

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA UNA VIVIENDA  
DEL BARRIO EL CRISTO EN EL MUNICIPIO DE ENVIGADO  
(CARRERA 24 D # 40 SUR –150)**

**ANDRÉS FELIPE CUERVO SAMUR  
SANTIAGO HINESTROSA VARGAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERÍA CIVIL  
ENVIGADO  
2003**

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA UNA VIVIENDA  
DEL BARRIO EL CRISTO EN EL MUNICIPIO DE ENVIGADO  
(CARRERA 24 D # 40 SUR –150)**

**DIRECTOR DE CARRERA  
RUBÉN DARÍO HERNANDEZ**

**DIRECTOR DE TRABAJO  
PEDRO LUIS ESCOBAR RUIZ**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERÍA CIVIL  
ENVIGADO**

**2003**

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA UNA VIVIENDA  
DEL BARRIO EL CRISTO EN EL MUNICIPIO DE ENVIGADO  
(CARRERA 24 D # 40 SUR –150)**

**Nota de aceptación**

---

**Rubén Darío Hernández**

**Director de Carrera**

---

**Pedro Luis Escobar Ruiz**

**Director de Trabajo**

**ENVIGADO, JULIO \_\_\_\_\_ DE 2003**

## TABLA DE CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN</b>  |           |
| <b>ABSTRACT</b>                                       |           |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                   | <b>10</b> |
| <b>1. GENERALIDADES</b>                               | <b>12</b> |
| <b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>                 | <b>12</b> |
| <b>1.2 OBJETIVOS</b>                                  | <b>12</b> |
| 1.2.1 General   | 12        |
| 1.2.2 Específicos                                     | 13        |
| <b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b>                              | <b>13</b> |
| <b>1.4 DELIMITACIÓN Y CONTEXTO</b>                    | <b>14</b> |
| 1.4.1 Ubicación                                       | 14        |
| 1.4.2 Características de la comunidad                 | 14        |
| <b>2. MARCO TEÓRICO</b>                               | <b>15</b> |
| <b>2.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA</b>                     | <b>15</b> |
| <b>2.2 NORMATIVIDAD</b>                               | <b>17</b> |
| <b>3. DISEÑO METODOLÓGICO</b>                         | <b>18</b> |
| <b>3.1 METODOLOGÍA GENERAL</b>                        | <b>18</b> |
| 3.1.1 Recolección de información                      | 18        |
| 3.1.2 Trabajo de Campo                                | 19        |
| 3.1.3 Procesamiento de información                    | 19        |
| <b>3.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b> | <b>20</b> |
| <b>3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS</b>             | <b>20</b> |
| <b>4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>                  | <b>21</b> |
| <b>4.1 ASPECTOS GENERALES</b>                         | <b>21</b> |
| 4.1.1 Nombre del proyecto                             | 21        |
| 4.1.2 Dirección                                       | 21        |
| 4.1.3 Institución a la que pertenecen                 | 21        |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>4.2</b>  | <b>ESPECIFICACIÓN DE LOS MATERIALES</b>                | <b>21</b> |
| 4.2.1       | Mampostería actual                                     | 21        |
| 4.2.2       | Mampostería propuesta                                  | 21        |
| 4.2.3       | Acero propuesto  | 21        |
| <b>4.3</b>  | <b>DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN</b>      | <b>21</b> |
| 4.3.1       | Grupo de uso   | 22        |
| 4.3.2       | Sistema estructural                                    | 22        |
| 4.3.3       | Número de placas                                       | 22        |
| 4.3.4       | Tipo de placa  | 22        |
| 4.3.5       | Altura máxima  | 22        |
| 4.3.6       | Tipo de cimentación                                    | 22        |
| 4.3.7       | Capacidad portante                                     | 22        |
| <b>4.4</b>  | <b>PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES ACTUALES</b> | <b>22</b> |
|             | Plano arquitectónico actual                            | 23        |
|             | Plano estructural actual                               | 24        |
| <b>4.5</b>  | <b>ANÁLISIS DE CARGAS VERTICALES</b>                   | <b>25</b> |
| <b>4.6</b>  | <b>ANÁLISIS SÍSMICO</b>                                | <b>25</b> |
| <b>4.7</b>  | <b>ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA</b>              | <b>26</b> |
| <b>4.8</b>  | <b>PROPUESTAS ESTRUCTURALES</b>                        | <b>31</b> |
| 4.8.1       | Análisis del mejoramiento estructural                  | 31        |
| 4.8.2       | Muros nuevos   | 31        |
| 4.8.3       | Revoque estructural                                    | 31        |
| <b>4.9</b>  | <b>PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES</b>          | <b>36</b> |
|             | ARQUITECTÓNICO PROPUESTO (1 PISO)                      | 37        |
|             | ESTRUCTURAL PROPUESTO (1 PISO)                         | 38        |
|             | ARQUITECTÓNICO PROPUESTO (2 PISO)                      | 39        |
|             | ESTRUCTURAL PROPUESTO (2 PISO)                         | 40        |
| <b>4.10</b> | <b>DISEÑO</b>  | <b>41</b> |
| 4.10.1      | Diseños a realizar                                     | 41        |
| 4.10.2      | Muros nuevos   | 41        |
| 4.10.3      | Revoque estructural                                    | 42        |

|   |    |
|---|----|
| 4.10.4 Refuerzo a tracción                  | 42 |
| 4.10.5 Memorias de cálculo de cada elemento | 42 |
| 4.11 PRESUPUESTO                            | 53 |
| CONCLUSIONES                                | 56 |
| RECOMENDACIONES                             | 57 |
| BIBLIOGRAFÍA                                | 59 |

## **RESUMEN**

El presente trabajo de grado, consiste en realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica de una vivienda localizada en el barrio El Cristo, en el municipio de Envigado, con el fin de ayudar tanto a la comunidad como al municipio, con uno de los requisitos necesarios para la legalización de dicho predio.

Debido a que el problema al cual estamos enfrentados se encuentra directamente ligado a la protección de la vida, y que por lo general las viviendas de personas de escasos recursos no están diseñadas correctamente, debido a que la capacidad económica de las personas afectadas no es buena, nos sentimos comprometidos como Ingenieros Civiles, para aportar con base en nuestro conocimiento uno de los requisitos necesarios para el bienestar de la comunidad, pues este depende de las recomendaciones realizadas después de realizar el estudio de vulnerabilidad sísmica se lleven a cabo.

Este trabajo fue realizado en diferentes etapas; comenzó con una capacitación técnica realizada para el buen desarrollo del estudio y finalmente con la presentación a el propietario de la vivienda y a Planeación de Envigado de propuestas y recomendaciones de reformas necesarias para el mejor funcionamiento de la vivienda.

El estudio de vulnerabilidad sísmica, mostró como resultado problemas en algunos de los elementos que componen la vivienda, lo que hizo recomendar cuales de los muros es necesario reconstruir y cuales tienen solución, sin necesidad de ser reemplazados utilizando otros métodos. Lo que se quiere con estos resultados es que finalmente la comunidad los lleve a cabo teniendo en cuenta que todo va a favor de su propio beneficio.

## **ABSTRACT**



## INTRODUCCIÓN

Es evidente que los sismos son unos de los causantes más importantes de pérdidas, tanto humanas como materiales y culturales y que nuestro país, ya ha sufrido desgracias que comprometen a la Ingeniería Civil a investigar y a profundizar cada vez mas en la seguridad, la resistencia y la durabilidad de las estructuras ante fenómenos como estos.

Es por esto que uno de los objetivos primordiales de este trabajo, es darle seguridad tanto física como patrimonial, a los habitantes de la vivienda a la cual se le realizó el estudio de vulnerabilidad sísmica y crear conciencia a la comunidad sobre la importancia de hacer edificaciones sismorresistentes, debido a la amenaza sísmica a la que podrían estar expuestos.

El presente informe contiene un estudio de vulnerabilidad sísmica de la vivienda localizada en el barrio El Cristo en el municipio de Envigado con dirección CARRERA 24 D # 40 SUR –150, realizado durante el segundo semestre del año 2002 y el primero del año 2003. Esto se hizo con el fin de brindar ayuda a problemas que presenta nuestra sociedad y que por medio de los conocimientos obtenidos a lo largo de nuestra carrera, próxima a culminar, se les puede dar solución; es por eso que optamos por hacer un trabajo social propuesto por nuestra universidad la Escuela de Ingeniería de Antioquia como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil.

La metodología utilizada para la realización de dicho estudio, estuvo basada tanto en la NSR-98 (Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente) como en un software desarrollado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia que

ha sido perfeccionado a lo largo del tiempo, gracias a la experiencia de esta institución en este tema.

El desarrollo de este trabajo, permitió establecer además de un informe detallado del estado actual de la vivienda estudiada, los resultados del análisis de vulnerabilidad sísmica y las recomendaciones y reformas propuestas con su respectivo presupuesto.

Se espera que el trabajo contribuya a la futura legalización de la vivienda, ya que la ejecución de las recomendaciones trae consigo una mayor seguridad de la misma, pues es una exigencia de Planeación de Envigado; para esto es necesario que se realicen las recomendaciones y reformas que se den y que los habitantes tengan conciencia de la importancia de las mismas.

Se agradece a la Escuela de Ingeniería de Antioquia, especialmente a todas las personas que nos brindaron su conocimiento a lo largo de nuestra carrera y a al personal que ha estado con nosotros durante el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

# **1. GENERALIDADES**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El decreto 33 de 1998 exige que todas las edificaciones construidas antes de este año sean revisadas con las nuevas disposiciones establecidas para estructuras sismorresistentes. Debido a esto, surge en la comunidad la necesidad de cumplir con ciertas exigencias del municipio para la legalización de sus predios.

Teniendo en cuenta que las edificaciones del barrio El Cristo en el municipio de Envigado, fueron construidas en malas condiciones, es decir, no cumplen con dicho requisito, ya que tienen defectos estructurales no aptos para cargas sísmicas, que las condiciones económicas de los habitantes de estas viviendas, no son un punto a su favor y que la dificultad de construcción en la zona no es fácil por la estrechez del lugar nos lleva a pensar en soluciones de resistencia viables tanto económica como constructivamente.

De todo lo anterior nace una unión entre la Secretaría de Planeación de Envigado y la Escuela de Ingeniería de Antioquia, para la revisión de las viviendas que se encuentran bajo su administración mediante los estudios ya mencionados.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 General**

Presentar después de un análisis de vulnerabilidad sísmica, las propuestas necesarias para el mejor funcionamiento estructural de la

edificación ante un sismo; contribuyendo además a la comunidad con la futura legalización de sus predios.

### 1.2.2 Específicos

- Evaluar el estado actual de la vivienda asignada, mediante un estudio de vulnerabilidad sísmica que nos muestre su capacidad estructural ante un evento sísmico.
- Elaborar y presentar propuestas para la disminución de la vulnerabilidad sísmica de dicha vivienda teniendo en cuenta los bajos recursos de los habitantes de la misma.
- Generar satisfacción en el propietario de la vivienda estudiada debido a la obtención de un diseño estructural sin costo que le será útil para la futura legalización de su predio.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

Un estudio de vulnerabilidad sísmica consiste en determinar la capacidad que tiene una estructura de responder ante un sismo y con base en su análisis ingeniarse la forma de reformar la estructura buscando la mejoría en su comportamiento. Además de esto, es necesario tener en cuenta que las personas que más necesitan de la ayuda y asesoría técnica para este tipo de eventos son de bajos recursos, pues no han contado con la capacidad económica para la construcción de una vivienda que cumpla con la norma o simplemente no están familiarizados con el tema. La Ingeniería Civil está comprometida e involucrada con este tema tanto técnica como socialmente, ya que además de compartir nuestro conocimiento es necesario despertar un sentido de pertenencia por este país y que mejor forma que ayudando a los que más lo necesitan. Por todo esto, como estudiantes de Ingeniería Civil próximos graduarnos, nos consideramos personas capacitadas para el desarrollo de este proyecto.

## **1.4 DELIMITACIÓN Y CONTEXTO**

El estudio de vulnerabilidad sísmica se realizó a una vivienda ubicada en el barrio El Cristo con dirección CARRERA 24 D # 40 SUR –150, municipio de Envigado, departamento de Antioquia.

Este estudio se inicio en el mes de Octubre de 2002 y finalizó en el mes de Junio de 2003.

Tiene como alcance la realización de los planos arquitectónicos y propuestas acerca del mejoramiento de la estructura de la vivienda, para aportar uno de sus requisitos para una futura legalización de la misma. Cabe anotar que este estudio no pretende la actualización de la vivienda a la NSR-98, sino simplemente con base en dicha norma, establecer las mejoras.

### **1.4.1 Ubicación**

Vivienda ubicada en el barrio El Cristo en el municipio de Envigado; dirección: Carrera 24 D # 40 Sur –150

### **1.4.2 Características de la comunidad**

El sector corresponde a un estrato entre 1 y 2. La comunidad tiene acceso a todos los servicios públicos básicos del municipio de Envigado (agua potable, energía, alcantarillado y telefonía) y acceso a transporte público.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 VULNERABILIDAD SÍSMICA**

Es la incapacidad de una estructura para atender las solicitaciones de carga permanente, como la carga muerta y viva, en combinación con la carga sísmica generada por un movimiento telúrico. Tiene como objetivo determinar la capacidad de respuesta estructural de una edificación ante una sollicitación sísmica y con base en este resultado, analizar si se debe o no y en que forma, intervenirla a fin de mejorar su comportamiento estructural.

Los estudios de vulnerabilidad se orientan principalmente a edificaciones con alto grado de importancia debido a su función, como hospitales, centros de salud, estaciones de policía, bomberos, organismos de socorro, escuelas, y otras que presten servicios indispensables para la comunidad y que albergan en su interior gran cantidad de personas.

Pero igualmente cualquier edificación, como vivienda familiar, industrias, entre otras, deberían ser objeto de estudio con el fin de tomar las acciones necesarias para proteger la integridad física y el patrimonio de las personas, en caso de ser vulnerable.

En este caso particular se evaluó la vulnerabilidad sísmica de una vivienda familiar ubicada en un barrio periférico de la ciudad construida informalmente y candidata a legalizarse ante una curaduría urbana.

Para legalizar una vivienda ante curaduría, es decir, para que el Municipio de Envigado reconozca la legalidad de la vivienda y esta pueda ser objeto de venta, alquiler y figure en las cuentas de servicios públicos de Empresas

Públicas para su total cobertura, ésta debe evaluarse y determinar si es una edificación que ofrece garantías de estabilidad, en caso contrario, debe diseñarse un sistema de refuerzo que le capacite para atender las solicitaciones de carga prescritas por la Norma de construcciones sismo resistentes.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica de una edificación es necesario comparar dos aspectos, la resistencia y la sollicitación (a compresión, tracción, cortante y deriva o desplazamientos). Si la sollicitación es mayor que la resistencia, existe vulnerabilidad. Una vez identificados los elementos vulnerables, el tipo de vulnerabilidad y la severidad, se investigan las causas y se diseñan propuestas para corregirlas y mejorar el sistema de resistencia sísmica de la edificación.

La resistencia de una edificación frente a sollicitaciones sísmicas, está representada en la capacidad individual de sus elementos estructurales y en el comportamiento en conjunto de los mismos. La segunda depende de la primera y del sistema de unión entre unos elementos y otros, es decir si los elementos estructurales resisten individualmente y están bien unidos, el sistema global de la edificación se comportará adecuadamente, en su defecto éste puede fallar así sus elementos posean gran resistencia.

Para hallar la resistencia individual de los elementos a compresión, tracción y cortante, pueden hacerse ensayos directos sobre los materiales en un laboratorio, que es lo ideal, o en caso de no tener recursos para ello, el ingeniero evaluador debe recurrir a su criterio mediante una buena observación del estado de la estructura. Allí debe evaluar cualitativamente aspectos como calidad de los materiales, técnica empleada y defectos estructurales que existan. Igualmente puede apoyarse en estudios similares realizados previamente por universidades o empresas consultoras.

La sollicitación se refiere a los esfuerzos que deben atender los elementos estructurales en caso de presentarse un sismo. Estos datos se obtienen haciendo el análisis estructural mediante alguno de los métodos existentes. En este caso particular se empleó el método de la fuerza horizontal equivalente que consiste en hallar la fuerza que le corresponde atender a cada elemento estructural y a partir de allí se calculan los esfuerzos a compresión, tracción y cortante a los que se encuentra sometido. Al comparar este valor con la resistencia, se determina si el elemento es vulnerable, el tipo de vulnerabilidad y la severidad de la misma.

## **2.2 NORMATIVIDAD**

Un buen esquema a seguir se describirá a continuación partiendo de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98) con el fin de abarcar plenamente un problema de vulnerabilidad sísmica.

1. Realizar un estudio preliminar de la edificación para poder tener una idea acerca de su estado estructural actual.
2. Entrar en un estudio detallado para obtener resultados más certeros sobre su comportamiento ante un fenómeno sísmico.
3. Elaborar una propuesta estructural viable que permita disminuir el problema de vulnerabilidad sísmica ya mencionado.



## **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1 METODOLOGÍA GENERAL**

#### **3.1.1 Recolección de información**

Por medio de un primer encuentro con la directora del programa, en las oficinas de la Secretaría de Planeación de Envigado, se definió el alcance del proyecto además de la ubicación de la vivienda a analizar (barrio El Cristo).

En una serie de reuniones con el Ingeniero Pedro Luis Escobar durante el segundo semestre del año 2002, se hizo una capacitación técnica en mampostería estructural y vulnerabilidad sísmica. También se asignó la vivienda a la cual se le haría el análisis.

Aproximadamente en el mes de Octubre de 2003 se efectuó la primera visita a la vivienda, con el fin de realizar una inspección visual del estado de la misma, identificación de defectos, hacer un registro fotográfico de la estructura y recoger información de los propietarios acerca de el proceso constructivo empleado en dicha edificación. De ahí se concluyó que para empezar, era necesario hacer los planos arquitectónicos y estructurales de la vivienda, pues los propietarios carecían de ellos.

En el año 2003 después de culminar lo anteriormente mencionado, procedimos a la verificación en el sitio de los datos y medidas plasmados en los planos. Por medio de otra serie de reuniones con el Ingeniero Pedro Luis Escobar, se hizo una capacitación sobre el manejo de un software para el análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería no reforzada no confinada realizado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia y con el cual ha venido trabajando en este tema a lo largo de varios años.

Teniendo conocimiento de la estructura existente y con la suposición de algunos datos debido al bajo presupuesto, como la capacidad portante del suelo y la resistencia real de los materiales se elaboró una propuesta estructural con el fin de disminuir la vulnerabilidad sísmica de la vivienda asignada.

Esta información se recopiló en planos estructurales donde se proponían los muros que iban a sufrir algún cambio, bien sea porque necesitan ser reconstruidos o porque pueden ser simplemente solucionados adicionando refuerzo; y en un informe que se entregó a la Secretaría de Planeación de Envigado el día 20 de Junio de 2003.

### 3.1.2 Trabajo de Campo

Las visitas realizadas al lugar asignado, eran con el fin de acceder a la información necesaria para obtener resultados mucho mas satisfactorios para los propietarios, quienes se mostraron muy interesados durante todo el proceso, es decir, además de ir a tomar información física de la edificación, se tenía en cuenta los pronósticos de los propietarios para el futuro en la misma, pues es muy probable que se quiera levantar un segundo piso y para nosotros es indispensable saberlo para nuestra propuesta. Entre la información física que se tomó, estaban todas las medidas necesarias para realizar el levantamiento del plano arquitectónico, el estado actual de la estructura y que partes de la misma eran de vital importancia.

### 3.1.3 Procesamiento de información

Con la información obtenida y después de la asesoría brindada para el manejo del software mencionado, procedimos a ingresar los datos y a analizar los elementos más vulnerables y que podrían presentar fallas ante la presencia de un sismo. Las propuestas que se realizaron corresponden al uso de muros estructurales. Se realizó además del diseño de los elementos con problemas (presentados en planos), los

nuevos planos arquitectónicos y estructurales y el posible costo que tendrían dichas reformas.

### **3.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

En sitio: Cámara fotográfica, filmadora, metro, lienza y se realizó una tabla con el muro, su longitud y su espesor.

En estudio: Computador, calculadora, software de Vulnerabilidad sísmica y Autocad.

### **3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS**

Manual de vulnerabilidad sísmica desarrollado por la Escuela de Ingeniería de Antioquia y método de los Esfuerzos de Trabajo.

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 ASPECTOS GENERALES

- 4.1.1 Nombre del proyecto: Legalización de viviendas barrio Sector del Cristo
- 4.1.2 Dirección: Carrera 24 D # 40 Sur -150
- 4.1.3 Institución a la que pertenecen: Escuela de Ingeniería de Antioquia

### 4.2 ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

- 4.2.1 Mampostería actual: Resistencia a la compresión  $28.8 \text{ kg/cm}^2$
- 4.2.2 Mampostería propuesta: Resistencia a la compresión  $90 \text{ kg/cm}^2$
- 4.2.3 Acero propuesto: Varillas corrugadas  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
 $F_u = 5600 \text{ kg/cm}^2$

### 4.3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN



Foto 1. Fachada principal



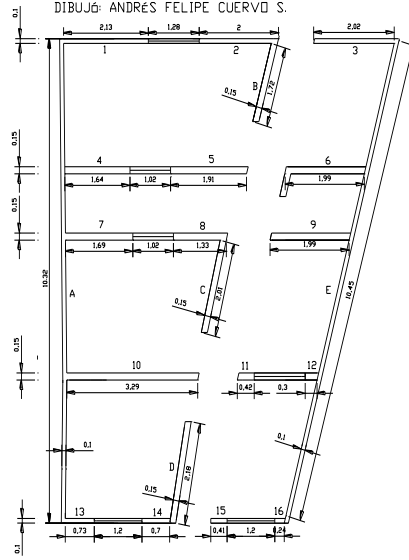
Foto 2. Fachada principal

- 4.3.1 Grupo de uso: Grupo 1
- 4.3.2 Sistema estructural: Mampostería estructural no reforzada no confinada
- 4.3.3 Número de placas: Una
- 4.3.4 Tipo de placa: Se encuentra una losa maciza en concreto reforzado.
- 4.3.5 Altura máxima (nivel inferior a cubierta principal):  $H = 5.43 \text{ m}$
- 4.3.6 Tipo de cimentación: Vigas de fundación
- 4.3.7 Capacidad portante:  $1,0 \text{ kg/cm}^2$

#### **4.4 PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES ACTUALES**

Se presentan a continuación. Escala 1:50

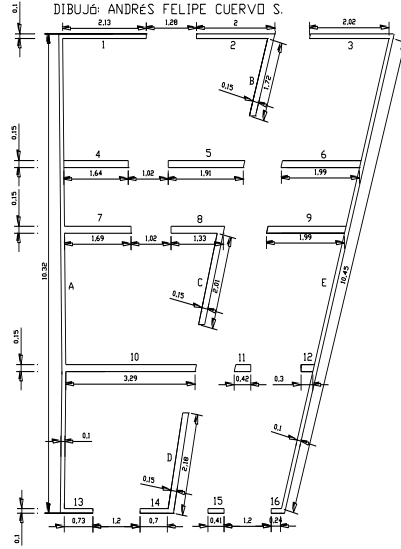
PLANO ARQUITECTÓNICO ACTUAL  
PRIMER PISO  
DIBUJÓ: ANDRÉS FELIPE CUERVO S.



PLANO ESTRUCTURAL ACTUAL

PRIMER PISO

DIBUJÓ: ANDRÉS FELIPE CUERVO S.



## 4.5 ANÁLISIS DE CARGAS VERTICALES

| NIVEL CUBIERTA   |          |        |                   |                      |              |                      |
|--|----------|--------|-------------------|----------------------|--------------|----------------------|
| Elementos  | Longitud | Altura | Área              | Masa distr.          | Carga        | C. promedio          |
|  | (m)      | (m)    | (m <sup>2</sup> ) | (Kg/m <sup>2</sup> ) | (Kg)         | (kg/m <sup>2</sup> ) |
| a. Cubierta  |          |        | 77.7              | 35.0                 | 2720         |                      |
| d1. Masa de la 1/2 de muro por debajo de la cubierta (e 1) | 19.4     | 1.18   | 22.8              | 195.0                | 4445         |                      |
| d2. Masa de la 1/2 de muro por debajo de la cubierta (e 2) | 29.4     | 1.18   | 34.5              | 195.0                | 6736         |                      |
| e. Revoque de muros  | 48.8     | 1.18   | 57.3              | 96.0                 | 5505         |                      |
| f. Revoque estructural                                     | 0.0      | 1.18   | 0.0               | 0.0                  | 0            |                      |
| g. Otros elementos (vigas y/o columnas de concreto)        | 0.0      | 1.18   | 0.0               | 0.0                  | 0            |                      |
| <b>CARGA NIVEL CUBIERTA</b>                                |          |        |                   |                      | <b>19405</b> | <b>0</b>             |
| PRIMER NIVEL   |          |        |                   |                      |              |                      |
| Elementos  | Longitud | Altura | Área              | Masa distr.          | Carga        | C. promedio          |
|  | (m)      | (m)    | (m <sup>2</sup> ) | (Kg/m <sup>2</sup> ) | (Kg)         | (kg/m <sup>2</sup> ) |
| a. Masa de la 1/2 de muro del nivel superior               | 48.8     | 1.18   | 57.3              | 195                  | 11181        |                      |
| b. Masa de la losa   |          |        | 64.0              | 130.0                | 8320         |                      |
| c. Masa baldosa de la losa                                 |          |        | 64.0              | 150                  | 9600         |                      |
| d1. Masa de 1/2 de muro que sostiene la losa (e 1)         | 19.4     | 1.18   | 22.8              | 195                  | 4445         |                      |
| d2. Masa de 1/2 de muro que sostiene la losa (e 2)         | 29.0     | 1.18   | 34.1              | 130                  | 4430         |                      |
| e. Revoque de muros  | 48.8     | 1.18   | 57.3              | 96                   | 5505         |                      |
| f. Revoque estructural                                     | 0.0      | 1.18   | 0.0               | 0                    | 0            |                      |
| h. Otros elementos (vigas y/o columnas de concreto)        | 0.3      | 1.18   | 0.3               | 2400                 | 791          |                      |
| <b>CARGA DEL PRIMER NIVEL</b>                              |          |        |                   |                      | <b>44272</b> | <b>692</b>           |

## 4.6 ANÁLISIS SÍSMICO

4.6.1 Método del análisis sísmico utilizado: Método de la fuerza horizontal equivalente

4.6.2 Análisis de las fuerzas horizontales

| Piso | Masa (W)     | Altura (h) | W*h           | F. distribución | F.H.E        | F.Acum. |
|------|--------------|------------|---------------|-----------------|--------------|---------|
|      | Kg           | m          | Kg*m          | %               | Kg           | Kg      |
| 2    | 19405        | 4.7        | 91206         | 0.4671          | 14873        | 14873   |
| 1    | 44272        | 2.4        | 104039        | 0.5329          | 16966        | 31839   |
|      | <b>63677</b> |            | <b>195244</b> | 1.0000          | <b>31839</b> |         |



#### **4.7 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA**

Actualmente se cuenta con una construcción en aceptables condiciones desde el punto de vista estructural; además, no se observan elementos en mal estado. Sin embargo, debido al deseo expresado por parte de los propietarios concluir la construcción de un segundo nivel, es necesario llevar a cabo unas mejoras en el primer piso y tener en cuenta ciertas recomendaciones, descritas mas adelante, para el segundo nivel. Es necesario intervenir los muros 1,2,3,4,10, A, B, C, D debido a que son vulnerables a sismos, ya sea a tracción, flexo-compresión o cortante según el caso.

## ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE LOS MUROS

### PRIMER NIVEL

|  |          |       |        |
|--|----------|-------|--------|
| Carga sísmica (Kg)   | C.S=     | 31839 |        |
| Coordenadas centro de masa (m):                              | Xcm=     | 3.48  |        |
|  | Ycm=     | 5.45  |        |
| Coordenadas centro de rigidez (m):                           | Xcr=     | 3.50  |        |
|  | Ycr=     | 7.12  |        |
| Torsión accidental (m)                                       | dx=      | 0.41  |        |
|  | dy=      | 0.52  |        |
| Excentricidades (m)  | ex=      | 0.43  |        |
|  | ey=      | 2.19  | M.ac   |
| Momento torsional (Kg*m)                                     | Mex=     | 13563 | 19745  |
|  | Mey=     | 69815 | 107190 |
| Altura de piso (m)   | h=       | 2.35  |        |
| Derivas de piso (cm)   | Dx=      | 0.12  |        |
|  | Dy=      | 0.05  |        |
| Deriva permisible (cm)                                       | Dp=      | 1.175 |        |
| Resist. a compresión de mamp. arcilla (kg/cm <sup>2</sup> )  | f'ma=    | 28.8  |        |
| Resist. a compresión de mamp. concreto (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'mc=    | 90    |        |
| Constante Módulo de elasticidad mampostería                  | Ka=      | 750   |        |
| Constante Módulo de elasticidad concreto                     | Kc=      | 900   |        |
| Combinación de carga (kg)                                    | C.M =    | 63677 |        |
|  | C.V=     | 25506 |        |
|  | 0.7 C.S= | 22287 |        |

**ANALISIS DE  
VULNERABILIDAD DE  
LOS MUROS PRIMER  
NIVEL**

| MURO          | R   | ANCHO | LONG. | A. afer. | E      | dist Eje | Cond. | RIGIDEZ       | F.D         | K*Dist.        | F. Sísmica   | Dist C.R | Ki*di | Ki*di2 | F. T. p.e.X | F. T. p.e.Y | F. T. muro   | Momento |
|---------------|-----|-------|-------|----------|--------|----------|-------|---------------|-------------|----------------|--------------|----------|-------|--------|-------------|-------------|--------------|---------|
|               |     | cm    | m     | %        | Kg/cm2 | m        |       | Kg/cm         | %           |                | Kgf          | m        | Ton   | Ton*m  | Kgf         | Kgf         | Kgf          | Kgf * m |
| <b>Dir. X</b> |     |       |       |          |        |          |       |               |             |                |              |          |       |        |             |             |              |         |
| 1             | 1.0 | 10    | 2.13  | 5.05     | 21600  | 10.22    | 1     | 24880         | 0.10        | 254272         | 2132         | 3.10     | 7706  | 23867  | 951         | 175         | 2132         | 5009    |
| 2             | 1.0 | 10    | 2.00  | 3.06     | 21600  | 10.22    | 1     | 21570         | 0.08        | 220445         | 1848         | 3.10     | 6681  | 20692  | 824         | 152         | 1848         | 4343    |
| 3             | 1.0 | 10    | 2.02  | 4.38     | 21600  | 10.22    | 1     | 22067         | 0.08        | 225529         | 1891         | 3.10     | 6835  | 21169  | 843         | 155         | 1891         | 4443    |
| 4             | 1.0 | 15    | 1.64  | 3.63     | 21600  | 7.65     | 1     | 20165         | 0.08        | 154261         | 1728         | 0.53     | 1063  | 561    | 131         | 24          | 1728         | 4060    |
| 5             | 1.0 | 15    | 1.91  | 5.35     | 21600  | 7.65     | 1     | 29081         | 0.11        | 222471         | 2492         | 0.53     | 1533  | 808    | 189         | 35          | 2492         | 5855    |
| 6             | 1.0 | 15    | 1.99  | 6.67     | 21600  | 7.65     | 1     | 31984         | 0.12        | 244680         | 2740         | 0.53     | 1686  | 889    | 208         | 38          | 2740         | 6440    |
| 7             | 1.0 | 15    | 1.60  | 4.30     | 21600  | 6.21     | 1     | 18970         | 0.07        | 117801         | 1625         | 0.91     | 1732  | 1580   | 214         | 39          | 1665         | 3912    |
| 8             | 1.0 | 15    | 1.33  | 3.42     | 21600  | 6.21     | 1     | 11840         | 0.05        | 73523          | 1014         | 0.91     | 1081  | 986    | 133         | 25          | 1039         | 2442    |
| 9             | 1.0 | 15    | 1.99  | 6.83     | 21600  | 6.21     | 1     | 31984         | 0.12        | 198623         | 2740         | 0.91     | 2919  | 2665   | 360         | 66          | 2807         | 6596    |
| 10            | 1.0 | 15    | 2.29  | 13.66    | 21600  | 3.18     | 1     | 43776         | 0.17        | 139208         | 3751         | 3.94     | 17260 | 68052  | 2129        | 392         | 4143         | 9736    |
| 11            | 1.0 | 15    | 0.42  | 6.14     | 21600  | 3.18     | 1     | 452           | 0.00        | 1436           | 39           | 3.94     | 178   | 702    | 22          | 4           | 43           | 100     |
| 12            | 1.0 | 15    | 0.30  | 1.20     | 21600  | 3.18     | 1     | 166           | 0.00        | 529            | 14           | 3.94     | 66    | 259    | 8           | 1           | 16           | 37      |
| 13            | 1.0 | 10    | 0.73  | 2.11     | 21600  | 0.00     | 1     | 1509          | 0.01        | 0              | 129          | 7.12     | 1075  | 7658   | 133         | 24          | 154          | 361     |
| 14            | 1.0 | 10    | 0.70  | 2.64     | 21600  | 0.00     | 1     | 1338          | 0.01        | 0              | 115          | 7.12     | 953   | 6789   | 118         | 22          | 136          | 320     |
| 15            | 1.0 | 10    | 0.41  | 3.22     | 21600  | 0.00     | 1     | 280           | 0.00        | 0              | 24           | 7.12     | 200   | 1422   | 25          | 5           | 29           | 67      |
| 16            | 1.0 | 10    | 0.24  | 1.02     | 21600  | 0.00     | 1     | 57            | 0.00        | 0              | 5            | 7.12     | 41    | 290    | 5           | 1           | 6            | 14      |
|               |     |       |       |          |        |          |       | <b>260120</b> | <b>1.00</b> | <b>1852778</b> | <b>22287</b> |          |       |        |             |             | <b>22867</b> |         |

| MURO         | R   | ANCHO | LONG. | A. afer. | E      | dist Eje | Cond. | RIGIDEZ       | F.D         | K*Dist. | F. Sísmica   | Dist C.R | Ki*di  | Ki*di2        | F. T. p.e.X | F. T. p.e.Y | F. T. muro   | Momento |
|--------------|-----|-------|-------|----------|--------|----------|-------|---------------|-------------|---------|--------------|----------|--------|---------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|              |     | cm    | m     | %        | Kg/cm2 | m        |       | Kg/cm         | %           |         | Kgf          | m        | Ton    | Ton*m         | Kgf         | Kgf         | Kgf          | Kgf * m |
| <b>Dir.Y</b> |     |       |       |          |        |          |       |               |             |         |              |          |        |               |             |             |              |         |
| A            | 1.0 | 10    | 10.32 | 7.74     | 21600  | 0.00     | 1     | 295740        | 0.43        | 0       | 9547         | 3.50     | 103391 | 361452        | 12754       | 2349        | 22301        | 52408   |
| B            | 1.0 | 15    | 1.72  | 3.62     | 21600  | 4.95     | 1     | 22656         | 0.03        | 112149  | 731          | 1.45     | 3294   | 4790          | 406         | 75          | 731          | 1719    |
| C            | 1.0 | 15    | 2.01  | 3.53     | 21600  | 3.84     | 1     | 32727         | 0.05        | 125672  | 1057         | 0.34     | 1126   | 387           | 139         | 26          | 1057         | 2483    |
| D            | 1.0 | 15    | 2.18  | 3.78     | 21600  | 2.89     | 1     | 39298         | 0.06        | 113573  | 1269         | 0.61     | 2381   | 1443          | 294         | 54          | 1562         | 3672    |
| E            | 1.0 | 10    | 10.45 | 8.65     | 21600  | 6.88     | 1     | 299945        | 0.43        | 2062125 | 9683         | 3.38     | 101352 | 342469        | 12503       | 2303        | 9683         | 22755   |
|              |     |       |       |          |        |          |       | <b>690368</b> | <b>1.00</b> |         | <b>22287</b> |          |        | <b>868930</b> |             |             | <b>35335</b> |         |

| Esfuerzos de Compresión | E. Flexión | E. Cortante | E. Tracción | Resistencia |             |          |          |          |
|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|
| C. Muerta               | C. Viva    | Total       | Total       | Total       | Total       | Compres. | Cortante | Tracción |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2     | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2   | Kg/cm2   | Kg/cm2   |
| 1.51                    | 0.60       | 2.11        | 6.62        | <b>1.25</b> | <b>4.51</b> | 22.96    | 1.23     | 1.15     |
| 0.97                    | 0.39       | 1.37        | 6.51        | 1.16        | <b>5.15</b> | 22.96    | 1.22     | 1.15     |
| 1.38                    | 0.55       | 1.93        | 6.53        | 1.17        | <b>4.60</b> | 22.96    | 1.23     | 1.15     |
| 0.94                    | 0.38       | 1.32        | 6.04        | 0.88        | <b>4.72</b> | 27.07    | 1.32     | 1.35     |
| 1.19                    | 0.48       | 1.67        | 6.42        | 1.09        | <b>4.75</b> | 27.07    | 1.32     | 1.35     |
| 1.42                    | 0.57       | 1.99        | 6.50        | 1.15        | <b>4.51</b> | 27.07    | 1.33     | 1.35     |
| 1.14                    | 0.46       | 1.60        | 6.11        | 0.87        | <b>4.52</b> | 27.07    | 1.32     | 1.35     |
| 1.09                    | 0.44       | 1.53        | 5.52        | 0.65        | <b>3.99</b> | 27.07    | 1.32     | 1.35     |
| 1.46                    | 0.58       | 2.04        | 6.66        | 1.18        | <b>4.62</b> | 27.07    | 1.33     | 1.35     |
| 2.53                    | 1.01       | 3.55        | 7.43        | <b>1.51</b> | <b>3.88</b> | 27.07    | 1.35     | 1.35     |
| 6.21                    | 2.49       | 8.70        | 2.28        | 0.08        | -6.42       | 27.07    | 1.42     | 1.35     |
| 1.69                    | 0.68       | 2.37        | 1.65        | 0.04        | -0.72       | 27.07    | 1.33     | 1.35     |
| 1.84                    | 0.74       | 2.58        | 4.07        | 0.26        | <b>1.49</b> | 22.96    | 1.23     | 1.15     |
| 2.40                    | 0.96       | 3.36        | 3.92        | 0.24        | 0.56        | 22.96    | 1.25     | 1.15     |
| 5.00                    | 2.00       | 7.00        | 2.40        | 0.09        | -4.61       | 22.96    | 1.30     | 1.15     |
| 2.71                    | 1.09       | 3.80        | 1.42        | 0.03        | -2.37       | 22.96    | 1.25     | 1.15     |

| Esfuerzos de Compresión | E. Flexión | E. Cortante | E. Tracción | Resistencia |             |          |          |          |
|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|
| C. Muerta               | C. Viva    | Total       | Total       | Total       | Total       | Compres. | Cortante | Tracción |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2     | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2   | Kg/cm2   | Kg/cm2   |
| 0.48                    | 0.19       | 0.67        | 2.95        | <b>2.70</b> | <b>2.28</b> | 22.96    | 1.21     | 1.15     |
| 0.89                    | 0.36       | 1.25        | 2.32        | 0.35        | 1.07        | 27.07    | 1.32     | 1.35     |
| 0.75                    | 0.30       | 1.05        | 2.46        | 0.44        | <b>1.41</b> | 27.07    | 1.32     | 1.35     |
| 0.74                    | 0.29       | 1.03        | 3.09        | 0.60        | <b>2.06</b> | 27.07    | 1.32     | 1.35     |
| 0.53                    | 0.21       | 0.74        | 1.25        | 1.16        | 0.51        | 22.96    | 1.21     | 1.15     |

## ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE LOS MUROS

### SEGUNDO NIVEL

|  |          |       |       |
|--|----------|-------|-------|
| Carga sísmica (Kg)   | C.S=     | 14873 |       |
| Coordenadas centro de masa (m):                              | Xcm=     | 3.48  |       |
|  | Ycm=     | 5.45  |       |
| Coordenadas centro de rigidez (m):                           | Xcr=     | 3.49  |       |
|  | Ycr=     | 7.44  |       |
| Torsión accidental (m)                                       | dx=      | 0.41  |       |
|  | dy=      | 0.52  |       |
| Excentricidades (m)  | ex=      | 0.42  |       |
|  | ey=      | 2.51  | M.ac  |
| Momento torsional (Kg*m)                                     | Mex=     | 6182  | 6182  |
|  | Mey=     | 37375 | 37375 |
| Altura de piso (m)   | h=       | 2.35  |       |
| Derivas de piso (cm)   | Dx=      | 0.05  |       |
|  | Dy=      | 0.02  |       |
| Deriva permisible (cm)                                       | Dp=      | 1.175 |       |
| Resist. a compresión de mamp. arcilla (kg/cm <sup>2</sup> )  | f'ma=    | 28.8  |       |
| Resist. a compresión de mamp. concreto (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'mc=    | 90    |       |
| Constante Módulo de elasticidad mampostería                  | Ka=      | 750   |       |
| Constante Módulo de elasticidad concreto                     | Kc=      | 900   |       |
| Combinación de carga (kg)                                    | C.M =    | 19405 |       |
|  | C.V=     | 13986 |       |
|  | 0.7 C.S= | 10411 |       |

**ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE LOS MUROS SEGUNDO NIVEL**

| MURO          | R   | ANCHO | LONG. | A. Afer.     | E      | dist Eje | Cond. | RIGIDEZ       | F.D           | K*Dist.        | F. Sísmica   | Dist C.R | Ki*di | Ki*di2 | F. T. p.e.X | F. T. p.e.Y | F. T. muro   | Momento |
|---------------|-----|-------|-------|--------------|--------|----------|-------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------|-------|--------|-------------|-------------|--------------|---------|
|               |     | cm    | m     | %            | Kg/cm2 | m        |       | Kg/cm         | %             |                | Kgf          | m        | Ton   | Ton*m  | Kgf         | Kgf         | Kgf          | Kgf * m |
| <b>Dir. X</b> |     |       |       |              |        |          |       |               |               |                |              |          |       |        |             |             |              |         |
| 1             | 1.0 | 15    | 2.13  | 5.05         | 21600  | 10.22    | 1     | 37320         | 0.1261        | 381408         | 1313         | 2.78     | 10364 | 28781  | 308         | 51          | 1313         | 3085    |
| 2             | 1.0 | 15    | 2.00  | 3.06         | 21600  | 10.22    | 1     | 32355         | 0.1093        | 330667         | 1138         | 2.78     | 8985  | 24952  | 267         | 44          | 1138         | 2675    |
| 3             | 1.0 | 15    | 2.02  | 4.38         | 21600  | 10.22    | 1     | 33101         | 0.1118        | 338293         | 1164         | 2.78     | 9192  | 25527  | 273         | 45          | 1164         | 2736    |
| 4             | 1.0 | 15    | 1.64  | 3.63         | 21600  | 7.65     | 1     | 20165         | 0.0681        | 154261         | 709          | 0.21     | 417   | 86     | 12          | 2           | 709          | 1667    |
| 5             | 1.0 | 15    | 1.91  | 5.35         | 21600  | 7.65     | 1     | 29081         | 0.0983        | 222471         | 1023         | 0.21     | 602   | 125    | 18          | 3           | 1023         | 2404    |
| 6             | 1.0 | 15    | 1.99  | 6.67         | 21600  | 7.65     | 1     | 31984         | 0.1081        | 244680         | 1125         | 0.21     | 662   | 137    | 20          | 3           | 1125         | 2644    |
| 7             | 1.0 | 15    | 1.60  | 4.30         | 21600  | 6.21     | 1     | 18970         | 0.0641        | 117801         | 667          | 1.23     | 2339  | 2884   | 69          | 11          | 679          | 1595    |
| 8             | 1.0 | 15    | 1.33  | 3.42         | 21600  | 6.21     | 1     | 11840         | 0.0400        | 73523          | 416          | 1.23     | 1460  | 1800   | 43          | 7           | 424          | 996     |
| 9             | 1.0 | 15    | 1.99  | 6.83         | 21600  | 6.21     | 1     | 31984         | 0.1081        | 198623         | 1125         | 1.23     | 3944  | 4862   | 117         | 19          | 1144         | 2689    |
| 10            | 1.0 | 15    | 2.29  | 13.66        | 21600  | 3.18     | 1     | 43776         | 0.1479        | 139208         | 1540         | 4.26     | 18662 | 79553  | 554         | 92          | 1632         | 3834    |
| 11            | 1.0 | 15    | 0.42  | 6.14         | 21600  | 3.18     | 1     | 452           | 0.0015        | 1436           | 16           | 4.26     | 193   | 821    | 6           | 1           | 17           | 40      |
| 12            | 1.0 | 15    | 0.30  | 1.20         | 21600  | 3.18     | 1     | 166           | 0.0006        | 529            | 6            | 4.26     | 71    | 303    | 2           | 0           | 6            | 15      |
| 13            | 1.0 | 15    | 0.73  | 2.11         | 21600  | 0.00     | 1     | 2264          | 0.0076        | 0              | 80           | 7.44     | 1685  | 12543  | 50          | 8           | 88           | 207     |
| 14            | 1.0 | 15    | 0.70  | 2.64         | 21600  | 0.00     | 1     | 2007          | 0.0068        | 0              | 71           | 7.44     | 1494  | 11120  | 44          | 7           | 78           | 183     |
| 15            | 1.0 | 15    | 0.41  | 3.22         | 21600  | 0.00     | 1     | 421           | 0.0014        | 0              | 15           | 7.44     | 313   | 2330   | 9           | 2           | 16           | 38      |
| 16            | 1.0 | 15    | 0.24  | 1.02         | 21600  | 0.00     | 1     | 86            | 0.0003        | 0              | 3            | 7.44     | 64    | 474    | 2           | 0           | 3            | 8       |
|               |     |       |       | <b>72.69</b> |        |          |       | <b>295971</b> | <b>1.0000</b> | <b>2202901</b> | <b>10411</b> |          |       |        |             |             | <b>10559</b> |         |

| Esfuerzos de Compresión |         |        | E. Flexión | E. Cortante | E. Tracción | Resistencia |          |          |
|-------------------------|---------|--------|------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|
| C. Muerta               | C. Viva | Total  | Total      | Total       | Total       | Compres.    | Cortante | Tracción |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2  | Kg/cm2 | Kg/cm2     | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2   | Kg/cm2   |
| 0.31                    | 0.22    | 0.53   | 2.72       | 0.51        | <b>2.19</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.20                    | 0.14    | 0.34   | 2.67       | 0.47        | <b>2.33</b> | 27.07       | 1.30     | 1.35     |
| 0.28                    | 0.20    | 0.48   | 2.68       | 0.48        | <b>2.20</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.29                    | 0.21    | 0.49   | 2.48       | 0.36        | <b>1.99</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.36                    | 0.26    | 0.62   | 2.64       | 0.45        | <b>2.01</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.43                    | 0.31    | 0.75   | 2.67       | 0.47        | <b>1.92</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.35                    | 0.25    | 0.60   | 2.49       | 0.35        | <b>1.89</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.33                    | 0.24    | 0.57   | 2.25       | 0.27        | <b>1.68</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.44                    | 0.32    | 0.76   | 2.72       | 0.48        | <b>1.95</b> | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.77                    | 0.56    | 1.33   | 2.92       | 0.59        | <b>1.60</b> | 27.07       | 1.32     | 1.35     |
| 1.89                    | 1.36    | 3.26   | 0.90       | 0.03        | -2.36       | 27.07       | 1.34     | 1.35     |
| 0.52                    | 0.37    | 0.89   | 0.65       | 0.02        | -0.24       | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.37                    | 0.27    | 0.64   | 1.55       | 0.10        | 0.91        | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.49                    | 0.35    | 0.84   | 1.50       | 0.09        | 0.66        | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 1.02                    | 0.73    | 1.75   | 0.91       | 0.03        | -0.84       | 27.07       | 1.32     | 1.35     |
| 0.55                    | 0.40    | 0.95   | 0.54       | 0.01        | -0.41       | 27.07       | 1.31     | 1.35     |

| MURO          | R   | ANCHO | LONG. | A. Afer.      | E      | dist Eje | Cond. | RIGIDEZ       | F.D           | K*Dist.        | F. Sísmica   | Dist C.R | Ki*di  | Ki*di2         | F. T. p.e.X | F. T. p.e.Y | F. T. muro   | Momento |
|---------------|-----|-------|-------|---------------|--------|----------|-------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------|--------|----------------|-------------|-------------|--------------|---------|
|               |     | cm    | m     | %             | Kg/cm2 | m        |       | Kg/cm         | %             |                | Kgf          | m        | Ton    | Ton*m          | Kgf         | Kgf         | Kgf          | Kgf * m |
| <b>Dir. Y</b> |     |       |       |               |        |          |       |               |               |                |              |          |        |                |             |             |              |         |
| A             | 1.0 | 15    | 10.32 | 7.74          | 21600  | 0.00     | 1     | 443611        | 0.4489        | 0              | 4674         | 3.49     | 154628 | 538984         | 4591        | 759         | 9265         | 21772   |
| B             | 1.0 | 15    | 1.72  | 3.62          | 21600  | 4.95     | 1     | 22656         | 0.0229        | 112149         | 239          | 1.46     | 3318   | 4858           | 99          | 16          | 239          | 561     |
| C             | 1.0 | 15    | 2.01  | 3.53          | 21600  | 3.84     | 1     | 32727         | 0.0331        | 125672         | 345          | 0.35     | 1160   | 411            | 34          | 6           | 345          | 810     |
| D             | 1.0 | 15    | 2.18  | 3.78          | 21600  | 2.89     | 1     | 39298         | 0.0398        | 113573         | 414          | 0.60     | 2341   | 1394           | 70          | 11          | 484          | 1136    |
| E             | 1.0 | 15    | 10.45 | 8.65          | 21600  | 6.88     | 1     | 449918        | 0.4553        | 3093187        | 4740         | 3.39     | 152492 | 516845         | 4528        | 749         | 4740         | 11139   |
|               |     |       |       | <b>172.69</b> |        |          |       | <b>988211</b> | <b>1.0000</b> | <b>3444581</b> | <b>10411</b> |          |        | <b>1258789</b> |             |             | <b>15072</b> | 35418   |

| Esfuerzos de Compresión |         |        | E. Flexión | E. Cortante | Tracción | Resistencia |          |          |
|-------------------------|---------|--------|------------|-------------|----------|-------------|----------|----------|
| C. Muerta               | C. Viva | Total  | Total      | Total       | Total    | Compres.    | Cortante | Tracción |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2  | Kg/cm2 | Kg/cm2     | Kg/cm2      | Kg/cm2   | Kg/cm2      | Kg/cm2   | Kg/cm2   |
| 0.10                    | 0.07    | 0.17   | 0.82       | 0.75        | 0.65     | 27.07       | 1.30     | 1.35     |
| 0.27                    | 0.20    | 0.47   | 0.76       | 0.12        | 0.29     | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.23                    | 0.16    | 0.39   | 0.80       | 0.14        | 0.41     | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.22                    | 0.16    | 0.39   | 0.96       | 0.18        | 0.57     | 27.07       | 1.31     | 1.35     |
| 0.11                    | 0.08    | 0.18   | 0.41       | 0.38        | 0.22     | 27.07       | 1.30     | 1.35     |

## **4.8 PROPUESTAS ESTRUCTURALES**

4.8.1 El mejoramiento estructural que se propone consiste en la sustitución de tres muros de mampostería de arcilla a mampostería estructural en el primer nivel y la construcción de un muro de mampostería estructural en el segundo.

Así mismo, se propone aplicar un revoque estructural en un muro del primer nivel de modo que resista eficientemente cargas cortantes.

Se propone además, para mejorar los problemas que se presentan a tracción, en cuatro muros del primer piso usar anclajes epóxicos.

Finalmente, los muros que se construyan en el segundo nivel deben presentar continuidad con respecto a los del primer piso.

4.8.2 Muros nuevos:

Consiste en la construcción de un muro en adobes de concreto de 20 cm de espesor con varillas de acero corrugado como refuerzo. Para su diseño se tuvo en cuenta la norma sismo resistente de 1998 y un modelo matemático que consiste en analizar los muros como voladizos empotrados en su base y sometidos a cargas horizontales.

4.8.3 Revoque estructural:

Consiste en la combinación de un revoque tradicional y una malla electrosoldada, la cual le proporciona al muro mayor resistencia a los esfuerzos cortantes producidos durante un sismo. El diseño de la malla se realiza con la diferencia entre el esfuerzo cortante al que es sometido el muro durante el sismo y el que realmente resiste el muro en su estado actual, pues dicha diferencia es la que debe asumir el revoque estructural. Para estos cálculos se tomó una resistencia a cortante del acero de  $1700 \text{ kg/cm}^2$ .

**PROPUESTAS ESTRUCTURALES**

**PRIMER NIVEL**

|   |                 |              |              |
|---|-----------------|--------------|--------------|
| <b>Carga sísmica (Kg)</b>   | <b>C.S=</b>     | <b>31839</b> |              |
| <b>Coordenadas centro de masa (m):</b>                            | <b>Xcm=</b>     | <b>3.48</b>  |              |
|   | <b>Ycm=</b>     | <b>5.45</b>  |              |
| <b>Coordenadas centro de rigidez (m):</b>                         | <b>Xcr=</b>     | <b>3.55</b>  |              |
|   | <b>Ycr=</b>     | <b>6.74</b>  |              |
| <b>Torsión accidental (m)</b>                                     | <b>dx=</b>      | <b>0.41</b>  |              |
|   | <b>dy=</b>      | <b>0.52</b>  |              |
| <b>Excentricidades (m)</b>  | <b>ex=</b>      | <b>0.48</b>  |              |
|   | <b>ey=</b>      | <b>1.81</b>  | <b>M.ac</b>  |
| <b>Momento torsional (Kg*m)</b>                                   | <b>Mex=</b>     | 15309        | <b>21491</b> |
|   | <b>Mey=</b>     | 57574        | <b>71420</b> |
| <b>Altura de piso (m)</b>   | <b>h=</b>       | <b>2.35</b>  |              |
| <b>Derivas de piso (cm)</b>                                       | <b>Dx=</b>      | <b>0.06</b>  |              |
|   | <b>Dy=</b>      | <b>0.04</b>  |              |
| <b>Deriva permisible (cm)</b>                                     | <b>Dp=</b>      | <b>1.175</b> |              |
| <b>Resist. a compresión de mamp. arcilla (kg/cm<sup>2</sup>)</b>  | <b>f'ma=</b>    | <b>28.8</b>  |              |
| <b>Resist. a compresión de mamp. concreto (kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b>f'mc=</b>    | <b>90</b>    |              |
| <b>Constante Módulo de elasticidad mampostería</b>                | <b>Ka=</b>      | <b>750</b>   |              |
| <b>Constante Módulo de elasticidad concreto</b>                   | <b>Kc=</b>      | <b>900</b>   |              |
| <b>Combinación de carga (kg)</b>                                  | <b>C.M =</b>    | <b>63677</b> |              |
|   | <b>C.V=</b>     | <b>25506</b> |              |
|   | <b>0.7 C.S=</b> | <b>22287</b> |              |

PROPUESTAS ESTRUCTURALES PRIMER NIVEL

| MURO          | R          | ANCHO | LONG. | A. afer. | E            | dist Eje | Cond.    | RIGIDEZ       | F.D         | F. T. muro   | Momento      |
|---------------|------------|-------|-------|----------|--------------|----------|----------|---------------|-------------|--------------|--------------|
|               |            | cm    | m     | %        | Kg/cm2       | m        |          | Kg/cm         | %           | Kgf          | Kgf * m      |
| <b>Dir. X</b> |            |       |       |          |              |          |          |               |             |              |              |
| 1             | 1.0        | 10    | 2.13  | 5.05     | 21600        | 10.22    | 1        | 24880         | 0.04        | 965          | 2267         |
| 2             | 1.0        | 10    | 2.00  | 3.06     | 21600        | 10.22    | 1        | 21570         | 0.04        | 836          | 1965         |
| <b>3</b>      | <b>2.5</b> | 20    | 2.02  | 4.38     | <b>81000</b> | 10.22    | <b>1</b> | <b>165505</b> | <b>0.29</b> | <b>6417</b>  | <b>15079</b> |
| 4             | 1.0        | 15    | 1.64  | 3.63     | 21600        | 7.65     | 1        | 20165         | 0.04        | 782          | 1837         |
| 5             | 1.0        | 15    | 1.91  | 5.35     | 21600        | 7.65     | 1        | 29081         | 0.05        | 1127         | 2650         |
| 6             | 1.0        | 15    | 1.99  | 6.67     | 21600        | 7.65     | 1        | 31984         | 0.06        | 1240         | 2914         |
| 7             | 1.0        | 15    | 1.60  | 4.30     | 21600        | 6.21     | 1        | 18970         | 0.03        | 753          | 1769         |
| 8             | 1.0        | 15    | 1.33  | 3.42     | 21600        | 6.21     | 1        | 11840         | 0.02        | 470          | 1104         |
| 9             | 1.0        | 15    | 1.99  | 6.83     | 21600        | 6.21     | 1        | 31984         | 0.06        | 1269         | 2982         |
| <b>10</b>     | <b>2.5</b> | 20    | 2.29  | 13.66    | <b>81000</b> | 3.18     | <b>1</b> | <b>218880</b> | <b>0.38</b> | <b>9820</b>  | <b>23077</b> |
| 11            | 1.0        | 15    | 0.42  | 6.14     | 21600        | 3.18     | 0        | 0             | 0.00        | 0            | 0            |
| 12            | 1.0        | 15    | 0.30  | 1.20     | 21600        | 3.18     | 0        | 0             | 0.00        | 0            | 0            |
| 13            | 1.0        | 10    | 0.73  | 2.11     | 21600        | 0.00     | 0        | 0             | 0.00        | 0            | 0            |
| 14            | 1.0        | 10    | 0.70  | 2.64     | 21600        | 0.00     | 0        | 0             | 0.00        | 0            | 0            |
| 15            | 1.0        | 10    | 0.41  | 3.22     | 21600        | 0.00     | 0        | 0             | 0.00        | 0            | 0            |
| 16            | 1.0        | 10    | 0.24  | 1.02     | 21600        | 0.00     | 0        | 0             | 0.00        | 0            | 0            |
|               |            |       |       |          |              |          |          | <b>574859</b> | <b>1.00</b> | <b>23678</b> |              |

| Esfuerzos de Compresión |             |        | E. Flexión  | E. Cortante | E. Tracción | Resistencia  |             |             | Indice                     |
|-------------------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------------------------|
| C. Muerta               | C. Viva     | Total  | Total       | Total       | Total       | Compres.     | Cortante    | Tracción    | Indice de flexo-compresión |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2      | Kg/cm2 | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2       | Kg/cm2      | Kg/cm2      | de fragilidad (>1)         |
| 1.51                    | 0.60        | 2.11   | 3.00        | 0.57        | 0.88        | 22.96        | 1.23        | 1.15        | 0.86                       |
| 0.97                    | 0.39        | 1.37   | 2.95        | 0.52        | <b>1.58</b> | 22.96        | 1.22        | 1.15        | 0.69                       |
| <b>0.28</b>             | <b>0.11</b> | 0.39   | <b>4.43</b> | 0.79        | 4.05        | <b>87.72</b> | <b>2.35</b> | <b>4.39</b> | 0.18                       |
| 0.94                    | 0.38        | 1.32   | 2.73        | 0.40        | <b>1.41</b> | 27.07        | 1.32        | 1.35        | 0.55                       |
| 1.19                    | 0.48        | 1.67   | 2.91        | 0.49        | 1.24        | 27.07        | 1.32        | 1.35        | 0.63                       |
| 1.42                    | 0.57        | 1.99   | 2.94        | 0.52        | 0.95        | 27.07        | 1.33        | 1.35        | 0.70                       |
| 1.14                    | 0.46        | 1.60   | 2.76        | 0.39        | 1.17        | 27.07        | 1.32        | 1.35        | 0.60                       |
| 1.09                    | 0.44        | 1.53   | 2.50        | 0.29        | 0.97        | 27.07        | 1.32        | 1.35        | 0.56                       |
| 1.46                    | 0.58        | 2.04   | 3.01        | 0.53        | 0.97        | 27.07        | 1.33        | 1.35        | 0.71                       |
| <b>0.76</b>             | <b>0.30</b> | 1.06   | <b>5.28</b> | 1.07        | 4.22        | <b>87.72</b> | <b>2.36</b> | <b>4.39</b> | 0.24                       |
| 0.00                    | 0.00        | 0.00   | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 27.07        | 1.30        | 1.35        | 0.00                       |
| 0.00                    | 0.00        | 0.00   | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 27.07        | 1.30        | 1.35        | 0.00                       |
| 0.00                    | 0.00        | 0.00   | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 22.96        | 1.20        | 1.15        | 0.00                       |
| 0.00                    | 0.00        | 0.00   | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 22.96        | 1.20        | 1.15        | 0.00                       |
| 0.00                    | 0.00        | 0.00   | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 22.96        | 1.20        | 1.15        | 0.00                       |
| 0.00                    | 0.00        | 0.00   | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 22.96        | 1.20        | 1.15        | 0.00                       |

| MURO         | R          | ANCHO | LONG. | A. afer. | E            | dist Eje | Cond.    | RIGIDEZ       | F.D         | F. T. muro   | Momento      |
|--------------|------------|-------|-------|----------|--------------|----------|----------|---------------|-------------|--------------|--------------|
|              |            | cm    | m     | %        | Kg/cm2       | m        |          | Kg/cm         | %           | Kgf          | Kgf * m      |
| <b>Dir.Y</b> |            |       |       |          |              |          |          |               |             |              |              |
| A            | 1.0        | 10    | 10.32 | 7.74     | 21600        | 0.00     | 1        | 295740        | 0.36        | 14004        | 32910        |
| B            | 1.0        | 15    | 1.72  | 3.62     | 21600        | 4.95     | 1        | 22656         | 0.03        | 615          | 1445         |
| <b>C</b>     | <b>2.5</b> | 20    | 2.01  | 3.53     | <b>81000</b> | 3.84     | <b>1</b> | <b>163636</b> | <b>0.20</b> | <b>4441</b>  | <b>10435</b> |
| D            | 1.0        | 15    | 2.18  | 3.78     | 21600        | 2.89     | 1        | 39298         | 0.05        | 1214         | 2854         |
| E            | 1.0        | 10    | 10.45 | 8.65     | 21600        | 6.88     | 1        | 299945        | 0.37        | 8140         | 19128        |
|              |            |       |       |          |              |          |          | <b>821276</b> | <b>1.00</b> | <b>28414</b> |              |

| Esfuerzos de Compresión |             |             | E. Flexión  | E. Cortante | Tracción    | Resistencia  |             |             | Indice                     |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------------------------|
| C. Muerta               | C. Viva     | Total       | Total       | Total       | Total       | Compres.     | Cortante    | Tracción    | Indice de flexo-compresión |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2       | Kg/cm2      | Kg/cm2      | de fragilidad (>1)         |
| 0.48                    | 0.19        | 0.67        | 1.85        | <b>1.70</b> | <b>1.19</b> | 22.96        | 1.21        | 1.15        | 0.39                       |
| 0.89                    | 0.36        | 1.25        | 1.95        | 0.30        | 0.70        | 27.07        | 1.32        | 1.35        | 0.45                       |
| <b>0.22</b>             | <b>0.09</b> | <b>0.31</b> | <b>3.10</b> | 0.55        | 2.79        | <b>87.72</b> | <b>2.35</b> | <b>4.39</b> | 0.12                       |
| 0.74                    | 0.29        | 1.03        | 2.40        | 0.46        | <b>1.37</b> | 27.07        | 1.32        | 1.35        | 0.46                       |
| 0.53                    | 0.21        | 0.74        | 1.05        | 0.97        | 0.31        | 71.75        | 2.13        | 3.59        | 0.10                       |



PROPUESTAS ESTRUCTURALES

SEGUNDO NIVEL

|  |          |       |       |
|--|----------|-------|-------|
| Carga sísmica (Kg)   | C.S=     | 14873 |       |
| Coordenadas centro de masa (m):                              | Xcm=     | 3.48  |       |
|  | Ycm=     | 5.45  |       |
| Coordenadas centro de rigidez (m):                           | Xcr=     | 3.49  |       |
|  | Ycr=     | 5.86  |       |
| Torsión accidental (m)                                       | dx=      | 0.41  |       |
|  | dy=      | 0.52  |       |
| Excentricidades (m)  | ex=      | 0.42  |       |
|  | ey=      | 0.93  | M.ac  |
| Momento torsional (Kg*m)                                     | Mex=     | 6182  | 6182  |
|  | Mey=     | 13846 | 13846 |
| Altura de piso (m)   | h=       | 2.35  |       |
| Derivas de piso (cm)   | Dx=      | 0.03  |       |
|  | Dy=      | 0.02  |       |
| Deriva permisible (cm)                                       | Dp=      | 1.175 |       |
| Resist. a compresión de mamp. arcilla (kg/cm <sup>2</sup> )  | f'ma=    | 28.8  |       |
| Resist. a compresión de mamp. concreto (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'mc=    | 90    |       |
| Constante Módulo de elasticidad mampostería                  | Ka=      | 750   |       |
| Constante Módulo de elasticidad concreto                     | Kc=      | 900   |       |
| Combinación de carga (kg)                                    | C.M =    | 19405 |       |
|  | C.V=     | 13986 |       |
|  | 0.7 C.S= | 10411 |       |

**PROPUESTAS ESTRUCTURALES SEGUNDO NIVEL**

| MURO          | R          | ANCHO     | LONG.       | A. Afer.     | E            | dist Eje    | Cond.    | RIGIDEZ       | F.D           | F. T. muro   | Momento      |
|---------------|------------|-----------|-------------|--------------|--------------|-------------|----------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|               |            | cm        | m           | %            | Kg/cm2       | m           |          | Kg/cm         | %             | Kgf          | Kgf * m      |
| <b>Dir. X</b> |            |           |             |              |              |             |          |               |               |              |              |
| 1             | 1.0        | 15        | 2.13        | 5.05         | 21600        | 10.22       | 1        | 37320         | 0.0793        | 826          | 1940         |
| 2             | 1.0        | 15        | 2.00        | 3.06         | 21600        | 10.22       | 1        | 32355         | 0.0687        | 716          | 1682         |
| 3             | 1.0        | 15        | 2.02        | 4.38         | 21600        | 10.22       | 1        | 33101         | 0.0703        | 732          | 1721         |
| 4             | 1.0        | 15        | 1.64        | 3.63         | 21600        | 7.65        | 1        | 20165         | 0.0428        | 446          | 1048         |
| 5             | 1.0        | 15        | 1.91        | 5.35         | 21600        | 7.65        | 1        | 29081         | 0.0618        | 643          | 1512         |
| 6             | 1.0        | 15        | 1.99        | 6.67         | 21600        | 7.65        | 1        | 31984         | 0.0680        | 708          | 1663         |
| 7             | 1.0        | 15        | 1.60        | 4.30         | 21600        | 6.21        | 1        | 18970         | 0.0403        | 420          | 986          |
| 8             | 1.0        | 15        | 1.33        | 3.42         | 21600        | 6.21        | 1        | 11840         | 0.0252        | 262          | 615          |
| 9             | 1.0        | 15        | 1.99        | 6.83         | 21600        | 6.21        | 1        | 31984         | 0.0680        | 708          | 1663         |
| <b>10</b>     | <b>2.5</b> | <b>20</b> | <b>2.29</b> | <b>13.66</b> | <b>81000</b> | <b>3.18</b> | <b>1</b> | <b>218880</b> | <b>0.4651</b> | <b>5091</b>  | <b>11963</b> |
| 11            | 1.0        | 15        | 0.42        | 6.14         | 21600        | 3.18        | 0        | 0             | 0.0000        | 0            | 0            |
| 12            | 1.0        | 15        | 0.30        | 1.20         | 21600        | 3.18        | 1        | 166           | 0.0004        | 4            | 9            |
| 13            | 1.0        | 15        | 0.73        | 2.11         | 21600        | 0.00        | 1        | 2264          | 0.0048        | 56           | 131          |
| 14            | 1.0        | 15        | 0.70        | 2.64         | 21600        | 0.00        | 1        | 2007          | 0.0043        | 49           | 116          |
| 15            | 1.0        | 15        | 0.41        | 3.22         | 21600        | 0.00        | 1        | 421           | 0.0009        | 10           | 24           |
| 16            | 1.0        | 15        | 0.24        | 1.02         | 21600        | 0.00        | 1        | 86            | 0.0002        | 2            | 5            |
|               |            |           |             | <b>72.69</b> |              |             |          | <b>470623</b> | <b>1.0000</b> | <b>10672</b> |              |

| Esfuerzos de Compresión |             |             | E. Flexión  | E. Cortante | E. Tracción | Resistencia  |             |             | Indice                     |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------------------------|
| C. Muerta               | C. Viva     | Total       | Total       | Total       | Total       | Compres.     | Cortante    | Tracción    | Indice de flexo-compresión |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2      | Kg/cm2       | Kg/cm2      | Kg/cm2      | nerabilidad (>1            |
| 0.31                    | 0.22        | 0.53        | 1.71        | 0.32        | 1.18        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.29                       |
| 0.20                    | 0.14        | 0.34        | 1.68        | 0.30        | 1.34        | 27.07        | 1.30        | 1.35        | 0.25                       |
| 0.28                    | 0.20        | 0.48        | 1.69        | 0.30        | 1.20        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.28                       |
| 0.29                    | 0.21        | 0.49        | 1.56        | 0.23        | 1.07        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.27                       |
| 0.36                    | 0.26        | 0.62        | 1.66        | 0.28        | 1.03        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.30                       |
| 0.43                    | 0.31        | 0.75        | 1.68        | 0.30        | 0.93        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.33                       |
| 0.35                    | 0.25        | 0.60        | 1.54        | 0.22        | 0.94        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.28                       |
| 0.33                    | 0.24        | 0.57        | 1.39        | 0.16        | 0.82        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.26                       |
| 0.44                    | 0.32        | 0.76        | 1.68        | 0.30        | 0.92        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.33                       |
| <b>0.23</b>             | <b>0.17</b> | <b>0.40</b> | <b>2.74</b> | <b>0.56</b> | <b>2.34</b> | <b>87.72</b> | <b>2.35</b> | <b>4.39</b> | 0.12                       |
| 0.00                    | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 27.07        | 1.30        | 1.35        | 0.00                       |
| 0.52                    | 0.37        | 0.89        | 0.40        | 0.01        | -0.48       | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.21                       |
| 0.37                    | 0.27        | 0.64        | 0.98        | 0.06        | 0.34        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.23                       |
| 0.49                    | 0.35        | 0.84        | 0.95        | 0.06        | 0.11        | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.26                       |
| 1.02                    | 0.73        | 1.75        | 0.58        | 0.02        | -1.17       | 27.07        | 1.32        | 1.35        | 0.39                       |
| 0.55                    | 0.40        | 0.95        | 0.34        | 0.01        | -0.60       | 27.07        | 1.31        | 1.35        | 0.21                       |

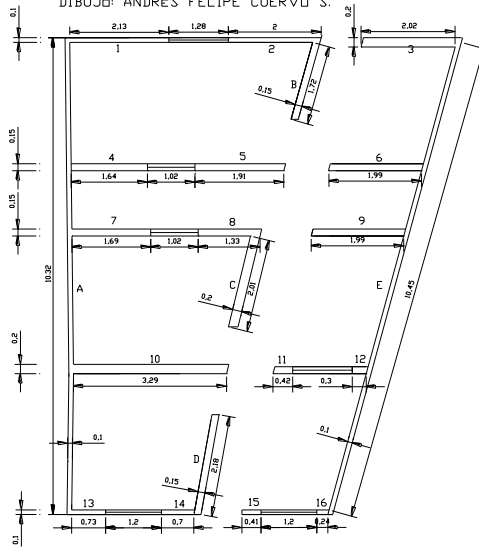
| MURO          | R   | ANCHO | LONG. | A. Afer.      | E      | dist Eje | Cond. | RIGIDEZ       | F.D           | F. T. muro   | Momento |
|---------------|-----|-------|-------|---------------|--------|----------|-------|---------------|---------------|--------------|---------|
|               |     | cm    | m     | %             | Kg/cm2 | m        |       | Kg/cm         | %             | Kgf          | Kgf * m |
| <b>Dir. Y</b> |     |       |       |               |        |          |       |               |               |              |         |
| A             | 1.0 | 15    | 10.32 | 7.74          | 21600  | 0.00     | 1     | 443611        | 0.4489        | 6142         | 14433   |
| B             | 1.0 | 15    | 1.72  | 3.62          | 21600  | 4.95     | 1     | 22656         | 0.0229        | 239          | 561     |
| C             | 1.0 | 15    | 2.01  | 3.53          | 21600  | 3.84     | 1     | 32727         | 0.0331        | 345          | 810     |
| D             | 1.0 | 15    | 2.18  | 3.78          | 21600  | 2.89     | 1     | 39298         | 0.0398        | 436          | 1025    |
| E             | 1.0 | 15    | 10.45 | 8.65          | 21600  | 6.88     | 1     | 449918        | 0.4553        | 4740         | 11139   |
|               |     |       |       | <b>172.69</b> |        |          |       | <b>988211</b> | <b>1.0000</b> | <b>11901</b> |         |

| Esfuerzos de Compresión |         |        | E. Flexión | E. Cortante | Tracción | Resistencia |          |          | Indice                     |
|-------------------------|---------|--------|------------|-------------|----------|-------------|----------|----------|----------------------------|
| C. Muerta               | C. Viva | Total  | Total      | Total       | Total    | Compres.    | Cortante | Tracción | Indice de flexo-compresión |
| Kg/cm2                  | Kg/cm2  | Kg/cm2 | Kg/cm2     | Kg/cm2      | Kg/cm2   | Kg/cm2      | Kg/cm2   | Kg/cm2   | nerabilidad (>1            |
| 0.10                    | 0.07    | 0.17   | 0.54       | 0.50        | 0.38     | 27.07       | 1.30     | 1.35     | 0.09                       |
| 0.27                    | 0.20    | 0.47   | 0.76       | 0.12        | 0.29     | 27.07       | 1.31     | 1.35     | 0.17                       |
| 0.23                    | 0.16    | 0.39   | 0.80       | 0.14        | 0.41     | 27.07       | 1.31     | 1.35     | 0.16                       |
| 0.22                    | 0.16    | 0.39   | 0.86       | 0.17        | 0.48     | 84.59       | 2.30     | 4.23     | 0.05                       |
| 0.11                    | 0.08    | 0.18   | 0.41       | 0.38        | 0.22     | 84.59       | 2.30     | 4.23     | 0.03                       |

#### **4.9 PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES PROPUESTOS**

Se presentan a continuación. Escala 1:50

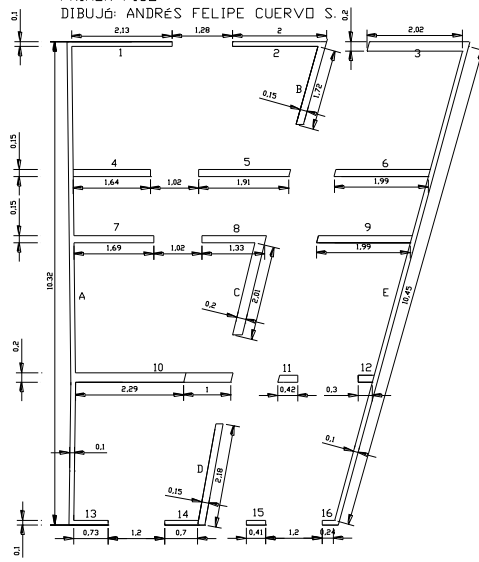
PLANO ARQUITECTÓNICO PROPUESTO  
PRIMER PISO  
DIBUJO: ANDRÉS FELIPE CUERVO S.



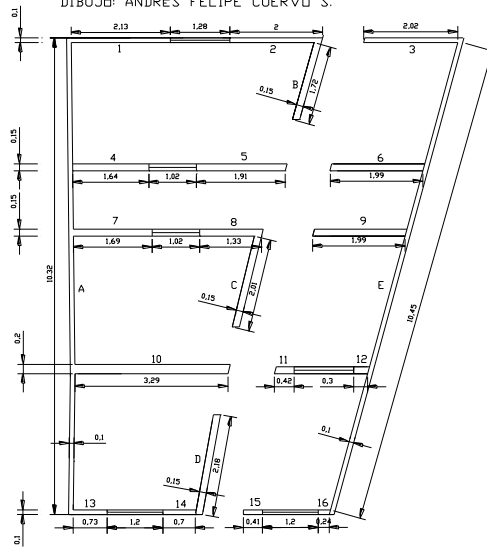
PLANO ESTRUCTURAL PROPUESTO

PRIMER PISO

DIBUJO: ANDRÉS FELIPE CUERVO S. A.



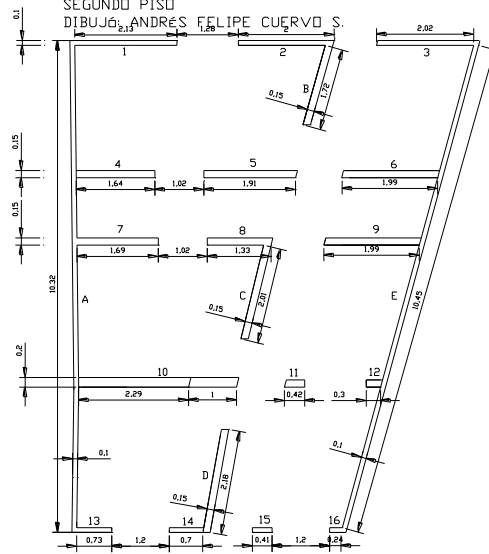
PLANO ARQUITECTÓNICO PROPUESTO  
SEGUNDO PISO  
DIBUJÓ: ANDRÉS FELIPE CUERVO S.



PLANO ESTRUCTURAL PROPUESTO

SEGUNDO PISO

DIBUJÓ: ANDRÉS FELIPE CUERVO S.



## **4.10 DISEÑO**

### 4.10.1

Primer Nivel

Muro 1: Revoque estructural

Muro 2: Refuerzo a tracción

Muro 3: Sustitución de muro por uno nuevo

Muro 4: Refuerzo a tracción

Muro 10: Sustitución de muro por uno nuevo

Muro A: Refuerzo a tracción

Muro B: Cambio de muro por uno nuevo

Muro C: Sustitución de muro por uno nuevo

Muro D: Refuerzo a tracción

Nivel Cubierta

Muro 10: Construcción muro en mampostería estructural

### 4.10.2 Muros nuevos

Según la *norma sismo resistente de 1998*, las estructuras de mampostería estructural deben diseñarse por el método de resistencia última o por el método de los esfuerzos de trabajo, para el diseño de los muros nuevos se utilizó el segundo.

El modelo matemático usado en el diseño de sistemas de muros estructurales, consiste en analizar los muros como voladizos empotrados en la base y sometidos a cargas horizontales (fuerza cortante y momento) que varían de acuerdo a la masa del edificio en cada piso y a la rigidez de los muros en el mismo y a una carga axial debida a la acción de la gravedad.



#### 4.10.3 Revoque estructural

El revoque estructural tiene como objetivo evitar que se presenten esfuerzos cortantes mayores a los que puede resistir el muro. El revoque estructural forma una unión integral al concreto existente y restablece su integridad estructural. Esta sola propiedad también incluye un desarrollo rápido de resistencias de modo que los elementos estructurales pueden ser puestos en uso en el tiempo más corto posible.

#### 4.10.4 Refuerzo a tracción

Con el objetivo de prevenir esfuerzo internos de tracción mayores que los que pueden resistir el muro. Se diseño, según el metodo *Load Resistance Factor Desing* (LRFD), barras corrugadas ancladas a la losa por medio de anclajes epoxicos.

4.10.5 A continuación se presentan las memorias de calculo para cada elemento y el presupuesto final.

## DISEÑO DE MUROS A FLEXO COMPRESIÓN DE ELEMENTOS NUEVOS, MURO 3 NIVEL 1

### DATOS DE CARGA

#### Cargas verticales

|              |     |      |     |   |
|--------------|-----|------|-----|---|
| Carga Muerta | Pcm | 2.83 | Ton | U |
| Carga viva   | Pcv | 1.11 | Ton | V |

#### Cargas Horizontales

|                  |    |       |       |        |
|------------------|----|-------|-------|--------|
| Cortante Sísmico | Vs | 6.42  | Ton   | R/1000 |
| Momento Sísmico  | Ms | 15.08 | Ton.m | S/1000 |

#### Dato Geométricos

|                    |    |      |    |   |
|--------------------|----|------|----|---|
| Longitud           | lw | 2.02 | m  | D |
| Espesor            | t  | 20   | cm |   |
| Ancho Efectivo     | b  | 14   | cm |   |
| Altura Efectiva    | H' | 2.35 | m  |   |
| Altura Mampostería | h  | 20   | cm |   |

#### Dato de Materiales

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| $\phi_a$              | 1.0 |
| $\phi_p$              | 1.0 |
| Ro                    | 2.5 |
| $R=R_o*\phi_a*\phi_p$ | 2.5 |

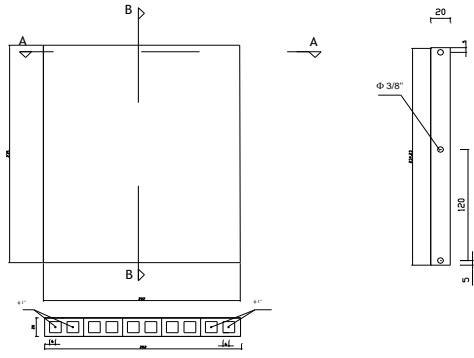
### Cálculo de Refuerzo a Flexion

No barras calcular 2 No 8 en cada extremo

### Diseño a cortante

No Barras 1 No3 Cada 120cm

# MURO 3 NIVEL 1



## DISEÑO DE MUROS A FLEXO COMPRESIÓN DE ELEMENTOS NUEVOS, MURO C NIVEL 1

### DATOS DE CARGA

#### Cargas verticales

|              |                 |      |     |   |
|--------------|-----------------|------|-----|---|
| Carga Muerta | P <sub>cm</sub> | 2.21 | Ton | U |
| Carga viva   | P <sub>cv</sub> | 0.90 | Ton | V |

#### Cargas Horizontales

|                  |                |       |       |        |
|------------------|----------------|-------|-------|--------|
| Cortante Sísmico | V <sub>s</sub> | 4.44  | Ton   | R/1000 |
| Momento Sísmico  | M <sub>s</sub> | 10.44 | Ton.m | S/1000 |

#### Dato Geométricos

|                    |                |      |    |   |
|--------------------|----------------|------|----|---|
| Longitud           | l <sub>w</sub> | 2.01 | m  | D |
| Espesor            | t              | 20   | cm |   |
| Ancho Efectivo     | b              | 14   | cm |   |
| Altura Efectiva    | H'             | 2.35 | m  |   |
| Altura Mampostería | h              | 20   | cm |   |

#### Dato de Materiales

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| $\phi_a$                    | 1.0 |
| $\phi_p$                    | 1.0 |
| R <sub>o</sub>              | 2.5 |
| $R = R_o * \phi_a * \phi_p$ | 2.5 |

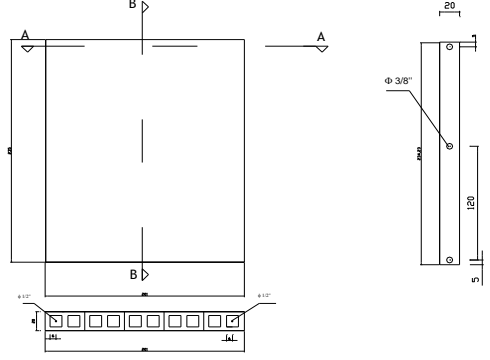
### Cálculo de Refuerzo a Flexion

No barras 1 No4 En cada Extremo

### Diseño a cortante

No Barras 1 No 3 Cada 120cm

# MURO C NIVEL 1



## DISEÑO DE MUROS A FLEJO COMPRESIÓN DE ELEMENTOS NUEVOS, MURO 10 NIVEL 1

### DATOS DE CARGA

#### Cargas verticales

|              |     |      |     |   |
|--------------|-----|------|-----|---|
| Carga Muerta | Pcm | 8.70 | Ton | U |
| Carga viva   | Pcv | 3.44 | Ton | V |

#### Cargas Horizontales

|                  |    |       |       |        |
|------------------|----|-------|-------|--------|
| Cortante Sísmico | Vs | 10.43 | Ton   | R/1000 |
| Momento Sísmico  | Ms | 24.52 | Ton.m | S/1000 |

#### Dato Geométricos

|                    |    |      |    |   |
|--------------------|----|------|----|---|
| Longitud           | lw | 2.29 | m  | D |
| Espesor            | t  | 20   | cm |   |
| Ancho Efectivo     | b  | 14   | cm |   |
| Altura Efectiva    | H` | 2.4  | m  |   |
| Altura Mampostería | h  | 20   | cm |   |

#### Dato de Materiales

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| $\phi_a$              | 1.0 |
| $\phi_p$              | 1.0 |
| Ro                    | 2.5 |
| $R=R_o*\phi_a*\phi_p$ | 2.5 |

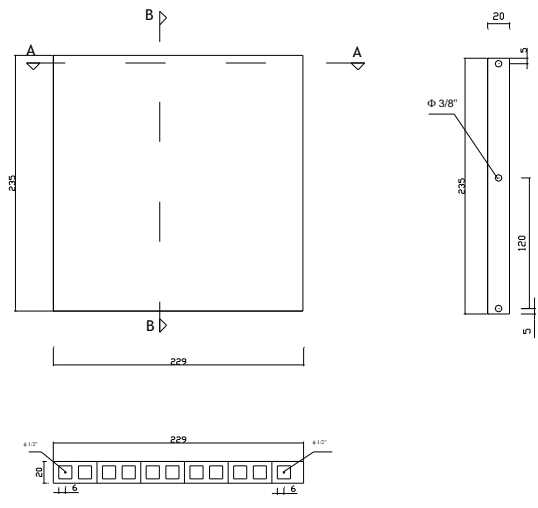
### Cálculo de Refuerzo a Flexión

No barras 1 No4 En cada Extremo

### Diseño a cortante

No Barras 1 No 3 Cada 120cm

MURD 10 NIVEL 1



## DISEÑO DE MUROS A FLEJO COMPRESIÓN DE ELEMENTOS NUEVOS, MURO 10 NIVEL 2

### DATOS DE CARGA

#### Cargas verticales

|              |                 |      |     |   |
|--------------|-----------------|------|-----|---|
| Carga Muerta | P <sub>cm</sub> | 2.63 | Ton | U |
| Carga viva   | P <sub>cv</sub> | 1.95 | Ton | V |

#### Cargas Horizontales

|                  |                |       |       |        |
|------------------|----------------|-------|-------|--------|
| Cortante Sísmico | V <sub>s</sub> | 5.09  | Ton   | R/1000 |
| Momento Sísmico  | M <sub>s</sub> | 11.96 | Ton.m | S/1000 |

#### Dato Geométricos

|                    |                |      |    |   |
|--------------------|----------------|------|----|---|
| Longitud           | l <sub>w</sub> | 2.29 | m  | D |
| Espesor            | t              | 20   | cm |   |
| Ancho Efectivo     | b              | 14   | cm |   |
| Altura Efectiva    | H'             | 2.35 | m  |   |
| Altura Mampostería | h              | 20   | cm |   |

#### Dato de Materiales

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| $\phi_a$              | 1.0 |
| $\phi_p$              | 1.0 |
| R <sub>o</sub>        | 2.5 |
| $R=R_o*\phi_a*\phi_p$ | 2.5 |

### Cálculo de Refuerzo a Flexión

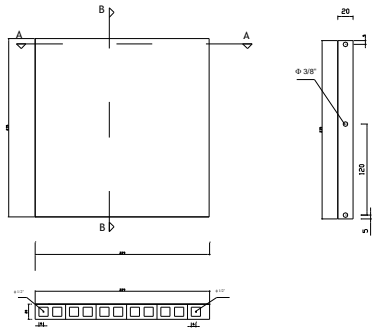
No barras 1 No4 En cada Extremo

### Diseño a cortante

No Barras 1 No3 Cada 120cm



MUR 10 NIVEL 2



## DISEÑO PARA DISMINUIR ESFUERZOS A CORTANTE. MURO A NIVEL 1

| Piso | MUROS |        |       | E. Cortante<br>Total (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia<br>Cortante (Kg/cm <sup>2</sup> ) | ACERO                   |                       |                                  |                                    |       |
|------|-------|--------|-------|--|---|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------|
|      | Muro  | b (cm) | L (m) |  |   | FS(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Espaciamiento<br>(cm) | Area acero<br>(cm <sup>2</sup> ) | Area acero<br>(cm <sup>2</sup> )/m | Malla |
| 1    | A     | 10     | 10.32 | 1.70                                       | 1.21  | 1700                    | 25                    | 0.13                             | 0.50                               | D50   |

**DISEÑO PARA DISMINUIR ESFUERZOS A TRACCIÓN NIVEL 1**

|  |  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
| <b>Tipo de intervención:</b>                                       | Restricción del movimiento vertical entre losa de primer y segundo nivel con acero de refuerzo grado 60 y fijación epoxica que garantiza adherencia hasta el punto de fluencia |   |   |  |
| <b>Muro:</b>   | <b>2</b>   | <b>4</b>  | <b>A</b>  | <b>D</b>   |
| Valor antes de la Propuesta (kgf/cm <sup>2</sup> )                 | 5.15   | 4.72  | 2.28  | 2.06   |
| Valor despues de la Propuesta (kgf/cm <sup>2</sup> )               | 1.58   | 1.41  | 1.19  | 1.37   |
| <b>Calculos:</b>   |  |   |   |  |
| Resistencia a traccion del acero: (psi)                            | 60,000.00  | 60,000.00   | 60,000.00   | 60,000.00  |
| Ancho del muro (cm)  | 10.00  | 15.00   | 10.00   | 15.00  |
| Largo del muro (cm)  | 200.00   | 164.00  | 1,032.00  | 218.00   |
| Area de aplicaci3n de la fuerza (cm <sup>2</sup> )                 | 2,000.00   | 2,460.00  | 10,320.00   | 3,270.00   |
| Factor de mayoraci3n de la fuerza.                                 | 1.50   | 1.50  | 1.50  | 1.50   |
| Fuerza mayorada a soportar por el acero (kgf)                      | 790.00   | 867.15  | 3,070.20  | 1,119.98   |
| Area de acero necesaria Para soportar la fuerza (cm <sup>2</sup> ) | 0.19   | 0.21  | 0.73  | 0.27   |
| <b>Analisis de resultados:</b>                                     | Colocar 1 varilla No 2 a 33cm de cada extremo del muro con un anclaje epoxico en perforaci3n de losas de D=5/16" y con longitud de 2"  | Colocar 1 varilla No 2 a 27cm de cada extremo del muro con un anclaje epoxico en perforaci3n de losas de D=5/16" y con longitud de 2" | Colocar 1 varilla No 3 a 172cm de cada extremo del muro con un anclaje epoxico en perforaci3n de losas de D=1/2" y con longitud de 4" | Colocar 1 varilla No 2 a 36cm del cada extremo del muro con un anclaje epoxico en perforaci3n de losas de D=5/16" y con longitud de 2" |

## PRESUPUESTO DE OBRA

### Costo directo sin mano de obra

| ITEM        | DESCRIPCION                              | UND       | CANT  | VR. UNITARIO    | VR. TOTAL         |
|-------------|--|-----------|-------|-----------------|-------------------|
| <b>1.00</b> | <b>REVOQUES ESTRUCTURAL</b>              | <b>M2</b> |       |                 |                   |
| 1.01        | REVOQUES ESTRUCTURAL MURO A PISO 1       | M2        | 24.25 | \$ 6,529        | \$ 158,340        |
|             |  |           |       | <b>SUBTOTAL</b> | <b>\$ 158,340</b> |
| <b>2.00</b> | <b>REFUERZO TRACCION</b>                 | <b>UN</b> |       |                 |                   |
| 2.01        | REFUERZO TRACCION CON VARILLA $\phi$ 1/4 | UN        | 3.00  | \$ 8,425        | \$ 25,275         |
| 2.02        | REFUERZO TRACCION CON VARILLA $\phi$ 3/8 | UN        | 1.00  | \$ 8,425        | \$ 8,425          |
|             |  |           |       | <b>SUBTOTAL</b> | <b>\$ 33,700</b>  |
| <b>5.00</b> | <b>MAMPOSTERIA NUEVA</b>                 | <b>M2</b> |       |                 |                   |
|             | <b>MURO 3 PISO 1</b>                     |           |       |                 |                   |
| 5.01        | MAMPOSTERIA EN BLOQUE DE 20              | M2        | 4.75  | \$ 24,949       | \$ 118,432        |
| 5.02        | VARILLA $\phi$ 1 (6 METROS)              | UN        | 1.00  | \$ 31,544       | \$ 31,544         |
| 5.03        | VARILLA $\phi$ 3/8 (6 METROS)            | UN        | 1.00  | \$ 4,597        | \$ 4,597          |
| 5.04        | RELLENO CELDAS                           | M3        | 0.07  | \$ 200,204      | \$ 13,550         |
|             | <b>MURO 10 PISO 1</b>                    |           |       |                 |                   |
| 5.01        | MAMPOSTERIA EN BLOQUE DE 20              | M2        | 5.38  | \$ 24,949       | \$ 134,262        |
| 5.02        | VARILLA $\phi$ 1/2 (6 METROS)            | UN        | 1.00  | \$ 7,548        | \$ 7,548          |
| 5.03        | VARILLA $\phi$ 3/8 (6 METROS)            | UN        | 2.00  | \$ 4,597        | \$ 9,194          |
| 5.04        | RELLENO CELDAS                           | M3        | 0.07  | \$ 200,204      | \$ 13,550         |
|             | <b>MURO C PISO 1</b>                     |           |       |                 |                   |
| 5.01        | MAMPOSTERIA EN BLOQUE DE 20              | M2        | 4.72  | \$ 24,949       | \$ 117,846        |
| 5.02        | VARILLA $\phi$ 1/2 (6 METROS)            | UN        | 1.00  | \$ 7,548        | \$ 7,548          |
| 5.03        | VARILLA $\phi$ 3/8 (6 METROS)            | UN        | 1.00  | \$ 4,597        | \$ 4,597          |
| 5.04        | RELLENO CELDAS                           | M3        | 0.07  | \$ 200,204      | \$ 13,550         |
|             | <b>MURO 10 PISO 2</b>                    |           |       |                 |                   |
| 5.01        | MAMPOSTERIA EN BLOQUE DE 20              | M2        | 5.38  | \$ 24,949       | \$ 134,262        |
| 5.02        | VARILLA $\phi$ 1/2 (6 METROS)            | UN        | 1.00  | \$ 7,548        | \$ 7,548          |
| 5.03        | VARILLA $\phi$ 3/8 (6 METROS)            | UN        | 1.00  | \$ 4,597        | \$ 4,597          |
| 5.04        | RELLENO CELDAS                           | M3        | 0.07  | \$ 200,204      | \$ 13,550         |
|             |  |           |       | <b>SUBTOTAL</b> | <b>\$ 636,174</b> |
|             | <b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>               |           |       |                 | <b>\$ 828,214</b> |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

| DESCRIPCION  | UND                  | CANT   | DESP. (%) | CANT + % | VLR UND                    | VLR TOTAL         |
|--|----------------------|--------|-----------|----------|----------------------------|-------------------|
| <b>REVOQUE ESTRUCTURAL MURO A PISO 1</b>                   | <b>m<sup>2</sup></b> |        |           |          |                            |                   |
| MALLA D50  | M2                   | 1.000  | 8.0       | 1.080    | \$ 1,381                   | \$ 1,491          |
| MORTERO 1:4 (REVOQUE)                                      | M3                   | 0.020  | 8.0       | 0.022    | \$ 233,254                 | \$ 5,038          |
|  |                      |        |           |          |                            |                   |
|  |                      |        |           |          | <b>Total Costo Directo</b> | <b>\$ 6,529</b>   |
| <b>REFUERZO TRACCION CON VARILLA <math>\phi</math> 1/4</b> | <b>UN</b>            |        |           |          |                            |                   |
| VARILLA $\phi$ 1/4 (6 METROS)                              | UN                   | 1.000  | 0.0       | 1.000    | \$ 2,201                   | \$ 2,201          |
| FIJACION EPOXICA   | UN                   | 1.000  | 0.0       | 1.000    | \$ 2,320                   | \$ 2,320          |
|  |                      |        |           |          |                            |                   |
|  |                      |        |           |          | <b>Total Costo Directo</b> | <b>\$ 4,521</b>   |
| <b>REFUERZO TRACCION CON VARILLA <math>\phi</math> 3/8</b> | <b>UN</b>            |        |           |          |                            |                   |
| VARILLA $\phi$ 3/8 (6 METROS)                              | UN                   | 1.000  | 0.0       | 1.000    | \$ 4,597                   | \$ 4,597          |
| FIJACION EPOXICA   | UN                   | 1.000  | 0.0       | 1.000    | \$ 3,828                   | \$ 3,828          |
|  |                      |        |           |          |                            |                   |
|  |                      |        |           |          | <b>Total Costo Directo</b> | <b>\$ 8,425</b>   |
| <b>MAMPOSTERIA EN BLOQUE DE 20</b>                         | <b>m<sup>2</sup></b> |        |           |          |                            |                   |
| BLOQUE 20X20X40  | UN                   | 12.500 | 5.0       | 13.125   | \$ 1,720                   | \$ 22,575         |
| MORTERO 1:5 DE PEGA  | M3                   | 0.015  | 10.0      | 0.017    | \$ 143,866                 | \$ 2,374          |
|  |                      |        |           |          |                            |                   |
|  |                      |        |           |          | <b>Total Costo Directo</b> | <b>\$ 24,949</b>  |
|  |                      |        |           |          | <b>Total Costo Directo</b> | <b>\$ -</b>       |
| <b>RELLENO CELDAS</b>                                      | <b>m<sup>2</sup></b> |        |           |          |                            |                   |
| MORTERO GROUTING   | M3                   | 1.000  | 5         | 1.050    | \$ 190,671                 | \$ 200,204        |
|  |                      |        |           |          |                            |                   |
|  |                      |        |           |          | <b>Total Costo Directo</b> | <b>\$ 200,204</b> |

|                   |
|-------------------|
| <b>AUXILIARES</b> |
|-------------------|

**MORTERO 1:5 (PEGA)**

|                            |    |      |      |         |           |                   |
|----------------------------|----|------|------|---------|-----------|-------------------|
| CEMENTO                    | SC | 6.00 | 10.0 | 6.60 \$ | 17,500 \$ | 115,498           |
| ARENA PEGA                 | m3 | 1.15 | 10.0 | 1.27 \$ | 22,425 \$ | 28,368            |
| <b>Total Costo Directo</b> |    |      |      |         |           | <b>\$ 143,866</b> |

**MORTERO 1:3 (REVOQUE)**

|                            |    |      |      |         |           |                   |
|----------------------------|----|------|------|---------|-----------|-------------------|
| CEMENTO                    | SC | 9.00 | 10.0 | 9.90 \$ | 17,500 \$ | 173,248           |
| ARENA REVOQUE              | m3 | 1.09 | 10.0 | 1.20 \$ | 36,756 \$ | 44,070            |
| CAL (10 kg)                | SC | 4.50 | 0.0  | 4.50 \$ | 3,541 \$  | 15,937            |
| <b>Total Costo Directo</b> |    |      |      |         |           | <b>\$ 233,254</b> |

**MORTERO GROUTING**

|                            |    |      |      |         |           |                   |
|----------------------------|----|------|------|---------|-----------|-------------------|
| CEMENTO                    | SC | 9.00 | 7.0  | 9.63 \$ | 17,500 \$ | 168,523           |
| ARENA LAVADA               | m3 | 0.60 | 10.0 | 0.66 \$ | 33,558 \$ | 22,148            |
| <b>Total Costo Directo</b> |    |      |      |         |           | <b>\$ 190,671</b> |

## CONCLUSIONES

Las principales causas de vulnerabilidad en la estructura fueron:

- Su excesivo peso debido a la forma constructiva de las losas (macizas), lo cual ocasiona altos esfuerzos cortantes y momentos que para mampostería simple resultan extremadamente grandes.
- La mala distribución y el alto número de ventanas, también son un factor determinante en el aumento de la vulnerabilidad de la edificación.

Algo que es muy claro y que afecta mucho a nuestro país Colombia, es que la pobreza es proporcional al mal diseño de las viviendas, es decir, casi siempre las edificaciones con problemas constructivos pertenecen a personas de escasos recursos.

Estas estructuras tienen problemas como combinaciones inadecuadas de diferentes sistemas estructurales, composición de materiales de mala calidad o no aptos para lo que están siendo usados y malas cimentaciones teniendo en cuenta que no se estudia el tipo de suelo al que se está enfrentando. Mirando todos estos problemas que incrementan la vulnerabilidad de las estructuras mencionadas, es bueno resaltar la importancia y el compromiso que tiene la Ingeniería Civil, tanto en la parte social como técnica, creando así un sentido de pertenencia que nos lleva a aportar nuestro conocimiento a las personas que no tienen recursos para conseguirlo. Además de esto, es necesario concienciar y capacitar a las personas de bajos recursos acerca de la normatividad colombiana en construcciones civiles, pues de lo contrario cada vez se irán incrementando las viviendas que presenten estos problemas a nivel nacional.

## **RECOMENDACIONES**

Después de realizar todo el proceso ya mencionado, es posible resaltar ciertos aspectos que podrían ser mejorados en el futuro desarrollo del mismo:

Sería bueno que la Escuela de Ingeniería de Antioquia no dejara el trabajo ahí, sino que debería ayudar para que el proceso constructivo y de los resultados ofrecidos se lleve a cabo; hasta podría acordar con Planeación de Envigado una interventoría realizada por los mismos estudiantes de la institución.

Como muchos de los datos necesarios para el estudio fueron supuestos, sus valores se tomaron de forma tal que favorecieran la seguridad de los resultados, lo que conlleva a una serie de soluciones más costosas y menos viables para los habitantes de las viviendas. Por esta razón la Escuela de Ingeniería de Antioquia, en asocio con Planeación de Envigado deberían buscar soluciones económicas al desarrollo del proyecto en cuanto a estudios se refiere, favoreciendo así el desarrollo del mismo y el beneficio de la comunidad.

### **Recomendaciones constructivas**

Para la construcción de los muros nuevos es necesario que la dosificación de los morteros tanto Grouting como de pega, sea máximo de 1 : 5, es decir, cinco partes de arena por cada parte de cemento. El mortero tipo Grouting debe rellenar obligatoriamente todas las celdas reforzadas, de lo contrario el acero no cumpliría su función.

Cuando se vaya a demoler un muro es necesario construir una obra falsa de piso a losa, paralela y a ambos lados del muro, con el fin de reemplazarlo durante el periodo de demolición y reconstrucción. Para esta finalidad se recomienda utilizar cerchas y tacos metálicos debidamente distribuidos.





## **BIBLIOGRAFÍA**

- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismorresistente NSR – 98, Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica. Tomo 1. Bogotá – Colombia 1998.
- Guía Simesa para Ingenieros Calculistas, Constructores e Interventores de Estructuras de Concreto. Decimosexta Edición. Medellín – Colombia. 1999.
- Cartilla de la asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. AIS: Construcción sismorresistente de viviendas de uno y dos pisos de mampostería.
- Manual de Vulnerabilidad Sísmica, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado – Colombia. 2000.
- Entrevistas con los propietarios de la vivienda con dirección CARRERA 24 D # 40 SUR –150.

