M_e / (V_e \cdot L) \geq 1$

D = L para muros no esbeltos, donde:  $M_e / (V_e \cdot L) \geq 1$

- Norma Chilena (Albañilería armada-requisitos para el diseño y cálculo. NCh 1928.of1993, 2003).

Para muros:

Para  $M/Vd \geq 1$ ;  $0.13\sqrt{f_m'}$  pero  $\leq 0.52$  si se cuenta con inspección especializada y 0.26 si no se cuenta con inspección especializada.

Para  $M/Vd=0$ ;  $0.17\sqrt{f_m'}$  pero  $\leq 0.84$  si se cuenta con inspección especializada y 0.42 si no se cuenta con inspección especializada.

4.2.11 otros criterios considerados por la norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).



**Tabla 4.19.** Resumen comparativo de los parámetros de diseño de mampostería armada.

Criterios de diseño de mampostería armada interiormente de bloques de concreto.			
Parámetros de diseño	Norma mexicana	Norma peruana	Norma chilena
Cuantías mínimas de refuerzo vertical y horizontal	0,07%	0,1%	0,06%
Suma de las cuantías en las dos direcciones	$\geq 0,2\%$	No aplica	$\geq 0,15\%$
Diámetro máximo del refuerzo longitudinal	la mitad de la menor dimensión libre de la celda	No aplica	No aplica
Diámetro mínimo del refuerzo longitudinal	No aplica	No aplica	8 mm
Diámetro máximo del refuerzo horizontal	3/4 del espesor de la junta	No aplica	No aplica
Diámetro mínimo del refuerzo horizontal	3,5 mm	No aplica	No aplica
Separación del refuerzo vertical	$s \leq 6t$ ; $s \leq 800$ mm	$s \leq 45$ cm	$s \leq 45$ cm

Separación del refuerzo horizontal	$\leq 600 \text{ mm}$	zona sísmica 2 y 3: hasta tres pisos $\leq 450\text{mm}$ , mas de tres pisos $\leq 200 \text{ mm}$	$\leq 45 \text{ cm}$
		zona sísmica 1: $\leq 800 \text{ mm}$	
Longitudes de solape	no se permite solapes en el refuerzo horizontal pero en el vertical será $\geq 50\text{db}$	60db	a través de datos experimentales o 40db
Módulo de elasticidad ( $E_m$ ) a partir de $f_m^* = f_m^* = f'_m$	$E_m = 800 f_m^*$ para cargas de corta duración.	$E_m = 700 f'_m$	Para efectos de calcular propiedades dinámicas y distribución de cargas sísmicas: $E = 1000 f_m'$
	$E_m = 350 f_m^*$ para cargas sostenidas		Para efectos de diseño elástico de elementos de albañilería armada: $E = 800 f_m'$
Módulo de cortante ( $G_m$ ) a partir de $E_m$	$G_m = 0,4 E_m$	$G_m = 0,4 E_m$	$G = 0,3 E_m$
Factor de resistencia por compresión axial	$FR = 0,6$	No aplica	No aplica
Factor de resistencia por flexocompresión	$FR = 0,8$ si $P_u \leq PR/3$ $FR = 0.6$ si $P_u > PR/3$	$0,65 \leq \phi = 0,85 - 0,2 P_u / P_o \leq 0,85$	No aplica

Factor de reducción por esbeltez y excentricidad	$FE = 0,7 \text{ o } FE = 0,6 \text{ ó}$ $F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right]$	$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e L}{M_e} \leq 1$	No aplica
Factor de resistencia por corte	FR=0,7	0,90PgtL/2	No aplica
Factor de reducción cuando hay restricciones lateral	$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[-\left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \left(1 - \frac{H}{L'}\right) + \frac{H}{L'} \leq 0,9$		No aplica
Relación espesor-altura del muro de mampostería	H/t ≤ 30	$h/t \leq 25$ $\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 \cdot t}\right)^2\right] \leq 0,15 f'_m$	h / t ≤ 25 o L/t ≤ 25 (el menor de los dos)
Resistencia a compresión	$P_R = F_R F_E (f_m * + 0,70) A_T \leq 1,25 F_R F_E f_m * A_T$	$M_n = A_s f_y D + P_u \frac{L}{2}$	$F_a = 0,2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t}\right)^3\right], \text{ Con inspección especializada.}$ $F_a = 0,1 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t}\right)^3\right], \text{ Sin inspección especializada}$

resistencia a la flexocompresión	$M_R = F_R M_0 + 0.3 P_u d; \text{ si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3}$		0,33f' m pero ≤ 6.3 Si se realiza inspección especializada
	$M_R = (1.5 F_R M_0 + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right); \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3}$		0,166f' m pero ≤ 3.2 Si no se realiza inspección especializada
fuerza cortante resistida por la mampostería	$V_{mR} = F_R (0.5 V_m * A_T + 0.3 P) \leq 1.5 F_R V_m * A_T$	$V_m = 0.5 V'_m \alpha L + 0.23 P_g$	M/Vd ≥ 1; 0.06√f'm' pero ≤ 0.19 con inspección especializada y 0.10 sin inspección especializada.
			M/Vd=0; 0.13√f'm' pero ≤ 0.28 con inspección especializada y 0.14 sin inspección especializada
fuerza cortante resistida por la armadura	$V_{sR} = F_R \eta p_h f_y h A_T$	<p>1er Piso: <math>V_{uf1} = 1.25 V_{u1} (M_{n1} / M_{n1})</math> no menor que <math>V_{m1}</math></p> <p>Piso superior: <math>V_{uf1} = 1.25 V_{ui} (M_{n1} / M_{n1})</math> no mayor que <math>V_{mi}</math></p>	M/Vd ≥ 1; 0.13√f'm' pero ≤ 0.52 con inspección especializada y 0.26 sin inspección especializada.
			M/Vd=0; 0.17√f'm' pero ≤ 0.84 con inspección especializada y 0.42 sin inspección especializada.

La tabla anterior, muestra de forma resumida y precisa cada uno de los parámetros expuestos con anterioridad por cada norma citada en este trabajo, la cual permite visualizar de forma inmediata las diferencias y similitudes que existe entre ellas, pudiendo apreciar así, los factores que intervienen en el calculo de cada criterio y el nivel de detalle presente en cada normativa. A través de ella se puede deducir lo siguiente:

- Con respecto a los parámetros seleccionados para realizar la comparación se puede acotar que: La Norma Mexicana (normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004) contempla la mayor cantidad de parámetros bien definidos, no siendo el caso de las otras dos normas, las cuales carecen de valores o fórmulas en muchos de los ítems tratados.
- Cabe destacar que los parámetros para el cálculo las resistencias de los muros de mampostería armada correspondientes a las Normas mexicanas y peruanas están expresados en términos bajo la teoría de diseño de rotura, mientras que la Norma Chilena Expone éstos parámetros en términos de tensiones admisible.

### 4.3 CÁLCULO VIVIENDA UNIFAMILIAR EN MAMPOSTERÍA ARMADA

A continuación se presentará el diseño de una vivienda, la cual fue concebida inicialmente como una estructura de acero, para los fines de los cálculos de esta sección se adaptó al sistema de mampostería armada (ver Anexo 1) y así ser aplicada la norma mexicana de mampostería estructural (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

Descripción de la Vivienda (ver Anexo 1, 2, 3 y 4).

- Ubicación: Cumaná
- Uso: Vivienda
- Sistema de techo: Teja criolla con machimbrado
- Azotea: No utilizable, sin antepecho
- Altura de entepiso: Variable de 3,44m a 2,45m
- Ancho de las puertas: 0,70m, 0,80m y 0,90m
- Altura de antepecho de ventanas: 1,00m y en baños 1,70m
- Longitud de ventanas: 1,00m

Característica de los materiales:

Mampostería

- Bloques de concreto de  $t=0,15\text{m}$
- Pilas: resistencia característica a compresión =  $f_m^* = 65 \text{ kgf/cm}^2 = 650 \text{ ton/m}^2$
- Muretes: resistencia característica a corte puro =  $v_m^* = 8,1 \text{ kgf/cm}^2 = 81 \text{ ton/m}^2$
- Módulo de elasticidad =  $E_m = 350f_m^* = 22750 \text{ kgf/cm}^2$  (Para cargas de corta duración)

- Módulo de elasticidad =  $E_m = 800f_m^* = 52000 \text{ kgf/cm}^2$  (Para cargas sostenidas)
- Módulo de corte =  $G_m = 0,4E_m = 0,4(22750) = 9100 \text{ kgf/cm}^2$  (Para cargas de corta duración).
- Módulo de corte =  $G_m = 0,4E_m = 0,4(52000) = 20800 \text{ kgf/cm}^2$  (Para cargas sostenidas).

Grout o concreto de relleno:

- Resistencia nominal a compresión =  $f'_c = 130 \text{ kgf/cm}^2$

Concreto de vigas de corona y dinteles:

- Resistencia nominal a compresión =  $f'_c = 150 \text{ kgf/cm}^2$

Acero de Refuerzo

- Corrugado, esfuerzo de cedencia =  $f_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2 = 4,2 \text{ ton/cm}^2$

Cargas unitarias

Peso volumétrico de la albañilería reforzada interiormente con un cm de frisado:  $1400 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}$

Techos

- Peso propio del techo de acero:  $30 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$
- Sobrecarga:  $100 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$
- Acabados:  $30 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^2}$

Predimensionamiento:

- Espesor de los muros

$$\frac{H}{t} \leq 30 \rightarrow H = 3,44 \text{ m}$$

$$t \geq \frac{H}{30} = \frac{344 \text{ cm}}{30} = 11,5 \text{ cm} \rightarrow t \geq 11,5 \text{ cm}$$

Se adoptara un espesor  $t = 15 \text{ cm}$  para las paredes internas y un  $t = 20 \text{ cm}$  para las paredes externas por efectos de aislamiento de sonidos y temperatura.

Esta parte de la investigación pretende mostrar la metodología de la aplicación de la norma mexicana de albañilería armada (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004), por lo que se usarán valores representativos de corte y momentos actuantes, tales que permitan una buena aproximación a la realidad.

Se procedió al cálculo del peso total de la vivienda, determinando el peso de cada muro, conjuntamente con el peso del techo, obteniéndose un peso total de: 102848 Kgf.

- a) El corte actuante en la estructura en cada dirección se tomo como :

$$V_0 = \frac{A_0/g \cdot \alpha \cdot w}{Q}$$

Siendo:

$$A_0/g : 0,3$$

$\alpha$ : Factor de importancia, se tomara igual a 1.

$w$ = peso de la estructura.

$Q=$  se tomara como 1.5, según la norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004).

$$V_0 = \frac{0,3.1.102848 \text{ Kgf}}{1,5} = 20569,6 \text{ Kgf}$$

b) El corte absorbido por cada muro es directamente proporcional a su rigidez, ésta consideración se tomó debido a que aunque el techo no es una losa de concreto armado, mas sin embargo esta formado por un conjunto de correas de acero distribuidas en toda el área del techo, que permiten que éste se mueva como un sólo elemento, pudiendo de ésta manera, considerarlo como un diafragma rígido para los efectos de este trabajo, lográndose distribuir el corte actuante en cada muro de la siguiente manera.

$$V_i = V_{total} * \frac{I_{xxi}}{\Sigma I_{xxi}}$$

Donde:

$V_i$ = corte actuante en el muro i.

$V_{total}$ = corte total actuante en la planta.

$I_{xxi}$  = inercia del muro i en el eje x.

$\Sigma I_{xxi}$  = sumatoria de las inercias de todos los muros en el eje x.

c) En este sentido, se calculó la inercia de la estructura en cada dirección, como la sumatoria de las inercias de todos los muros contribuyente en cada dirección, de la siguiente manera.

$$I = \frac{b h^3}{12}$$

Obteniéndose así la inercia de la planta sobre el eje x igual a  $65.48 m^4$  y la inercia de la planta alrededor del eje e igual a  $58.55 m^4$

- MURO 1 (ver Anexo 4).

$$I_{yy1} = \frac{(0,2m)(14,09m^3)}{12} = 46,62m^4$$

$$V_1 = 20569,6Kgf * \frac{46,62m^4}{58,55m^4} = 16378,4Kgf$$

Según la norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004) las celdas de refuerzo longitudinal deben estar ubicadas en:

- Existirán elementos de refuerzo vertical y horizontal (dintel) en el perímetro de toda abertura cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la longitud del muro.
- Existirán elementos de refuerzo vertical y horizontal en el perímetro de toda abertura cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la distancia entre intersecciones de muros o de 600 mm.
- en aberturas con altura igual a la del muro.
- Dos celdas consecutivas con refuerzo en: extremos del muro, intersección de muros y cada 3 m.
- Existirá una dala (viga de corona) en todo extremo horizontal de muro, a menos que este último esté ligado a un elemento de concreto reforzado con un peralte mínimo de 100 mm. Aún en este caso, se deberá colocar refuerzo longitudinal y transversal.

Por ello se colocará acero de refuerzo mínimo correspondiente en todo el muro y se comprobará resistencia con esta configuración, con la finalidad de determinar si cumplen los parámetros establecidos por la norma.

Se colocará una viga de corona, que actúe como refuerzo horizontal del muro en el extremo superior de éste y un dintel en el extremo superior de las ventanas, y un elemento de refuerzo en el extremo inferior de la ventana (ver Anexo 5), cada una con acero longitudinal mínimo que constara de cuatro barras nro. 3 (ver Anexo 6), obtenidas así:

$$A_s = 0.2 \frac{f_c'}{f_y} t^2$$

$$A_s = 0.2 \frac{150 \text{ Kgf/cm}^2}{4200 \text{ Kgf/cm}^2} (20\text{cm})^2 = 2.85\text{cm}^2$$

Área de cuatro barras nro. 3= 2.848cm<sup>2</sup>

El acero transversal se calculará de esta manera:

$$A_{sc} = \frac{1000 s}{f_y h_c}$$

$$A_{sc} = \frac{1000 s}{f_y h_c}$$

$$A_{sc} = \frac{1000 (20\text{cm})}{4200 \text{ Kgf/cm}^2 \cdot 20\text{cm}} = 0.23\text{cm}^2$$

$S \leq 20\text{cm}$ ;  $s \leq 1.5 t = 1.5 (20\text{cm}) = 30\text{cm}$

Se colocarán estribos número 2 cada 20 cm (ver Anexo 6).

d) Cálculo del área de acero mínimo

$$P_h = \frac{A_{sh}}{sh.t} = \frac{0.8cm^2}{40cm*20cm} = 0.001$$

$$P_v = \frac{A_{sv}}{sv.t} = \frac{0.8cm^2}{40cm*20cm} = 0.001$$

$$p_h + p_v = 0,002 \text{ cumple}$$

As col=60 barras nro. 3= 42,76 cm<sup>2</sup> (ver Anexo 5).

As col=18 barras nro. 3= 7,2 cm<sup>2</sup> (ver Anexo 6).

e) Resistencia a la compresión del muro.

$$P_R = F_R \cdot F_E \cdot (f_m * +0,70) \cdot A_T \leq 1,25 \cdot F_R \cdot F_E \cdot f_m * A_T$$

$$P_R = (0,9)(0,6) \cdot (60 \text{ Kgf/cm}^2 + 0,70) 28120cm^2 = 1017382 \text{ Kgf}$$

$$P_R \leq 1,2(0,9)(0,6) \cdot \left(60 \text{ Kgf/cm}^2\right) (28120cm^2) = 1138860 \text{ Kgf}$$

Por lo que el valor de P<sub>R</sub> es 1017382 Kgf

Calculo del factor F<sub>E</sub>:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \left(1 - \frac{H}{L'}\right) + \frac{H}{L'} \leq 0,9$$

$$F_E = \left(1 - \frac{2(0)}{0,2m}\right) \left[1 - \left(\frac{(1)2,87m}{30(0,2m)}\right)^2\right] \left(1 - \frac{2,87m}{3,40m}\right) + \frac{2,87m}{3,40m} \leq 0,9$$

$$F_E = 0,96$$

Como F<sub>E</sub> obtenido resultó mayor a 0,90 se tomará un F<sub>E</sub> = 0,90 siendo éste el máximo permitido.

El factor  $F_E$  será 0,6

f) Cálculo de la resistencia a flexocompresión.

$$M_R = F_R M_0 + 0.3 P_u d; \text{ si } 0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3}$$

$$M_R = (1.5 F_R M_0 + 0.15 P_R d) \left(1 - \frac{P_u}{P_R}\right); \text{ si } P_u > \frac{P_R}{3}$$

Por lo que  $P_u$  será igual a  $P_u$  techo+  $P_u$  muros, siendo:

$$P_u \text{ techo} = 160 \text{ Kgf/m}^2 * 32.29 \text{ m}^2 = 5167 \text{ Kgf}$$

$$P_u \text{ muro} = 14.06 \text{ m} * 2.87 \text{ m} * 0.2 \text{ m} * 1400 \text{ Kgf/m}^3 = 11299 \text{ Kgf}$$

$$P_u = 16466 \text{ Kgf}$$

$$\frac{P_R}{3} = \frac{1017382 \text{ Kgf}}{3} = 339127 \text{ Kgf}$$

Por lo que  $0 \leq P_u \leq \frac{P_R}{3}$

$$M_0 = A_s * f_y * d' = 42,76 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ Kgf/cm}^2 * 1400 \text{ cm} = 2514288 \text{ Kgf-m}$$

$$M_R = F_R \cdot M_0 + 0.3 P_u d$$

$$M_R = 0.8(2514288 \text{ Kgf-m}) + 0.3 (16466 \text{ Kgf})(14 \text{ m}) = 2080588 \text{ Kgf-m}$$

Se rectificará que  $M_R$  sea mayor que el momento actuante.

$$M_u = H * V_0 = 2.87 \text{ m} * 16378,4 \text{ Kgf} = 47005,9 \text{ Kgf-m} < 2080588 \text{ Kgf-m}$$

Se comprueba que el momento actuante es menor que el momento resistido por el muro.

g) Fuerza cortante resistida por la mampostería.

$$F_R = 0,7$$

$$V_{mR} = F_R(0,5 \cdot V_m \cdot A_T + 0,3 \cdot P) \leq 1,5 \cdot F_R \cdot V_m \cdot A_T$$

$$V_{mR} = 0,7 * (0,5 * 8,1 \text{ Kgf/cm}^2 * 28120 \text{ cm}^2 + 0,3 * 16466 \text{ Kg})$$

$$V_{mR} \leq 1,5 * 0,7 * 8,1 \text{ Kgf/cm}^2 * 28120 \text{ cm}^2.$$

$$V_{mR} = 83178 \text{ Kgf} \leq 239161 \text{ Kgf}$$

$$V_1 = 16378,4 \text{ Kgf} < V_{mR} = 83178 \text{ Kgf}$$

Se comprueba que el corte actuante es menor que el corete resistido por la mampostería y que no es necesario el cálculo de acero para resistir el corte, a excepción del acero mínimo ya colocado.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

Las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado son las siguientes:

La Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004) es sin duda la norma de mampostería Latinoamericana más elaborada entre las estudiadas, por la gran cantidad de parámetros que contemplan, además de todos los factores de resistencia que toman en cuenta las propiedades mecánicas y geométricas de los elementos resistentes, adicional a esto, la norma esta dotada de figuras y croquis explicativos que ayudan a la comprensión e interpretación de los criterios que esta expone; esto resulta de los innumerables investigaciones en materia de mampostería estructural y llevado a cabo gracias a la participación de profesiones de gran experiencia como el Profesor Héctor Gallegos Para adoptar la Norma mexicana (Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería, 2004) en el territorio Venezolano es necesario la caracterización más detallada de los elementos de mampostería como lo es: la resistencia a la compresión de los bloques huecos de concreto, resistencia al corte, módulo de elasticidad y cortante, morteros, grout (concreto líquido); de manera que se puedan establecer valores indicativos y parámetros referenciales suficientes que engloben todos los elementos de mampostería existentes en el país.

Esta experiencia deja en evidencia que los países Latinoamericanos consideran a la mampostería armada como un sistema estructural confiable desde el punto de vista sismorresistente y que además ofrece una salida a la problemática de la vivienda que en general presentan las regiones Latinoamericanas.

Es innegable el esfuerzo que amerita la producción de una norma venezolana de construcción y diseño estructural de mampostería armada en el país, mas sin embargo es una realidad que la población venezolana se encuentra en una crisis por la poca disponibilidad de viviendas que existe actualmente; por lo que la promulgación de esta norma representaría un aporte social de gran importancia.

## RECOMENDACIONES

Se ve necesario la mejora en cuanto a inspección y supervisión de la producción de bloques de concreto en el país, de manera de evitar la gran variabilidad en cuanto a las características mecánicas y físicas que presentan los especímenes de diferentes productores y por supuesto, para garantizar que las unidades de mampostería cumplan con los requerimientos mínimos exigidos por una norma de construcción de albañilería estructural.

Se recomienda implementar la mampostería armada en estructuras de más de dos pisos ya que para estructuras de un nivel no se amerita la complejidad y todas las consideraciones que se contemplan para el diseño de mampostería reforzada internamente, en vez de esto se puede implementar estructuras de mampostería confinada, que pueda así aportar una solución rápida y viable desde un punto de vista práctico.

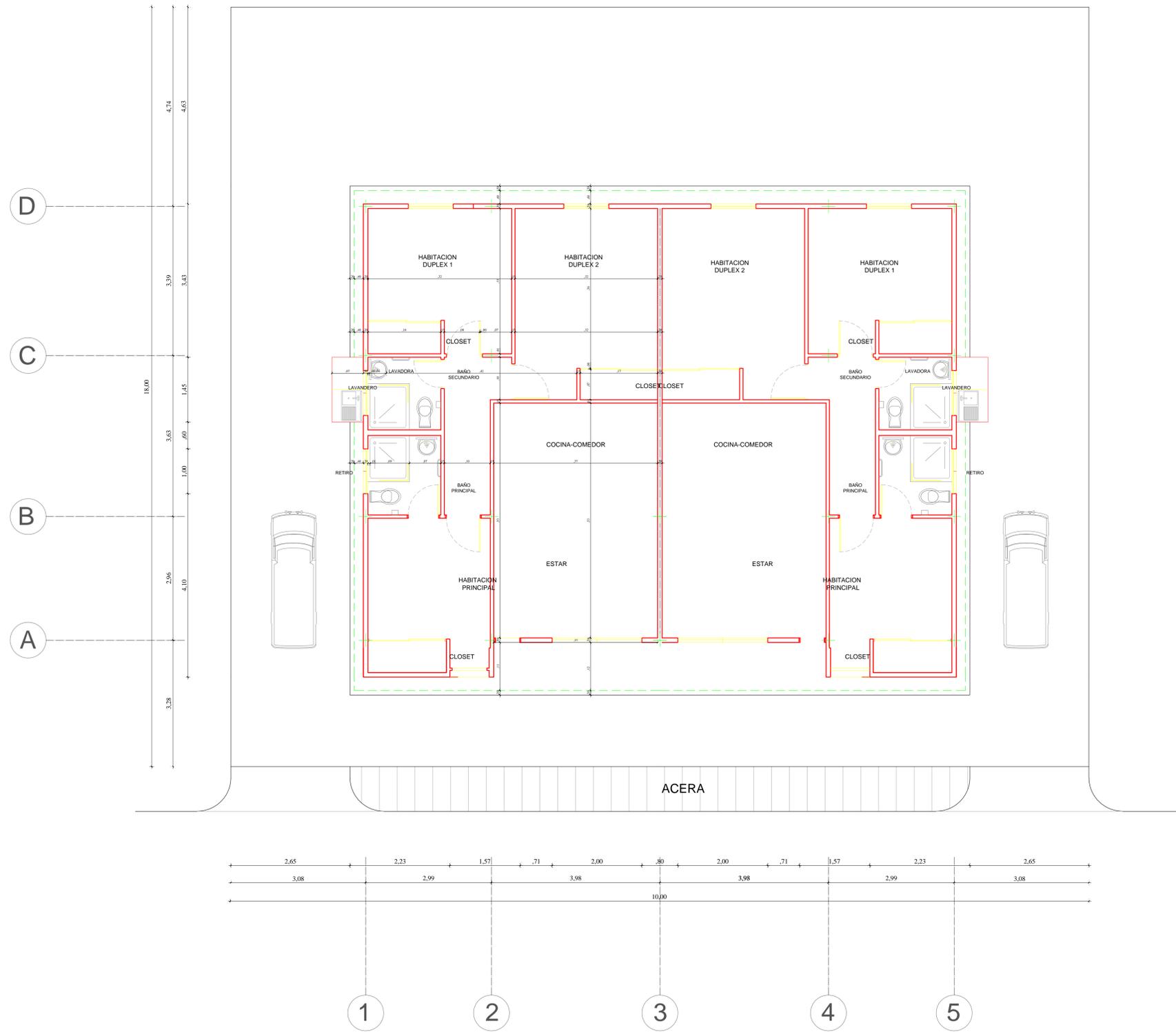
## BIBLIOGRAFÍA

- Abouhamad W, Bellorín F y Carmona J. Estudio de las Propiedades Mecánicas de los Bloques de Concreto Utilizados para la Construcción en el Área Metropolitana. Trabajo Especial de Grado, 1987.
- Castilla, E. Experiencias Recientes en Mampostería Confinada Sismo-resistente. Boletín Técnico, Año 25, N° 79, I.M.M.E., Caracas, 1990; pp. 31-60.
- Castilla, E. Recomendaciones para el Diseño Sismorresistente de Edificaciones de Mampostería Estructural. Diseño Sismorresistente Especificaciones y Criterios Empleados en Venezuela. Caracas: Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. 1997. pp. 333-346.
- Castilla E. y Pose M. Evaluación del Comportamiento de Muros de Mampostería de Concreto Ante Carga Horizontal. Boletín Técnico IMME, Volumen 33, N° 1, Caracas, marzo 1995.
- COVENIN 1753. Proyecto y construcción de obras en concreto estructural, 2006
- COVENIN 42. Bloques huecos de concreto. Caracas, Venezuela, 1982.
- Genatios C.; García G.; López M.; Rodríguez Y. Evaluación de la Capacidad Resistente de Materiales Utilizados en la Vivienda Informal. Informe de Avance del Proyecto Mampostería Estructural: Una Contribución al Problema de la Vivienda. 4° Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. Barquisimeto, noviembre, 1984.
- Gallegos Héctor, Albañilería Estructural: "Diseño y cálculos de muros". Fondo Editorial (1993).

- Lafuente, M. Trabajo Especial de Ascenso, "Estudio Analítico Sobre el Comportamiento de la Mampostería", Caracas. (1989)
- Lara G. recomendaciones Practicas para la Construcción de Viviendas de Mampostería confinada. Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela. Caracas 1996.
- Luchsinger J. Contribución de los Elementos de Tabaquería de Arcilla en la Respuesta de Estructuras Sometidas a Cargas Sísmicas. Boletín técnico nº 39-40. I.M.M.E, Caracas, julio-diciembre 1972.
- Marinilli A. y Castilla E. Evaluación sismorresistente de muros de mampostería confinada con dos o más machones. *IMME*, jul. 2007, vol.45, no.2, p.58-73. ISSN 0376-723X.
- M.O.P. Normas Para el Cálculo de Edificios 1955. Ministerio de Obras Públicas, Imprenta Nacional, Mayo de 1954.
- Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. DF México: comité de normas distrito federal. 2004.
- Normas técnicas E.070 albañilería, Perú. (2006)
- Norma Mexicana-NMX-C-404-ONNCCE. Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación, S.C. México 2006.
- Norma Chilena oficial- NCh181.Of65. Bloques huecos de hormigón de cemento. Chile 1965.
- Norma Chilena oficial- NCh1928.Of1993. Albañilería Armada, Requisitos para el Diseño y Cálculo. Chile 2003.

- Palladino B, Perna O. Características Estructurales de Viviendas de Mampostería Ubicadas en Zonas Sísmicas. Trabajo especial de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad central de Venezuela. 1985 Caracas.
- Volcán Hernández S. Evaluación de Longitudes de Solape para Barras de Acero en Mampostería Reforzada. T.E.G Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela 1993.

# ANEXOS



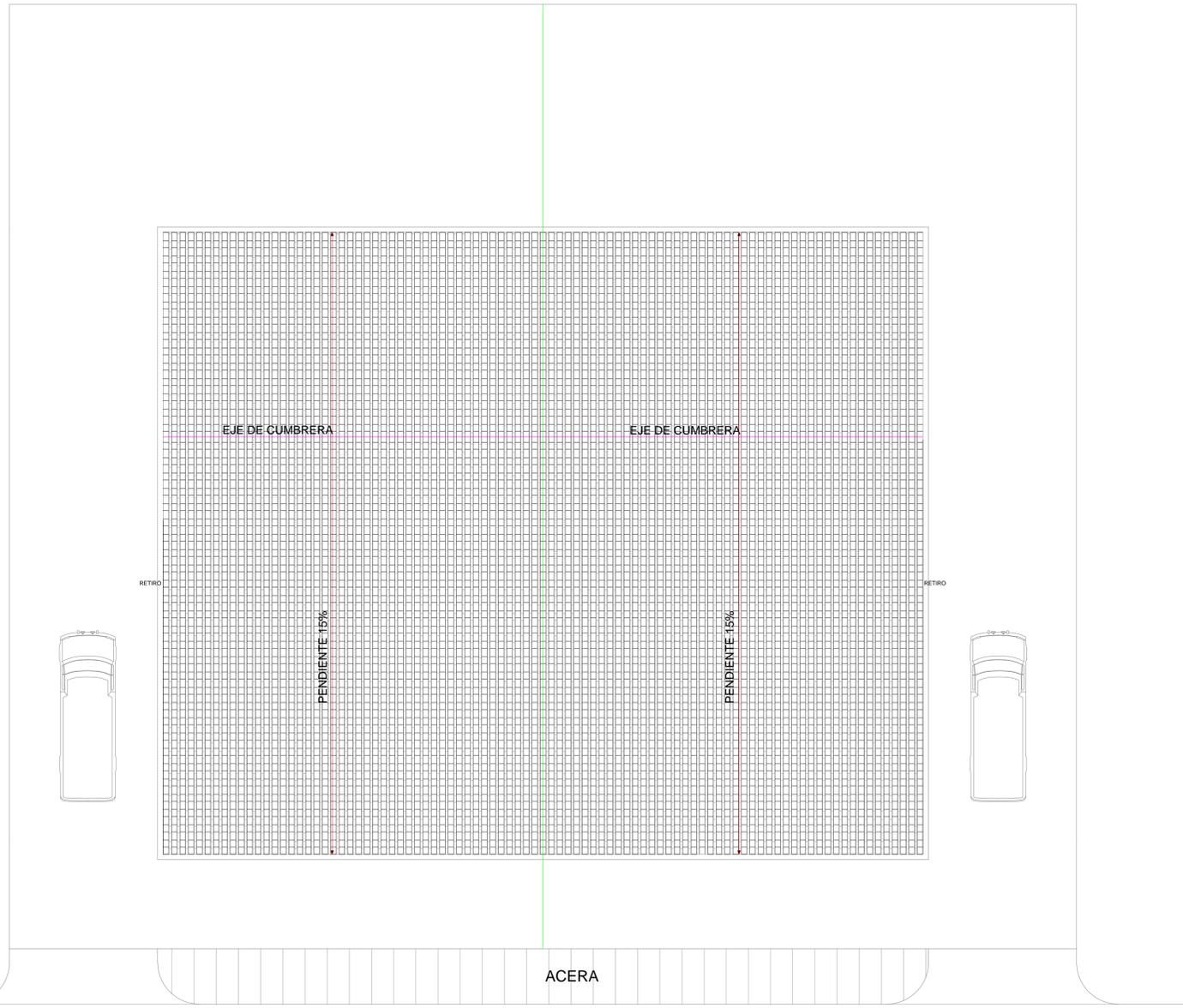
Nombre del Proyecto:			
<b>PROYECTO DE VIVIENDA BIFAMILIAR</b>			
<b>CASA MODELO</b>			
DISEÑO: JOSE GONZALEZ	VISTA PLANTA BAJA		
C.I. 18.534.324			N° DE PLANO: <b>1</b>
DISEÑO: JOZMIGUEL CARDENAS	FECHA: 04-06-2012	ESCALA: 1:50	PLANO:
C.I. 19.671.033	<b>PLANTA BAJA</b>		NORTE

D

C

B

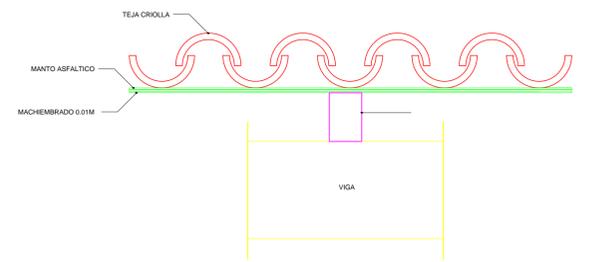
A



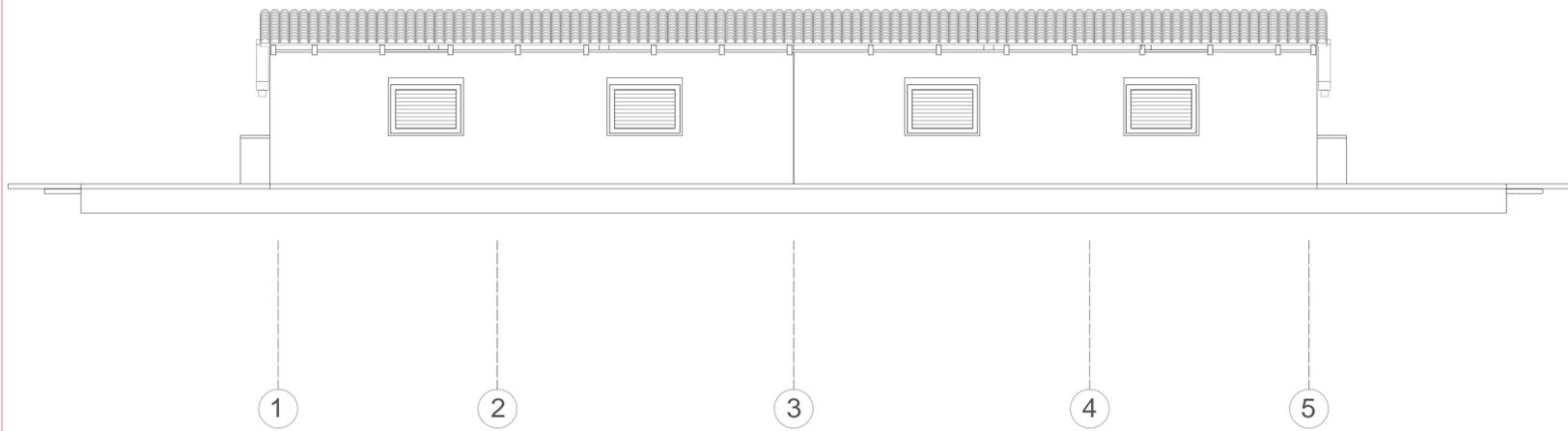
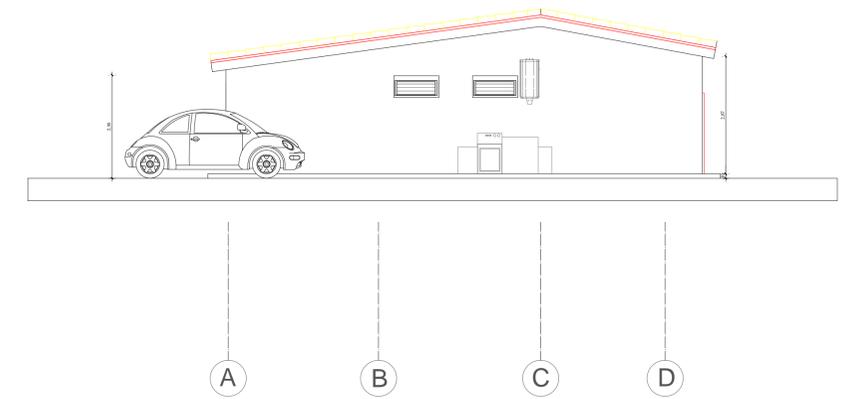
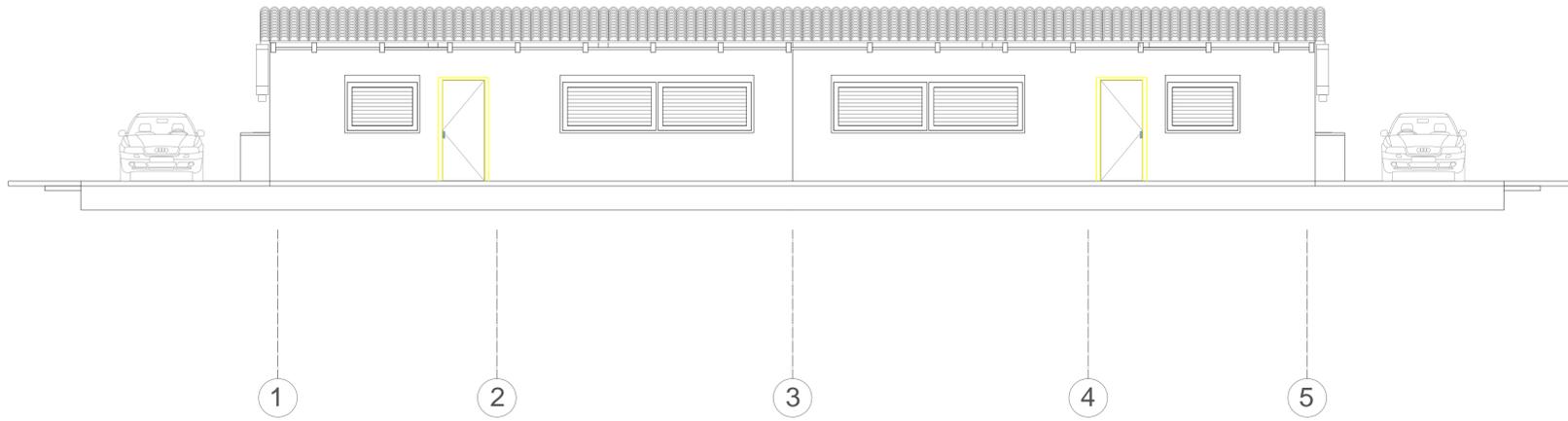
1

2

3

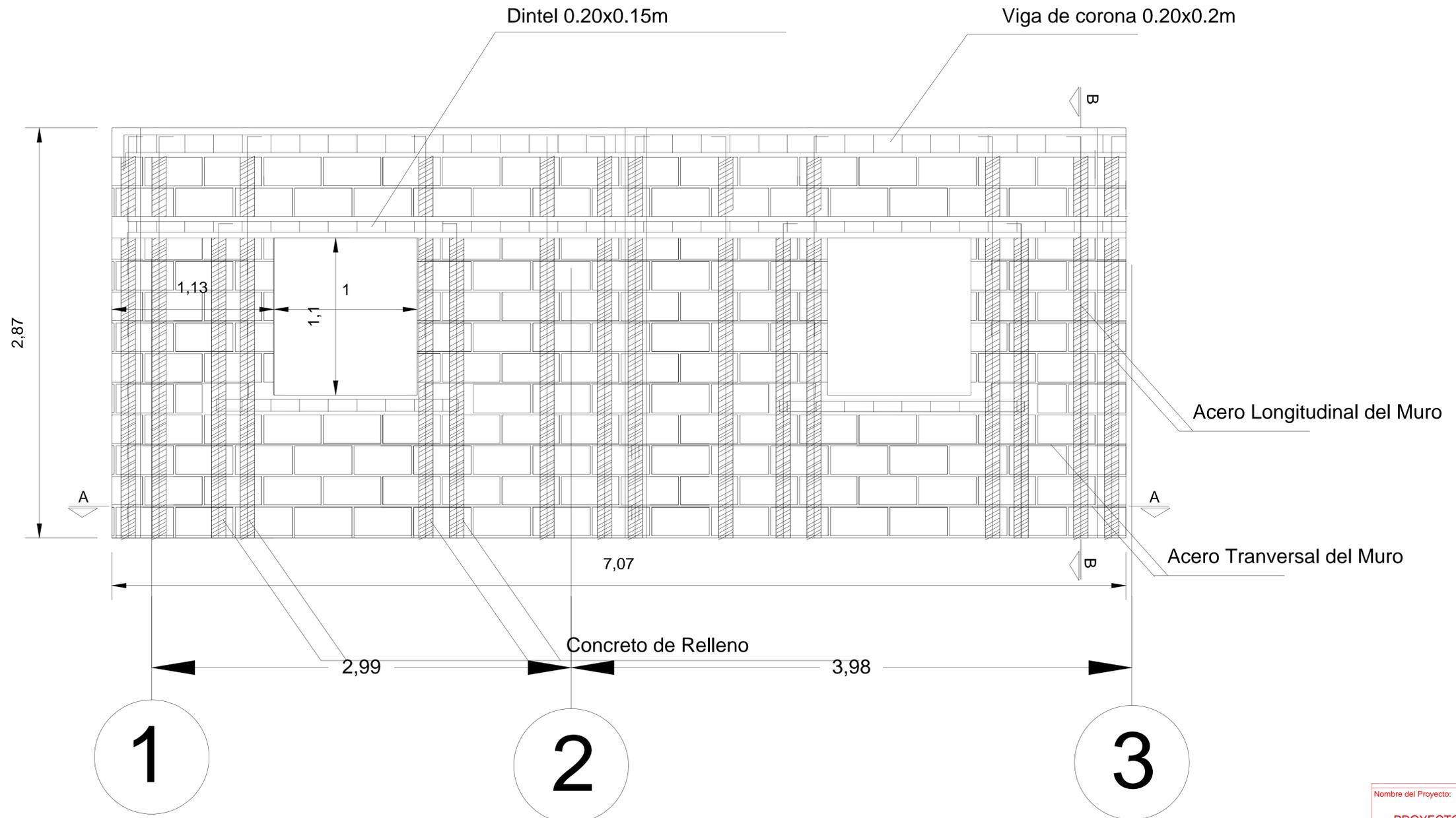


Nombre del Proyecto:			
PROYECTO DE VIVIENDA BIFAMILIAR			
CASA MODELO			
DISEÑO: JOSE GONZALEZ	VISTA PLANTA TECHO		
C.I. 18.534.324			N° DE PLANO: 2
DISEÑO: JOZMIGUEL CARDENAS	FECHA: 04-06-2012	ESCALA: 1:50	PLANO:
C.I.	PLANTA TECHO		NORTE



Nombre del Proyecto:			
<b>PROYECTO DE VIVIENDA BIFAMILIAR</b>			
<b>CASA MODELO</b>			
DISEÑO: JOSE GONZALEZ	FACHADAS		
C.I. 18.534.324			N° DE PLANO: <b>3</b>
DISEÑO: JOZMIGUEL CARDENAS	FECHA: 01-06-2012	ESCALA: 1:50	PLANO:
C.I.	<b>FACHADAS</b>		NORTE

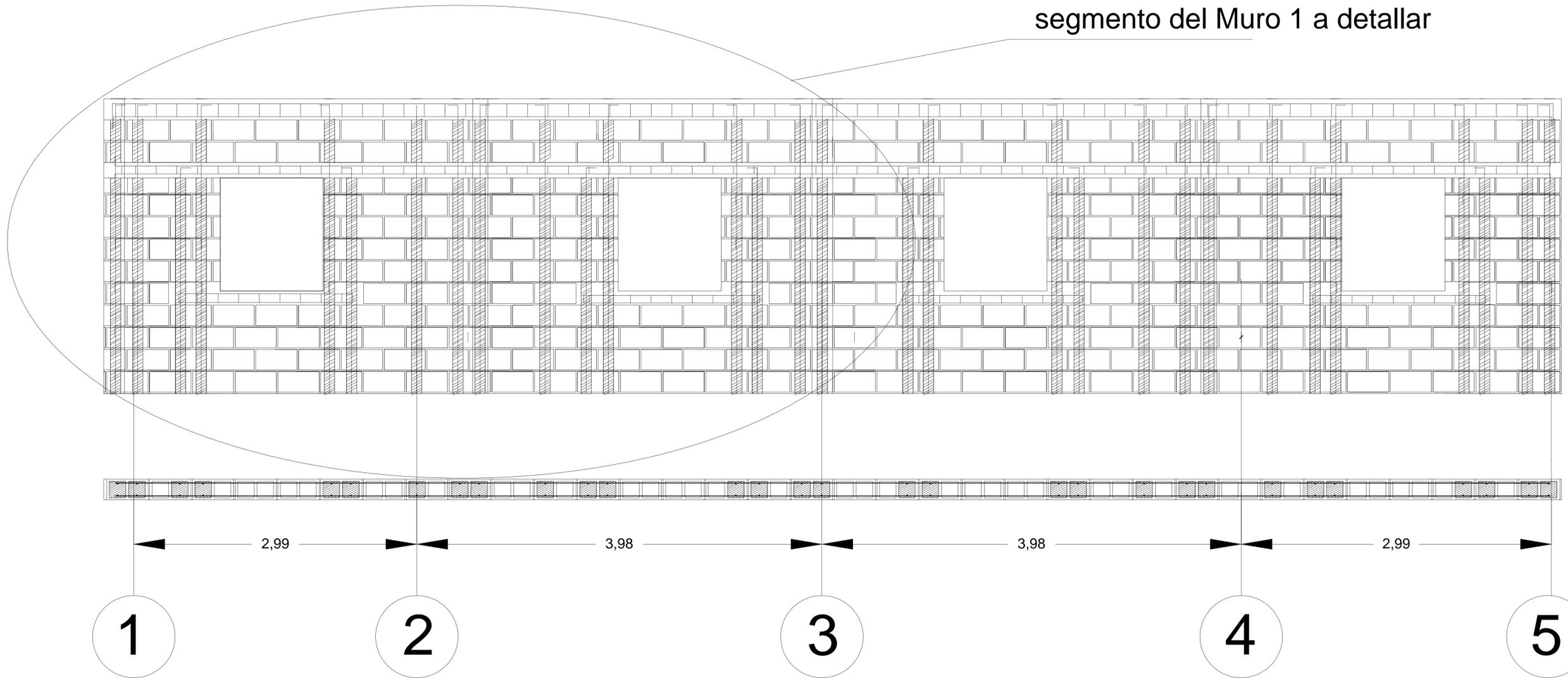
# Armado del Muro 1



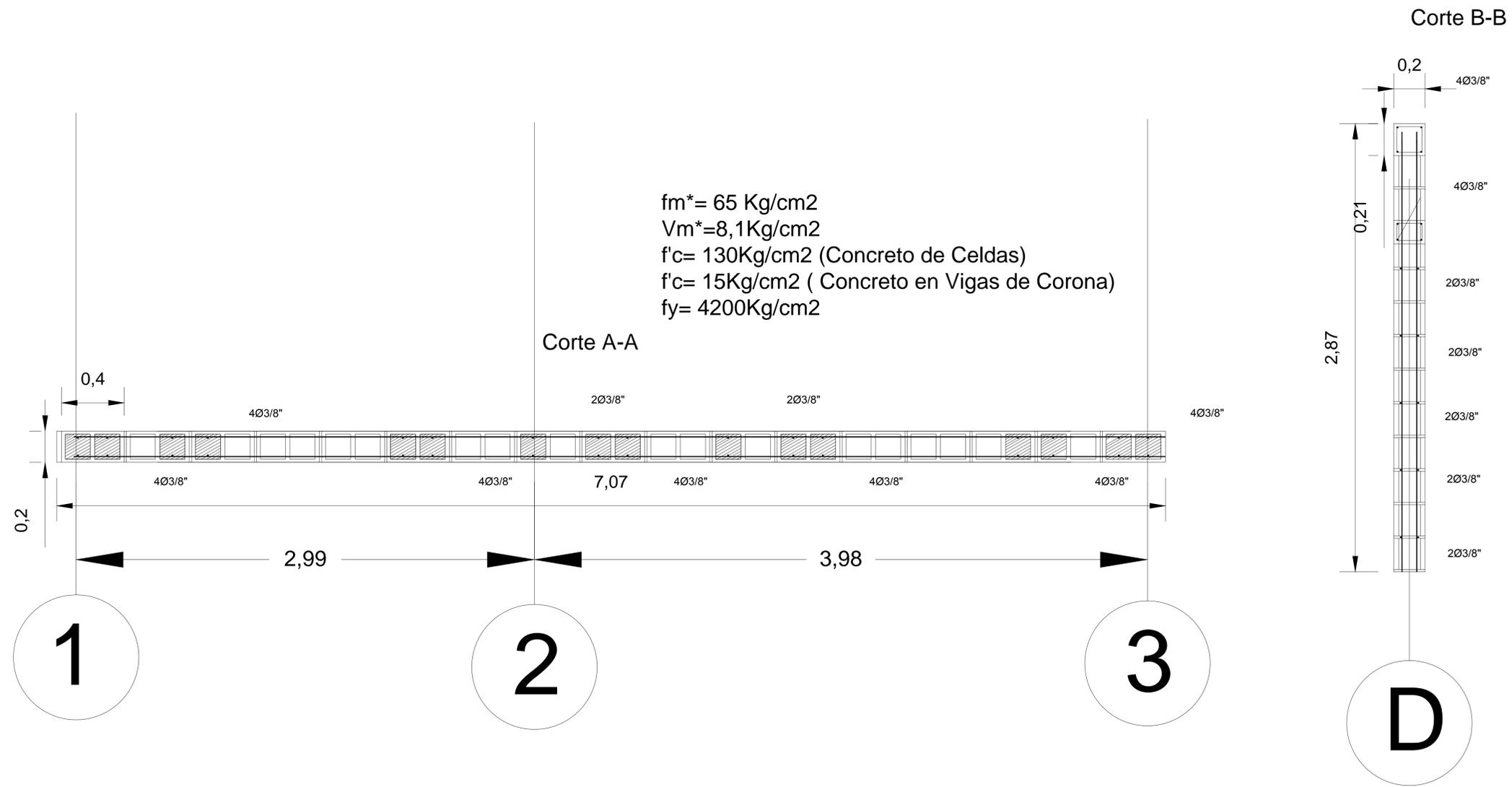
Nombre del Proyecto:			
PROYECTO DE VIVIENDA BIFAMILIAR			
CASA MODELO			
DISEÑO: JOSE GONZALEZ		SEGMENTO MURO 1	
C.I. 18.534.324		N° DE PLANO: 5	
DISEÑO: JOZMIGUEL CARDENAS	FECHA: 04-06-2012	ESCALA: 1:15	PLANO:
C.I. 19.671.033	PLANTA BAJA		NORTE

# Muro 1

segmento del Muro 1 a detallar



Nombre del Proyecto:			
PROYECTO DE VIVIENDA BIFAMILIAR			
CASA MODELO			
DISEÑO: JOSE GONZALEZ		MURO 1	
C.I. 18.534.324		N° DE PLANO: 4	
DISEÑO: JOZMIGUEL CARDENAS	FECHA: 04-06-2012	ESCALA: 1:15	PLANO:
C.I. 19.671.033	PLANTA BAJA		NORTE



Nombre del Proyecto:			
<b>PROYECTO DE VIVIENDA BIFAMILIAR</b>			
<b>CASA MODELO</b>			
DISEÑO: JOSE GONZALEZ	ARMADO CORTE A-A Y B-B		
C.I. 18.534.324			N° DE PLANO: <b>6</b>
DISEÑO: JOZMIGUEL CARDENAS	FECHA: 04-06-2012	ESCALA: 1:15	PLANO:
C.I. 19.671.033	<b>PLANTA BAJA</b>		NORTE