

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Análisis estructural y formulación de soluciones para la escuela Rafael
Bazante, afectada por el sismo del 6 de septiembre del 2018

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Heidy Estefanie Madruñero Astudillo

Jordi Leandro Lemos Macias

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Madruñero Astudillo Heidy Estefanie* y *Lemos Macías Jordi Leandro* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Madruñero Astudillo
Heidy

Lemos Macías Jordi

EVALUADORES

.....
PhD. Miguel Ángel Chávez

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
MSc. Guillermo Muñoz

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La escuela Rafael Bazante es un plantel educativo que desde 1926, brinda sus servicios a la comunidad de Chimbo en la provincia de Bolívar, el edificio principal se constituye de muros de adobe que han soportado el deterioro de los años y varios sismos incluido el terremoto de Ambato en 1949, sin embargo, debido al evento telúrico del 6 de septiembre del 2018 ciertas aulas se encuentran inhabilitadas. El objetivo principal del proyecto es diseñar las soluciones que corrijan los daños aparecidos en los muros de mampostería, los cuales son comunes en estructuras de adobe; las medidas técnicas adoptadas deben permitir la rehabilitación integral de la escuela garantizando la seguridad de los usuarios.

Un correcto aislamiento del edificio con estructuras adyacentes y la implementación de mallas de refuerzo que cumplen las funciones de columnas y vigas corrigen el comportamiento de la estructura para fuerzas cortantes y es compatible con el sistema constructivo de acuerdo con el capítulo de la NEC de Rehabilitación de estructuras.

Las columnas y vigas confinan los bloques de adobe que sufren desacomodo al existir cargas laterales, se obtuvo la configuración de malla electrosoldada de acero A36 que soporta el sismo de diseño según la zona y la combinación de cargas de diseño por esfuerzos permisibles (ASD).

El pobre desempeño del adobe frente a esfuerzos cortantes produce el mal comportamiento de la edificación que tiende a fallar ante sismos, sin embargo, mediante técnicas de confinamiento de los muros se aumenta la resistencia al corte, sin cambiar la composición de los materiales existentes.

Palabras Clave: adobe, sismo, refuerzo, rehabilitación

ABSTRACT

The Rafael Bazante school is an educational center that provides its services to the community of Chimbo in the province of Bolívar sin 1926, the main building is made of adobe walls that have resisted the deterioration of the years and several earthquakes including the earthquake of Ambato in 1949, however, due to the earthquake event of September 6, 2018 certain classrooms are disabled. The main objective of the project is to design the solutions that correct the damages that appear in the masonry walls, which are common in adobe structures; The technical measures adopted must allow the integral rehabilitation of the school, guaranteeing the safety of the users.

A correct isolation of the building with adjacent structures and the implementation of reinforcing meshes that fulfill the functions of columns and beams correct the behavior of the structure for shear forces and is compatible with the construction system according to the chapter of the NEC of Rehabilitation of structures.

The columns and beams confine the blocks of adobe that suffer discomfort when there are lateral loads, the configuration of electrically welded steel mesh A36 was obtained that supports the design earthquake according to the area and the combination of design loads by allowable stresses (ASD).

The poor performance of the adobe against sharp efforts produces the bad behavior of the building that tends to fail before earthquakes, however, by techniques of confinement of the walls the resistance to the cut is increased, without changing the composition of the existing materials.

Keywords: adobe, earthquake, reinforcement, rehabilitation

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	3
RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Historia del adobe como material para construcción	3
1.4.2 Factores que aumentan la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe	4
1.4.3 Tipos de falla en muros.....	11
CAPÍTULO 2.....	22
2. Metodología.....	22
2.1 Levantamiento de información	22

2.1.1	Descripción de la edificación.....	22
2.1.2	Descripción de fallas.....	27
2.1.3	Descripción de los materiales	32
2.2	Modelación del edificio	35
2.2.1	Cargas gravitacionales y sísmicas	36
2.2.2	Combinaciones de carga	40
2.3	Criterios de aceptación.....	42
2.3.1	Deformación de vigas de madera	42
2.3.2	Deformaciones horizontales.....	43
2.3.3	Densidad de muros en planta	43
2.3.4	Esfuerzo combinado	44
2.3.5	Acero de refuerzo	44
2.4	Criterios y alternativas de intervención	45
2.4.1	Alternativa 1: Implementación de mallas electrosoldadas	46
2.4.2	Alternativa 2: Implementación de estructura de madera	50
2.4.3.	Elección de soluciones a implementar	52
CAPÍTULO 3.....		54
3.	Resultados Y ANÁLISIS	54
3.1	Peso de la estructura	54
3.2	Deformaciones y derivas	54
3.3	Fuerzas laterales y cortantes de entrepiso	56
3.4	Periodo y densidad de muros	57
3.5	Esfuerzos en muros	58
3.6	Fuerza cortante	61
3.7	Ubicación y tipo de refuerzo	62
3.8	Análisis de costos.....	67

3.9	Regularización ambiental	68
3.9.1	Recomendaciones en fase constructiva.....	68
CAPÍTULO 4		73
4.	Conclusiones Y RECOMENDACIONES	73
4.1	Conclusiones.....	73
4.2	Recomendaciones.....	74
BIBLIOGRAFÍA		76
5.	Bibliografía	76

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASCE	American Society of Civil Engineers
ASD	Allowable Stress Design
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda
NEC	Escuela Superior Politécnica del Litoral
NEC-SE-CG	Norma Ecuatoriana de la Construcción - Cargas NO sísmicas
NEC-SE-DS	Norma Ecuatoriana de la Construcción – Diseño Sismorresistente
NEC-SE-MD	Norma Ecuatoriana de la Construcción – Estructuras de Madera
NEC-SE-MP	Norma Ecuatoriana de la Construcción – Mampostería Estructural
NCh	Norma Chilena de la Construcción
Msnm	metros sobre el nivel del mar

SIMBOLOGÍA

m	Metros
cm	Centímetros
mm	Milímetros
L	Longitud
H	Altura
Kg	Kilogramos
Ton	Toneladas
Kgf	Kilogramo fuerza
MPa	Megapascales
f'c	Resistencia a la compresión del hormigón
f'y	Resistencia a la fluencia del acero
P	Fósforo
E	Módulo de elasticidad (MPa);
f'o	Resistencia última a la compresión de la unidad de adobe
f'm	Resistencia última a la compresión de pilas de albañilería de adobe
fm	Resistencia admisible a la compresión de pilas de albañilería de adobe
ϕ_e	Factor de esbeltez
fa	resistencia admisible a la compresión por aplastamiento del adobe
vm	resistencia al corte de la albañilería de adobe
Vs	Fuerza cortante
As	Área de refuerzo
Ω	Factor de seguridad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1 Imagen satelital de la escuela Rafael Bazante (Google Earth)	2
Figura 1.2 Coeficientes de irregularidades en planta (NEC, 2015)	5
Figura 1.3 Coeficiente de irregularidades en elevación (NEC, 2015).....	6
Figura 1.4 Cimentación para muros de adobe (Campos, 1993)	7
Figura 1.5 Humedad en muros (Arias, 2004).....	7
Figura 1.6 Revestimiento de muro (Giesecke, 1997).....	8
Figura 1.7 Fabricación del adobe (Arias, 2004)	9
Figura 1.8 Dimensionamiento de muro (Campos, 1993)	10
Figura 1.9 Cubierta pesada (Arias, 2004).....	10
Figura 1.10 Falla por deslizamiento (Fierro, 2011)	11
Figura 1.11 Falla por tensión diagonal (Fierro, 2011)	12
Figura 1.12 Grietas por flexión fuera del plano (Lario, 2012).....	12
Figura 1.13 Falla por flexo compresión (Fierro, 2011)	13
Figura 1.14 Fuerzas perpendiculares al plano del muro	13
Figura 1.15 Grieta en la parte inferior del tímpano (Miranda, 2010)	14
Figura 1.16 Colapso total del tímpano (Fierro, 2011).....	14
Figura 1.17 Grietas verticales y volteo de muros (Giesecke, 1997)	15
Figura 1.18 Falla de muro fuera del plano (Miranda, 2010)	15
Figura 1.19 Falla de muro a media altura (Miranda, 2010)	16
Figura 1.20 Fuerza cortante en el plano del muro	16
Figura 1.21 Grietas diagonales en muros (Campos, 1993)	17
Figura 1.22 Grietas en vanos de puertas y ventanas (Lorca, 2010)	18
Figura 1.23 Grietas en uniones de muros (Fierro, 2011)	18
Figura 1.24 Colapso de la cubierta (Arias, 2004).....	19
Figura 1.25 Muro afectado por la humedad (Campos, 1993).....	19
Figura 1.26 Muro de adobe erosionado (Campos, 1993)	20
Figura 1.27 Grietas por asentamiento del suelo (Lario, 2012)	21
Figura 1.28 Daños por errores constructivos (Astorga, 2009).....	21
Figura 2.1 Foto de la escuela Rafael Bazante	22

Figura 2.2 Foto posterior de la escuela	23
Figura 2.3 Planta baja	24
Figura 2.4 Planta alta	24
Figura 2.5 Vista frontal	25
Figura 2.6 Vista posterior	25
Figura 2.7 Vista lateral	26
Figura 2.8 Vista en 3D.....	26
Figura 2.9 Desprendimiento de bloques en esquina de escuela.....	27
Figura 2.10 Desprendimiento parcial de muro en sector junto al bar	28
Figura 2.11 Sectores afectados por golpeteo	28
Figura 2.12 Daño por golpeteo en la parte posterior de la escuela.....	29
Figura 2.13 Grieta en muros de adobe y desprendimiento de enlucido	29
Figura 2.14 Fisura en vano entre ventanas	30
Figura 2.15 Falla en unión entre muros	30
Figura 2.16 Unión conformada por muro de adobe y ladrillo en la parte superior	31
Figura 2.17 Grieta vertical en muro	31
Figura 2.18 Grieta en unión entre muros	32
Figura 2.19 Testigos del material de la cimentación	33
Figura 2.20 Rotura de cilindros	33
Figura 2.21 Muestra de bloque de adobe	34
Figura 2.22 Edificio extruido en el programa ETABS.....	35
Figura 2.23 Valor del factor de zona sísmica z (NEC, 2015)	36
Figura 2.24 Espectro de respuesta inelástico	40
Figura 2.25 Carga viva aplicada sobre el piso	41
Figura 2.26 Modelo discretizado	42
Figura 2.27 Perforación de orificio para anclaje.....	47
Figura 2.28 Malla de refuerzo para crear columnas de confinamiento.....	47
Figura 2.29 Malla de refuerzo para formar vigas de confinamiento	48
Figura 2.30 Fijación de refuerzo mediante alambres de anclaje	48
Figura 2.31 Preparación previo al enlucido	49
Figura 2.32 Preparación del muro para colocar la madera	50
Figura 2.33 Perforación de agujeros de anclaje	51

Figura 2.34 Instalación de tablas verticales	51
Figura 2.35 Instalación de tablas horizontales	52
Figura 2.36 Unión de tablas con platina de acero.....	52
Figura 3.1 Deformación vertical en viga	55
Figura 3.2 Fuerzas laterales en entrepisos debido a Sx estático	56
Figura 3.3 Fuerza cortante en entrepisos debido a Sx estático	56
Figura 3.4 Primer modo de vibración del modelo	57
Figura 3.5 Modelo en ETABS.....	58
Figura 3.6 Esfuerzos S11 muro 1 Fachada frontal	59
Figura 3.7 Esfuerzos S22 muro 1 Fachada frontal	59
Figura 3.8 Esfuerzos S11 muro F.....	60
Figura 3.9 Esfuerzos S22 muro F.....	60
Figura 3.10 Fuerza cortante PW1.....	61
Figura 3.11 Fuerza cortante PW3.....	61
Figura 3.12 Fuerza cortante PW8.....	62
Figura 3.13 Fuerza cortante PW12.....	62
Figura 3.14 Fuerza cortante PW21.....	62
Figura 3.15 Fuerza cortante PW25.....	62
Figura 3.16 Vista 3D de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada	64
Figura 3.17 Fachada frontal de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada	64
Figura 3.18 Fachada lateral de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada	65
Figura 3.19 Fachada posterior de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada	65
Figura 3.20 Planta baja con refuerzo.....	66
Figura 3.21 Planta alta con refuerzo.....	66
Figura 3.22 Consulta de actividades ambientales	68
Figura 3.23 Ubicación de bodega.....	69
Figura 3.24 Sitio donde se ubicará la bodega	69
Figura 3.25 Equipos de protección personal	70
Figura 3.26 Ubicación del centro de acopio.....	71
Figura 3.27 Manejo de desechos generados.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas	36
Tabla 2.2 Tipo de perfiles de suelos	37
Tabla 2.3 Factor de sitio “Fa”	37
Tabla 2.4 Factor de sitio “Fd”	38
Tabla 2.5 Factor de sitio “Fs”	38
Tabla 2.6 Coeficiente de importancia de la estructura	39
Tabla 2.7 Tipo de sistema estructura y factor de reducción de resistencia	39
Tabla 2.8 Deflexiones máximas permisibles	42
Tabla 2.9 Valores de Δ_{max} expresados como fracción de H	43
Tabla 2.10 Coeficientes de diseño para fuerzas sísmicas (ASCE 7-10, 2010)	45
Tabla 2.11 Medidas de malla electrosoldadas del mercado (Catálogo Novacero)	49
Tabla 3.1 Pesos de materiales en edificación	54
Tabla 3.2 Máxima deriva en sentido x	55
Tabla 3.3 Máxima deriva en sentido y	55
Tabla 3.4 Densidad de muros de la estructura	57
Tabla 3.5 Esfuerzos S11 y S22 en muros del modelo	61
Tabla 3.6 Malla de refuerzo	63
Tabla 3.7 Desechos peligrosos generados	71

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Plano arquitectónico
- PLANO 2 Fachada
- PLANO 3 Plano arquitectónico con refuerzo
- PLANO 4 Fachada con refuerzo

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Chimbo, provincia de Bolívar, se encuentra la escuela Rafael Bazante, construida en el año 1926 con muros de adobe, que ha soportado el paso del tiempo y la acción destructiva de numerosos sismos, incluyendo el terremoto de Ambato de 1949. La estructura venía funcionando regularmente hasta el evento telúrico del 6 de septiembre del 2018, por causa de este sismo se produjeron daños en ciertas paredes, por estas razones, algunas aulas y oficinas administrativas que funcionaban en esa edificación fueron clausuradas y las clases se dictan en un edificio relativamente nuevo, que ha sido construido prácticamente pegado a la estructura antigua, para ampliar las capacidades del plantel.

En la fachada lateral se construyó en 2007 una estructura pesada de hormigón armado que tenía finalidad de funcionar como bar, adosada a la pared de adobe de la vieja estructura, que por su antigüedad es considerada parte del patrimonio histórico de la ciudad.

1.1 Descripción del problema

El 6 de septiembre del 2018 se registró un sismo con magnitud de 6.5 grados en la escala de Richter con epicentro en el cantón Cumandá, provincia de Chimborazo; debido a su poca profundidad de 82.53 Km y su considerable magnitud causó afectaciones a las estructuras ubicadas en ciudades como San José de Chimbo y San Miguel de Bolívar.

Se constata que, debido al sismo mencionado, parte de las paredes presentan grietas, roturas y deformaciones que representan un alto riesgo y peligro de colapso; por lo que, la escuela casi centenaria ha dejado de funcionar.

1.2 Justificación del problema

Los daños que se generaron por el sismo en la escuela Rafael Bazante de Chimbo, provocó que el edificio sea evacuado y no se permita el uso de las instalaciones, para resguardar la seguridad de los estudiantes, del personal docente y administrativo. Esta acción redujo el espacio donde se impartían clases, además, el teatro y la dirección quedaron inhabilitados.

Aplicando las mejores técnicas que actualmente se conocen se sugiere rehabilitar dicha edificación patrimonial, ubicada en el centro de la ciudad y que brinda servicios a la educación primaria de este cantón a 250 niños(as).

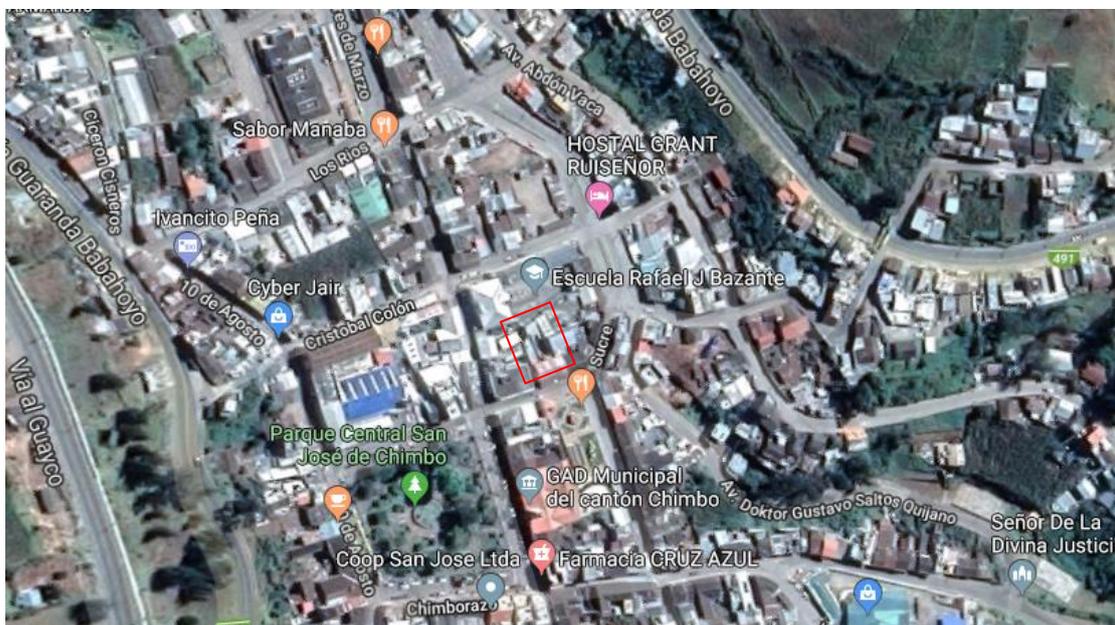


Figura 1.1.1 Imagen satelital de la escuela Rafael Bazante (Google Earth)

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar las soluciones incluyendo medidas técnicas para la rehabilitación de la escuela Rafael Bazante.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar las fallas estructurales existentes reconociendo los sectores afectados y los propensos a sufrir daños por futuros sismos.
2. Desarrollar un modelo arquitectónico digital mediante el levantamiento de la edificación.
3. Analizar las diferentes técnicas de reforzamiento de la estructura que garanticen su correcto desempeño ante eventos sísmicos.
4. Determinar el comportamiento de la estructura mediante un modelo elaborado en el programa ETABS.
5. Elaborar el análisis de costos de la propuesta de reforzamiento escogida.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Historia del adobe como material para construcción

La construcción con adobe es una de las técnicas más antiguas y populares del mundo, su uso ha sido registrado a más de 10 mil años en las más variadas zonas y climas del planeta. Su popularidad se basó en la amplia disponibilidad de su materia prima, su bajo costo y la facilidad de producirlo, es por esto que podemos observar el uso de este material en la mayor parte de las viviendas y edificaciones patrimoniales que adornan nuestras ciudades.

La mezcla ideal para crear los bloques de adobe consiste en una graduación de arena entre 55% a 70%, limo entre 15% a 25% y arcilla entre 10% y 20%, evitando el uso de suelos con material orgánico. Es importante cumplir estos porcentajes junto con una adecuada cantidad de agua para que el barro sea lo suficientemente fuerte cuando seque, como opción se le puede colocar paja para dar cohesión y resistencia a la mezcla. Para unir los bloques se usa la misma mezcla mencionada anteriormente.

A lo largo de la historia se ha demostrado que las estructuras construidas en adobe presentan alta vulnerabilidad ante los sismos, debido a que carecen de un buen confinamiento y mezclas pobres que unen los bloques. Además, de por sí el material

de adobe posee propiedades mecánicas bajas comparadas con los materiales que se utilizan en la actualidad como el acero y hormigón.

Una gran cantidad de edificios patrimoniales en el Ecuador están compuestos de adobe, debido a la antigüedad de este sistema constructivo, por ende, es importante preservar estas estructuras emblemáticas dotándolas de un reforzamiento con el objetivo de que respondan de manera adecuada ante los frecuentes eventos sísmicos.

1.4.2 Factores que aumentan la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe

Como se ha mencionado anteriormente, el adobe no es el material con las mejores propiedades para su uso en la construcción de viviendas, sin embargo, aún se continúan construyendo casas con este material en zonas rurales del país. Por lo tanto, es necesario explicar las técnicas que se deben utilizar para el correcto desempeño de la vivienda, y desde luego mencionar los errores constructivos que se deben evitar para disminuir el riesgo de daños en la estructura.

1.4.2.1 Irregularidades en planta

Como lo indica la (NEC, 2015) la configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es igual al Centro de Masa; esto mejora considerablemente el desempeño de la estructura ante fuerzas laterales, por lo que es de vital importancia revisar si el edificio tiene algunas de las siguientes irregularidades en planta:

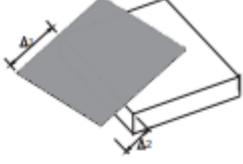
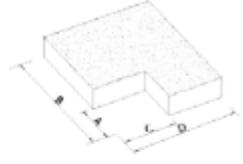
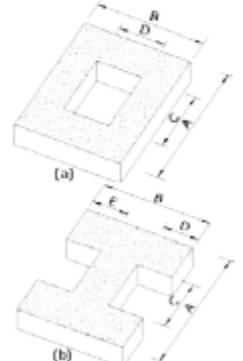
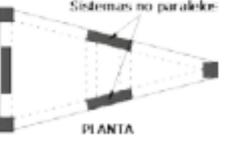
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{ps}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_{ps}=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_{ps}=0.9$ a) $CxD > 0.5AxB$ b) $[CxD + CxE] > 0.5AxB$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_{ps}=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Figura 1.2 Coeficientes de irregularidades en planta (NEC, 2015)

1.4.2.2 Irregularidades en altura

Para que un edificio sea regular verticalmente las dimensiones de sus muros deben permanecer constantes o variar de forma proporcional, y la altura de entrepiso debe ser la misma, además no debe presentar ninguna de las irregularidades mostradas en la figura 1.2.

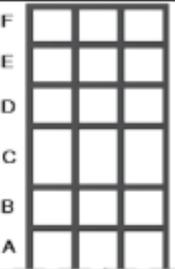
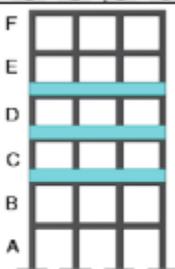
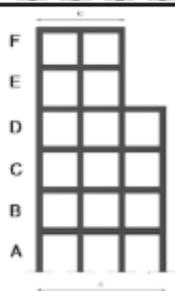
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_{ir} = 0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_0 Rigidez $< 0.80 \frac{(K_{D1} + K_{D2} + K_{D3})}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_{ir} = 0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_{ir} = 0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p><small>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</small></p>	

Figura 1.3 Coeficiente de irregularidades en elevación (NEC, 2015)

1.4.2.3 Cimentación inadecuada

Las edificaciones construidas con muros de adobe se caracterizan por tener grandes espesores por ende tienden a ser pesadas, por esto es necesario realizar una buena estructura de cimentación. Se deben realizar estudios al suelo para comprobar su resistencia mecánica y observar si es apto para resistir las cargas que recibirá de la estructura o si es necesario mejorarlo con un material de mejor capacidad.

Los cimientos para los muros de adobe se recomiendan que sean de hormigón ciclópeo con una profundidad mínima de 40cm y 20 cm más ancho del muro que va a construirse. El sobrecimiento se debe hacer de hormigón ciclópeo con una altura mínima de 25 cm sobre el nivel del suelo para controlar la afectación del agua lluvia a los muros de adobe.

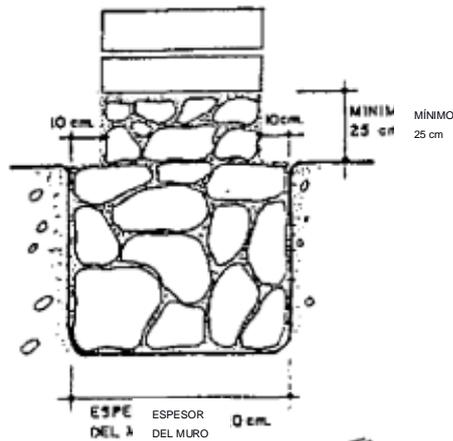


Figura 1.4 Cimentación para muros de adobe (Campos, 1993)

1.4.2.4 Humedad en muros

Se deben proteger los muros ante la presencia de humedad, es por esto que se debe realizar un sobrecimiento adecuado para evitar el ascenso de agua en el suelo por capilaridad, que puede debilitar los muros y conllevar a un desprendimiento de los bloques de adobe.

Otra manera en que puede ingresar el agua es desde la cubierta, ya sea por su mal instalación o por daños en ella; también la falta de aleros aumenta la posibilidad de que el agua penetre en los muros, erosionándolos y provocando su colapso.



Figura 1.5 Humedad en muros (Arias, 2004)

1.4.2.5 Pobre recubrimiento en los muros

Es necesario realizar un buen revestimiento a los muros para protegerlos de la humedad, si se usa una mezcla de mala calidad o de poco espesor se puede comenzar a desmoronar dejando sin protección al muro y causando su posterior deterioro.

Según (Campos, 1993) existen diferentes formas de revestir el muro de adobe, con varios materiales, unos se adhieren de forma fácil como el yeso o la tierra, mientras que otros necesitan un sistema de fijación (malla) como el cemento.

A continuación, se explican los diferentes revestimientos que se pueden aplicar al muro de adobe:

- Revestimiento de tierra
- Revestimiento de yeso con cal
- Revestimiento de tierra con cal
- Revestimiento de tierra con cemento
- Revestimiento de cemento, arena y cal

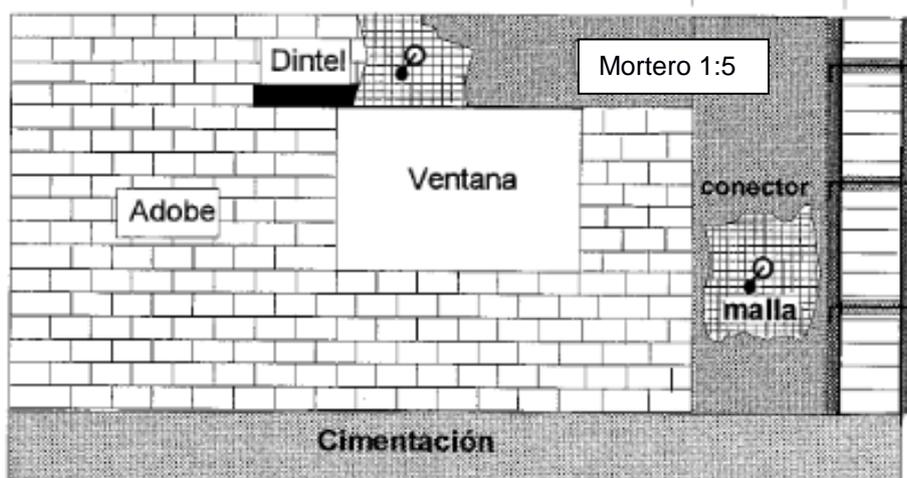


Figura 1.6 Revestimiento de muro (Giesecke, 1997)

1.4.2.6 Uso de adobe de mala calidad

Una de las cosas que menos se toman en cuenta, pero a su vez es la más importante, es la calidad del adobe que se está implementando en la construcción, un adobe de mala calidad puede conducir a fallos precoces ante demandas pequeñas.

Por ende, es vital controlar el proceso de fabricación de este material, cumpliendo con las dimensiones recomendadas de los bloques de adobe, la proporción de los materiales en la dosificación y su correcto secado y almacenamiento.



Figura 1.7 Fabricación del adobe (Arias, 2004)

1.4.2.7 Incorrecto dimensionamiento de muros

Se debe tener mucho cuidado con las dimensiones finales que tendrá cada muro, si no se consideran medidas apropiadas se pueden tener fallos inevitables. Por ejemplo, la longitud libre de un muro entre dos perpendiculares a este debe ser máximo 10 veces su espesor. La altura del muro debe ser menor a 8 veces su espesor. (Campos, 1993)

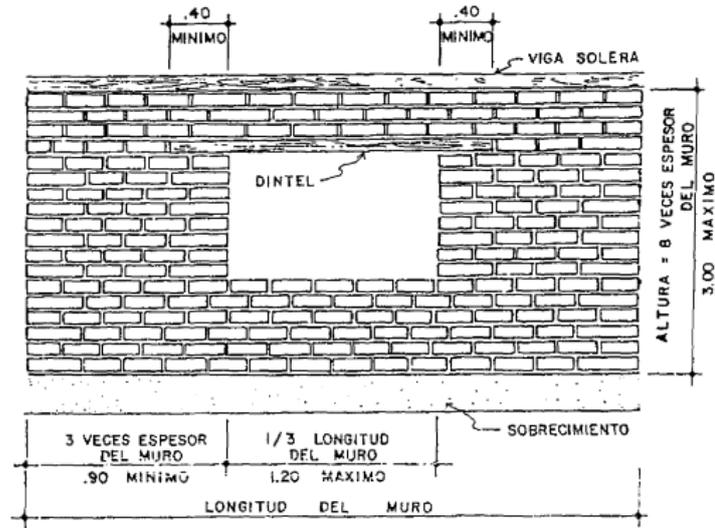


Figura 1.8 Dimensionamiento de muro (Campos, 1993)

1.4.2.8 Cubiertas pesadas

Se debe tratar en lo posible de aligerar el sistema de cubierta, con el fin de que la estructura soporte una menor cantidad de cargas y para que tenga un mejor comportamiento ante eventos sísmicos. El uso de cubiertas pesadas puede provocar daños a los muros perimetrales al momento de ocurrir un sismo, por el golpeteo que puede ocurrir entre ellos o puede colapsar por su peso propio poniendo en riesgo la vida de las personas que ocupan la edificación.



Figura 1.9 Cubierta pesada (Arias, 2004)

1.4.3 Tipos de falla en muros

Los muros de mampostería están expuestos a diferentes tipos de esfuerzos, y si no cuentan con un adecuado confinamiento se pueden producir diferentes tipos de falla, más aún si estos muros están contruidos a partir de adobe.

Un factor importante para considerar en el comportamiento de los muros viene relacionado con su relación altura/espesor o mejor conocido como esbeltez ($Es = H / e$). Según esta característica los muros se clasifican en tres tipos.

- Muros gruesos: $Es < 6$
- Muros intermedios: $8 < Es < 6$
- Muros delgados: $Es > 8$

Generalmente, los muros delgados pierden estabilidad tan pronto como se crean las primeras fisuras, por lo que pueden fallar por volteo, mientras que los muros gruesos no presentan inestabilidad con las primeras fisuras. Esto nos permite conocer las fallas más frecuentes em las estructuras de muros de adobe.

1.4.3.1 *Falla de corte por deslizamiento*

Cuando en los muros actúan cargas laterales como las provocadas por eventos sísmicos, este tipo de falla se presenta como un corte a lo largo de una junta horizontal de bloques de adobe dado que la mezcla que los une posee poca adherencia.

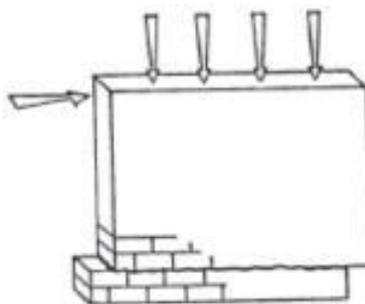


Figura 1.10 Falla por deslizamiento (Fierro, 2011)

1.4.3.2 Falla de corte

Este tipo de falla se presenta en una configuración diagonal, por corte de las juntas del mortero en forma de escalera. La poca adherencia de la mezcla y la falta de confinamiento en el muro contribuyen a la conformación de esta falla.

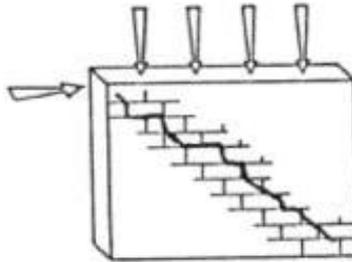


Figura 1.11 Falla por tensión diagonal (Fierro, 2011)

1.4.3.3 Falla de flexión

Cuando al tener muros esbeltos y aplicar cargas laterales el muro se flexiona, causando tensión en un lado del muro y compresión en el otro, lo que provoca agrietamientos en forma vertical en las esquinas y en el centro.

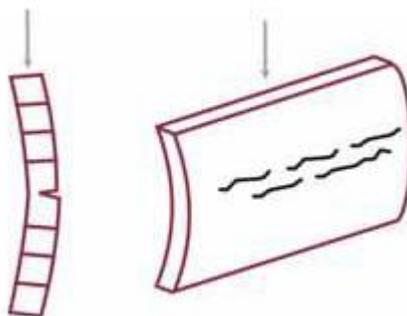


Figura 1.12 Grietas por flexión fuera del plano (Lario, 2012)

1.4.3.4 Falla de aplastamiento por compresión diagonal

Cuando hay combinaciones de cargas verticales (gravitacionales) y cargas laterales (sismos), se pueden presentar fallas por aplastamiento del adobe en la zona de compresión cuando el material es de baja calidad o tiene poca resistencia a la compresión.

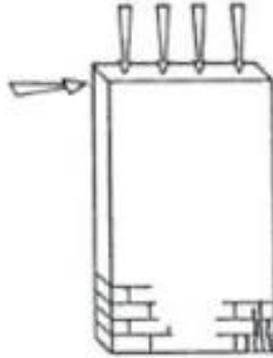


Figura 1.13 Falla por flexo compresión (Fierro, 2011)

1.4.3.5 Daños causados por fuerzas perpendiculares al plano del muro

Las fuerzas perpendiculares al muro son las que generan las primeras grietas incluso en sismos de baja intensidad, aunque estas grietas no siempre afectan a la estabilidad de la estructura.

Los factores que inciden de manera positiva en la estabilidad de muros son:

- Buenas conexiones entre muros
- Mayor grosor de muro y reducir esbeltez
- Uso de paja en la mezcla de adobe para aumentar resistencia

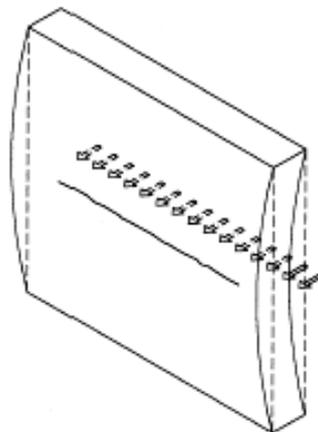


Figura 1.14 Fuerzas perpendiculares al plano del muro

1.4.3.6 El colapso de tímpanos

En una estructura se conoce como tímpano a la continuación de los muros cuando se tiene una cubierta a dos aguas, por lo general su forma es triangular. Entre más altura posean, son más susceptibles a colapsar fuera de su plano ante la presencia de eventos sísmicos.

Se tienen dos posibles tipos de fallo, el primero causado por el origen de una grieta en la parte inferior del tímpano y el segundo tipo es cuando la fisura se crea en los muros laterales debido al peso del tímpano provocando el colapso de este.



Figura 1.15 Grieta en la parte inferior del tímpano (Miranda, 2010)

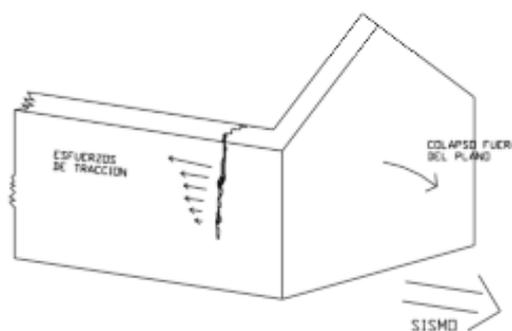


Figura 1.16 Colapso total del tímpano (Fierro, 2011)

1.4.3.7 Grietas verticales en las esquinas y volteo del muro fuera del plano

Cuando se tienen fuerzas laterales en ambos sentidos, el movimiento fuera del plano de muros ortogonales entre sí causa grandes concentraciones de esfuerzos en la parte

superior de ellos, lo que genera grietas verticales a lo largo de la altura del muro, permitiendo el colapso de estos fuera de su plano.

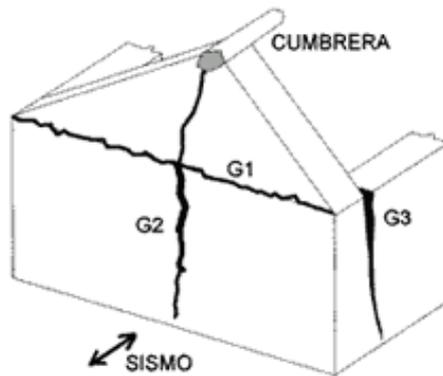


Figura 1.17 Grietas verticales y volteo de muros (Giesecke, 1997)

1.4.3.8 Grieta por flexión fuera del plano

Esta situación se presenta cuando existen muros libres, sin arriostramiento lateral, y se produce en la base del muro lo que provoca el volcamiento de este.



Figura 1.18 Falla de muro fuera del plano (Miranda, 2010)

1.4.3.9 Grieta horizontal por flexión fuera del plano a media altura del muro

Esta falla ocurre por volteo lateral, aunque la diferencia con las anteriores es que solo se cae una parte del muro porque los machones cortos de adobe impiden que el muro se voltee desde la base.



Figura 1.19 Falla de muro a media altura (Miranda, 2010)

1.4.3.10 Daños causados por fuerzas cortantes en el plano del muro

Los muros son elementos que se encargan de absorber gran parte de la fuerza sísmica, las mismas que generan esfuerzos cortantes que si no son previamente controlados pueden ser los causantes del daño parcial o total de la estructura.

Las características que puede ayudar a los muros a mejorar la resistencia de fuerzas cortantes fuera de su plano son las siguientes:

- Mayor espesor del muro.
- Buena adherencia del mortero de unión.
- Óptimo enlucido o recubrimiento de los muros.
- Techos livianos.
- Correcta verticalidad de los muros.

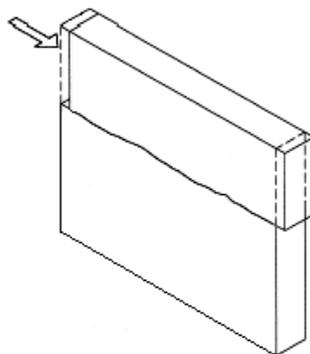


Figura 1.20 Fuerza cortante en el plano del muro

1.4.3.11 Grietas diagonales por fuerza cortante en el plano del muro

Cuando el volteo del muro esté controlado ya sea por tener un buen espesor o porque la cubierta es a cuatro aguas provocando un arriostramiento a nivel superior de los muros, estos pueden fallar por fuerzas cortantes, tal como lo indica la palabra, cortan al muro en su parte débil, por lo general en el mortero en forma de X desde las esquinas superiores e inferiores de la pared.

Al quedar el muro dividido en varias partes, es más propenso a fallar ante la combinación de cargas verticales (peso vivo y muerto) y fuerzas horizontales (réplicas del sismo).

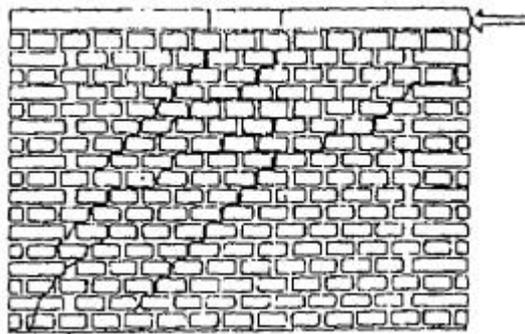


Figura 1.21 Grietas diagonales en muros (Campos, 1993)

1.4.3.12 Grieta cerca de los vanos

Estas grietas se forman a partir de las concentraciones de esfuerzos cortantes que se generan en las esquinas superiores e inferiores de los vanos de puertas y ventanas, extendiéndose en forma diagonal hasta las esquinas superior o inferior del muro. Por esto es necesario la aplicación de dinteles sobre las aberturas de ventanas y puertas, para restringir o disminuir el origen de estas fisuras.

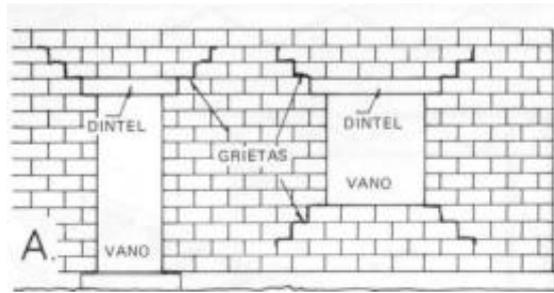


Figura 1.22 Grietas en vanos de puertas y ventanas (Lorca, 2010)

1.4.3.13 *Grietas en las esquinas y desplome parcial*

En la parte superior de las esquinas de dos muros perpendiculares entre sí, se suele crear una grieta por cortante de configuración triangular, debilitando esa parte del muro y provocando su desplome.

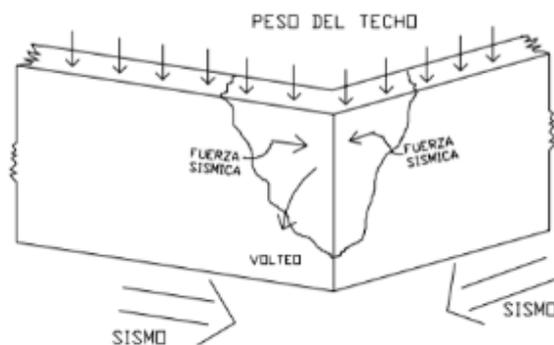


Figura 1.23 Grietas en uniones de muros (Fierro, 2011)

1.4.3.14 *Daños por influencia del techo*

Cuando la cubierta de la estructura es pesada, al existir fuerzas dinámicas provocan que el techo cause empujes horizontales a los muros donde se apoya. Otra forma de falla es cuando el techo colapsa y se pierde el amarre superior que este proporciona, por lo tanto, los muros quedan libre y pueden fallar por volteo.

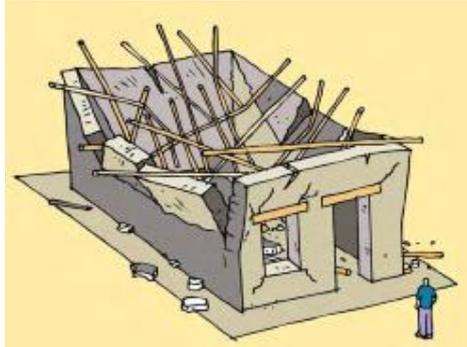


Figura 1.24 Colapso de la cubierta (Arias, 2004)

1.4.3.15 Daños por humedad

Los muros de adobe, al estar compuestos de tierra (arena y arcilla) son bastantes propensos al ataque del agua, debilitando sus propiedades mecánicas. La resistencia a compresión y al corte disminuye considerablemente ante la presencia de humedad.

Para evitar que la humedad afecte al adobe, es necesario tomar las siguientes consideraciones:

- Proteger el muro de adobe mediante una buena capa de enlucido.
- Aislar adecuadamente el piso.
- Impermeabilizar la cubierta, evitando el ingreso de agua lluvia.
- Realizar correctas instalaciones de agua empotradas en los muros.

Si no se siguen estos controles, especialmente en la base de los muros se suelen hinchar o expandir transversalmente produciendo el colapso por el peso propio de la edificación.



Figura 1.25 Muro afectado por la humedad (Campos, 1993)

1.4.3.16 *Daños por erosión*

Otro de los daños importantes que se pueden presentar en las estructuras de adobe es el efecto de erosión, el cual es un desgaste producido por la acción de viento y la lluvia. Para evitar esto es necesario proteger el adobe con una capa de recubrimiento o enlucido, de no ser así, la erosión puede causar una disminución de la sección del muro, afectando directamente su resistencia al corte y cargas axiales.



Figura 1.26 Muro de adobe erosionado (Campos, 1993)

1.4.3.17 *Daños por asentamiento del terreno*

Una de las características de los muros de adobe es que cuentan con un gran espesor, por ende, generan un gran peso hacia el terreno, y si este no es de buena calidad, es muy probable que se presenten asentamientos diferenciales que podrían generar grandes deformaciones y grietas en los muros, reduciendo su resistencia ante fuerzas sísmicas.

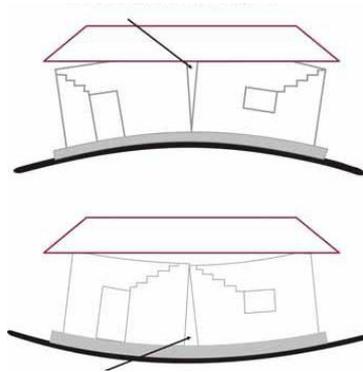


Figura 1.27 Grietas por asentamiento del suelo (Lario, 2012)

1.4.3.18 Daños ocasionados por errores constructivos y de diseño

Otra manera de colaborar a la generación de grietas y fisuras en los muros, son los errores en el diseño de los muros o la mala distribución de los vanos de puertas y ventanas. Se deben considerar longitudes mínimas de separación entre vanos para evitar dejar zonas propensas al agrietamiento.

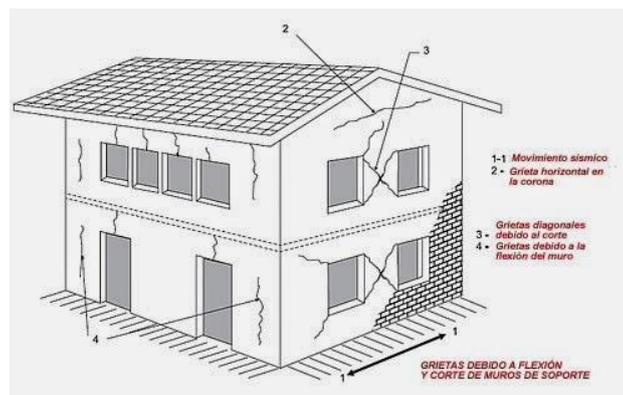


Figura 1.28 Daños por errores constructivos (Astorga, 2009)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Levantamiento de información

2.1.1 Descripción de la edificación

La escuela Rafael J. Bazante está constituida por muros de adobe sobre el cual se apoyan vigas de madera, la estructura se encuentra ubicada en la ciudad San José de Chimbo en la provincia Bolívar. El establecimiento construido en 1923 tiene 96 años de antigüedad, debido a que no se tienen registros de planos de ningún tipo, es necesario realizar mediciones de todos los componentes estructurales del edificio, para realizar sus respectivos planos arquitectónicos y que permitan realizar el análisis en el programa ETABS.



Figura 2.1 Foto de la escuela Rafael Bazante



Figura 2.2 Foto posterior de la escuela

Deben ser considerados cada uno de los detalles que componen la escuela, tales como: puertas, ventanas, altura de entrepiso, división de ambientes, espesor de muros, etc., adicionalmente se debe identificar los materiales empleados en los elementos estructurales como los muros, losa, vigas y cubierta; y en función de este conjunto de parámetros el edificio tendrá un comportamiento determinado ante las cargas que se aplicarán en el modelo.

La escuela se encuentra ubicada en un terreno esquinero, conformada por dos niveles, cuyas medidas principales en planta son de 21,4m en la parte frontal y 13m la parte lateral. En la fachada posterior de la escuela junto al edificio se encuentra construido desde 1990 el nuevo bloque de aulas, que es una estructura de dos pisos de hormigón armado y del lado derecho de la fachada frontal se ubica un bar en construcción desde el 2007, constituido por cuatro pilares y una losa de hormigón armado.

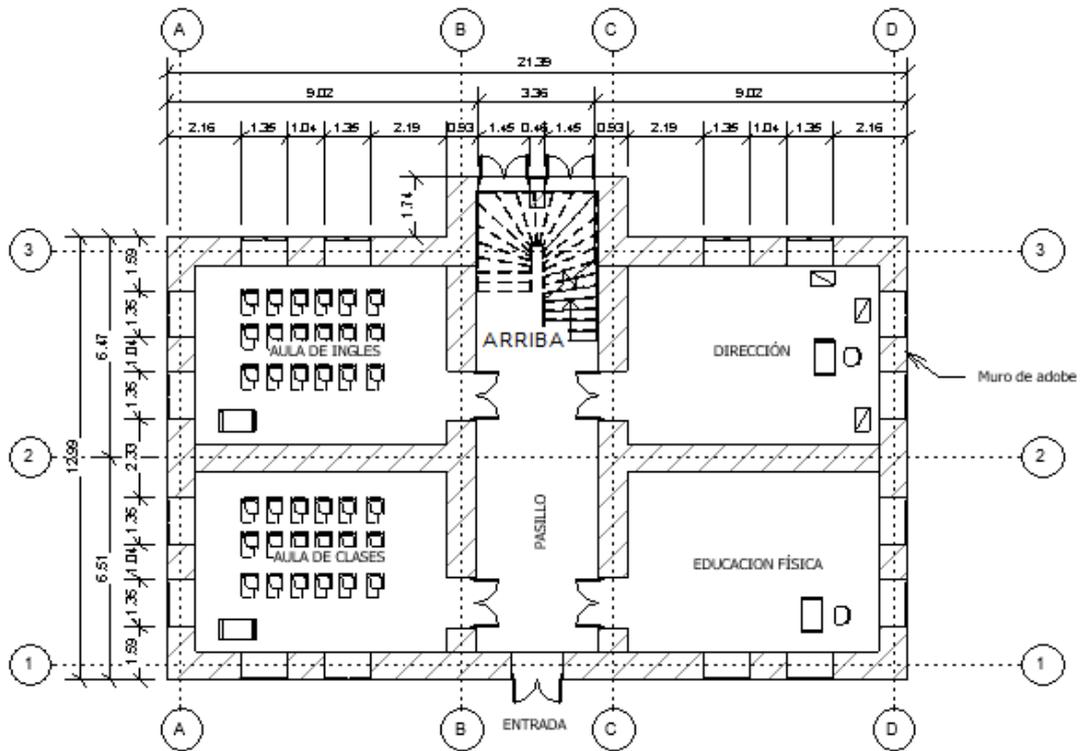


Figura 2.3 Planta baja

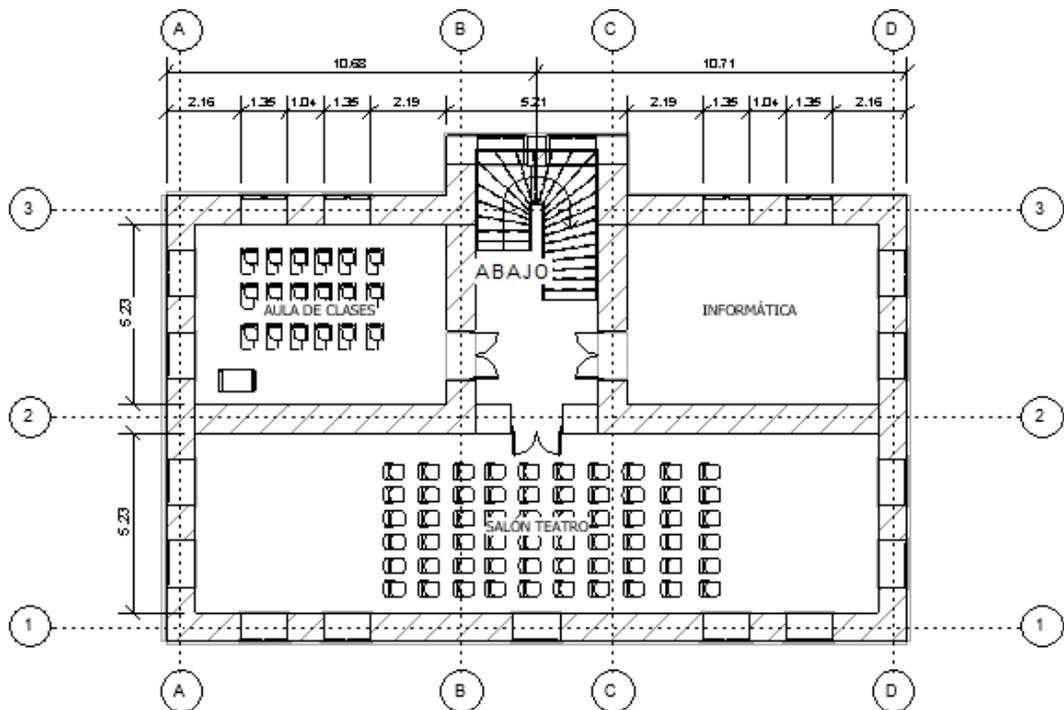


Figura 2.4 Planta alta

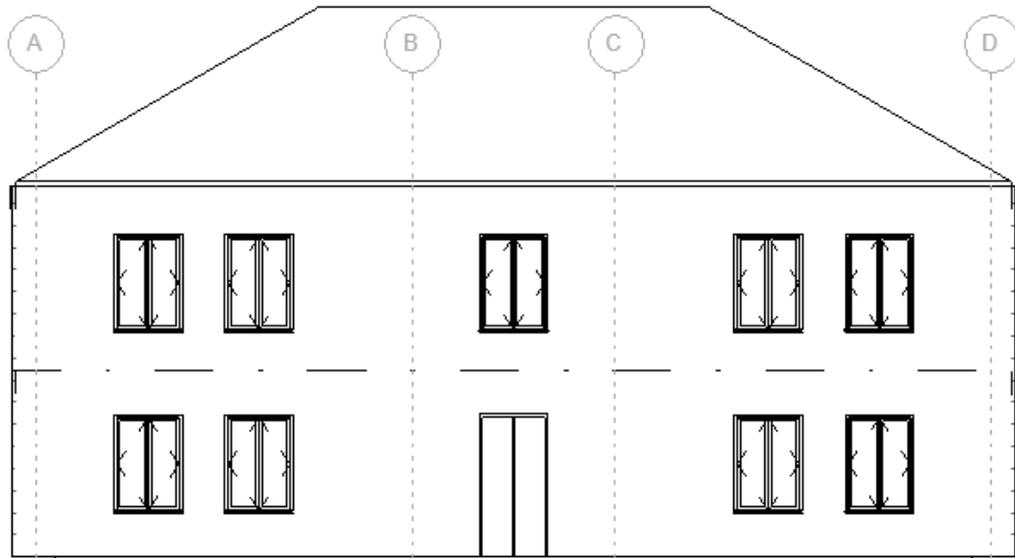


Figura 2.5 Vista frontal

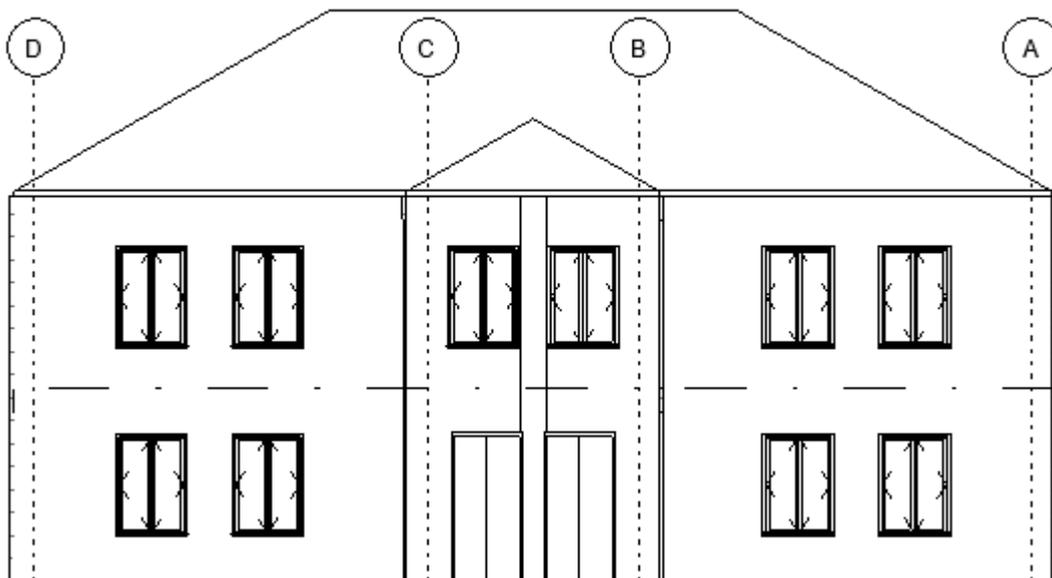


Figura 2.6 Vista posterior

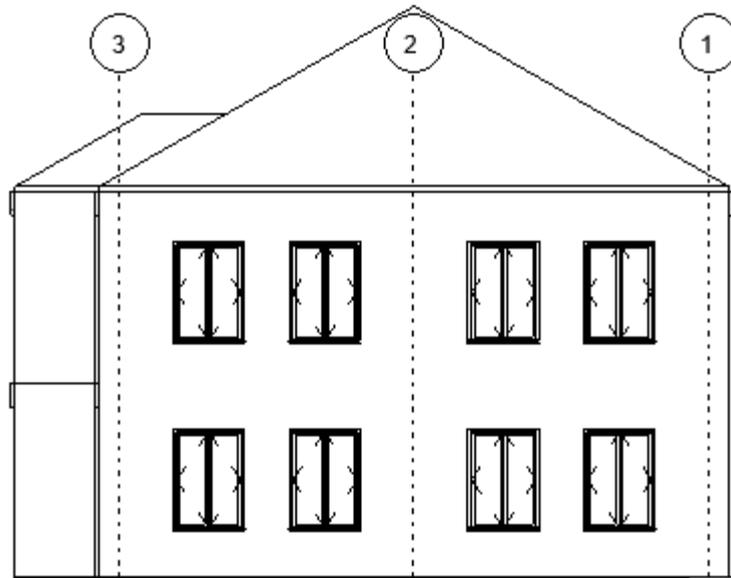


Figura 2.7 Vista lateral

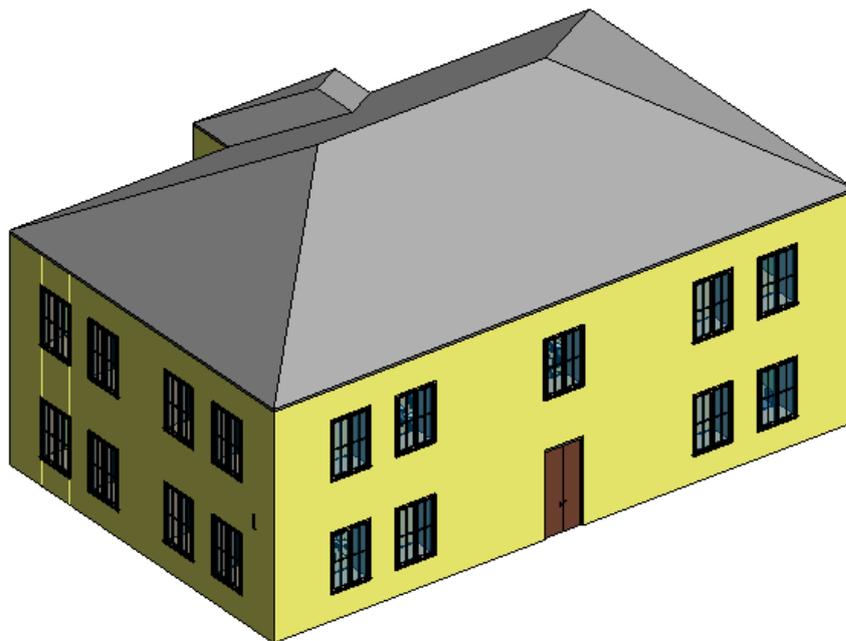


Figura 2.8 Vista en 3D

2.1.2 Descripción de fallas

El estudio en sitio además de analizar la composición de la estructura comprende el registro de las fallas producidas por el sismo del 6 de septiembre del 2018 ocurrido en Cumandá, para esto se realiza una inspección en la estructura afectada, se toman fotografías de todas las fallas captadas en el lugar y mediciones de grietas y zonas de desprendimiento de muro.

Realizar un correcto registro de estos datos, facilitarán el reconocimiento del nivel de afectación de la edificación con el objetivo de definir las posibles soluciones para cada tipo de falla y analizar las posibles causas.

Uno de los problemas que se pudo observar fue que junto a la pared lateral derecha de la escuela se encuentra una estructura de columnas y losa de hormigón construida en el año 2007, la misma que ha afectado parte del muro por medio de la interacción dinámica entre ambas estructuras y al ser el concreto más resistente que el adobe ha provocado desprendimientos y daños en ese sector del muro.



Figura 2.9 Desprendimiento de bloques en esquina de escuela



Figura 2.10 Desprendimiento parcial de muro en sector junto al bar

De igual manera, en la pared posterior se construyó en el año 1990 una estructura con el objetivo de ampliar la capacidad de la escuela, pero no se respetó la separación mínima recomendable entre estructuras (25cm) y por ende se ha presenciado daños por golpeteo entre estructuras en ese sector, nuevamente la de adobe es la que más daño ha presentado por esa interacción. En la figura 2.11 se muestran los sectores en el que se produce el efecto de golpeteo.

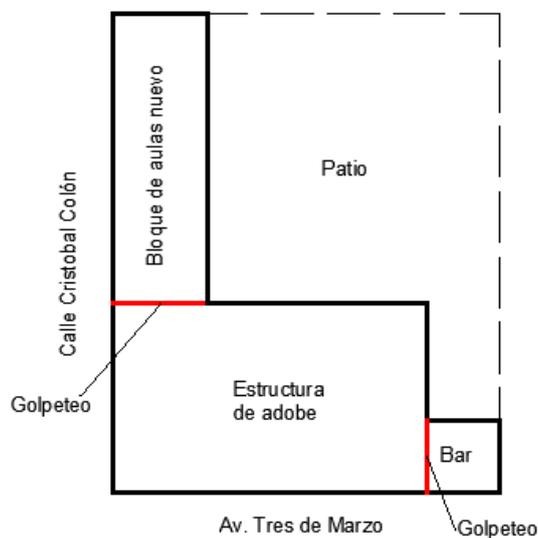


Figura 2.11 Sectores afectados por golpeteo



Figura 2.12 Daño por golpeteo en la parte posterior de la escuela

La mayor cantidad de daños se refleja mediante grietas grandes, caída de recubrimiento, fisuras superficiales, y desprendimiento de bloques en el interior y separación de unión entre muros como se puede observar en las siguientes imágenes.



Figura 2.13 Grieta en muros de adobe y desprendimiento de enlucido



Figura 2.14 Fisura en vano entre ventanas



Figura 2.15 Falla en unión entre muros



Figura 2.16 Unión conformada por muro de adobe y ladrillo en la parte superior



Figura 2.17 Grieta vertical en muro



Figura 2.18 Grieta en unión entre muros

2.1.3 Descripción de los materiales

La estructura está conformada por una cimentación a base de roca, los muros están compuestos en su mayor parte de bloques de adobe, su losa y vigas son de madera y la cubierta de planchas de zinc. Además de reconocer los materiales usados en la construcción de la escuela, se procede a identificar las principales propiedades mecánicas de estos, por eso se tomaron muestras en sitio de bloques de adobe y de la roca usada en la cimentación, para realizar pruebas de resistencia en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias de la Tierra de ESPOL.

Para obtener la resistencia de la roca usada en la cimentación, se realizan ensayos de compresión simple a núcleos extraídos de muestras obtenidos en el sitio, cuyo promedio es de $f'c = 57.51$ MPa.



Figura 2.19 Testigos del material de la cimentación



Figura 2.20 Rotura de cilindros

Por otro lado, las muestras de bloques de adobe resultaron ser frágiles, impidiendo que se pueda realizar con ellos pruebas de laboratorio, por lo que, para el estudio de la edificación se consideran las propiedades del adobe de acuerdo con la Guía de

Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras de la NEC-2015. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, 2016)



Figura 2.21 Muestra de bloque de adobe

$E = 200 \text{ MPa};$

$f'_{o} = 1,2 \text{ MPa};$

$f'_{m} = 0,6 \text{ MPa};$

$f_{m} = 0.4 \phi_{e} f'_{m} \text{ MPa};$

$f_{a} = 1,5 f'_{m} ;$

$v_{m} = 0,025 \text{ MPa}.$

Donde:

$E =$ módulo de elasticidad (MPa);

$f'_{o} =$ resistencia última a la compresión de la unidad de adobe (MPa);

$f'_{m} =$ resistencia última a la compresión de pilas de albañilería de adobe (MPa);

$f_{m} =$ resistencia admisible a la compresión de pilas de albañilería de adobe (MPa);

$\phi_{e} =$ Factor de esbeltez < 0.75

$f_{a} =$ resistencia admisible a la compresión por aplastamiento de la albañilería de adobe (MPa);

$v_{m} =$ resistencia al corte de la albañilería de adobe (MPa)

2.2 Modelación del edificio

Se realiza el modelo de la escuela haciendo uso del programa ETABS, con las medidas reales de cada uno de los elementos estructurales y las características de los materiales que componen el edificio. Para el caso de muros se modelan elementos tipo *walls* con etiquetas *piers*, mientras que, para los elementos ubicados sobre las ventanas y puertas, la etiqueta será tipo *spandrel* todos estos elementos con el material adobe definido en el programa.

En el caso de la losa de entrepiso está compuesta con vigas de madera cuya sección es de 200 x 150 mm², espaciadas cada 60 centímetros y ubicadas paralelas al eje y en el área donde se encuentran las aulas, y a lo largo del eje x en el corredor.

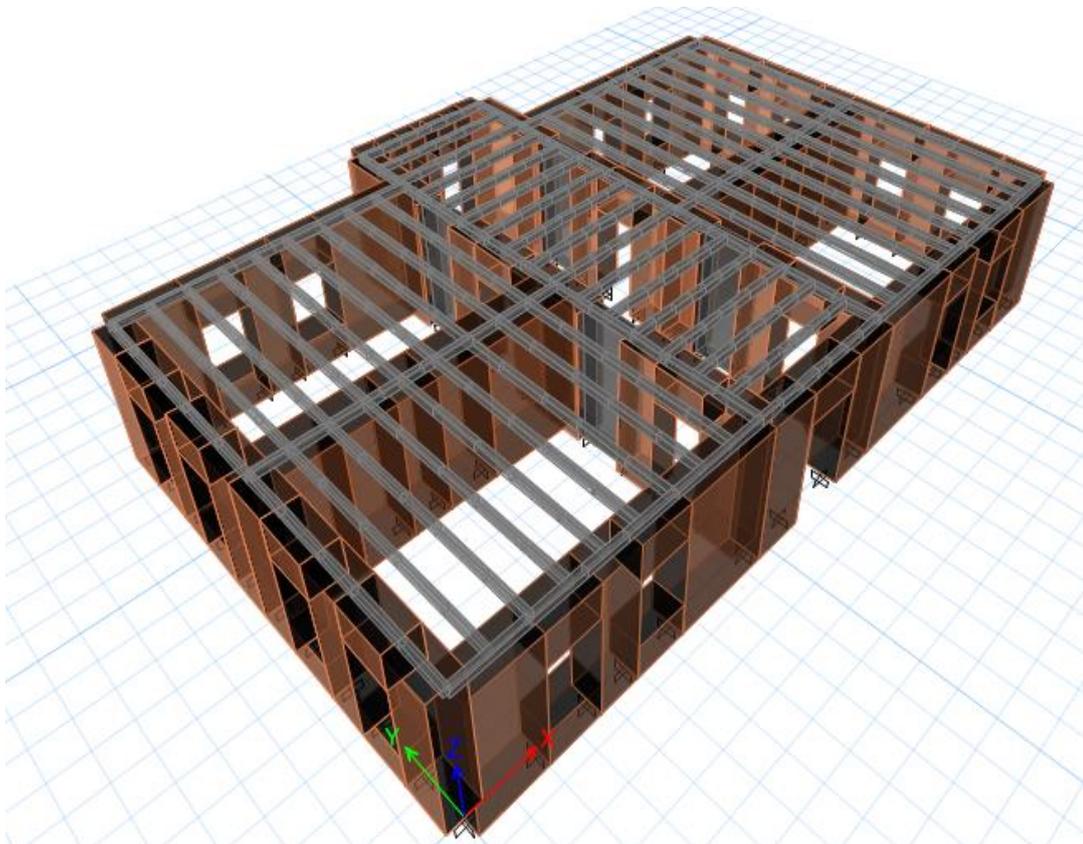


Figura 2.22 Edificio extruido en el programa ETABS

2.2.1 Cargas gravitacionales y sísmicas

Se aplican cargas de peso propio acorde a la densidad de los materiales, y carga viva según lo especifica la Norma Ecuatoria de la Construcción (NEC 2015), para escuelas en el capítulo de cargas no sísmicas NEC-SE-CG.

Tabla 2.1 Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kNm ²)	Carga concentrada (kN)
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60*
*La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100 mm x 100 mm		

Tabla 9: Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L_u , y concentradas P_o

Las cargas por sismo que se consideran serán diseñadas de acuerdo con la zona de ubicación de la construcción según la NEC-SE-DS. El factor de zona Z para la ciudad Chimbo en la provincia de Bolívar es de 0.35, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

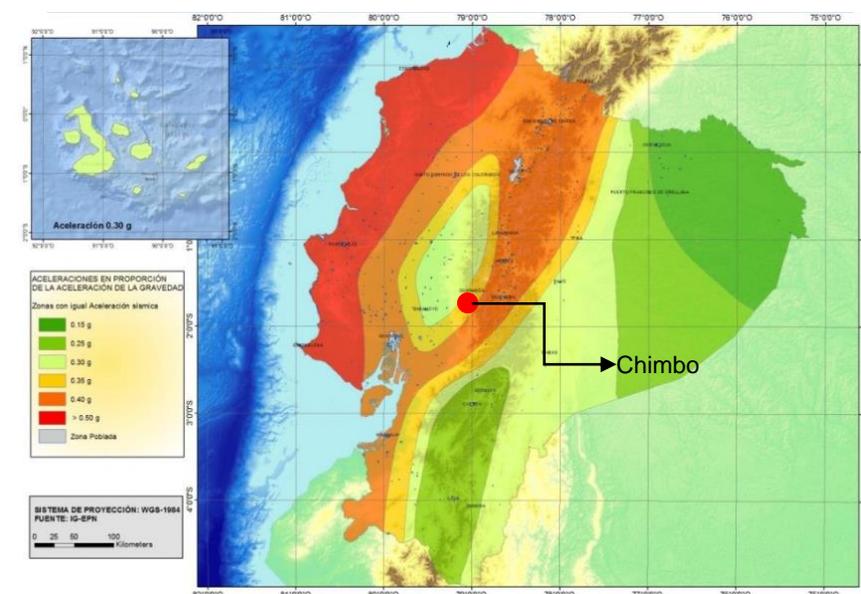


Figura 2.23 Valor del factor de zona sísmica z (NEC, 2015)

Según la clasificación del tipo de suelo de la tabla 2 de la NEC-SE-DS, se considera suelo tipo C.

Tabla 2.2 Tipo de perfiles de suelos

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s

Coeficientes para determinar espectro sísmico de diseño (Fa, Fd y Fs):

Tabla 2.3 Factor de sitio “Fa”

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 3: Tipo de suelo y Factores de sitio F_s

Tabla 2.4 Factor de sitio “Fd”

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 4 : Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Tabla 2.5 Factor de sitio “Fs”

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 5 : Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Amplificación espectral (η):

$\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

Coefficiente de importancia (I) de acuerdo con el uso y destino de la estructura:

Tabla 2.6 Coeficiente de importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

El factor de reducción de resistencia (R), se determina como el promedio entre mampostería no reforzada limitada a un piso $R=1$, y mampostería reforzada limitada a dos pisos $R=3$, es decir en el modelo se considera $R=2$.

Tabla 2.7 Tipo de sistema estructura y factor de reducción de resistencia

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Tabla 16 : Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada

Se obtiene entonces el espectro sísmico de diseño en el programa ETABS, con los parámetros mencionados anteriormente.

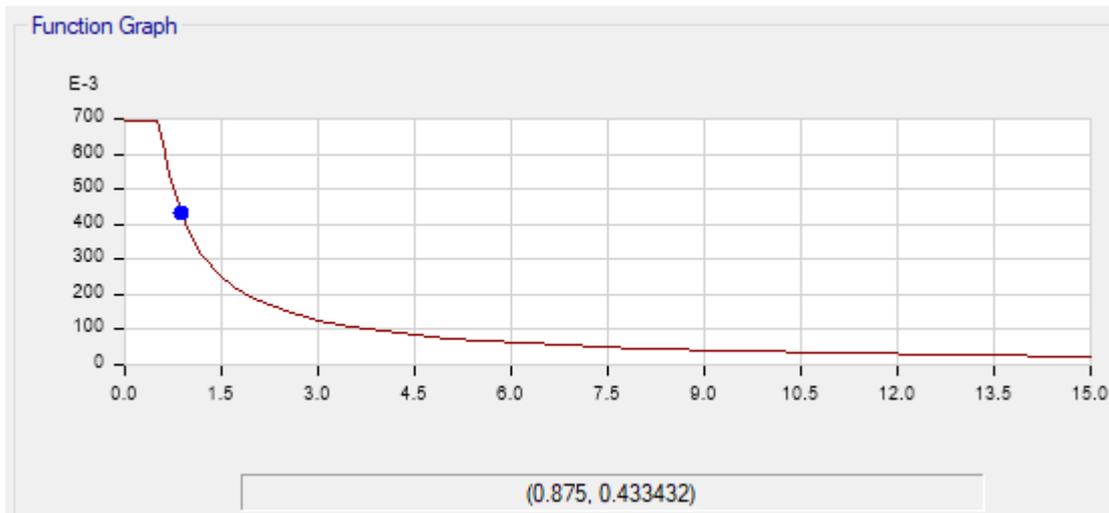


Figura 2.24 Espectro de respuesta inelástico

2.2.2 Combinaciones de carga

Una vez definidas las cargas, estas se consideran que actúan con las combinaciones por esfuerzos admisibles que se encuentran en la Norma ASCE 7-10, de esta manera se puede identificar los esfuerzos que puede soportar el sistema, e identificar los sectores críticos donde necesita ser reforzada la estructura.

1. D
2. D + L
3. D + 0.75 L + 0.525 Ex
4. D + 0.75 L - 0.525 Ex
5. D + 0.75 L + 0.525 Ey
6. D + 0.75 L - 0.525 Ey
7. D + 0.7 Ex
8. D - 0.7 Ex 9. D + 0.7 Ey
10. D - 0.7 Ey
11. D + 0.75 L + 0.525 EQx
12. D + 0.75 L - 0.525 EQx

13. $D + 0.75 L + 0.525 EQ_y$
14. $D + 0.75 L - 0.525 EQ_y$
15. $D + 0.7 EQ_x$
16. $D - 0.7 EQ_x$
17. $D + 0.7 EQ_y$
18. $D - 0.7 EQ_y$

Dónde:

D Carga muerta.

L Carga viva.

E_x Carga estática de sismo en sentido X.

E_y Carga estática de sismo en sentido Y.

EQ_x Carga del espectro de aceleraciones en sentido X.

EQ_y Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y.

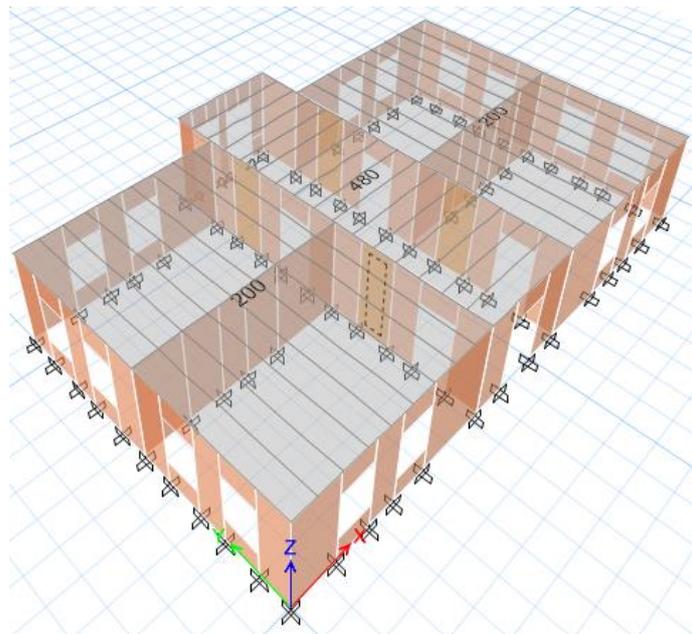


Figura 2.25 Carga viva aplicada sobre el piso

Para procesar de mejor manera los resultados se discretiza los elementos tipo muro, con la herramienta Auto Rectangular Mesh de Etabs se consigue la separación en elementos de 40 cm para este estudio.

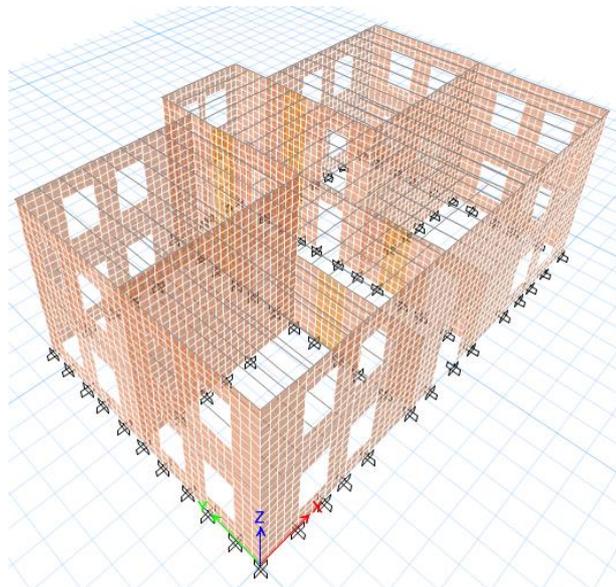


Figura 2.26 Modelo discretizado

2.3 Criterios de aceptación

2.3.1 Deformación de vigas de madera

De acuerdo con la Guía para diseño de estructuras de madera de la NEC 2015 las deformaciones máximas admisibles en el centro de la viga deben ser menores a los indicados en la tabla 2.9, donde el valor de L corresponde a la longitud de la viga.

Tabla 2.8 Deflexiones máximas permisibles

Carga actuante	(a) Con cielo raso de yeso	(b) Sin cielo raso de yeso
Carga permanente + sobrecarga (W_t)	L/300	L/250
Sobrecarga (W_v)	L/350	L/350

Para este caso se aplica la relación L/300, porque se considera la carga muerta y viva, además de que el edificio posee cielo raso de madera sostenido por las vigas.

2.3.2 Deformaciones horizontales

El capítulo de la NEC 2015 de peligro sísmico en su sección 4.2.2 indica los límites permisibles de las derivas de los pisos, las deformaciones horizontales que presente el modelo no excederán el valor máximo que se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 2.9 Valores de Δ_{M} expresados como fracción de H

Estructuras de:	Δ_{M} máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 7 : Valores de Δ_{M} máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Para la estructura en estudio el porcentaje de la altura será de 0.01, entonces la ecuación es la siguiente:

$$\Delta_{max} = 0.01 H \quad (2.1)$$

Donde:

Δ_{max} : deriva máxima

H : altura de entrepiso

2.3.3 Densidad de muros en planta

La Guía de Rehabilitación de la NEC también menciona que en estructuras de mampostería portante existe una cuantía de muros mínima en cada dirección. La relación entre la sumatoria de áreas en un sentido y el área total en planta debe ser mayor al 1.5%.

$$\bullet \quad d\% = \frac{A_w}{A_p} > 1.5\% \quad (2.2)$$

Donde:

d%: índice de densidad de muros en cada dirección

A_w : Sumatoria de secciones transversales de muros en la dirección de análisis

A_p : Área total en planta

2.3.4 Esfuerzo combinado

Los esfuerzos de tracción por flexión, causados por la excentricidad de la carga axial o carga lateral o combinaciones de ambas deben limitarse a el esfuerzo admisible, dado por: (Guía de la NEC)

$$\bullet \quad f_t = \frac{Mc}{I} - \frac{P}{A} < F_t \quad (2.3)$$

Donde:

f t = Esfuerzo de tracción debido a flexión

I = momento de inercia del muro

P = Carga axial aplicada

M = Momento actuante

A = Área transversal del muro

c = Distancia desde la fibra más deformada por compresión al eje neutro.

Ft =Esfuerzo de tracción admisible disponible para resistir la flexión (0.6 MPa)

2.3.5 Acero de refuerzo

Para el cálculo del área de acero de refuerzo se aplicará la ecuación que relaciona el valor del cortante aplicado al muro y la resistencia del material.

$$V_s = A_s * (1/\Omega) F_y \quad (2.4)$$

Donde:

Vs: Fuerza cortante

As: Área de refuerzo

Ω: Factor de seguridad (Ω=2.5) de acuerdo a la tabla 9.5.2.2 de ASCE 7-10

Fy: Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

Tabla 2.10 Coeficientes de diseño para fuerzas sísmicas (ASCE 7-10, 2010)

**TABLE 9.5.2.2
DESIGN COEFFICIENTS AND FACTORS FOR BASIC SEISMIC FORCE-RESISTING SYSTEMS**

Basic Seismic Force-Resisting System	Response Modification Coefficient, R^a	System Over-strength Factor, Ω_0^b	Deflection Amplification Factor, C_d^b	Structural System Limitations and Building Height (ft) Limitations ^c				
				Seismic Design Category				
				A&B	C	D ^d	E ^e	F ^e
Bearing Wall Systems								
Ordinary steel concentrically braced frames	4	2	$3\frac{1}{2}$	NL	NL	35 ^k	35 ^k	NP ^k
Special reinforced concrete shear walls	5	$2\frac{1}{2}$	5	NL	NL	160	160	100
Ordinary reinforced concrete shear walls	4	$2\frac{1}{2}$	4	NL	NL	NP	NP	NP
Detailed plain concrete shear walls	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	2	NL	NP	NP	NP	NP
Ordinary plain concrete shear walls	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	NL	NP	NP	NP	NP
Special reinforced masonry shear walls	5	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	NL	NL	160	160	100
Intermediate reinforced masonry shear walls	$3\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	NL	NL	NP	NP	NP
Ordinary reinforced masonry shear walls	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	NL	160	NP	NP	NP
Detailed plain masonry shear walls	2	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	NL	NP	NP	NP	NP
Ordinary plain masonry shear walls	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	NL	NP	NP	NP	NP
Light-framed walls sheathed with wood structural panels rated for shear resistance or steel sheets	6	3	4	NL	NL	65	65	65
Light-framed walls with shear panels of all other materials	2	$2\frac{1}{2}$	2	NL	NL	35	NP	NP
Light-framed wall systems using flat strap bracing	4	2	$3\frac{1}{2}$	NL	NL	65	65	65

De esta forma se determina el tipo de malla que se usará en cada uno de los muros.

2.4 Criterios y alternativas de intervención

Para rehabilitación de estructuras de adobe, el capítulo de la NEC 2015 de Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación, sugiere seguir los procedimientos propuestos en la norma chilena **NCh 3332** "Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural" (2013).

De acuerdo con esta norma, se considera intervención estructural a la modificación y refuerzo de las estructuras principales y secundarias de la edificación. Esta intervención debe cumplir con las condiciones mínimas que aseguren un buen comportamiento estático y sísmico, mediante el uso de materiales compatibles con la estructura existente.

Como solución a los daños existentes en este tipo de estructuras, se analiza el uso de materiales compatibles, los cuales son aquellos cuya rigidez tenga menos de 10 veces la rigidez la de la estructura base. Los materiales que cumplen con este requisito son:

- Geomalla de polipropileno.
- Mallas electrosoldadas de acero.
- Madera.
- Albañilería de adobe.
- Caña.

Para el refuerzo y rehabilitación de la escuela Rafael J. Bazante se consideran 2 sistemas compatibles con la estructura: muros de adobe, mallas electrosoldadas de acero y estructuras de madera.

2.4.1 Alternativa 1: Implementación de mallas electrosoldadas

Una de las alternativas planteadas para realizar el reforzamiento de la estructura y mejorar el comportamiento de los muros de adobe ante fuerzas sísmica, es la implementación de mallas de acero en modo de franjas horizontales y verticales sobre las zonas críticas.

Para que el sistema trabaje como un conjunto, las mallas se deben instalar en ambos lados del muro de forma simultánea, uniéndolas mediante el uso de un alambre de 8 mm de diámetro colocados en orificios previamente perforados en todo el espesor del muro. Estos orificios se realizan cada 30 cm en ambas direcciones, luego se cubre todo con un enlucido con mortero 1:5 por fuera y por dentro de los muros. A continuación, se explica su proceso con mayor detalle.

1. Perforar los orificios donde serán colocados los alambres que permiten la conexión entre mallas. Estos deben estar a cada 30cm en ambas direcciones.

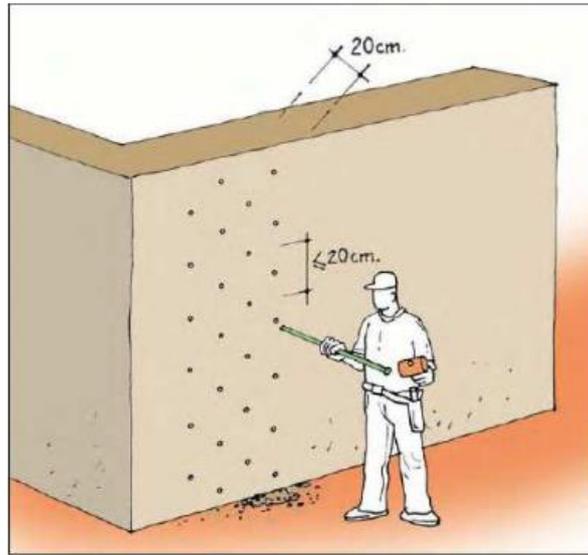


Figura 2.27 Perforación de orificio para anclaje

2. Se colocan primero las mallas verticales tanto en el interior como en el exterior del muro y unirlas con los alambres de 8mm.

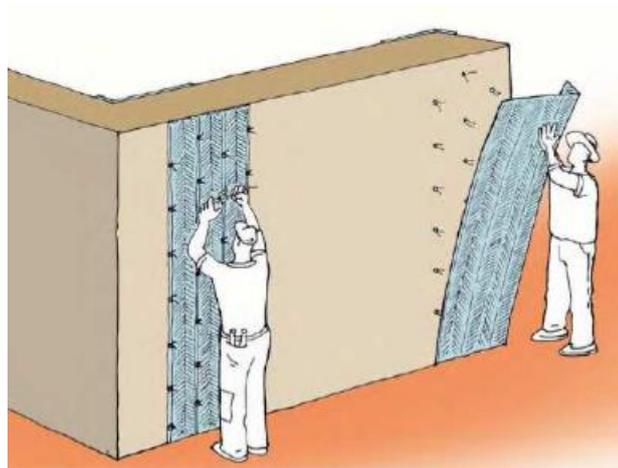


Figura 2.28 Malla de refuerzo para crear columnas de confinamiento

3. Inmediatamente se colocan las mallas horizontales y se aseguran muy bien los traslapes.

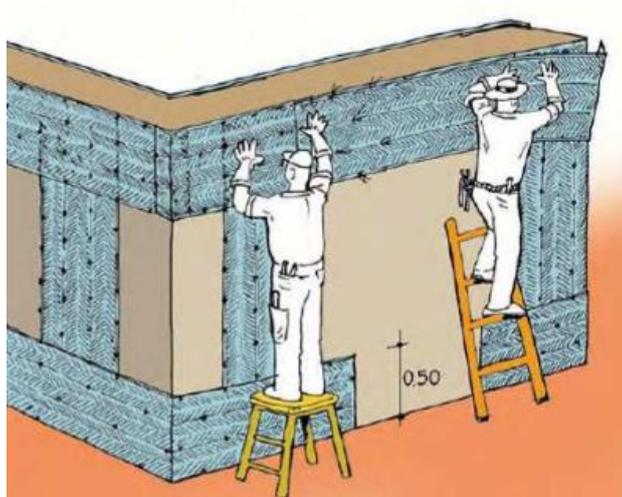


Figura 2.29 Malla de refuerzo para formar vigas de confinamiento

4. Una vez que se colocan los alambres, se debe realizar el entorche en sus extremos para fijar la malla en ambos lados, y para aportar mayor seguridad y resistencia se debe rellenar los orificios con mortero fluido.

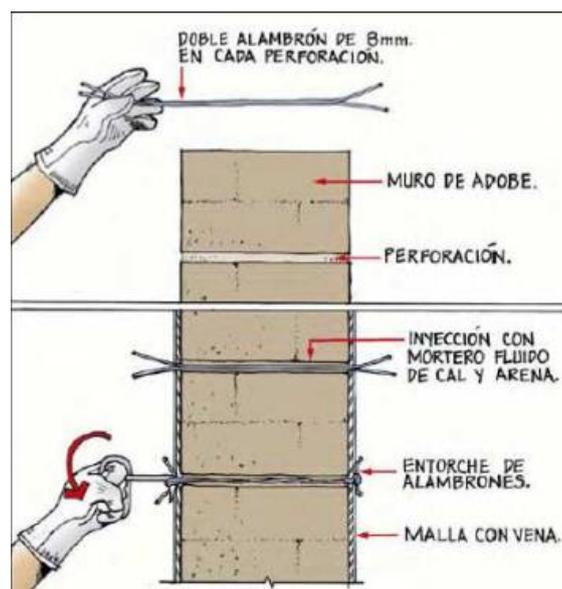


Figura 2.30 Fijación de refuerzo mediante alambres de anclaje

5. Humedecer la superficie previa al enlucido, luego se aplica el mortero enlucido como acabado exterior.

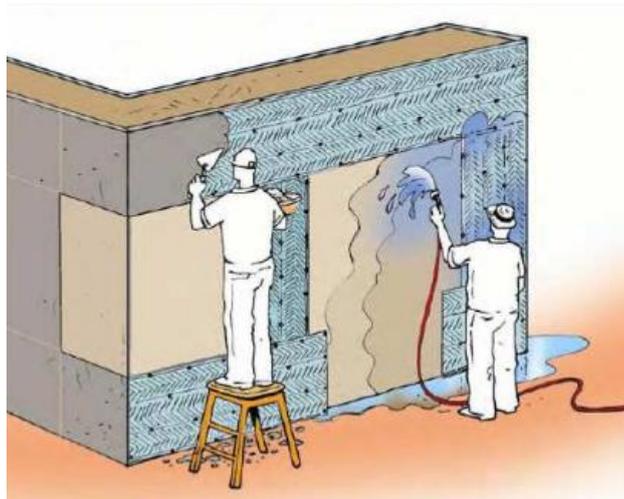


Figura 2.31 Preparación previo al enlucido

Las mallas empleadas están formadas por varillas de varios diámetros, cuya resistencia alcanza hasta los 5000Kg/cm², que forman recuadros y son unidas por un proceso de electrosoldado, la tabla a continuación muestra los tipos que serán considerados:

Tabla 2.11 Medidas de malla electrosoldadas del mercado (Catálogo Novacero)

Tipo	d(cm)	apertura	As (cm ² /m)
3.5x15	0.35	15	0.641
4x10	0.4	10	1.257
4x15	0.4	15	0.838
4.5x15	0.45	15	1.060
5x10	0.5	10	1.963
5x15	0.5	15	1.309
5.5x10	0.55	10	2.376
5.5x15	0.55	15	1.584
6x10	0.6	10	2.827
6x15	0.6	15	1.885
7x15	0.7	15	2.566
8x10	0.8	10	5.027
8x15	0.8	15	3.351
10x15	1.0	15	5.236
12x15	1.2	15	7.540

2.4.2 Alternativa 2: Implementación de estructura de madera

Uno de los defectos de los muros de adobe es su pobre adherencia o cohesión entre bloques, lo que mediante fuerzas sísmicas provoca desprendimiento de los bloques. Por eso, otra alternativa para reforzar la edificación es la aplicación de tablonos de madera en ambos lados del muro, en posición vertical y horizontal dando un confinamiento que le aporte resistencia a la estructura.

Se deben colocar tablas en los bordes de ventanas y puertas y en las esquinas de intersección entre muros. Para traslapes de tablas se usan platinas de acero, y para unir las tablas interiores con las exteriores se utilizan varillas como conectores. A continuación, se describe el proceso constructivo.

1. En los lugares que se determinó la colocación de las tablas, se debe picar el adobe para poder colocarlas y que queden al ras del muro. Para este caso, se pueden usar tablas de 13cm de ancho y 2cm de espesor, por tanto, esto es lo que se debe picar en el muro. Este proceso se debe realizar tanto en la parte exterior del muro, como en la parte interior.

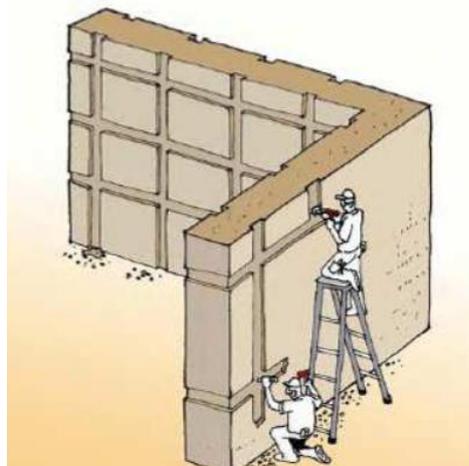


Figura 2.32 Preparación del muro para colocar la madera

2. Luego, se procede a realizar las perforaciones en todos los lugares donde serán colocados los conectores que unirán las tablas exteriores como interiores.

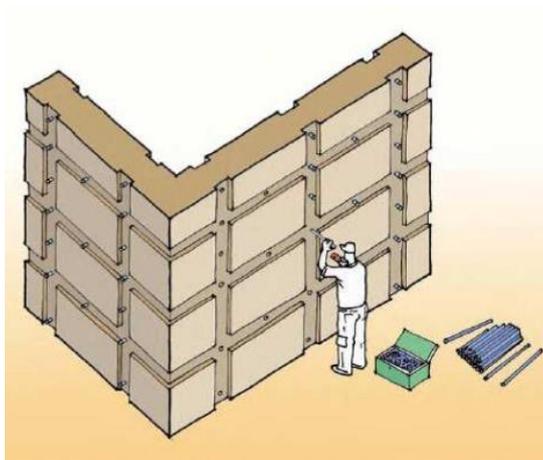


Figura 2.33 Perforación de agujeros de anclaje

3. Primero se deben instalar las tablas de refuerzo verticales, y se las deben ajustar solo en los pernos que no quedan en las intersecciones.

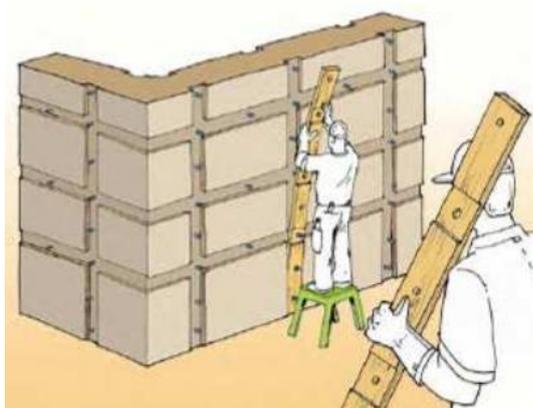


Figura 2.34 Instalación de tablas verticales

4. Se colocan las tablas horizontales, posterior a eso se ponen los pernos de conexión ubicado en las intersecciones.

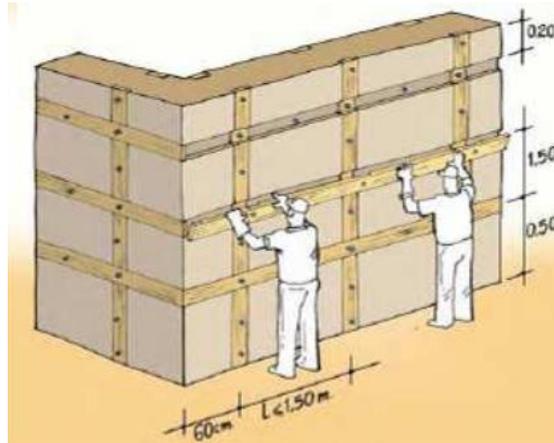


Figura 2.35 Instalación de tablas horizontales

5. En las maderas horizontales que terminan en las esquinas de los muros, se deben usar platinas de acero para unirlos y evitar que fallen en estos lugares.

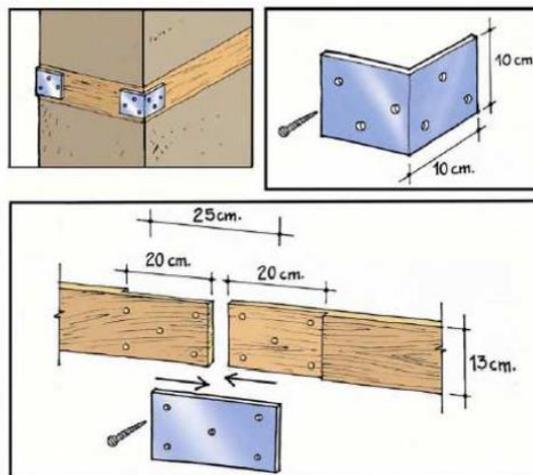


Figura 2.36 Unión de tablas con platina de acero

2.4.3. Elección de soluciones a implementar

Luego de analizar las alternativas en la sección anterior, se decidió escoger la solución que consiste en reforzar la estructura con la implementación de mallas electrosoldadas antes que los tablonés de madera, debido a los siguientes criterios:

- ✓ El reforzamiento con malla ofrece una mayor resistencia a la estructura, debido a que confina de manera adecuada los bloques de adobe, mientras que el uso de los tablonos deja sectores sin refuerzo.
- ✓ La colocación de la malla se la configura para que forme columnas y vigas confinadas que incrementen la resistencia de la estructura y le ofrece un mejor desempeño cuando esta interactúa fuera del rango lineal ante fuerzas sísmicas grandes.
- ✓ Se consideró también la facilidad del uso de la malla ya que no se debe picar el adobe, solo el recubrimiento, al contrario que con el método del uso de la madera en la cual se debe romper parte del muro para colocar las tablas, esto permite agilizar el proceso de rehabilitación reduciendo el tiempo y a su vez el costo de la solución.

Una de las partes más afectadas es la que se presenta en la figura 2.9 y 2.10, en las cuales se observa un desprendimiento parcial del adobe en la base del muro, en este caso se debe realizar una reparación previa de la pared usando bloques de 30x30x10 cm del mismo material adobe para que se acople bien y luego reforzar con la aplicación de la malla, además se deberá demoler las columnas de hormigón de la estructura aledaña que golpean al muro para prevenir futuros daños.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Peso de la estructura

Luego de colocar la densidad de cada material que conforma la estructura e indicando la sección de cada elemento, el programa calculó automáticamente la carga por peso propio de toda la edificación la cual es 959 Toneladas que dividida para el área total de construcción da un valor de 1726 Kilogramos por metro cuadrado. En la tabla que se presenta a continuación se detalla el peso de los elementos que conforman la escuela.

Tabla 3.1 Pesos de materiales en edificación

Elementos	Peso propio kg
muros	929536.2
vigas	17731.3
piso	12389.11
TOTAL	959656.61

3.2 Deformaciones y derivas

La combinación de carga 2 (D+L) fue la más desfavorable para deformaciones verticales, la cual produjo una flecha máxima de 12 milímetros. El valor más alto se produjo en una viga principal cuya luz es de 6 metros y su deflexión admisible es de $\delta=20\text{mm}$ de acuerdo con la tabla 2.9; esto se evidencia en la imagen a continuación:

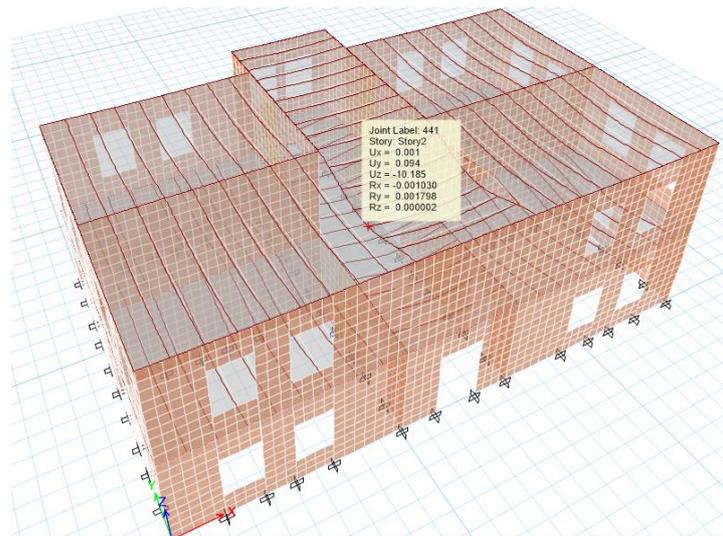


Figura 3.1 Deformación vertical en viga

Para el análisis de deformaciones laterales el caso más desfavorable se produce por la fuerza sísmica aplicada en el Eje “y” debido al espectro de respuesta que establece la NEC para el sitio. Las derivas de entrepiso no deben sobrepasar el máximo admisible, en este caso de acuerdo con la ecuación 2.1 $\Delta_{max}=40\text{mm}$. Se observó en el modelo que la mayor deformación ocurrida tiene un valor de 26,23mm.

Tabla 3.2 Máxima deriva en sentido x

SENTIDO X					
Piso	Deformación (mm)	deriva (mm)	altura (mm)	deriva admisible (mm)	ESTADO
2	15,61	5,76	4000	40	OK
1	9,85	9,85	4000	40	OK

Tabla 3.3 Máxima deriva en sentido y

SENTIDO Y					
piso	Deformación (mm)	deriva (mm)	altura (mm)	deriva admisible (mm)	ESTADO
2	26,23	12,00	4000	40	OK
1	14,23	14,23	4000	40	OK

3.3 Fuerzas laterales y cortantes de entrepiso

Se determinó el sismo estático en el programa ETABS con coeficiente $C=0.525$, de donde se obtuvo fuerzas laterales en cada entrepiso con valores de: 372 toneladas para la planta alta y 177 toneladas en el entrepiso de planta baja.

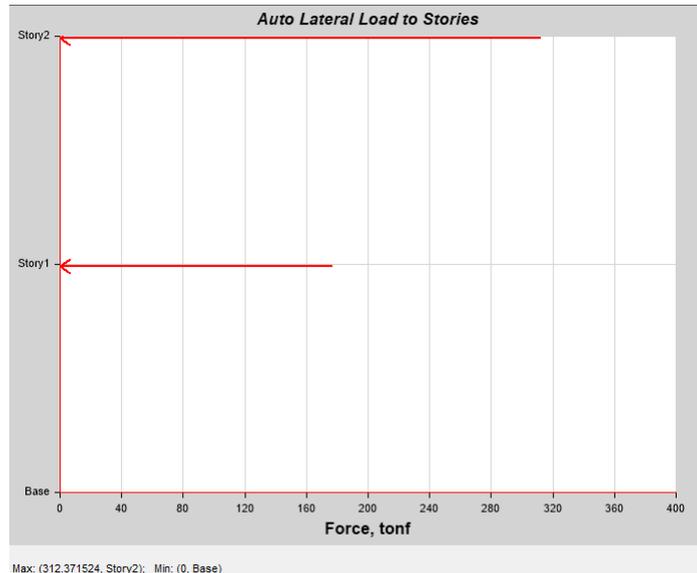


Figura 3.2 Fuerzas laterales en entresijos debido a Sx estático

De igual manera se muestra la gráfica de cortante debido al sismo estático en cada entrepiso.

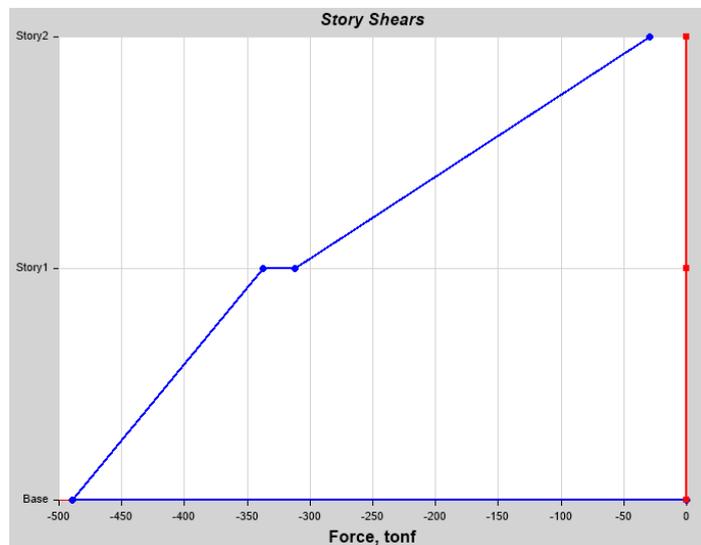


Figura 3.3 Fuerza cortante en entresijos debido a Sx estático

3.4 Periodo y densidad de muros

En edificios compuestos de muros de adobe la rigidez del sistema produce periodos de vibración pequeños en comparación con otras estructuras, el modelo que se elaboró posee un periodo de 0.29 s, un valor apropiado en este caso en particular.

El primer modo de vibración se produjo en el eje “Y” debido a la carga lateral en este sentido y a la geometría en planta de la estructura.

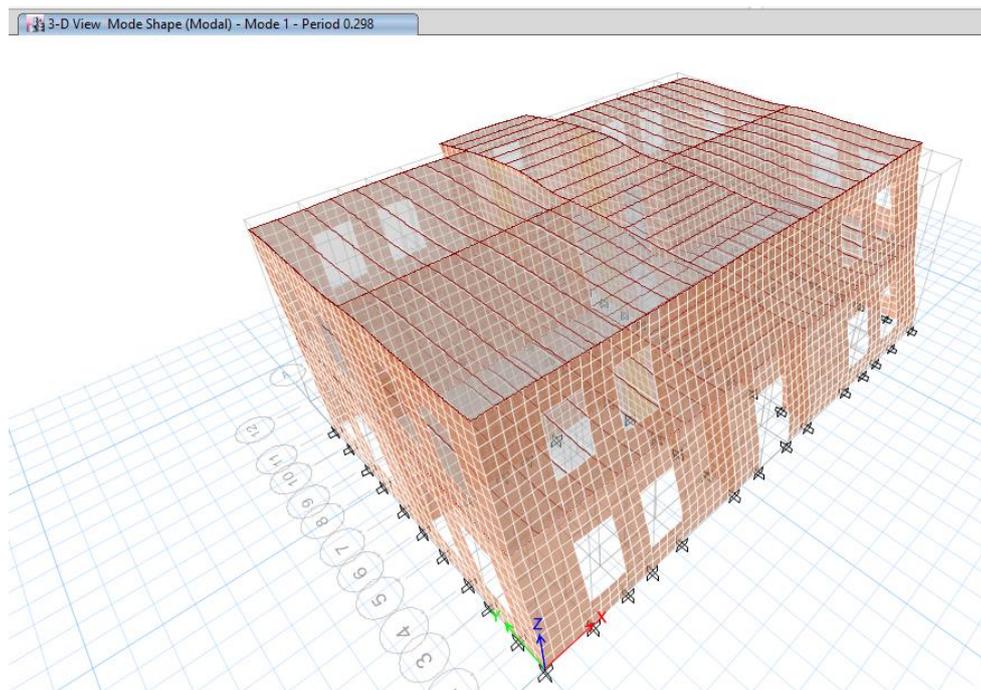


Figura 3.4 Primer modo de vibración del modelo

Como se mencionó en el capítulo anterior, uno de los criterios de aceptación es la densidad de muros en cada dirección (mínimo 1.5%), en la tabla adjunta se indica el área de muros en el eje x y en eje y, considerando el área total en planta de 278.20m².

Tabla 3.4 Densidad de muros de la estructura

Eje	Área de muros (m ²)	d%=Am / At	ESTADO
X	46.33 m ²	17%	OK
Y	21.42 m ²	7.7%	OK

3.5 Esfuerzos en muros

Para el análisis de los muros que dan forma a la escuela, se consideró solamente la mitad de ellos debido a la simetría de la edificación, aquellos sombreados de rojo fueron sujetos de análisis.

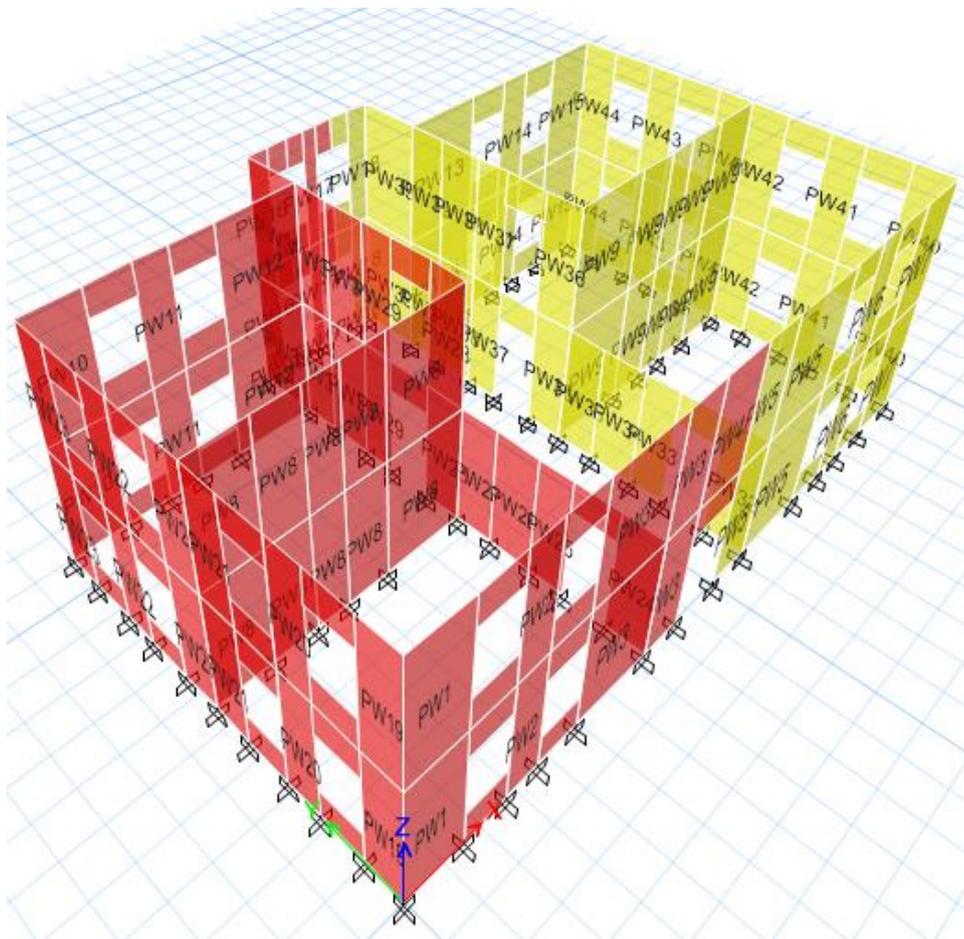


Figura 3.5 Modelo en ETABS

Las combinaciones del método de cargas admisibles mencionadas en la sección 2.2.2 de este documento produjeron una variedad de esfuerzos en los muros, que deben ser contrastados con el esfuerzo admisible a compresión para muros de adobe y se analizaron los casos más desfavorables:

Se analizó los esfuerzos S11 y S22 producidos en el muro de la fachada frontal, cuyos valores oscilan entre -1.20 y 1 Kg/cm² para el primero, mientras que -6.1 y 1 Kg/cm² para S22.

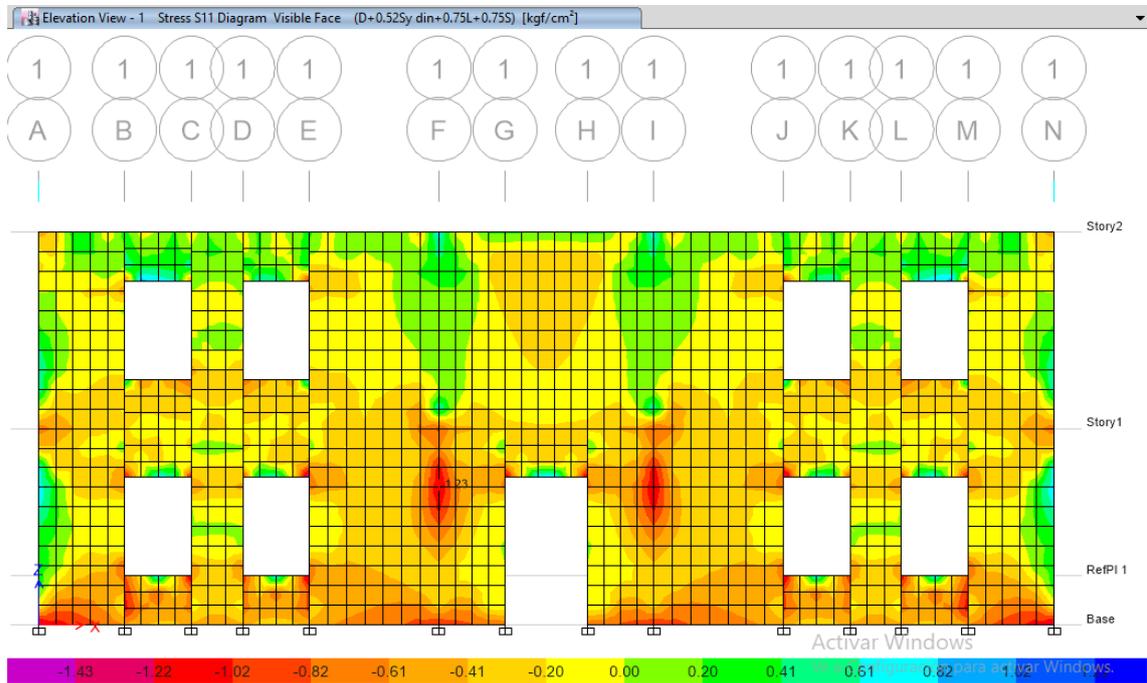


Figura 3.6 Esfuerzos S11 muro 1 Fachada frontal

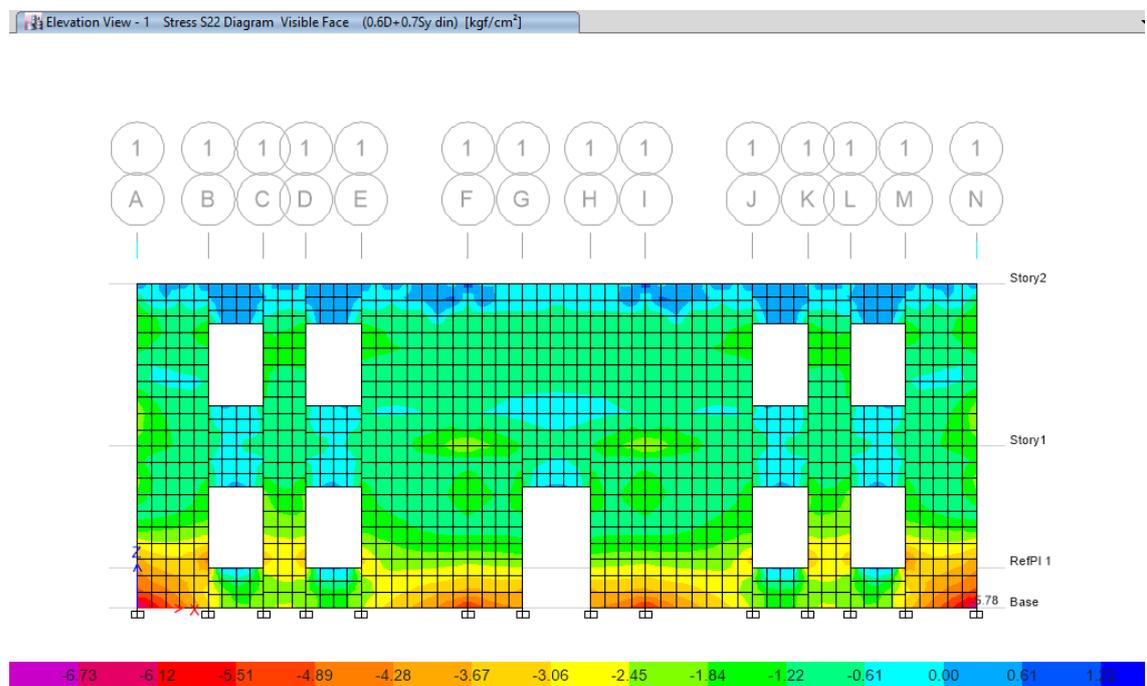


Figura 3.7 Esfuerzos S22 muro 1 Fachada frontal

Se pudo observar además que el muro paralelo al eje Y que divide las aulas del corredor presentó uno de los esfuerzos axiales mayores en el modelo -5.5Kg/cm^2 en S11 y -6.01Kg/cm^2 en S22.

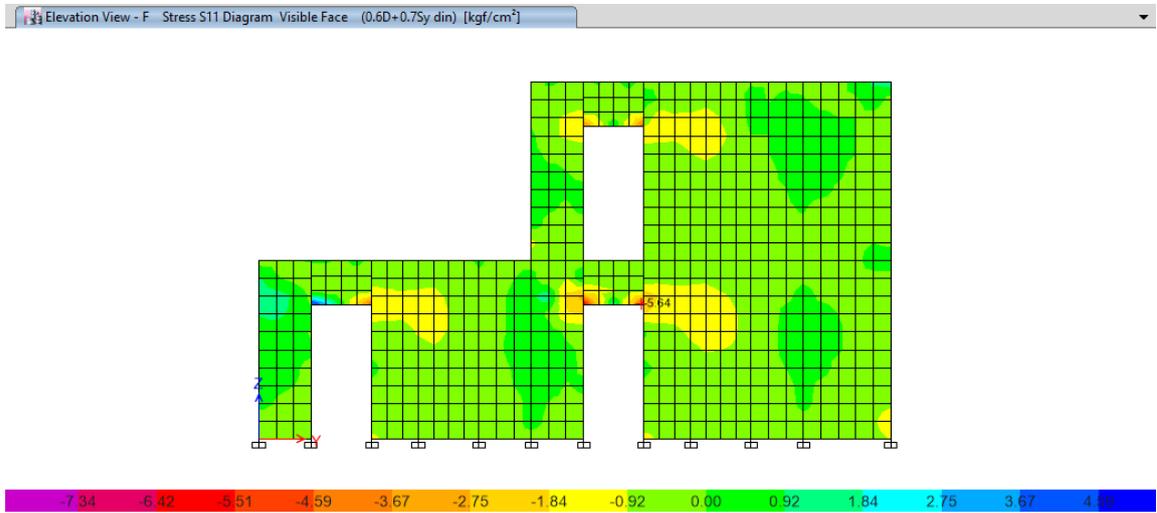


Figura 3.8 Esfuerzos S11 muro F

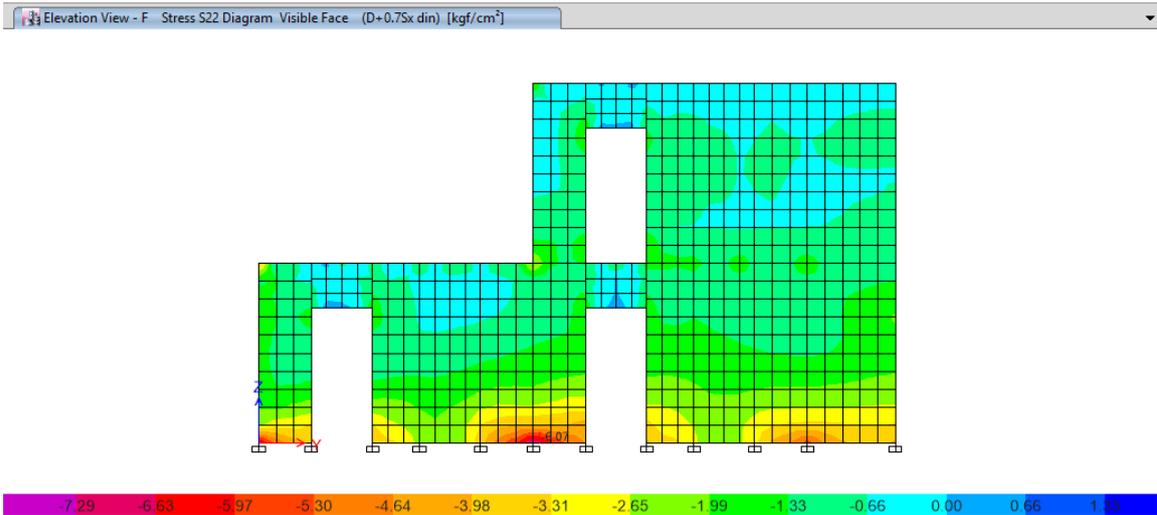


Figura 3.9 Esfuerzos S22 muro F

La tabla a continuación detalla los rangos entre los cuales se encontraron los esfuerzos axiales de los muros de adobe.

Tabla 3.5 Esfuerzos S11 y S22 en muros del modelo

Muro	S11 (kg/cm2)		S22 (kg/cm2)		f'm del adobe (kg/cm2)	ESTADO
1	-1.20	1.00	-6.10	1.00	-6.12	OK
6	-1.50	0.50	-2.20	0.90		OK
11	-2.70	1.30	-5.50	0.60		OK
12	-2.50	1.60	-4.90	0.00		OK
A	-4.90	0.60	-5.30	1.02		OK
F	-5.50	0.90	-6.01	0.90		OK

3.6 Fuerza cortante

La fuerza cortante (V_u) que se generó en los muros se detallan a continuación en las tablas generadas por el programa:

Shear Design

Station Location	ID	Rebar mm ² /m	Shear Combo	P_u tonf	M_u kgf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_n tonf
Top	Leg 1	588	DWal16	5.7088	601.6407	-4.9566	30.5573	47.8013
Bottom	Leg 1	588	DWal17	11.4982	7816.2758	9.1256	26.1002	43.3441

Figura 3.10 Fuerza cortante PW1

Shear Design

Station Location	ID	Rebar mm ² /m	Shear Combo	P_u tonf	M_u kgf-m	V_u tonf	ΦV_c tonf	ΦV_n tonf
Top	Leg 1	588	DWal17	11.8097	20818.7258	-23.0641	64.6376	103.9475
Bottom	Leg 1	588	DWal17	42.9797	79703.0353	36.729	61.1913	100.5011

Figura 3.11 Fuerza cortante PW3

Shear Design

Station Location	ID	Rebar mm ² /m	Shear Combo	P _u tonf	M _u kgf-m	V _u tonf	ΦV _c tonf	ΦV _n tonf
Top	Leg 1	826	DWal17	3.7779	4502.598	21.7353	197.1844	310.0793
Bottom	Leg 1	826	DWal17	73.2511	100889.3235	82.3938	200.1635	313.0585

Figura 3.12 Fuerza cortante PW8

Shear Design

Station Location	ID	Rebar mm ² /m	Shear Combo	P _u tonf	M _u kgf-m	V _u tonf	ΦV _c tonf	ΦV _n tonf
Top	Leg 1	588	DWal15	18.9787	5745.3938	12.1592	45.9625	71.9773
Bottom	Leg 1	588	DWal15	30.1861	21115.0947	-15.8775	41.6555	67.6702

Figura 3.13 Fuerza cortante PW12

Shear Design

Station Location	ID	Rebar mm ² /m	Shear Combo	P _u tonf	M _u kgf-m	V _u tonf	ΦV _c tonf	ΦV _n tonf
Top	Leg 1	588	DWal18	12.3236	6657.2755	9.3066	37.7489	60.9062
Bottom	Leg 1	588	DWal18	19.1843	25884.5743	14.6855	31.122	54.2793

Figura 3.14 Fuerza cortante PW21

Shear Design

Station Location	ID	Rebar mm ² /m	Shear Combo	P _u tonf	M _u kgf-m	V _u tonf	ΦV _c tonf	ΦV _n tonf
Top	Leg 1	588	DWal16	0.576	2672.711	10.6922	16.3626	26.6812
Bottom	Leg 1	588	DWal16	-17.0376	7711.5246	-14.2157	10.6058	20.9244

Figura 3.15 Fuerza cortante PW25

3.7 Ubicación y tipo de refuerzo

Se conoce que el adobe no es capaz de resistir fuerzas de corte, por lo tanto, se analizó el área de refuerzo requerida en cada sección en función de la geometría del muro y de la carga última aplicada de acuerdo con la ecuación 2.4. Se tomó en consideración las mallas mencionadas en la tabla 2.11.

Tabla 3.6 Malla de refuerzo

Muro	Vu tonf	Medidas de ejes			As cm2	As/2 cm2	As cm2/m	Tipo de malla	As malla cm2/m	Malla aplicada
		1	2	3						
PW1	9.13	4	1.74	0.84	4.565	2.283	1.312	4x10	1.257	4x10
PW2	3.75	4	1.04	0.84	1.875	0.938	0.901	4x10	1.257	4x10
PW3	36.73	4	3.96	0.84	18.365	9.183	2.319	5.5x10	2.376	6x10
PW4	21.22	4	1.67	0.84	10.610	5.305	3.177	8x15	3.351	8x15
PW8	82.39	4	8.1	1.18	41.195	20.598	2.543	6x10	2.827	6x10
PW10	6.7	4	1.74	0.84	3.350	1.675	0.963	4x10	1.257	4x10
PW11	3.96	4	1.04	0.84	1.980	0.990	0.952	4x10	1.257	4x10
PW12	-15.88	4	2.62	0.84	7.940	3.970	1.515	5.5x15	1.584	6x10
PW16	3.07	4	0.69	0.84	1.535	0.768	1.112	4x10	1.257	4x10
PW19	5.49	4	1.17	0.84	2.745	1.373	1.173	4x10	1.257	4x10
PW20	6.23	4	1.04	0.84	3.115	1.558	1.498	5.5x15	1.584	6x10
PW21	14.69	4	2.33	0.84	7.345	3.673	1.576	6x15	1.885	6x10
PW23	-5.34	4	1.17	0.84	2.670	1.335	1.141	4x10	1.257	4x10
PW24	9.75	4	1.17	0.84	4.875	2.438	2.083	5.5x10	2.376	6x10
PW25	-14.22	4	1.04	0.84	7.110	3.555	3.418	8x15	3.351	8x15
PW29	-12.83	4	1.04	0.84	6.415	3.208	3.084	8x15	3.351	8x15
PW30	-12.9	4	1.35	0.42	6.450	3.225	2.389	5.5x10	2.376	6x10
PW31	33.37	4	3.11	0.84	16.685	8.343	2.682	6x10	2.827	6x10

El esquema que debe cumplir la metodología empleada son columnas y vigas que confinen el adobe, de esta manera se garantiza que tenga un mejor comportamiento ante fuerzas horizontales; en los gráficos siguientes se visualiza esta configuración.



Figura 3.16 Vista 3D de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada



Figura 3.17 Fachada frontal de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada



Figura 3.18 Fachada lateral de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada



Figura 3.19 Fachada posterior de la estructura con refuerzo de malla electrosoldada

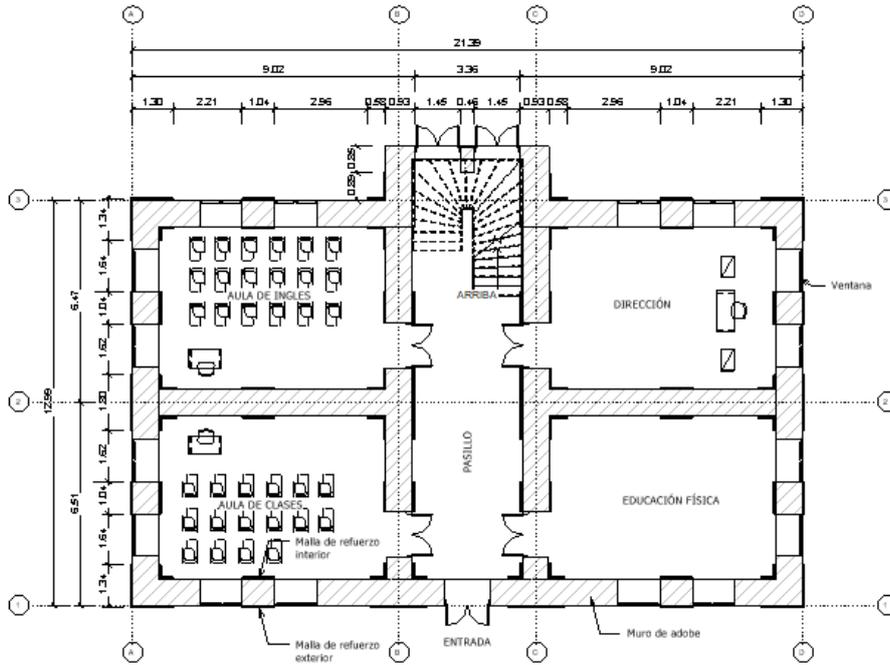


Figura 3.20 Planta baja con refuerzo

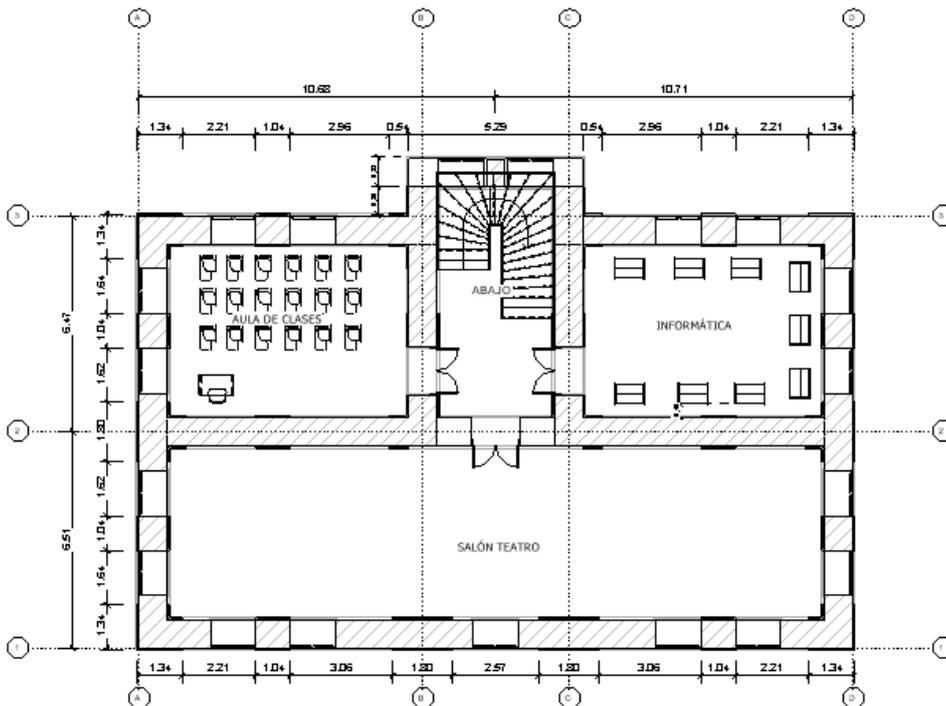


Figura 3.21 Planta alta con refuerzo

3.8 Análisis de costos

Se analizaron 12 rubros para la elaboración del presupuesto, en el cual se considera desde la demolición de las columnas que afectan por golpeteo a la escuela hasta su acabado final para quedar totalmente renovada y disponible para su uso. En los anexos se muestra el análisis de precios unitarios de cada rubro de la lista.

RUBRO	DESCRIPCION	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO USD	PRECIO TOTAL USD
1	CONSTRUCCIÓN DE CASETA 20 M2 (ZINC)	U	1,00	336,01	336,01
2	LIMPIEZA DEL TERRENO	M2	556,00	0,11	61,16
3	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN	M3	12,00	60,60	727,20
4	REPARACIÓN DE MURO SOCAVADO CON BLOQUES ADOBE	M2	2,00	81,31	162,62
5	REPARACIÓN DE FISURAS	ML	150,00	2,50	375,00
6	RETIRO DE RECUBRIMIENTO INTERIOR	M2	783,00	3,27	2.560,41
7	RETIRO DE RECUBRIMIENTO EXTERIOR	M2	377,80	5,84	2.206,35
8	PERFORACIÓN DE ORIFICIOS DE ANCLAJE	M2	783,00	1,15	896,69
9	COLOCACIÓN DE REFUERZO EN PAREDES	M2	1.160,80	11,72	13.604,58
10	ENLUCIDO DE MUROS	M2	1.160,80	6,54	7.591,63
11	PINTURA EN MUROS INTERIOR (Inc. Empaste)	M2	783,00	9,50	7.438,50
12	PINTURA EN MUROS EXTERIOR (Incl. Empaste)	M2	377,80	11,50	4.344,70
TOTAL					40.304,85

3.9 Regularización ambiental

Todo proyecto de construcción debe cumplir el proceso de regularización ambiental que otorga el Ministerio del Ambiente, a través de un permiso ambiental que depende del tipo de actividad, obra o funcionamiento. Existen categorías que clasifican el impacto que genera un proyecto en bajo, medio y alto según la magnitud de la afectación.

Los proyectos categorizados como de alto impacto necesitan obtener una licencia ambiental, los de mediano impacto requieren un registro ambiental, mientras que las actividades de bajo impacto deben solicitar un certificado ambiental.

Para identificar la categoría a la que pertenece este proyecto, se solicitó ayuda al Sistema único de información ambiental mediante su mesa de ayuda, debido a que la rehabilitación de estructuras de adobe no figuraba en su base de datos. La respuesta de parte del SUIA indicó que la descripción de nuestra actividad se clasifica como Construcción de infraestructura civil, la cual sólo necesita un certificado ambiental. Debido a su bajo impacto se recomienda seguir la guía de buenas prácticas ambientales.

Descripción de la actividad	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL
Su trámite corresponde a un(a)	CERTIFICADO AMBIENTAL
Tiempo de emisión	Inmediato.
Costo del trámite	No tiene. (Tiene un costo si existe remoción de cobertura vegetal nativa)

Especifique el rango de operación *

1.0 - 5000.0 superficie en metros cuadrados (m2)

Figura 3.22 Consulta de actividades ambientales

3.9.1 Recomendaciones en fase constructiva

Previo a las actividades de rehabilitación de la escuela, se procederá a la construcción de una caseta de dimensiones son 5 m de frente por 4 m de fondo, destinada para almacenamiento de materiales, herramientas y los equipos necesarios.



Figura 3.23 Ubicación de bodega



Figura 3.24 Sitio donde se ubicará la bodega

Para cumplir con las normas de seguridad se hará entrega de los equipos de protección personal compuestos de casco, gafas, botas, guantes, mascarilla, orejeras y chaleco para el personal encargado de la demolición; a la cuadrilla encargada de la colocación de refuerzo se le proveerá además de los equipos antes mencionados un arnés para su seguridad en los trabajos de altura.



Figura 3.25 Equipos de protección personal

Para reducir las molestias por ruido a las clases impartidas en el plantel, en la intervención de la pared aledaña al bloque nuevo de aulas se usará el martillo eléctrico a partir de las 14h00 una vez culminada la jornada escolar, de igual manera se realizarán los cortes de las mallas en una zona aislada del edificio.

En la elaboración de los bloques de adobe se usará la cantidad de agua indicada en la dosificación para evitar pérdidas, igualmente en la mezcla de mortero a usarse para enlucido de las paredes.

La rehabilitación de la pared junto al bloque nuevo se ejecutará en horas posteriores a las clases para evitar molestias, mientras que los cortes de las mallas se podrán realizar en una zona aislada del edificio.

Para la rehabilitación de la escuela Rafael Bazante es necesario la demolición de dos paredes de ladrillo del edificio de aulas nuevas, también de las columnas y losa de hormigón del bar ubicado junto a la pared de adobe. Los desechos de hormigón y acero proveniente de la demolición y los residuos de pintura deben ser alojados provisionalmente en el centro de acopio ubicado en la parte trasera del patio.



Figura 3.26 Ubicación del centro de acopio

Los desechos que se generen de todas las actividades deben ser separados, aquellos que son producto de la demolición y los restos de pinturas que son considerados peligrosos de acuerdo con el listado nacional de desechos peligrosos (Acuerdo ministerial 142), serán depositados en el botadero Curgua de la ciudad de Guaranda. El acero obtenido de la demolición será reciclado.

Tabla 3.7 Desechos peligrosos generados

CIU	Descripción de categorías	CRITB	Código	Código Basilea
C16	Desechos de resinas alquídicas, poliéster, acrílicas, poliamidas, epóxicas, formaldehído-urea, fenol-formaldehído, poliuretano, barnices, pinturas que contengan sustancias peligrosas	T,I,C, R (2)	C.16.05	Y13

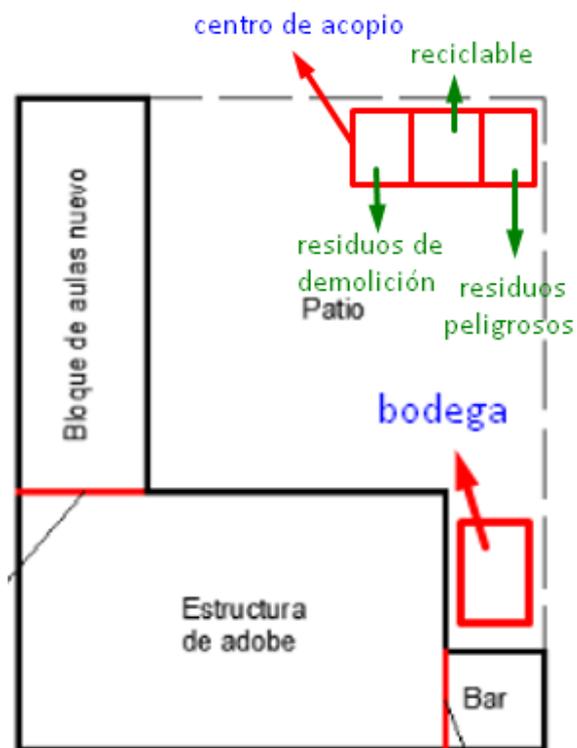


Figura 3.27 Manejo de desechos generados

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se analizó que las estructuras construidas con el material adobe, poseen generalmente muros de gran espesor (entre 25cm a 1m), lo que las convierte en estructuras extremadamente pesadas lo cual repercute en cargas gravitacionales de gran magnitud hacia el suelo de cimentación. Esta gran densidad de muros hace que la estructura sea bastante rígida, lo cual puede conducir a fallas frágiles, las cuales son peligrosas al manifestarse de manera súbita sin dar tiempo a los ocupantes de abandonar el sitio.

Se observó que las deformaciones verticales máximas de 12mm obtenidas en las vigas de madera con claro de 6m están por debajo de las deformaciones permisibles de 16mm calculadas para este material, esto indica que su comportamiento es el correcto para sostener las cargas permanentes y sobrecargas que actúan en la edificación. A pesar de ser vigas con grandes claros, se destaca la gran ductilidad de la madera para resistir grandes deformaciones y a su vez la poca separación entre vigas (60cm) disminuye la carga tributaria que debe soportar cada una.

Se comprobó que este tipo de estructuras conformadas por muros posee un período fundamental bajo, en este caso de 0,29 segundos lo cual indica su gran rigidez. Esto impide que existan grandes deformaciones laterales ante fuerzas de sismo, por lo que las derivas en ambas direcciones cumplen con las máximas admisibles indicadas en la NEC15.

Mediante la valoración de las fallas existentes en la estructura, se concluye que los sectores afectados y los propensos a futuros daños por eventos sísmicos se deben al pobre desempeño del adobe frente a esfuerzos cortantes y de tracción, esto se debe a la baja cohesión entre los elementos, una mezcla pobre y la elaboración artesanal de los bloques que no cumplen con un control de calidad, además del método constructivo

sin regulaciones de la época. La solución propuesta busca mejorar el comportamiento de la estructura minimizando el impacto a la composición de los materiales existentes.

Luego de analizar las posibles soluciones para reforzar la estructura, se consideró que la malla ofrece un mejor confinamiento de los muros, permitiendo crear un sistema que se comporte como columnas y vigas que mejoren el desempeño de la edificación ante cualquier tipo de carga aplicada.

Debido a que las demandas sísmicas en el sentido "Y" son mayores que en la dirección "X", se implementarán mallas de mayor dimensión que contrarresten los esfuerzos de corte que son perjudiciales para los muros de adobe. De acuerdo con la ecuación las mallas en el sentido "Y" tendrán una medida de 8x15 cm, mientras que en el sentido "X" serán de 4x10 cm.

Mediante la ejecución del presupuesto de obra de rehabilitación se determinó que el costo por metro cuadrado es de \$72,49 lo cual refleja un valor económico respecto al daño considerable que presenta la estructura.

4.2 Recomendaciones

Para obtener mejores resultados se recomienda realizar un prototipo a escala de la edificación imitando las características mecánicas de los materiales del sitio con su configuración constructiva y aplicarle fuerzas que simulen el sismo para verificar los lugares más vulnerables que deben ser reforzados. De igual manera, se puede hacer prototipos a escala de la edificación con las diferentes propuestas de reforzamiento, a fin de evaluar el desempeño de cada una y poder seleccionar la que resista mejor a las demandas de esfuerzos presentados.

Para simplificar el proceso de colocación del refuerzo en la construcción es ideal el uso de un mismo tipo de malla, con el fin de optimizar el tiempo y reducir los errores que puedan incurrir en costos adicionales.

Para obtener resultados más exactos en la modelación de la estructura en el programa ETABS, se recomienda realizar un análisis no lineal tiempo historia con datos que simulen de forma más precisa las aceleraciones en el suelo provocadas por el sismo del 6 de septiembre del 2018; la aplicación de este método implicaría la reducción de la cuantía de refuerzo necesaria, reduciendo los costos de rehabilitación.

BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFÍA

Arias, R. (2004). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Colombia: AIS.

Astorga, A. (2009). *Causas, Identificación y posible Solución para las Fisuras*. Venezuela: CIGIR.

Campos, A. (1993). *Manual para la Construcción de Viviendas de Adobe*. Lima: Victor Castillo M.

Norma Chilena. (2013). *Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural*. Chile.

Fierro, M. (2011). *Estudio de un sistema de refuerzo para estructuras de adobe*. Chile.

Giesecke, A. (1997). *Manual Técnico para el Reforzamiento de las Viviendas de Adobe Existentes en la Costa en la Costa y la Sierra*. Lima, Perú.

Lario, J. (16 de Nov de 2012). *Jorge Martinez Larios*. Obtenido de <http://jorgemartinezlarios.com>

Lorca, P. (2010). *Guía de evaluación previa de daños sísmicos*. Chile.

Miranda, R. y. (2010). *Patologías en edificaciones de adobe*. Perú.

NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Ecuador.

ANEXOS

ANEXO A: Planos

ORGANIZACIÓN:
PROYECTO INTEGRADOR

UBICACIÓN:
 San José de Chimbo, provincia de Bolívar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

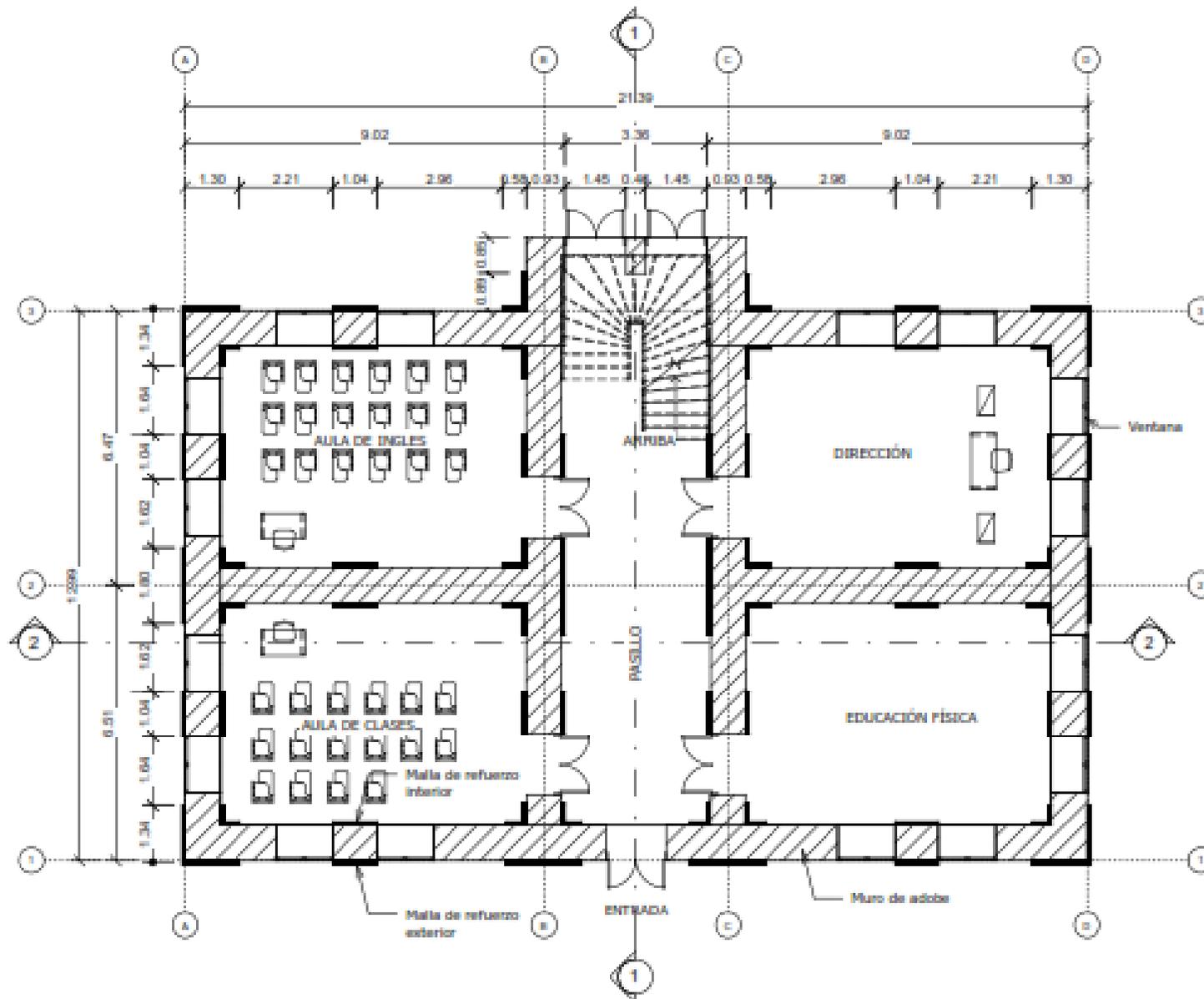
PROYECTO:
REHABILITACIÓN DE ESCUELA RAFAEL J. BAZANTE

CONTENIDO:
 Refuerzo planta baja

AUTOR:
 Heidy Madruero & Jordi Lenos

APROBADO POR:
 ESPOL

FECHA:	ESCALA:	LÁMINA:
01/31/19	1 : 100	1/4



1 Planta Baja
 1/4 1:100

Muro de adobe 
 Malla de refuerzo 

ORGANIZACIÓN:
PROYECTO INTEGRADOR

UBICACIÓN:
 San José de Chimbo, provincia de Bolívar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

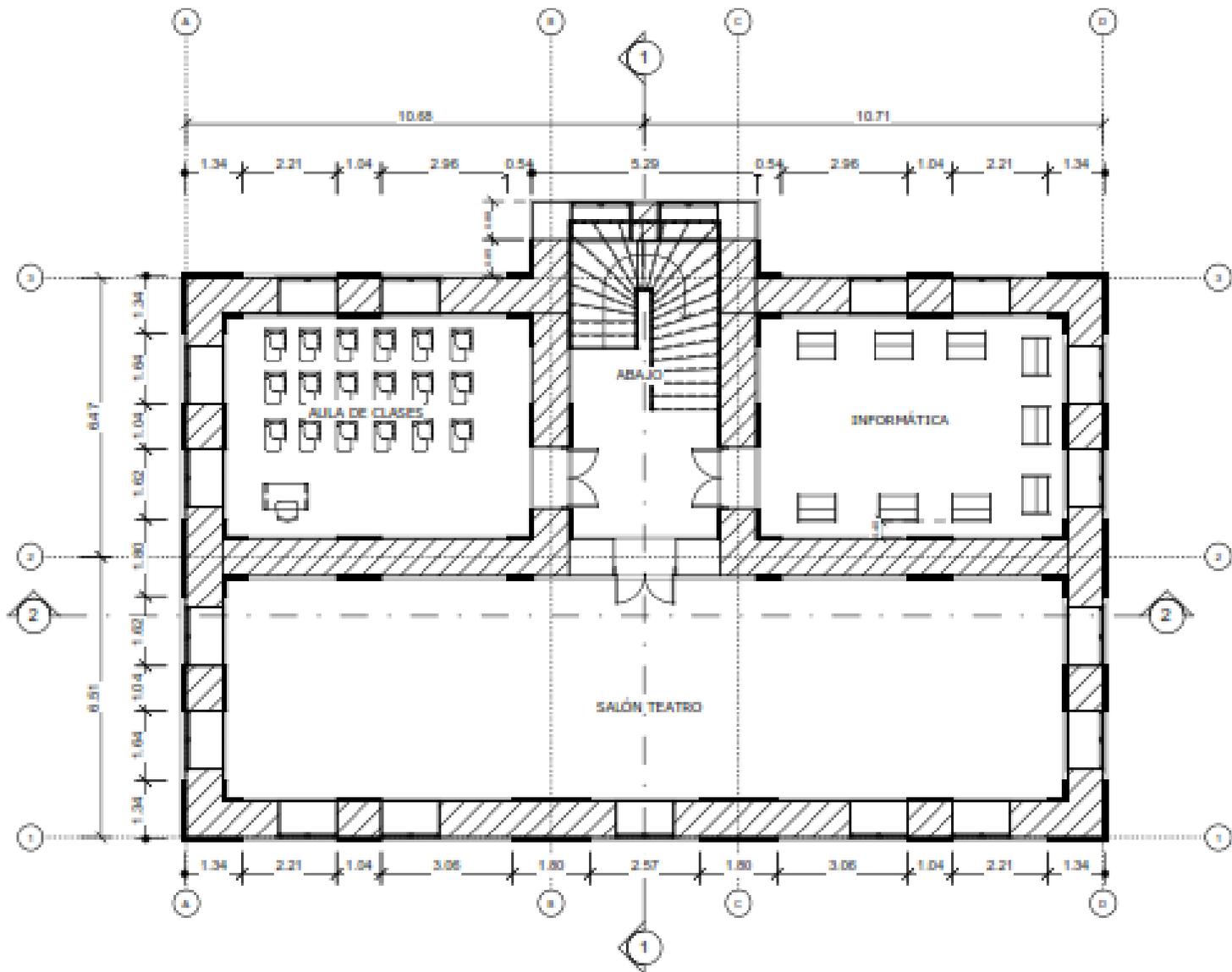
PROYECTO:
REHABILITACIÓN DE ESCUELA RAFAEL J. BAZANTE

CONTENIDO:
 Refuerzo planta alta

AUTOR:
 Heidy Madruero & Jordi Lenzo

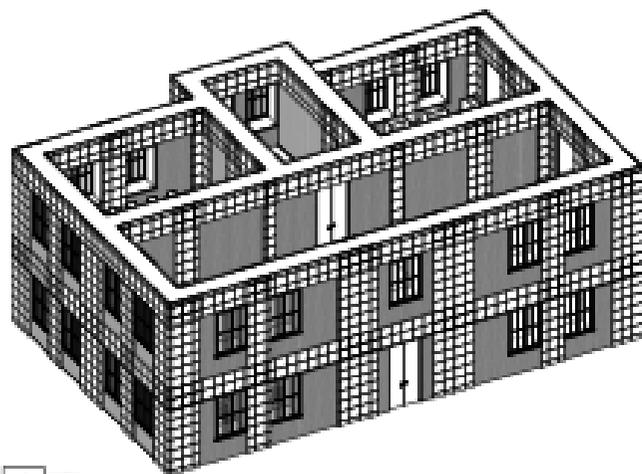
APROBADO POR:
 Autorizador

FECHA: 01/13/19	ESCALA: 1 : 100	LÁMINA: 2/4
---------------------------	---------------------------	-----------------------

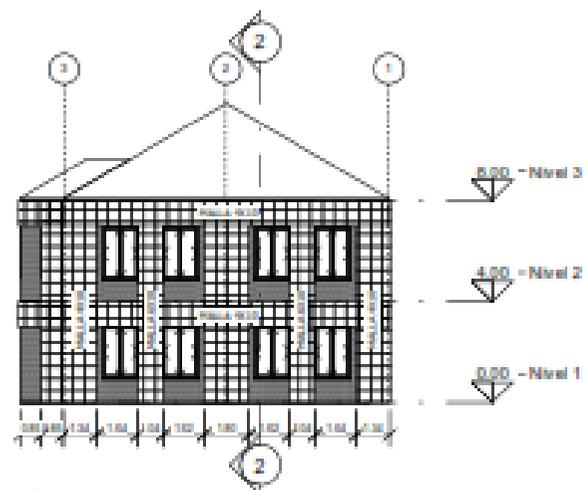


1 Planta Alta
 2/4 1 : 100

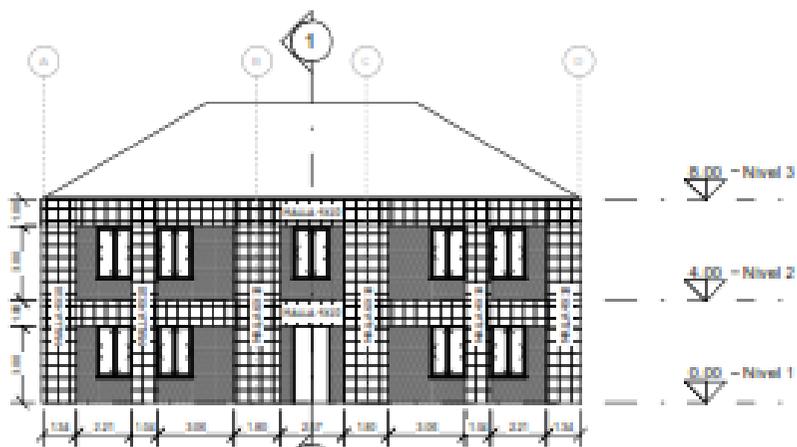
Muro de adobe 
 Malla de refuerzo 



1
3/4



2 Lateral
3/4 1 : 200



3 Frontal
3/4 1 : 200



4 Posterior
3/4 1 : 200

ORGANIZACIÓN:
PROYECTO INTEGRADOR

UBICACIÓN:
San José de Chimbo, provincia de Bolívar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

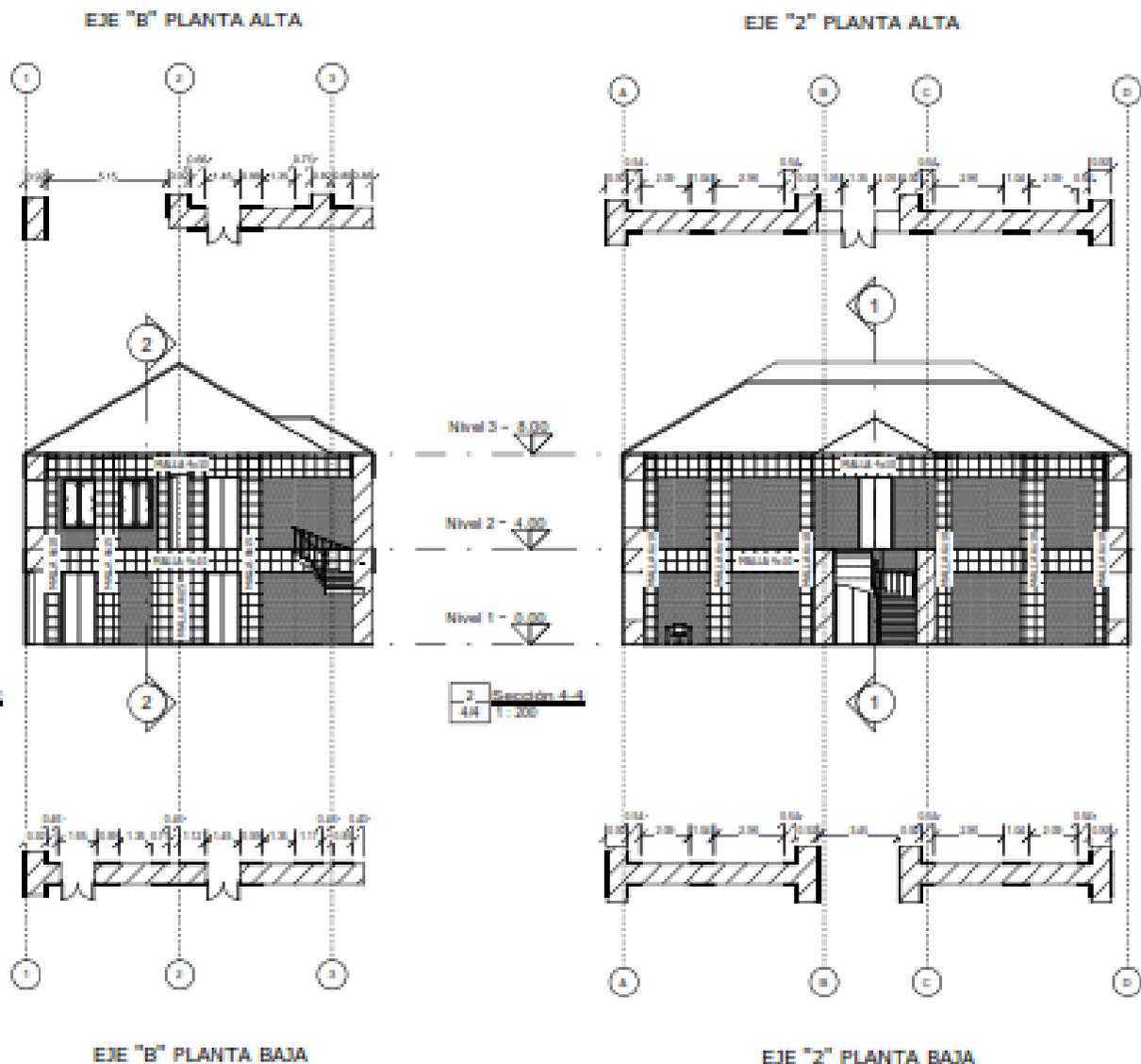
PROYECTO:
REHABILITACIÓN DE ESCUELA RAFAEL J. BAZANTE

CONTENIDO:
Refuerzo en fachadas

AUTOR:
Heidy Machufren & Jordi Lemos

APROBADO POR:
Autorizador

FECHA: 01/13/19	ESCALA: 1 : 200	LÁMINA: 3/4
--------------------	--------------------	----------------



ORGANIZACIÓN:
 PROYECTO INTEGRADOR

UBICACIÓN:
 San José de Chimbo, provincia de Bolívar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

PROYECTO:
 REHABILITACIÓN DE ESCUELA RAFAEL J. BAZANTE

CONTENIDO:
 Refuerzo en muros interiores

AUTOR:
 Heidy Madruero & Jordi Lema

APROBADO POR:
 Autorizador

FECHA: 01/31/19	ESCALA: 1 : 200	LÁMINA: 4/4
---------------------------	---------------------------	-----------------------

ANEXO B: Análisis de precios unitarios

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 1,00 UNIDAD: U

DETALLE: CONSTRUCCIÓN DE CASETA 20 M2 (ZINC)

RENDIMIENTO 0,25 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					2,1900
SUBTOTAL M =					2,1900

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,5100	7,0200	4,0000	28,0800
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	3,9300	3,9300	4,0000	15,7200
SUBTOTAL N =					43,8000

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Tablas de Encofrado semidura	u	15,0000	4,5000	67,5000
Cuartones 2x4x4 chanul	u	7,0000	5,4000	37,8000
Cuartones 2x4x5 chanul	u	2,0000	8,0000	16,0000
Cuartones 2x5x4 chanul	u	6,0000	7,8000	46,8000
Plancha de zinc de 8'	u	10,0000	4,0000	40,0000
Plancha de zinc de 10'	u	5,000	5,0000	25,0000
Clavo 2" x 8	Lb	1,000	0,9200	0,9200
SUBTOTAL O =				234,0200

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		280,0100
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	56,0020
OTROS INDIRECTOS	%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO		336,0120
VALOR OFERTADO	\$	336,01

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 2,00 UNIDAD: M2

DETALLE: LIMPIEZA DEL TERRENO

RENDIMIENTO 150 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,0030
SUBTOTAL M =					0,0030

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,5100	7,0200	0,0067	0,0468
Maestro (estr.ocp. C1)	0,500	3,9300	1,9650	0,0067	0,0131
SUBTOTAL N =					0,0599

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Escoba	u	0,0039	8,0000	0,0312
SUBTOTAL O =				0,0312

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		0,0941
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	0,0188
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		0,1129
VALOR OFERTADO	\$	0,11

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 3,00 UNIDAD: M3

DETALLE: DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

RENDIMIENTO 0,5 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					1,7970
Martillo Eléctrico 27kg	1,000	4,3800	4,3800	2,0000	8,7600
Amoladora	1,000	2,0000	2,0000	2,0000	4,0000
SUBTOTAL M =					14,5570

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	4,000	3,5100	14,0400	2,0000	28,0800
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	3,9300	3,9300	2,0000	7,8600
SUBTOTAL N =					35,9400

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O =				0,0000

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)	50,4970
INDIRECTOS Y UTILIDAD ... 20,00%	10,0994
OTROS INDIRECTOS %	
COSTO TOTAL DEL RUBRO	60,5964
VALOR OFERTADO	\$ 60,60

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 4,00 UNIDAD: M2

DETALLE: REPARACIÓN DE MURO SOCA VADO CON BLOQUES ADOBE

RENDIMIENTO 0,75 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,8357
SUBTOTAL M =					0,8357

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,5100	7,0200	1,3333	9,3600
Maestro (estr.ocp. C1)	0,500	3,9300	1,9650	1,3333	2,6200
Albañil (estr.ocp. D2)	1,000	3,5500	3,5500	1,3333	4,7333
SUBTOTAL N =					16,7133

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Arena	m3	0,0431	12,7000	0,5474
Agua	m3	0,0431	1,5000	0,0647
Bloques de adobe	u	45,000	1,1000	49,5000
SUBTOTAL O =				50,1121

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
Trans. de material pétreo	10	m3/km	0,0431	0,220	0,0948
SUBTOTAL P =					0,0948

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		67,7559
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	13,5512
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		81,3071
VALOR OFERTADO	\$	81,31

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 5,00 UNIDAD: ML

DETALLE: REPARACIÓN DE FISURAS

RENDIMIENTO 20 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,0275
SUBTOTAL M =					0,0275

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	1,000	3,5100	3,5100	0,0500	0,1755
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	3,9300	3,9300	0,0500	0,1965
Albañil (estr.ocp. D2)	1,000	3,5500	3,5500	0,0500	0,1775
SUBTOTAL N =					0,5495

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Juntacryl Aditec sellador de fisuras	kg	0,2500	6,0167	1,5042
SUBTOTAL O =				1,5042

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		2,0812
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	0,4162
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		2,4974
VALOR OFERTADO	\$	2,50

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 6,00 UNIDAD: M2

DETALLE: RETIRO DE RECUBRIMIENTO INTERIOR

RENDIMIENTO 6 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O Módulo de andamio	1,000	2,0000	2,0000	0,1250	0,1177 0,2500
SUBTOTAL M =					0,3677

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,5100	7,0200	0,1667	1,1700
Albañil (estr.ocp. D2)	2,000	3,5500	7,1000	0,1667	1,1833
SUBTOTAL N =					2,3533

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O =				0,0000

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		2,7210
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	0,5442
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		3,2652
VALOR OFERTADO	\$	3,27

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 7,00 UNIDAD: M2

DETALLE: RETIRO DE RECUBRIMIENTO EXTERIOR

RENDIMIENTO 4 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O Módulo de andamio	3,000	2,0000	6,0000	0,1935	0,1765 1,1610
SUBTOTAL M =					1,3375

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,5100	7,0200	0,2500	1,7550
Albañil (estr.ocp. D2)	2,000	3,5500	7,1000	0,2500	1,7750
SUBTOTAL N =					3,5300

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O =				0,0000

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		4,8675
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	0,9735
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		5,8410
VALOR OFERTADO	\$	5,84

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 8,00 UNIDAD: M2

DETALLE: PERFORACIÓN DE ORIFICIOS DE ANCLAJE

RENDIMIENTO 14 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Taladro	2,000	2,5000	5,0000	0,0625	0,3125
SUBTOTAL M =					0,3125

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,5100	7,0200	0,0714	0,5014
Maestro (estr.ocp. C1)	0,500	3,9300	1,9650	0,0714	0,1404
SUBTOTAL N =					0,6418

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL O =				0,0000

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)				0,9543
INDIRECTOS Y UTILIDAD ... 20,00%				0,1909
OTROS INDIRECTOS %				
COSTO TOTAL DEL RUBRO				1,1452
VALOR OFERTADO				\$ 1,15

NOMBRE DEL PROponente:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 9,00 UNIDAD: M2

DETALLE: COLOCACIÓN DE REFUERZO EN PAREDES

RENDIMIENTO 6 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,1504
SUBTOTAL M =					0,1504

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	2,000	3,5100	7,0200	0,1667	1,1700
Maestro (estr.ocp. C1)	1,000	3,9300	3,9300	0,1667	0,6550
Fierrero (estr.ocp. D2)	2,000	3,5500	7,1000	0,1667	1,1833
SUBTOTAL N =					3,0083

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Malla electrosoldada 4x10	m2	0,710	2,3500	1,6685
Malla electrosoldada 6x10	m2	0,310	3,6500	1,1315
Malla electrosoldada 8x15	m2	0,120	4,7000	0,5640
Alambre #8	ml	32,400	0,1000	3,2400
SUBTOTAL O =				6,6040

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		9,7627
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	1,9525
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		11,7152
VALOR OFERTADO	\$	11,72

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 10,00 UNIDAD: M2

DETALLE: ENLUCIDO DE MUROS

RENDIMIENTO 6 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O					0,1929
SUBTOTAL M =					0,1929

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	3,000	3,5100	10,5300	0,1667	1,7550
Maestro (estr.ocp. C1)	0,500	3,9300	1,9650	0,1667	0,3275
Albañil (estr.ocp. D2)	3,000	3,5500	10,6500	0,1667	1,7750
SUBTOTAL N =					3,8575

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Cemento tipo I(50 kg)	saco	0,1500	7,7000	1,1550
Arena	m3	0,0150	12,7000	0,1905
Agua	m3	0,0350	1,5000	0,0525
SUBTOTAL O =				1,3980

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		5,4484
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	1,0897
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		6,5381
VALOR OFERTADO	\$	6,54

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 11,00 UNIDAD: M2

DETALLE: PINTURA EN MUROS INTERIOR (Inc. Empaste)

RENDIMIENTO 6 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O Módulo de andamio	3,000	2,0000	6,0000	0,4800	0,1929 2,8800
SUBTOTAL M =					3,0729

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	3,000	3,5100	10,5300	0,1667	1,7550
Maestro (estr.ocp. C1)	0,500	3,9300	1,9650	0,1667	0,3275
Pintor (estr.ocp. D2)	3,000	3,5500	10,6500	0,1667	1,7750
SUBTOTAL N =					3,8575

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Pintura de Latex interior	gln	0,0600	6,3200	0,3792
Brocha de 4" de mango rojo	u	0,0100	5,1000	0,0510
Rodillo manual de pintura	u	0,0050	5,0000	0,0250
Condorempaste profesional interior	kg	1,0500	0,4725	0,4961
Lija	plg	0,0530	0,6000	0,0318
SUBTOTAL O =				0,9831

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		7,9135
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	1,5827
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		9,4962
VALOR OFERTADO	\$	9,50

NOMBRE DEL PROPONENTE:**PROYECTO:** REHABILITACIÓN ESCUELA RAFAEL BAZANTE**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

RUBRO: 12,00 UNIDAD: M2

DETALLE: PINTURA EN MUROS EXTERIOR (Incl. Empaste)

RENDIMIENTO 5 **Unidades/hora****EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta menor 5 % M/O Módulo de andamio	3,000	2,0000	6,0000	0,4800	0,2315 2,8800
SUBTOTAL M =					3,1115

MANO DE OBRA

DESCRIPCION (CATEGORIAS)	CANTIDAD A	JORNAL /HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peon (estr.ocp. E2)	3,000	3,5100	10,5300	0,2000	2,1060
Maestro (estr.ocp. C1)	0,500	3,9300	1,9650	0,2000	0,3930
Pintor (estr.ocp. D2)	3,000	3,5500	10,6500	0,2000	2,1300
SUBTOTAL N =					4,6290

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B
Pintura de Latex interior	gln	0,0600	6,3200	0,3792
Brocha de 4" de mango rojo	u	0,0100	5,1000	0,0510
Rodillo manual de pintura	u	0,0050	5,0000	0,0250
Condorempaste para exteriores	kg	1,0500	1,2925	1,3571
Lija	plg	0,0530	0,6000	0,0318
SUBTOTAL O =				1,8441

TRANSPORTE

DESCRIPCION	DISTANCIA (km)	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B*distancia
SUBTOTAL P =					0,0000

TOTAL COSTO DIRECTOS X=(M+N+O+P)		9,5846
INDIRECTOS Y UTILIDAD ...	20,00%	1,9169
OTROS INDIRECTOS %		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		11,5015
VALOR OFERTADO	\$	11,50