



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS DE LA URBANIZACIÓN BELLA VISTA DE LA CIUDAD DE ABANCAY – APURÍMAC.”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE **INGENIERO CIVIL**, QUE PRESENTAN LOS BACHILLERES

MÁXIMO HUASHUA HUARCAYA
ALEX SÁNCHEZ CONTRERAS

ASESOR DE TESIS
ING. HUGO VIRGILIO ACOSTA VALER

ABANCAY-APURÍMAC-PERÚ
MAYO - 2017.



AGRADECIMIENTOS

A Dios por todas las bendiciones derramadas y por brindarnos la fortaleza necesaria para superar todos los obstáculos y dificultades en nuestro proceso de formación profesional.

A nuestros padres y familiares por el apoyo fiel e incondicional durante todos estos años de esfuerzo y dedicación.

A nuestro asesor de tesis el Ing. Hugo Virgilio ACOSTA VALER, por su ayuda constante y sus oportunas recomendaciones para el desarrollo del proceso investigativo del presente trabajo de grado.

A nuestros amigos y compañeros de estudio por tantos momentos compartidos



DEDICATORIA

A DIOS

Por mostrarme cada día que tan bella
puede ser la vida y que siempre hay una
luz para creer en nuestra existencia.

A MIS PADRES

Valentín y Primitiva, que se han esforzado
tanto para que yo sea un profesional.
A ellos, muchas gracias.

A MI FAMILIA

Por el apoyo constante en todo momento y
ser parte siempre de mis alegrías y tristezas,
y de mis logros y fracasos.

A MIS HERMANOS

Clemencia, Juan, Efraín, Valentín y Ruth.
A mi angelito hermano Isaac que descansa
en paz.

A MIS HIJAS

Naomi y Valeria por ser mi motor y motivación
para seguir adelante.

Máximo Huashua Huarcaya



DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A MI MADRE Y TIO

A mi madre maruja y mi tío Beltrán (QEPD) Quienes me dieron su amor y cariño en todo momento.

A MI PADRE

Para mi padre Tomas, por su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.

A MIS HERMANOS

Mis hermanos, Alberth, Elmer, Emerson, Anderson por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A MI FAMILIA

Dedico esta tesis a mi familia que tanto amo y siempre me dio el cariño y apoyo suficiente para lograr mis objetivos

Alex Sánchez Contreras



RESUMEN

En el presente trabajo se evalúan la vulnerabilidad y el daño sísmico de viviendas autoconstruidas en la Urbanización de Bella Vista de la ciudad de Abancay a partir de un método cualitativo denominado índice de vulnerabilidad, donde se realizó una inspección visual y detallada mediante encuestas, mediciones y levantamiento de viviendas, comprendiendo de esta forma una investigación de tipo descriptivo.

Para ello se ha analizado las características técnicas, así como los errores arquitectónicos, constructivos y estructurales de viviendas construidas, Además se identifican los principales factores propios o externos a las viviendas, que pueden afectar negativamente su comportamiento sísmico. Luego, se determina para estas viviendas su vulnerabilidad sísmica y se estima cuáles podrían ser los daños después de un sismo a intensidades VI, VII, VIII y IX según los registros de eventos sísmicos en Apurímac (Cuadro 1.3).

Para recolectar la información para este trabajo de tesis se encuestaron 48 viviendas en 02 Urbanizaciones de Bella Vista Alta y Baja de la ciudad de Abancay, que se seleccionaron por sus características morfológicas, por la presencia de viviendas autoconstruidas de albañilería confinada. La información de campo se recolectó en fichas de encuesta, en las que se recopiló datos de ubicación, proceso constructivo, estructuración, y calidad de la construcción necesarios para la evaluación de vulnerabilidad sísmica.



INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 5 |
| PROLOGO..... | 19 |
| CAPITULO I..... | 21 |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 21 |
| 1.1 Generalidades | 21 |
| 1.2 Justificación del estudio..... | 29 |
| 1.3 Planteamiento del Problema..... | 30 |
| 1.3.1 Descripción del problema | 30 |
| 1.3.2 Formulación del Problema..... | 35 |
| 1.4 Objetivos..... | 35 |
| 1.4.1 Objetivo Principal..... | 35 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos. | 35 |
| 1.5 Población y Muestra | 36 |
| 1.5.1 Población..... | 36 |
| 1.5.2 Muestra..... | 37 |
| CAPITULO II..... | 39 |
| 2 ASPECTOS GENERALES..... | 39 |
| 2.1 Ubicación de la Urbanización Bella Vista | 39 |
| 2.2 Características físicas de la zona | 40 |
| 2.2.1 Territorio | 40 |
| 2.2.2 Clima y temperatura | 41 |
| 2.2.3 Fisiografía..... | 41 |
| 2.2.4 Hidrografía..... | 41 |
| 2.2.5 Topografía | 42 |



| | | |
|--------------------------|--|-----------|
| 2.3 | Geología y Geomorfología..... | 43 |
| 2.3.1 | Características geológicas..... | 43 |
| 2.3.2 | Geomorfológica de la ciudad de Abancay | 54 |
| 2.4 | Tipos de Suelos en la Ciudad de Abancay | 55 |
| 2.5 | Estudio de suelos de la urbanización bella vista..... | 58 |
| 2.5.1 | Trabajo de Campo | 58 |
| 2.5.2 | Muestreo y registros de Exploración..... | 59 |
| 2.5.3 | Ensayos de Caracterización Física..... | 60 |
| 2.5.4 | Clasificación de suelo | 60 |
| 2.5.5 | Perfil Estratigráfico..... | 61 |
| 2.5.6 | Análisis de la Cimentación..... | 65 |
| 2.5.7 | Mapa de Esfuerzo Admisible de la Ciudad de Abancay | 66 |
| 2.5.8 | Calculo de Capacidad de carga Admisible | 67 |
| 2.5.9 | Agresión del suelo al concreto de la cimentación..... | 68 |
| 2.5.10 | La reptación de suelo | 70 |
| CAPITULO III..... | | 71 |
| 3 | MARCO TEÓRICO..... | 71 |
| 3.1 | Aspectos Sísmológicos..... | 71 |
| 3.2 | Primeras teorías del origen de los sismos | 72 |
| 3.3 | Teoría de las Placas Tectónicas..... | 73 |
| 3.3.1 | Placas Tectónicas..... | 74 |
| 3.3.2 | Desplazamiento de las Placas Tectónicas | 75 |
| 3.3.3 | Origen de los sismos Peruanos..... | 76 |
| 3.4 | Sismicidad global..... | 77 |
| 3.5 | Sismicidad en el Perú | 80 |



| | | |
|-------------------------|---|------------|
| 3.6 | Sismicidad en el Departamento de Apurímac..... | 82 |
| 3.6.1 | Antecedentes Sísmicos en el Departamento de Apurímac..... | 82 |
| 3.6.2 | Riesgo Sísmico del Departamento de Apurímac | 84 |
| 3.7 | Evaluación de la sismicidad..... | 86 |
| 3.7.1 | Medida de los sismos | 87 |
| 3.7.2 | Intensidad sísmica | 92 |
| 3.7.3 | Energía de un sismo | 95 |
| 3.8 | Daño en las edificaciones..... | 96 |
| CAPITULO IV..... | | 100 |
| 4 | METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES EXISTENTES..... | 100 |
| 4.1 | Vulnerabilidad sísmica..... | 100 |
| 4.2 | Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica | 102 |
| 4.2.1 | Métodos Analíticos | 103 |
| 4.2.2 | Métodos Cualitativos | 109 |
| 4.3 | Metodología elegida para evaluar la vulnerabilidad sísmica..... | 123 |
| 4.4 | Método del Índice de Vulnerabilidad..... | 125 |
| 4.4.1 | Índice de Vulnerabilidad | 126 |
| 4.4.2 | Índice de Vulnerabilidad para construcciones de albañilería confinada..... | 126 |
| 4.4.3 | Correlaciones del índice de vulnerabilidad con el índice global de daño..... | 128 |
| 4.4.4 | Índice de Vulnerabilidad para construcciones de concreto armado..... | 131 |
| CAPITULO V..... | | 136 |
| 5 | EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA CON EL METODO DE INDICE DE VULNERABILIDAD EN LA URB. BELLA VISTA- ABANCAY..... | 136 |
| 5.1 | Selección de la zona de estudio | 136 |
| 5.2 | Adaptación del método de Índice de Vulnerabilidad | 137 |



| | | |
|------------------|--|-----|
| 5.3 | Cálculo del Índice de Vulnerabilidad..... | 139 |
| 5.3.1 | Descripción de parámetros, clases A, B, C y D que representan la condición de calidad y resultados de evaluación en campo..... | 140 |
| 5.3.2 | Resultados del índice de vulnerabilidad | 169 |
| 5.3.3 | Cálculo del índice de daño | 171 |
| CAPITULO VI..... | | 176 |
| 6 | PROBLEMAS EN AUTOCONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS DE LA URBANIZACION BELLA VISTA-ABANCAY..... | 176 |
| 6.1 | Ubicación de las Viviendas..... | 176 |
| 6.1.1 | Viviendas sobre rellenos..... | 176 |
| 6.1.2 | Viviendas en zonas de pendiente pronunciada | 177 |
| 6.1.3 | Viviendas construidas en el cauce del río..... | 179 |
| 6.2 | Estructuración de viviendas..... | 180 |
| 6.2.1 | Densidad de muros inadecuada | 180 |
| 6.2.2 | Vivienda sin junta sísmica y losa de techo en desnivel | 182 |
| 6.2.3 | Muros sin confinamiento..... | 182 |
| 6.2.4 | Tabiquería no arriostrada sobre los voladizos | 183 |
| 6.2.5 | Torsión en planta..... | 184 |
| 6.2.6 | Muros portantes y no portantes | 185 |
| 6.3 | Problemas del proceso constructivo de las viviendas..... | 186 |
| 6.3.1 | Cangrejeras en los elementos de concreto | 187 |
| 6.3.2 | Aceros de refuerzo expuestos a la intemperie..... | 189 |
| 6.3.3 | Juntas de construcción mal ubicadas | 189 |
| 6.3.4 | Muros de adobe..... | 190 |
| 6.3.5 | Unión muro y techo deficiente | 191 |
| 6.4 | Calidad de mano de obra | 192 |



| | | |
|---------------------------|--|------------|
| 6.5 | Otros Problemas encontrados en las viviendas..... | 193 |
| 6.5.1 | Humedad en muros o losas..... | 193 |
| 6.5.2 | Bloquetas de baja calidad..... | 194 |
| 6.5.3 | Muros agrietados..... | 194 |
| CAPITULO VII..... | | 195 |
| 7 | CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA..... | 195 |
| 7.1 | Configuración Estructural | 195 |
| 7.1.1 | Estructura con Diafragma Rígido..... | 195 |
| 7.1.2 | Configuración del Edificio | 196 |
| 7.2 | Densidad de Muros..... | 201 |
| 7.3 | Alfeizares | 204 |
| 7.4 | Ubicación de la Vivienda | 205 |
| 7.5 | Limpieza, Nivelación Y Trazado | 206 |
| 7.6 | Cimentación..... | 208 |
| 7.6.1 | Excavación de Zanjas..... | 209 |
| 7.7 | Construcción de Muros..... | 212 |
| 7.8 | Columnas de Confinamiento | 215 |
| 7.8.1 | Empalmes..... | 218 |
| 7.9 | Vigas de Confinamiento..... | 219 |
| 7.10 | Losas Aligeradas | 221 |
| 7.11 | Vigas Peraltadas..... | 224 |
| CAPITULO VIII..... | | 227 |
| 8 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 227 |
| 8.1 | Conclusiones | 227 |
| 8.2 | Recomendaciones | 229 |



9 BIBLIOGRAFIA.....231

10 ANEXOS.....235

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figura 1.1 | Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas | 26 |
| Figura 1.2 | El acero de refuerzo de la viga está expuesto a la intemperie y falta la viga de borde, no cumple el recubrimiento mínimo según la norma E-070. | 31 |
| Figura 1.3 | La vivienda construida no presenta simetría en planta. | 31 |
| Figura 1.4 | El concreto utilizado contiene cantos rodados, el acero de refuerzo de las viguetas están expuestos a la intemperie y el espaciamiento de viguetas es menor a lo indicado según el RNE (10cm). | 32 |
| Figura 1.5 | Vivienda construida en una pendiente pronunciada, no se mantiene la continuidad del ancho de la columna. | 32 |
| Figura 1.6 | Viviendas sin junta sísmica | 33 |
| Figura 2.1 | Ubicación geográfica del distrito de Abancay | 39 |
| Figura 2.2. | fotografía satelital de la Urbanización Bella Vista. | 40 |
| Figura 2.3 | Vista fotográfica del afloramiento de las calizas Copacabana ubicados en la parte superior de la ladera, contacto entre calizas Copacabana y Grupo Mitú | 44 |
| Figura 2.4 | Vista fotográfica del afloramiento rocoso del Grupo Mitu. | 45 |
| Figura 2.5 | Vista fotográfica del afloramiento rocas calcáreas (grupo Pucara) En el corte de talud de carretera Abancay-Lima km 4. | 46 |
| Figura 2.6 | Vista fotográfica del depósito morrénico. | 47 |
| Figura 2.7 | Vista fotográfica del depósito aluvial en la escarpa de talud. | 48 |
| Figura 2.8 | Vista fotográfica del depósito coluvial en la corte de talud de carretera. | 49 |
| Figura 2.9 | Vista fotográfica de afloramiento de roca intrusita granodiorita alterada. | 51 |
| Figura 2.10 | Columna Estratigráfica Generalizada del área de Abancay | 52 |
| Figura 2.11 | Mapa de tipos de suelos. | 56 |
| Figura 2.12 | Esquema perfiles estratigráficos realizado en el suelo CALICATA C1. Nótese la presencia del nivel freático se encuentra a una profundidad de 2 metros y las | 62 |



| | | |
|--------------------|---|----|
| | características del suelo: Arcilla delgada arenosa arcilla pre consolidada CL. | |
| Figura 2.13 | Esquema perfiles estratigráficos realizado en el suelo CALICATA C2. Nótese la presencia del nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.85 metros y las características del suelo: Arcilla delgada arenosa con grava arcilla clasificación SUCS (CL). | 63 |
| Figura 2.14 | Esquema perfiles estratigráficos realizado en el suelo CALICATA C3. Nótese la presencia del nivel freático se encuentra a una profundidad de 2.20 metros y las características del suelo: Arcilla delgada arenosa con grava y Limo arenoso arcilla, clasificación SUCS CL y ML. | 64 |
| Figura 2.15 | Mapa temático de capacidad portante de la ciudad de Abancay | 66 |
| Figura 2.16 | Muros agrietados por la reptación de suelo. | 70 |
| Figura 3.1 | Distancias de las capas que forman la estructura del globo terrestre | 72 |
| Figura 3.2 | Distribución de las placas | 74 |
| Figura 3.3 | Mapa que muestra las placas tectónicas y su dirección de empuje. | 75 |
| Figura 3.4 | Sismos esperados en la zona de subducción de Perú. | 76 |
| Figura 3.5 | Cinturón de fuego del Pacífico. | 78 |
| Figura 3.6 | Mapa de sismicidad global. Se muestran los terremotos ocurridos a partir de 1966, con una magnitud mayor a $M_L = 6,0$ en la escala de Richter (Bolt, 1999). | 78 |
| Figura 3.7 | Mapa de peligrosidad sísmica global | 79 |
| Figura 3.8 | Mapa de sismicidad del Perú | 81 |
| Figura 3.9 | Mapa de distribución de intensidades sísmicas de la región Apurímac | 83 |
| Figura 3.10 | Mapa de Ordenadas Espectrales Sísmicas del Perú | 85 |
| Figura 3.11 | Representación gráfica de un punto de ruptura o foco de un sismo | 87 |
| Figura 3.12 | Saturación de las escalas de magnitud | 90 |
| Figura 3.13 | Comparación de las áreas relativas de ruptura de fallas (áreas sombreadas) y magnitudes para el terremoto de San Francisco en 1906 y Chile en 1960 | 91 |



| | | |
|--------------------|---|-----|
| Figura 3.14 | Comparación de los valores de diferentes escalas de intensidad utilizadas en el mundo | 93 |
| Figura 3.15 | Mapa de Intensidades en la escala de Mercalli Modificada (MM) para el sismo de pisco del 15 de Agosto de 2007 en el Perú | 94 |
| Figura 3.16 | Mapa de Isosistas del sismo del 23 de Junio de 2001 en el Perú | 95 |
| Figura 3.17 | Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Pisco del 15 de agosto del 2007. | 97 |
| Figura 3.18 | Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Chile del 27 de febrero del 2010. | 97 |
| Figura 3.19 | Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Japón del 11 de marzo del 2011. | 98 |
| Figura 3.20 | Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Turquía del 23 de octubre del 2011. | 98 |
| Figura 4.1 | Metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica | 103 |
| Figura 4.2 | Funciones de índice de vulnerabilidad propuesta por Angeletti et al (1988). | 128 |
| Figura 4.3 | Función de vulnerabilidad para los edificios de mampostería no reforzada para diferentes niveles de intensidad en la escala MSK (Yépez, 1996). Las líneas discontinuas delgadas representan las funciones italianas propuestas por Angeletti et al. (1988). | 130 |
| Figura 4.4 | Función de vulnerabilidad para edificios de concreto armado con pórticos sismorresistentes para las intensidades VII, VIII y IX en la escala MSK (Yépez, 1996). | 133 |
| Figura 4.5 | Función de vulnerabilidad para edificios de concreto armado de losas reticulares para las intensidades VI, VII y VIII en la escala MSK (Yépez, 1996). | 134 |
| Figura 5.1 | Resultados del parámetro 1 | 142 |
| Figura 5.2 | Muros portantes sin confinamiento con las vigas y columnas, se observa también que no existe continuidad en el sistema resistente. | 142 |
| Figura 5.3 | Se modificó el muro portante para cambio de uso. | 143 |
| Figura 5.4 | No existe continuidad en los sistemas resistentes, a causas: del empuje activo del suelo, vivienda sin muro de contención. | 143 |
| Figura 5.5 | Resultados del parámetro 2 | 144 |



| | | |
|--------------------|---|-----|
| Figura 5.6 | Asentado de muro sin la cantidad necesaria de mortero y con mala calidad. | 145 |
| Figura 5.7 | Muro portante deteriorado. | 146 |
| Figura 5.8 | Resultados del parámetro 3 | 149 |
| Figura 5.9 | No existe continuidad de muros de entrepisos. | 149 |
| Figura 5.10 | Edificación con instalaciones sanitarias que cruzan elementos estructurales. | 150 |
| Figura 5.11 | Resultados del parámetro 4 | 152 |
| Figura 5.12 | Edificación con presencia de humedad en el sobrecimiento, muros y columnas. | 152 |
| Figura 5.13 | Edificación con presencia de empuje de suelo. | 153 |
| Figura 5.14 | Edificación ubicada sobre terreno con gran pendiente. | 153 |
| Figura 5.15 | Resultados del parámetro 5 | 154 |
| Figura 5.16 | Vivienda con cobertura liviana y vigas de madera en estado. | 155 |
| Figura 5.17 | Edificación con diafragma rígido y cobertura liviana. | 155 |
| Figura 5.18 | Formas originales en planta consideradas en la metodología del índice de vulnerabilidad. | 156 |
| Figura 5.19 | Resultados del parámetro 6. | 157 |
| Figura 5.20 | Resultados del parámetro 7. | 158 |
| Figura 5.21 | Edificación sin una adecuada distribución de masas. | 159 |
| Figura 5.22 | Configuración de los muros en planta y su respectiva separación | 160 |
| Figura 5.23 | Resultados del parámetro 8. | 161 |
| Figura 5.24 | Edificación con excesiva separación de muros. | 161 |
| Figura 5.25 | Resultados del parámetro 9. | 162 |
| Figura 5.26 | Edificación con cubierta inestable de material liviano. | 163 |
| Figura 5.27 | Loza aligerada sin viga de borde y sin columneta de confinamiento. | 163 |
| Figura 5.28 | Resultados del parámetro 10. | 164 |
| Figura 5.29 | Techo de acero colocado en la azotea de la edificación. | 165 |
| Figura 5.30 | Edificación de albañilería con parapetos no confinados. | 165 |
| Figura 5.31 | Colocado de alero provisional en la fachada de la edificación (izq), colocado de escalera y techo metálico colocado sin apoyo en la estructura. | 166 |
| Figura 5.32 | Resultados del parámetro 11. | 167 |



| | | |
|--------------------|--|-----|
| Figura 5.33 | Muro y columnas en estado deteriorado y construcción provisional en condiciones inhabitables. | 168 |
| Figura 5.34 | Edificaciones con Fisuras mayores a 3mm. | 168 |
| Figura 5.35 | Porcentaje de edificaciones según índice de vulnerabilidad. | 170 |
| Figura 5.36 | Niveles de daño considerando en cuatro intensidades de sismos, de la totalidad de viviendas de la Urbanización Bella Vista-Abancay-Apurímac. | 175 |
| Figura 6.1 | Vivienda sobre relleno de nivel | 177 |
| Figura 6.2 | Muro agrietado por asentamientos diferenciales | 177 |
| Figura.6.3 | Fisura por asentamiento en vivienda sobre suelo arcilla-arenoso | 177 |
| Figura 6.4 | Viviendas en pendiente pronunciada | 178 |
| Figura 6.5 | Muro soportando el empuje lateral del terreno sin diseño para actuar bajo este efecto. | 178 |
| Figura 6.6 | Corte de terreno para cimientos de una vivienda en pendiente pronunciada. | 179 |
| Figura 6.7 | Viviendas en el cauce del río San Luis-Bella Vista | 179 |
| Figura 6.8 | Pocos muros en la dirección X; (b) Adecuada cantidad de muros en X y Y | 181 |
| Figura 6.9 | Viviendas sin junta sísmica y losas de techo a desnivel | 182 |
| Figura 6.10 | Muros sin confinar | 183 |
| Figura 6.11 | Tabiquería no arriostrada en segundo piso | 184 |
| Figura 6.12 | Torsión en planta | 185 |
| Figura 6.13 | Muros de diferente resistencia y muros sin confinar | 186 |
| Figura 6.14 | Concreto para columna preparado Insitu. | 187 |
| Figura 6.15 | Uso de bolsa de cemento y triplay en encofrado de viga losa. | 188 |
| Figura 6.16 | Acero de refuerzo expuesto | 189 |
| Figura 6.17 | Junta fría en viga y viguetas de losa aligerada | 190 |
| Figura 6.18 | Muros portantes de adobe | 190 |
| Figura 6.19 | Ausencia de confinamiento en la unión muro viguetas de losa aligerada. | 191 |
| Figura 6.20 | Calidad de construcción e instalación eléctrica deficiente. | 192 |
| Figura 6.21 | Muros agrietados por asentamientos | 193 |
| Figura 6.22 | Muros agrietados por asentamientos | 194 |
| Figura 7.1 | Configuración estructural deficiente | 197 |
| Figura 7.2 | Configuración estructural adecuada | 197 |



| | | |
|--------------------|---|-----|
| Figura 7.3 | Plantas y elevaciones en una configuración estructural | 198 |
| Figura 7.4 | Relación entre las dimensiones en planta de viviendas | 199 |
| Figura 7.5 | Relación entre dimensiones verticales $H/B > 4$ | 199 |
| Figura 7.6 | Muro confinado | 200 |
| Figura 7.7 | Zonas Sísmicas del Perú | 202 |
| Figura 7.8 | Alféizar aislado – Columna corta. | 204 |
| Figura 7.9 | Suelo con nivel freático alto | 206 |
| Figura 7.10 | Suelo de relleno. | 206 |
| Figura 7.11 | Limpieza del terreno. | 206 |
| Figura 7.12 | Nivelación del terreno | 207 |
| Figura 7.13 | Corte y relleno | 207 |
| Figura 7.14 | Trazo y Marcado del ancho de la cimentación | 208 |
| Figura 7.15 | El cimiento | 209 |
| Figura 7.16 | Proceso de vaciado de concreto en cimiento corrido | 210 |
| Figura 7.17 | Sobrecimiento armado | 211 |
| Figura 7.18 | Construcción de muros de ladrillos | 213 |
| Figura 7.19 | Muros portantes y no portantes | 214 |
| Figura 7.20 | Distancia máxima entre columnas de confinamiento | 215 |
| Figura 7.21 | Armado de las columnas | 216 |
| Figura 7.22 | Encofrado de columnas | 217 |
| Figura 7.23 | Llenado y Chuceado del concreto de columna | 217 |
| Figura 7.24 | Zonas de empalme en columnas | 218 |
| Figura 7.25 | Protección de mechas para construir más pisos | 218 |
| Figura 7.26 | Viga de confinamiento | 219 |
| Figura 7.27 | Estribos en vigas de confinamiento | 220 |
| Figura 7.28 | Cubos de mortero | 220 |
| Figura 7.29 | Conexión columna y viga de confinamiento | 221 |
| Figura 7.30 | Sección transversal de una losa aligerada | 221 |
| Figura 7.31 | Encofrado de losa aligerada | 222 |
| Figura 7.32 | (a) Inadecuada ubicación de los centros de luz; (b) Adecuada ubicación de los centros de luz | 223 |
| Figura 7.33 | Proceso de llenado de la losa aligerada | 224 |
| Figura 7.34 | Viga peraltada | 225 |
| Figura 7.35 | Junta de construcción para vigas y losas | 226 |
| Figura 7.36 | Ubicación de los empalmes | 226 |



INDICE DE CUADROS

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Cuadro 1.1 | Frecuencia de terremotos basados en observaciones desde 1900 | 22 |
| Cuadro 1.2 | Distribución de terremotos y mortandad desde 1990 hasta 2016. | 22 |
| Cuadro 1.3 | Eventos Sísmicos en Apurímac | 34 |
| Cuadro 2.1 | Origen Geológico del Agua Potable de Abancay | 54 |
| Cuadro 2.2 | Resumen de resultados de laboratorio geotécnico | 59 |
| Cuadro 2.3 | Resumen de capacidades cargas | 68 |
| Cuadro 2.4 | Elementos químicos nocivos para la cimentación | 69 |
| Cuadro 2.5 | Resultados del análisis químico de suelos | 70 |
| Cuadro 4.1 | Matriz de calificación de la vulnerabilidad método de Cardona | 110 |
| Cuadro 4.2 | Matriz de calificación de vulnerabilidad método ISTC | 117 |
| Cuadro 4.3 | Matriz de calificación de la vulnerabilidad método AIS | 119 |
| Cuadro 4.4 | Calificación de la vulnerabilidad del método argentino | 121 |
| Cuadro 4.5 | Escala de vulnerabilidad Benedetti-Petrini para edificaciones de albañilería. | 127 |
| Cuadro 4.6 | Coeficientes de regresión para las funciones de vulnerabilidad propuestas por Angeletti (1988) | 129 |
| Cuadro 4.7 | Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de mampostería, obtenidos en el cálculo de las regresión polinómicas. | 131 |
| Cuadro 4.8 | Escala numérica del índice de vulnerabilidad, para estructuras de concreto armado | 132 |
| Cuadro 4.9 | Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de concreto armado aporticados con vigas y columnas, obtenidos en el cálculo de las regresión polinómicas. | 135 |
| Cuadro 4.10 | Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de concreto armado aporticados con losas reticulares, obtenidos en el cálculo de la regresión polinómica. | 135 |
| Cuadro 5.1 | Comparación entre el Reglamento Nacional de Edificaciones y los parámetros propuestos por el método del Índice de Vulnerabilidad italiano. | 137 |
| Cuadro 5.2 | Parámetros utilizados para evaluar la calidad estructural de las edificaciones de albañilería y concreto armado. | 138 |
| Cuadro 5.3 | Resultados del parámetro 1 | 141 |
| Cuadro 5.4 | Resultados del parámetro 2. | 144 |
| Cuadro 5.5 | Resultados del parámetro 3. | 148 |



| | | |
|--------------------|---|-----|
| Cuadro 5.6 | Resultados del parámetro 4. | 151 |
| Cuadro 5.7 | Resultados del parámetro 5. | 154 |
| Cuadro 5.8 | Resultados del parámetro 6. | 157 |
| Cuadro 5.9 | Resultados del parámetro 7. | 158 |
| Cuadro 5.10 | Resultados del parámetro 8. | 160 |
| Cuadro 5.11 | Resultados del parámetro 9 | 162 |
| Cuadro 5.12 | Resultados del parámetro 10 | 164 |
| Cuadro 5.13 | Resultados del parámetro 11. | 167 |
| Cuadro 5.14 | Rangos de índices de vulnerabilidad normalizado. | 169 |
| Cuadro 5.15 | Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones de la zona de estudio. | 169 |
| Cuadro 5.16 | Sismos recomendados | 171 |
| Cuadro 5.17 | Sismos propuestos | 172 |
| Cuadro 5.18 | Niveles de daño propuesto en el presente estudio. | 172 |
| Cuadro 5.19 | Índice de vulnerabilidad e Índices de daño esperado por viviendas para un sismo de intensidades VI, VII, VIII y IX. | 173 |
| Cuadro 5.20 | Daño obtenido de todas las viviendas evaluadas, considerando cuatro intensidades de sismos. | 175 |
| Cuadro 7.1 | Factores de zona “Z”. | 201 |
| Cuadro 7.2 | Factores de suelo (Parámetros del suelo) | 202 |
| Cuadro 7.3 | Longitud de traslape de acero | 218 |



PROLOGO

En el presente trabajo de investigación titulado **“ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LAS VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS DE LA URBANIZACION BELLA VISTA DE LA CIUDAD DE ABANCAY – APURIMAC”**, tiene como finalidad de determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas. Las viviendas autoconstruidas son construidas por pobladores, albañiles y maestros de obra, sin asesoramiento técnico o profesional. Muchas veces las viviendas autoconstruidas son vulnerables ante los sismos y colapsan, causando innumerables pérdidas económicas y lamentables pérdidas de vida.

Para recolectar información sobre las construcciones de las viviendas se encuestaron un total de 48 viviendas ubicado en la Urbanización Bella Vista de la ciudad Abancay. Las tareas de recolección de información en campo se realizaron con fichas de encuesta y observación. Después la información recogida fue procesada en cuadros de Excel donde se obtuvo las vulnerabilidades sísmicas de las viviendas, niveles de los posibles daños sísmicas en las estructuras de las viviendas y finalmente se determinó si se utilizó procesos adecuados en el proceso de construcción.

Los resultados obtenidos contribuyeron al desarrollo de recomendaciones básicas para la construcción de viviendas de albañilería confinada en zonas de vulnerabilidad sísmica. Las recomendaciones presentan información sobre cada paso del proceso constructivo en forma gráfica y con lenguaje muy simple. Se espera que, con una adecuada difusión, de esta información pueda servir para que los pobladores y albañiles puedan conocer mejor, cómo pueden construir viviendas sismorresistentes de albañilería confinada.

La tesis de investigación está estructurada en 8 capítulos en donde se desarrolló desde la conceptualización de teorías de origen de sismos hasta las recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos.

En el Capítulo 1, “Introducción”, Se describen las generalidades y se explica la justificación del estudio. Además, se muestran descripción y formulación de problema, los objetivos que se esperan a cumplir y la muestra de la población



En el Capítulo 2, “Descripción de los aspectos generales de la zona de estudio”, se muestran ubicación y descripción, características físicas de la zona, territorio, clima, temperatura, hidrografía, topografía, características de geología, geomorfología y finalmente estudio de suelos.

En el Capítulo 3, “Marco teórico”, se describen aspectos sísmicos, primeras teorías del origen de los sismos, teorías de las placas tectónicas, sismicidad global, sismicidad en el Perú, sismicidad en el departamento de Apurímac y finalmente se explican los conceptos relacionados a evaluación de la sismicidad.

En el Capítulo 4, “Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes”, se describen metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, ventajas - limitaciones de las metodologías analizadas y se explican el método de índice de vulnerabilidad para construcciones de viviendas de albañilería.

En el Capítulo 5, “Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica con el método de índice de vulnerabilidad en la Urbanización Bella -Abancay”, se realizó el cálculo del índice de vulnerabilidad de 48 viviendas de la zona de estudio, se analizan los resultados de los 11 parámetros por clase y finalmente se calcula el índice de daño de las viviendas encuestadas.

En el Capítulo 6, “Problemas en autoconstrucciones de viviendas de la urbanización bella vista-Abancay”, se describen ubicaciones de viviendas, estructuración, problemas de procesos constructivos, calidad de mano de obra y otros problemas encontradas en construcción de viviendas en la zona de estudio.

En el Capítulo 7, “7 construcción de viviendas de albañilería confinada”, se desarrolla un conjunto de recomendaciones básicas para que el poblador pueda construir adecuadamente su vivienda sismorresistente de albañilería.

Finalmente, en el Capítulo 8, “Conclusiones y recomendaciones”, se escriben las conclusiones del trabajo y se resumen los resultados de la investigación. Además, se muestran las recomendaciones para futuras líneas de investigación sobre vulnerabilidad de viviendas y diseño de viviendas de albañilería.



CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Los sismos son los que generan mayor capacidad de destrucción, pues es el causante de pérdidas de vidas humanas y materiales en las grandes ciudades. No existe un lugar en el mundo donde exista una probabilidad nula de ocurrencia de un sismo destructivo, existen sí zonas con una probabilidad mucho menor que otras, pero ninguna está exenta y también se observa los puntos del planeta que han sido más afectados por sismos destructivos coinciden sensiblemente con puntos geopolíticamente claves, donde cualquier comunidad buscaría naturalmente asiento por ventajas estratégicas y/o económicas.

Hablando de los terremotos, es raro que este tipo de desastre natural azote solo a un asentamiento humano y a su población; en la mayoría de los casos se desarrolla una cadena de acontecimientos (peligros asociados) que comienzan por el sismo, pero que luego puede tornarse en: incendios, contaminación de las fuentes de agua potable, rotura de tuberías de agua y desagüe, epidemias, avalanchas, inundaciones, etc.

Algunas preguntas que reformulan después de oír y ver los cuantiosos daños provocados por un movimiento sísmico son: ¿Se ha incrementado la magnitud de los terremotos? o ¿Se han incrementado el número de ellos? La única respuesta hallada hasta la época es que no ha habido incremento en ninguna de los casos, hecho que ha sido sustentado en que las ciudades que se encuentran localizadas en zonas de amenaza sísmica media o alta han crecido de una forma incontrolada, aumentando con esto el riesgo de sufrir grandes pérdidas de vidas humanas y materiales como consecuencia del terremoto. Por otra parte, la mejora de los equipos de detección y la reducción de su costo han permitido detectar sismos que antes no eran posible, ya sea por su lejanía o por su baja magnitud, así como hacer que la información llegue en tiempo real a cualquier parte del mundo (Mena, 2002, pág. 2).



En el Cuadro 1.1 se presenta un resumen hecho por unos investigadores (Person, 1999 y Nyffernegger, 1997), del promedio anual de sismos de diferentes rangos de magnitudes en la Escala de Richter, en las que se describen sismos que van desde Muy pequeños, hasta destructivos.

Cuadro 1.1 Frecuencia de terremotos basados en observaciones desde 1900

| Descripción | Magnitud | Promedio anual |
|-------------|----------|--------------------|
| Destructivo | > 8 | 1 |
| Grande | 7 - 7,9 | 15 |
| Fuerte | 6 - 6,9 | 134 |
| Moderado | 5 - 5,9 | 1319 |
| Ligero | 4 - 4,9 | 13000 (Estimado) |
| Menor | 3 - 3,9 | 130000 (Estimado) |
| Muy pequeño | 2 - 2,9 | 1300000 (Estimado) |

Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Del cuadro 1.1 se describe que el número promedio anual de terremotos con magnitud local (ML - escala Richter) entre 7 – 7,9; es aproximadamente 15 y terremotos con magnitud mayor a 8 es de 1.

Cuadro 1.2 Distribución de terremotos y mortandad desde 1990 hasta 2016

| 1990 - 1999 | | 2000 - 2010 | | 2011 - 2016 | |
|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| Número de terremotos | Número de víctimas | Número de terremotos | Número de víctimas | Número de terremotos | Número de víctimas |
| 1492 | 114646 | 1764 | 791174 | 76384 | 30023 |

Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Desafortunadamente, todos los terremotos, además de las víctimas mortales que provocan, causan cuantiosos daños materiales y dejan miles de personas damnificadas; ejemplo de estos son:



Terremotos en el mundo

Según referencia de la página web se menciona los terremotos ocurridos en el mundo que a continuación se detalla (Viciosa & Rodríguez, 2011):

Shaanxi – China, se registró el 23 de enero de 1556: el más mortífero que se conoce en la historia y no se sabe exactitud cuál fue su magnitud, pero se sitúa entorno a 8 en escala de Richter, murieron aproximadamente 830000 personas y se calcula que en las provincias más afectadas murieron el 60% de la población.

Lisboa – Portugal se registró 1 de noviembre de 1755 de magnitud de aproximadamente 9 en la escala Richter que acabaría con la vida de 70000 personas. San Francisco, se registró el 18 de abril de 1906: Uno de los terremotos más destructivos de la historia tanto en el aspecto humano como en el material con una magnitud de entre 7,5 y 8 grados en la escala Richter el cual provocó la muerte de más de 3000 personas (según una revisión realizada en 2005), la destrucción de 28000 edificios y la pérdida de sus hogares a más de 225000 personas.

Chile conocido como el terremoto de Valdivia, sucedió el domingo 22 de mayo de 1960, el más fuerte jamás registrado con una magnitud de 9,5 en la escala Richter y una duración de 3,5 minutos, dejando un total de víctimas mortales que superó los 1655 y al menos 2 millones de personas damnificadas. También hubo víctimas mortales en otros países, 61 en Hawai, 138 en Japón y 32 en Filipinas por los efectos del tsunami. Chile se encuentra en una zona con una alta sismicidad y vulcanismo, conocida como el Cinturón del Pacífico.

Tangshan - China, Ocurrió el 28 de julio de 1976: El segundo más mortífero, se registró con una magnitud de 7.5 en la escala Richter, seguido de otro 15 horas más tarde, lo que dificultó el rescate de los supervivientes. Probablemente nunca se conocerá con exactitud el número de víctimas que oscilan entre 240000 y 700000. Los edificios no estaban contruidos para soportarlo. Un 93% de los edificios residenciales y el 78% de los industriales fueron completamente destrozados.



Turquía: la peligrosa falla de Anatolia del norte, ocurrió el 17 de agosto de 1999, duró 37 segundos y tuvo una magnitud de 7,6 en la escala Richter. El temblor sísmico causó además un tsunami en el mar de Mármara que formó una ola de 3 metros de altura. Las cifras oficiales alcanzan las 17,127 víctimas mortales, y alrededor de medio millón de personas sin hogar.

Océano Índico: el Tsunami más destructor conocido por la comunidad científica como el terremoto Sumatra-Andamán y en el mundo anglosajón como el "Boxing Day Tsunami", se registró el 26 de diciembre de 2004, con epicentro submarino con una magnitud de 9,1 grados en la escala sismológica de magnitud de momento, en total murieron o desaparecieron 227898 personas, y sobre 1,7 millones de personas fueron desplazadas por el terremoto o por los daños provocados por el tsunami que llegó a formar olas de hasta 30 metros.

Haití: una de las mayores catástrofes humanitarias ocurrió el 12 de enero de 2010, con una magnitud 7.0 grados en la escala de Richter. Se calcula que el número total de víctimas mortales alcanza la tremenda cifra de 222570. El número de heridos se sitúa entorno a los 250000 y millones de personas sin hogar. Un artículo sostiene que las verdaderas causas del desastre no deben buscarse en el movimiento sísmico sino en las condiciones socioeconómicas extremas, las aglomeraciones urbanas, los estilos precarios de construcción, la degradación ambiental, la debilidad del Estado (Duran, 2010, pág. 13).

Ecuador, se registró el 16 de abril de 2016 que deja más de 600 muertos, con una magnitud 7.8 en la escala de Richter. El epicentro se situaba en la costa del Pacífico, a 170 km de la capital Quito. El seísmo causó la muerte de varios centenares de personas y provocó importantes daños a lo largo de 200 km de la costa pacífica. ocurrió como resultado de una falla inversa en el borde entre las placas Nazca y Sudamericana y en Italia, registrado el 24 de agosto de 2016, de magnitud 6,2 en la escala de Richter, sacudió el centro de Italia que ha dejado 278 víctimas mortales.



Terremotos en el Perú

Considerado uno de los países más expuestos a terremotos, debido a su ubicación geográfica. A lo largo de la historia han sido registrado sucesos, que dan prueba de ello, de la magnitud y destrucción que estos han traído consigo, que a continuación se detalla.

“Ancash, registrado el 31 de mayo de 1970, de magnitud 7,8 Mb es el más catastrófico ocurrido en el Perú, por la cantidad de víctimas: 67 mil muertos, 150 mil heridos y gran aluvión en el Callejón de Huaylas” (INDECI, 2006).

“Lima, 3 de octubre de 1974, de magnitud 6,6 Mb, se registraron 78 muertos y 2414 heridos; las pérdidas materiales se estimaron en 2,700 millones de soles” (Orrego, 2010)

“Arequipa, 23 de junio de 2001, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, y Tacna, de magnitud 6.9 Mb; causando la muerte de 70 personas y varios daños materiales” (INDECI, 2006).

“Pisco, 15 de agosto del 2007, la zona de Ica, Nazca, Chincha y zonas aledañas, de magnitud 7.0 Mb, causando la muerte de 595 personas, además de 318 desaparecidos y casi 320,000 damnificados y millones de dólares en pérdidas” (IGP 2007),

En referencia a los sismos en la zona de influencia de Abancay en los últimos años, mencionaremos el sismo del 15 de agosto del 2007 de Pisco, si bien no se reportaron víctimas, el sismo se percibió con una intensidad III – MM, el epicentro fue ubicado a 421.2 kilómetros al oeste de Abancay.

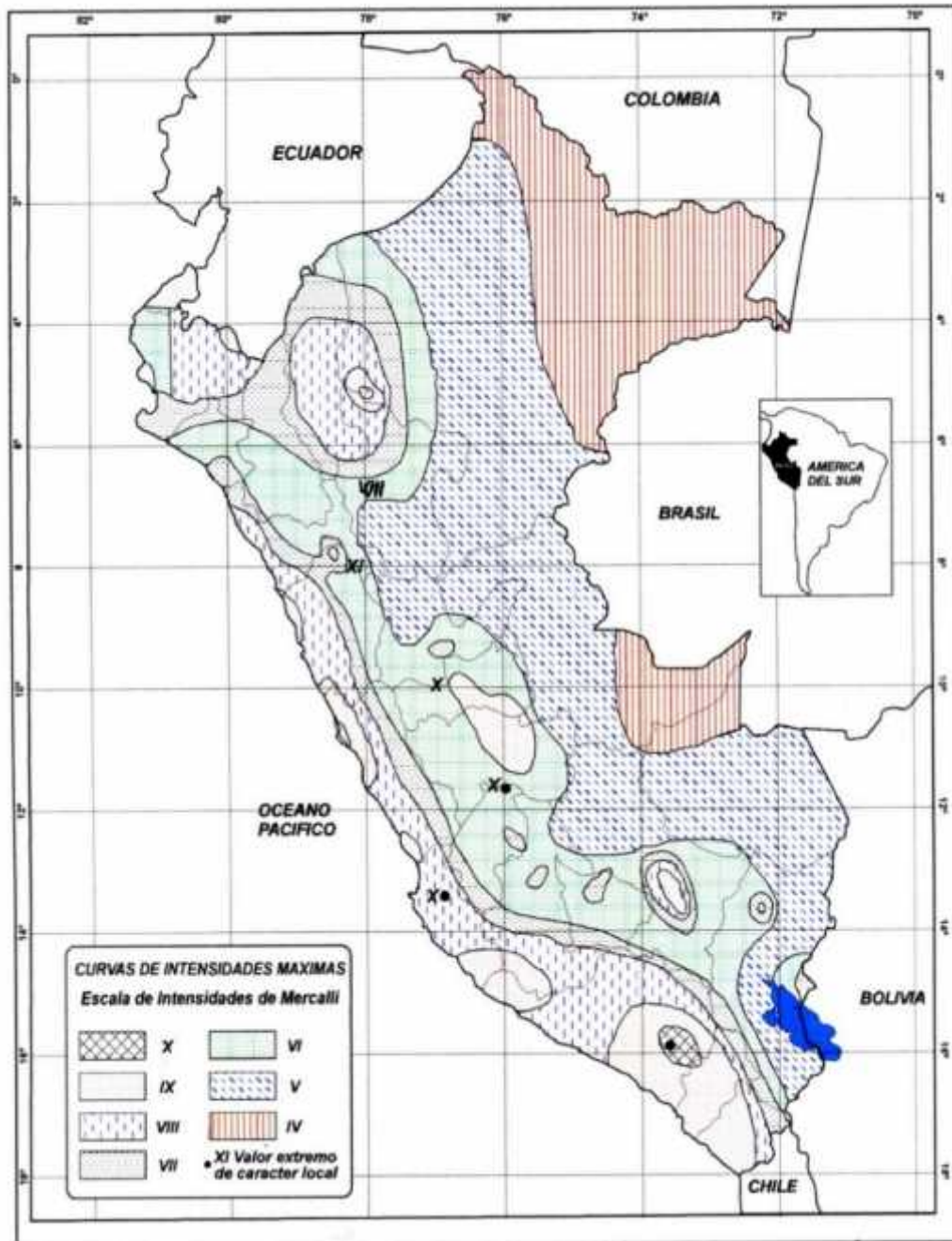


Figura: 1.1 Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas
Fuente: (Alva. 1984)

La provincia de Abancay está considerada en la zona Z=2 según RNE (E-030) con una probabilidad mucho menor que otras, pero no está exenta a un evento sísmico mucho mayor.



Los desastres que ocasionaron los terremotos dejan en evidencia que los programas de evaluación del riesgo sísmico y análisis de vulnerabilidad no se aplicaron en estas zonas. Esta situación se presenta en la mayoría de los países en vías de desarrollo (cuya peligrosidad sísmica en muchos casos es además alta), debido a la falta de recursos económicos en la mayoría de los casos, incapacidad de las autoridades políticas, lo que impide la realización de estos estudios (Caballero, 2007, pág. 15).

Es evidente que los nuevos logros que alcanzados en el campo del diseño de estructuras pueden aplicarse únicamente a las nuevas construcciones, cuyo número es un ínfimo porcentaje del número total de estructuras existentes. Por otra parte, si la ocurrencia de los fenómenos sísmicos está aún fuera del control de la ciencia, es necesario mejorar el comportamiento sísmico de las estructuras existentes, para así mitigar las pérdidas que los terremotos están produciendo en el mundo. De esta necesidad nacen los estudios de Vulnerabilidad Sísmica de estructuras, los cuales merecen una atención prioritaria hoy en día, con miras a cualquier plan de mitigación de futuros desastres por sismos (Yepez, Barbat, & Canas, 1995, pág. 1).

Para el análisis de vulnerabilidad sísmica se tienen en consideración distintos niveles. Estos niveles de análisis se basan en la información disponible, con el objeto de comparar los resultados obtenidos, y son los siguientes (Marin, 2012, pág. 6):

- **Nivel 1.-** Se requiere realizar una visita técnica y obtener información de la vivienda como ubicación (para estimar la vulnerabilidad), uso, altura y sistema estructural del edificio, sin ser necesario el detalle de planos. Es el nivel básico y la información mínima requerida por las compañías de seguros para evaluar el riesgo sísmico.
- **Nivel 2.-** Además de la información del nivel 1, se requieren datos recabados de una inspección (visita técnica) más a detalle del edificio como configuraciones en planta y elevación, asimetría estructural, columnas cortas, existencia de contravientos y muros, estado general de la estructura y otros detalles



adicionales. Cabe mencionar que la inspección deberá ser hecha por personal debidamente capacitado.

- **Nivel 3.-** Además de la información de los niveles anteriores, debe contarse con información sobre el comportamiento dinámico del edificio, como períodos y modos de vibrar en cada dirección. Para este efecto, se realizan mediciones de vibración ambiental en el edificio, además de contar con los datos teóricos reportados en las memorias de cálculos estructurales del edificio. Se conoce también con cierta confianza la resistencia del edificio. La evaluación a este nivel es individual y a detalle, considerándose los planos, memoria de cálculo, modelo estructural y estimación del período del edificio con un equipo de vibración ambiental.

El análisis de vulnerabilidad sísmica depende de los objetivos propuestos en el proyecto; por este motivo se ha realizado una visita técnica a las viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista para obtener información como configuración en planta y en elevación, columnas cortas, estado de conservación, resistencia convencional, organización del sistema resistente, entre otros parámetros influyentes en el comportamiento de la edificación ante una acción sísmica, se considera una evaluación de vulnerabilidad a nivel 2.

El propósito de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en zonas urbanas es determinar el grado de vulnerabilidad ante un evento sísmico, para lo cual se recurre a metodologías simplificadas que además de reducir costos, permite obtener resultados adecuados y justificados, logrando estimar la vulnerabilidad de viviendas autoconstruidas.



1.2 Justificación del estudio

Es necesario evaluar una vivienda autoconstruida existente porque en el Perú la norma de diseño sismorresistente ha empezado a regir desde el año 1970, luego se modificó en el año 1977, en el año 1997, 2003, y el actual norma en el año 2016, dándose cambios significativos desde su primera aparición hasta la fecha trayendo consigo un mayor perfeccionamiento en el conocimiento del diseño sísmico en cuanto a criterios, comportamiento y respuesta no lineal del edificio, influencia de elementos no estructurales, etc. Además, partiendo de la filosofía de diseño sismorresistente de evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad.

Para la urbanización en una zona con amenaza sísmica y con un escenario tan complejo de amenazas naturales y antrópicas, es necesario realizar estudios en los cuales se implementen procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad estructural y funcional de una edificación, con el objetivo de establecer las bases para el desarrollo de planes de prevención y mitigación de desastres.

Los estudios de vulnerabilidad adquieren una importancia especial cuando las viviendas han sido construidas sin tener conocimientos de criterios sismo resistente, cuando su construcción ha nacido de la gestión de conocimientos empíricos de los habitantes que no tiene capacidad económica ni técnica para hacerlo adecuadamente.

Con este análisis se concluye que existe una necesidad apremiante de desarrollar un trabajo que permita determinar, el grado de vulnerabilidad de una muestra representativa de las viviendas autoconstruidas de la urbanización Bella Vista – Abancay.



1.3 Planteamiento del Problema

1.3.1 Descripción del problema

El crecimiento de la población y el movimiento migratorio hacia la ciudad de Abancay, han incrementado tremendamente la necesidad de vivienda de sus pobladores. Esta necesidad afecta a todos los niveles socioeconómicos, en sectores de bajos ingresos económicos esta necesidad está siendo atenuada por la autoconstrucción de viviendas. Esto significa que el poblador construye su propia vivienda sin asesoría técnica de profesionales capacitados (ingenieros o arquitectos), contratando albañiles o maestros de obra para que realicen la construcción de su vivienda. En otros casos, son los mismos pobladores, participan en la construcción de sus viviendas contando con la colaboración de familiares, amigos y vecinos.

No tener asesoría técnica trae consigo algunos problemas, tales como una deficiente estructuración de las viviendas, baja calidad de mano de obra en la construcción y deficiencias en la arquitectura. Además, es muy frecuente que se haga una mala utilización de algunos materiales de construcción, lo que muchas veces conduce a viviendas con gran vulnerabilidad sísmica.

Un paradigma enraizado en la ciudad es el hecho una región con nula o casi nula presencia de sismos destructores garantiza la no ocurrencia de estos, más por el contrario, teorías como la de las lagunas sísmicas que apoyan el hecho que zonas de baja o nula sismicidad con regiones próximas de alta sismicidad, son las más proclives a ser fuentes sismogénicas de terremotos destructores a mediano y largo plazo, cuanto más se prolongue un periodo de silencio sísmico mayor es la probabilidad de que se suscite un sismo de elevada magnitud.

A continuación, se observa paneles fotográficos de viviendas autoconstruidas en la zona de estudio-Urbanización Bella Vista.



Figura 1.2: El acero de refuerzo de la viga está expuesto a la intemperie y falta la viga de borde, no cumple el recubrimiento mínimo según la norma E-070.



Figura 1.3: La vivienda construida no presenta simetría en planta.



Figura 1.4: El concreto contiene cantos rodados, el acero de refuerzo de las viguetas están expuestos a la intemperie y el espaciamiento de viguetas es menor a lo indicado según el RNE (10cm).



Figura 1.5: Vivienda construida en una pendiente pronunciada, no se mantiene la continuidad del ancho de la columna.



Figura 1.6: Viviendas sin junta sísmica.

De acuerdo al (cuadro 1.3), presentado existe en la historia eventos sísmicos ocurridos en el sur del Perú en la que está involucrado Apurímac; observamos que los eventos de mayor significación que afectaron la región, han sido de gran intensidad, la misma que varía entre el rango de III y IX grados, mientras dentro del mapa de zonificación sísmica del sur, Apurímac está considerado en zona de sismicidad alta.



Cuadro 1.3: Eventos Sísmicos en Apurímac

| LUGAR | DAÑOS Y AREA AFECTADA | FECHA | INTENSIDAD |
|---------------------|---|------------|------------|
| Cusco | Terremoto del Cusco, cuyos efectos se ha notado en la ciudad de Abancay y Andahuaylas. | 1650-01-31 | |
| Aymaraes | Terremoto en el pueblo de Santa Catalina provincia de Aymaraes y poblaciones aledañas. | 1739-03-24 | |
| Huancarama | Terremoto destruye el pueblo de Huancarama al oeste de Abancay. | 1847-01-01 | |
| Andahuaylas | Terremoto ocasionado en Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo. | 1862-04-13 | |
| Cotabambas | Sismo de regular intensidad con destrucción de algunas viviendas y daños materiales. | 1870-07-10 | |
| Abancay | Fuerte sismo en Abancay a las 21.30 produciendo aberías en muchas edificaciones con 27 réplicas hasta las 06 a.m. del día siguiente, fue percibido en forma notoria en Curahuasi. | 1875-12-05 | |
| Abancay | | 1876-01-04 | IX MM |
| Abancay | Terremoto ocasionado en Huamanmarca, al SW de Abancay, cuyo pueblo quedo desolado a consecuencia de este fenómeno. | 1905-01-20 | |
| Aymaraes | Violento sismo en la provincia de Aymaraes, puente Huayquipa, Sañayca, con daños en Colcabamba, Amoray, murieron más de 150 personas con replicas en Chalhuanca, Abancay con daños en las construcciones. | 1913-11-04 | |
| Abancay | Sismo de gran intensidad con extensos daños | 1925-01-05 | VI MM |
| Cusco | Gran sismo que afecto fuertemente la zona urbana. | 1941-09-18 | VI - VII |
| Cusco | Histórico sismo que asoló la ciudad y alrededores. | 1950-05-21 | VI MM |
| Aymaraes | Terremoto que afectó las viviendas de comunidades en toda la zona | 1964-07-01 | (5.3) MM |
| Chalhuanca | Sismo de proporciones con consecuencias en toda la zona. | 1965-12-19 | (5.1) MM |
| Chuquibambilla | Fuerte temblor sentido en la población y alrededores. | 1969-06-12 | (5.2) MM |
| Aymaraes | Sismo destructor en Soraya, Mosecco, Sañayca, Toraya: ubicados al margen izquierdo del río Pachachaca. Los deslizamientos destruyeron diversos tramos en la carretera Abancay Chalhuanca. | 1971-10-14 | |
| Cotaruse - Aymaraes | Sismo de regular intensidad con afectación de construcciones. | 1994-06-16 | (4.4) MM |
| Antabamba | Sismo de 6.2 en la escala de Richter con daños materiales en construcciones de viviendas. | 2001-08-08 | |

Fuente: IGP - Ing. Juan C. Gómez, 1996.



1.3.2 Formulación del Problema

1.3.2.1 Problema General

¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay – Apurímac?

1.3.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad en las viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista?
- b) ¿Cuáles son los posibles daños ante un evento sísmico?
- c) ¿Cómo influye los procesos constructivos utilizados en viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista en la vulnerabilidad sísmica?
- d) ¿Cómo se puede reducir la vulnerabilidad sísmica en las viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Principal

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la urbanización bella vista de la ciudad de Abancay – Apurímac.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- a) Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas en la Urbanización Bella Vista.
- b) Establecer niveles de los posibles daños sísmicos en las estructuras de las edificaciones existentes.



- c) Determinar si se utilizó procesos adecuados de construcción en viviendas autoconstruidas en la Urbanización Bella Vista.
- d) Elaborar recomendaciones para el diseño, la construcción de viviendas autoconstruidas en la Urbanización Bella Vista.

1.5 Población y Muestra

"El objetivo de un estudio estadístico es, principalmente, analizar y evaluar determinados parámetros de una población. Cuando esta población es grande y no puede ser estudiada en su totalidad, es necesario definir y justificar la utilización de técnicas de muestreo que permitan realizar la escogencia de una muestra representativa de la misma" (Cochran, 1980).

Hallar el índice de Vulnerabilidad de todas las edificaciones de la zona en estudio y sus alrededores, en la ciudad de Abancay, está por fuera del alcance de este estudio. Es por esta razón que la definición de técnicas de muestreo es tan importante para lograr un trabajo de campo con menos personal y con un menor volumen de información reduciendo los costos, haciendo más rápida la evaluación y, a su vez, permitiendo una precisión considerable.

1.5.1 Población

“Se denomina población al conjunto completo de elementos, con alguna característica común, que es el objeto de nuestro estudio” (Gorgas, Cardiel, & Zamorano, 2011, pág. 11).

Para la selección de zona de estudio se intentó ubicar zonas de diferente naturaleza, tipologías del suelo y topografía. Es así que se ubicó la Urbanización Bella Vista con mayores pendientes, con suelos intermedios y flexibles, problemas de licuefacción, viviendas autoconstruidas y sin licencias de construcción.



Para el presente estudio se considera como población las viviendas autoconstruidas de albañilería confinada de la Urbanización Bella Vista.

Según el conteo realizado insitu en el año 2016 existen 162 viviendas de albañilería confinada.

1.5.2 Muestra

“Se entiende por muestra a una parte representativa de la población, la cual debe reunir las similitudes, las diferencias y las características de ésta que sean importantes para la investigación. La selección de una muestra se recomienda cuando no es posible o recomendable realizar un censo de la población que se desea estudiar” (Caballero, 2007, pág. 52).

Se selecciona la muestra en forma aleatoria, la cantidad de muestra mínima requerida se obtendrá con la siguiente relación:

$$n = N \frac{NZ^2pq}{(N - 1)E^2 + Z^2pq}$$

Dónde:

| | |
|---|-----------------|
| n = Muestra mínima | |
| N = Tamaño de la Población | (162 Viviendas) |
| E = Error de estimación | (0.10) |
| Z = Intervalo de confianza del 90 % | (1.65) |
| P = Probabilidad de que ocurra el evento | (0.5) |
| q = Probabilidad de que no ocurra el evento | (0.5) |



El error máximo que puede ser aceptado en los resultados es hasta el 10%; ya que variaciones superiores reducen la validez de la información. Se considera un margen del 90% de confiabilidad con porcentaje de error, de 10%. Donde deberemos considerar la probabilidad de que ocurra el evento (p) y la de que no se realice (q), se toma en consideración que la suma de ambos valores $p + q$ será invariablemente siempre igual a 1, cuando no contemos con suficiente información, le asignaremos $p = 0.50$, $q = 0.50$ (Rodríguez, 2008).

Del análisis, usando la expresión y reemplazando los datos, se obtiene como resultado, que se tiene que evaluar por lo menos un total de 48 viviendas. Por lo tanto, la muestra representativa de la urbanización bella vista para el presente estudio es de 48 viviendas autoconstruidas.



CAPITULO II

2 ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación de la Urbanización Bella Vista

La zona en estudio tiene la siguiente ubicación política:

Lugar : Urbanización Bella Vista
Distrito : Abancay
Provincia : Abancay
Departamento : Apurímac.

La Urbanización Bella Vista se encuentra ubicado al noroeste de plaza de armas de la ciudad de Abancay, capital de la provincia de Abancay y del departamento de Apurímac, y a su vez se encuentra dentro de la sub cuenca del río Mariño, tributario de la cuenca del río Pachachaca, situada a una altitud de 2360 m.s.n.m y se ubica en las siguientes coordenadas UTM:

ESTE : 727729.00

NORTE : 8491481.00

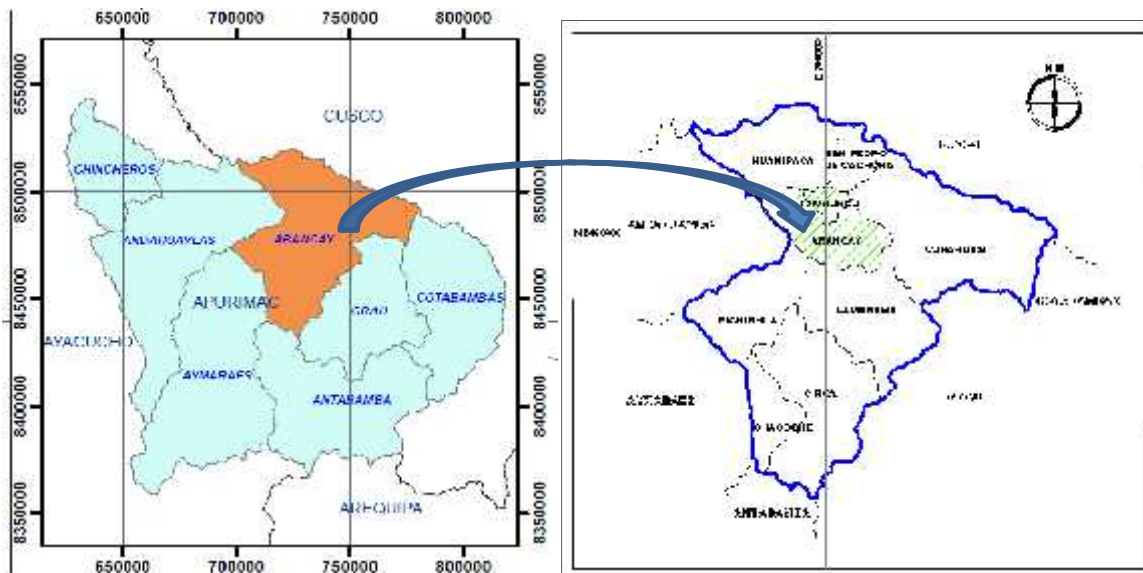


Figura 2.1 Ubicación del distrito de Abancay



Figura 2.2: Fotografía satelital de la Urbanización Bella Vista.
Fuente: Google Earth

2.2 Características físicas de la zona

Es importante conocer las principales características físicas de la zona para tener visión de conjunto y del aspecto geográfico donde se presentarán los sismos que afectarán a las viviendas en evaluación y comprender mejor la vulnerabilidad sísmica que están expuestas las viviendas autoconstruidas de la urbanización bella vista - Abancay.

2.2.1 Territorio

El departamento de Apurímac tiene una superficie de 20,895.79 km² (1.6% del territorio Nacional), en el que habita el 1.7% de la población total del País, desagregando la provincias de Abancay 3,447.13 km², la zona de estudio 0.14 km².



2.2.2 Clima y temperatura

“El valle de Abancay se caracteriza por presentar un clima templado y cálido hacia las zonas bajas próximas al río Pachachaca, así mismo presenta un clima mayormente frío a templado en sus zonas altas, tiene una temperatura máxima media anual de 23,8°C y una mínima de 11,7°C” (INDECI-Abancay, 2007, pág. 3).

“La estación de Abancay, instalada desde el año de 1964, cuyos registros son básicamente de precipitaciones diarias, las precipitaciones son abundantes de diciembre a abril y el periodo seco, con lluvias escasas de Mayo a Noviembre. En la época de lluvias, los huaycos, inundaciones y derrumbes son fenómenos de gran frecuencia y afectan constantemente las vías de comunicación, la precipitación media acumulada anual es 598.24 mm” (INDECI-Abancay, 2007, pág. 63).

2.2.3 Fisiografía

La Fisiografía de la cuenca es variada y accidentada, cuenta con una superficie Glaciar localizada entre los 4,500 msnm. a 5,200 msnm. con áreas de origen Fluvioglaciar a partir de los 4,500 msnm. Entre los 4,500 y los 3,800 msnm. La zona es de superficie Puna Montañosa. Entre los 3,800 m.s.n.m. y los 3,100 m.s.n.m. son quebradas erosionadas e inestables. A partir de los 3,100 m.s.n.m. hasta los 2,400 m.s.n.m. son valles con gran acumulación de material coluvial que presenta zonas de erosión y deposición. Desde los 2,400 hasta los 1,700 m.s.n.m. son superficies con bastante cobertura vegetal y pendientes moderadas que presentan gran acumulación de material Aluvial con zonas frecuentes de erosión local con granulometría heterogénea (INDECI-Abancay, 2007, pág. 55).

2.2.4 Hidrografía

La Región Apurímac cuenta con un extraordinario potencial hídrico, el caudal del agua que circula por el sistema proviene principalmente de aguas superficiales, de las



precipitaciones pluviales, deshielos de glaciares y nevados, que forman y dan origen a ríos con caudales permanentes. El drenaje hidrográfico en el territorio de este departamento tiene una orientación general de Sur a Norte y todos sus ríos pertenecen a la cuenca del río Apurímac, al que se dan sus aguas por la margen izquierda.

La Cuenca del río Mariño presenta cinco afluentes principales que son: los Ríos Ñacchero, Chinchichaca, Colcaqui, Marcahuasi y Hatunpata, se inicia hidráulicamente en la unión de los ríos Marcahuasi y Hatunpata, el río Hatunpata es un cauce importante en la cuenca por cuanto cuenta con el aporte de dos ríos principales: Puruchaja y Runtuccocha, la unión de estos ríos en la zona Este de la ciudad de Abancay, se forma el río Hatunpata que conjuntamente con el río Marcahuasi forman el cauce principal del río Mariño. Al sur de la ciudad de Abancay el río Mariño recibe los aportes de los ríos Colcaqui, Chinchichaca y Ñacchero, para finalmente entregar sus aguas al Río Pachachaca, ubicado en la zona sur de la cuenca del Río Mariño (INDECI-Abancay, 2007, pág. 56).

2.2.5 Topografía

El departamento de Apurímac presenta una topografía accidentada y muy variada, lo que permite diferenciar en las provincias del departamento tres zonas con particularidades especiales.

La topografía es inclinada con pendiente de 15 a 35%, la urbanización bella vista - Abancay se caracteriza por contar con una topografía ondulada y accidentada en algunos sectores laderas de fuertes pendiente, las cotas entre las cuales se encuentra la zona de estudio son 2320 y 2380 msnm.



2.3 Geología y Geomorfología

Dentro de las características físicas-geográficas, se consideran las características geológicas y geomorfológicas según (INDECI-Abancay, 2007, págs. 22-29); Las cuales serán evaluadas para el mejor análisis de la vulnerabilidad sísmica de la zona del estudio.

2.3.1 Características geológicas

2.3.1.1 Geología Regional

2.3.1.1.1 Estratigrafía

En el área de estudio afloran rocas sedimentarias tectonizadas cuyas edades son del pérmico al triásico, no evidenciando las rocas cretácicas en la cuenca de estudio como se describe a continuación.

a) Grupo Copacabana (pérmico inferior y medio)

El grupo Copacabana que aflora en el nevado Ampay presenta un espesor de 2,100 m con buzamiento en su flanco sur de 25° SE. La serie está constituida por calizas y lutitas negras.

Las calizas se presentan en bancos gruesos, macizos, o en capas delgadas, pueden ser de grano fino, oolíticos, nodulares y fosilíferas. Los fósiles silitificados (fusilinas, braquiópodos, corales, briozoarios, gasterópodos, etc.) son abundantes a todos los niveles de la serie.

Las lutitas son generalmente negras, carbonosas con numerosos restos de plantas y de troncos de árboles (Leepidodeadron). Forma el tercio superior del grupo copacabana y tiene aproximadamente 700 metros de espesor, en determinados niveles toma un aspecto de flysch lutítico, formado por una alternancia de 1 a 5 cm, de lutitas negras duras con bancos de areniscas finas, constituyendo relieves escarpados.



Figura 2.3: Vista fotográfica del afloramiento de las calizas Copacabana ubicados en la parte superior de la ladera, contacto entre calizas Copacabana y Grupo Mitú
Fuente: Programa Ciudades Sostenibles - Abancay (2007)

b) Grupo Mitu (pérmico superior)

El grupo mitu es representado por una secuencia molásica de areniscas feldespáticas, lutitas rojas arcosas y conglomerados, el material predominan sobre los limo-arcillitas y niveles volcánicos, es frecuentes la estratificación oblicua, entrecruzada y paléocanales; La sedimentación es rítmica.

Las areniscas se presentan en bancos, variables de 0.5 a 6 metros de espesor, el color es rojo ladrillo o verdoso; el grano varia de grueso a fino, predominando las areniscas de grano mediano a fino, las lutitas se encuentran intercaladas entre los bancos de areniscas, pueden constituir capas con más de 5 metros de espesor, son poco duras y deleznales por la meteorización.



Los conglomerados son abundantes en la parte inferior del grupo (conglomerado basal), observados con claridad en la falla Pachachaca frente a la Quebrada Santo Tomás con un espesor de 100 metros, los clastos son bien redondeados y del tamaño de guijos, con cantos de areniscas volcánicas y lutitas, la matriz es arenosa de color roja o gris clara.

Existen niveles de lava andesíticas en la parte superior expuestas en el flanco sur del nevado Ampay, son bancos de 80 a 100 metros de espesor. El Grupo Mitu en el área de estudio se estima que tiene 600 a 800 metros de espesor.



Figura 2.4: Vista fotográfica del afloramiento rocoso del Grupo Mitu.
Fuente: Programa Ciudades Sostenibles - Abancay (2007)



c) Grupo Pucara (Jurásico Inferior)

Las calizas se presentan en capas de 0.5 a 1 metro de espesor, se intemperizan a un color gris blanquecino y en fractura fresca es gris a negro, son generalmente detríticas y contienen numerosos pedazos de fósiles (conchas de lamelibranquios, crinoideos), como puede observarse a lo largo de la carretera de Abancay – Curahuasi, son a menudo bituminosas y de color férvido, en casi todos los niveles se encuentran “chert”. Los bancos calcáreos se alternan con capas delgadas de lutitas oscuras, generalmente endurecidas; a partir de la ciudad de Abancay los niveles evaporíticos entre las calizas son más abundantes, y se encuentran en mayores grosores en Curahuasi.

Marocco (1975) menciona que el grupo pucará, puede alcanzar los 1000 metros en el sector de Andahuaylas donde no se conoce su base, adelgazando hacia el Este hasta desaparecer completamente en la zona de Mollepata en Cusco.



Figura 2.5: Vista fotográfica del afloramiento rocas calcáreas (grupo Pucara)
En el corte de talud de carretera Abancay-Lima km 4.

Fuente: Programa Ciudades Sostenibles - Abancay (2007)



2.3.1.1.2 Depósitos Cuaternarios Incoherentes

a) Depósitos Morrénicos (Q-mo)

Este tipo de depósitos se halla el valle de origen glaciar de la quebrada Ampay – Sahuanay, parte superior de la cuenca, consta de clastos y bloques angulosos, sub angulosos, con matriz limo arenoso, se encuentran bastantes compactas y algo cementadas. La naturaleza litológica de los fragmentos es mayormente calcárea en la zona de Ampay y Granítica en Runtococha.

Estos depósitos son de carácter heterométrico donde los finos ocupan el 60% las dimensiones de los gruesos varían de 0.25 a 3.0 metros en algunos casos permanecen como diques naturales formando lagunas.



Figura 2.6: Vista fotográfica del depósito morrénico.

Fuente: Programa Ciudades Sostenibles - Abancay (2007)



b) Depósitos Aluviales

Se hallan en el piso de valle, desde el centro poblado hasta el río Pachachaca, estos depósitos tienen bloques mayores de 0.5 metros, lo cual indica una alta energía en el transporte y cantos de formas subredondeadas a redondeadas. Tienen una matriz detrítica mezclada con arenas y limos, formando una irregular y somera estratificación. Estos depósitos aluviales son a su vez transportados, lavados y redepositados hacia el río Pachachaca formando gravas redondeadas con matriz arenosa bien clasificada.

Sobre los depósitos aluviales se ha formado una costra dura calcárea blanquecina denominada “caliche” de espesor variado (0.5 a 2.0 metros) debido a la precipitación del carbonato de calcio y otras sales evaporíticas disueltas en el agua por una intensa evaporación en periodos áridos donde sufren un movimiento ascendente, cementado los bloques y clastos de una antigua superficie aluviónica, posteriormente cubierta por un suelo orgánico gris negro de espesor de 0.3 a 0.5 metros constituye la capa arable vale decir horizonte A del suelo.



Figura 2.7: Vista fotográfica del depósito aluvial en la escarpa de talud.
Fuente: Programa Ciudades Sostenibles - Abancay (2007)



c) Depósitos Coluviales

Se encuentran recubriendo el pie de ladera gran parte de la zona Norte, tomando una coloración rojiza y con tonos gris claro en otras áreas. Está constituido por fragmentos de roca de formas angulares a sub angulares, con matriz arcillosa – limosa. Éstos depósitos han tenido poco transporte, mayormente gravitacional.

Dentro de esta clasificación se incluyen a los depósitos aluviales formados por la meteorización “in situ” de roca, que bajo la acción del agua se puede movilizar y formar huaycos, como se puede apreciar al pie del nevado Ampay, donde se presenta una sucesión de varias etapas de huaycos. También se incluyen los depósitos de deslizamiento y escombros de talud, para efectos del cartografiado Geológico.



Figura 2.8: Vista fotográfica del depósito coluvial en la corte de talud de carretera.
Fuente: Programa Ciudades Sostenibles-Abancay (2007)



2.3.1.1.3 Rocas Ígneas.

En la zona de Abancay se encuentra parte del batolito de Apurímac, que regionalmente se emplaza en forma alargada y orientado de Este a Oeste, con una longitud de casi 150 Km., coincidiendo a su vez con el rumbo general de los Andes. Marocco (1975) determinó como el macizo sintectónico de Abancay y el gran batolito post – tectónico E-W del terciario inferior y medio respectivamente, en el presente estudio reconoceremos como:

a) Granodiorita Quisapata (Ti-gd)

Edad probable: Eoceno.

Se trata de un macizo que se extiende regionalmente al Este y Sur de Abancay, al Norte se halla limitado por la falla de Abancay, al Este y Oeste está cortada por la granodiorita Post- tectónica que incluye el macizo de Runtococha, y al Sur se extiende por el flanco izquierdo del pachachaca.

Se halla constituido por granodiorita a diorita cuarcítica, con estructura gnesoide, con bandas oscuras de minerales máficas, muy textonizadas con numerosos espejos de falla (cerro Quisapata).

En su mineralogía se halla plagioclasas siendo predominante la andesita (30 – 50 %) de An Ortoza con su macla características de Carlsbal. El cuarzo es intersticial y menos abundante que los feldespatos, los minerales máficas corresponden a la horblenda verde y biotita.



Figura 2.9: Vista fotográfica de afloramiento de roca intrusiva granodiorita alterada.

Fuente: Programa Ciudades Sostenibles - Abancay (2007)

b) Macizo Intrusivo Runtucchocha (ts-gd)

Edad atribuible: terciario superior – mioceno.

Aflora en la zona de Runtocchocha, pertenece a los productos plutónicos post-tectónicos del batolito de Apurímac de dirección Este – Oeste, que regionalmente aflora desde Cotabambas hasta Andahuaylas.

La roca es clara debido a la predominancia de minerales claros como la plagioclasa, ortoclasa y cuarzo, con numerosas manchas negras (horblenda y algunas biotitas), estos minerales no muestran una orientación que lo distinguen del macizo Quisapata y alrededores a manera de burbujas y probablemente se asocien a esta intrusión.

Por el alto contenido de sílice las rocas son duras pero por el fracturamiento que presenta disminuyen su resistencia, siendo fácilmente atacadas por la meteorización,



mostrando a manera de costras alteradas que forman parte de la escasa capa de suelos arenosos y limosos.

c) Edad y Correlación Estratigráfica

La secuencia geológica de los estratos existentes en el área de Abancay se muestra en la columna estratigráfica siguiente.

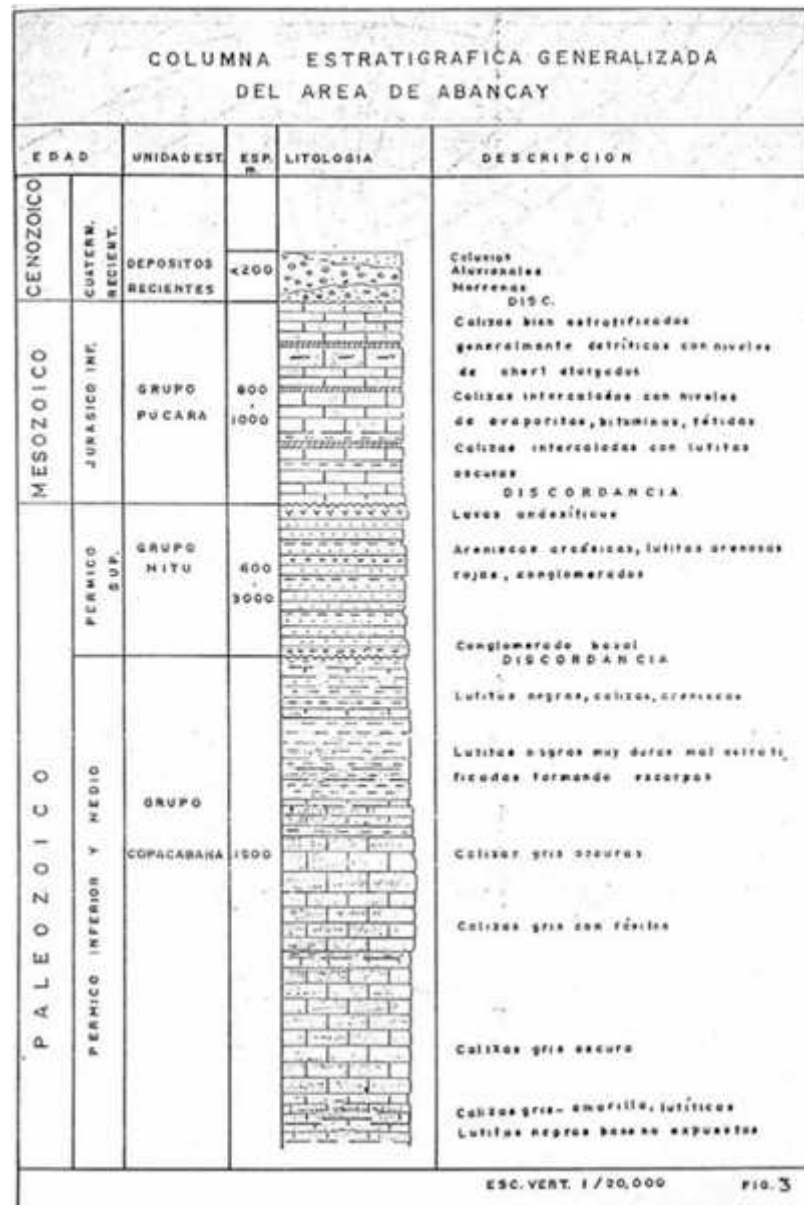


Figura 2.10: Columna Estratigráfica Generalizada del área de Abancay
Fuente: Programa Ciudades Sostenibles - Abancay (2007)



2.3.1.2 Geología Local

En el área de estudio (Ciudad de Abancay) se presentan rocas del pérmico – triásico correspondiente al grupo Copacabana. Asimismo, el Grupo Mitu, calizas del Grupo Pucara (Jurásico), rocas intrusivas del terciario (granodioritas).

Estructuralmente se ha identificado una falla de rumbo NW- SE (falla Sahuanay), la que probablemente crea la desestabilización de taludes en la parte media y baja de la ladera Ampay.

Los suelos de cobertura en la ciudad de Abancay son de tipo Fluvio – Glaciarios de edad cuaternaria a reciente.

Hacia el NE de la ciudad de Abancay, Tamburco, se ha cartografiado afloramiento de calizas (Grupo Pucara) con presencia karstica y manantes con presencia de agua.

Así como al SW de la ciudad de Abancay se han cartografiado afloramientos de calizas y evaporitas. Lo que indicaría que el substrato rocoso de la Ciudad de Abancay estaría conformado por calizas del Grupo Pucara y suprayaciendo a éstas estarían los suelos de origen fluvio-glaciario.

Las viviendas de Fonavi, Bellavista, Gilbert Urbiola, Molino Pata, Moyocorral, se encuentran en una formación geológica más reciente, perteneciente al grupo Mitu, cuya edad se estima en unos 240-200 millones de años y que pertenecen al Pérmico medio y superior. Esta inferencia se basa en las rocas observadas, constituidas principalmente por areniscas, lutitas de colores rojizos, marrones, conglomerados y materiales volcánicos como diabasas, andesitas y basaltos de colores violáceos, verdosos y marrones.



2.3.1.2.1 Hidrogeología

La hidrogeología de la subcuenca Mariño presenta diversos acuíferos, como son; “Karsticos” y “Fisurados” y muy localmente “Porosos no consolidados” en depósitos calcáreos y sedimentarios, que afloran gran parte de estos en la zona Norte de la cuenca y parte intermedia, fondo del cauce. Estos acuíferos descargan en superficie en forma de manantiales los que abastecen de agua potable a la ciudad de Abancay, entre los más importantes se describen a continuación:

Cuadro 2.1: Origen Geológico del Agua Potable de Abancay

| | Manantiales | Descargas | Acuífero | Dureza |
|----|--------------------|------------------|-----------------|---------------|
| 1. | Marca Marca | 60 l/seg | Kárstico | - |
| 2. | Amaruyoc | 25 l/seg | Kárstico | - |
| 3. | Chinchichaca | 12 l/seg | Aluvial | 164 |
| 4. | Marchahuasi | 08 l/seg | Figurado | 148 |
| 5. | Bellavista | 10 l/seg | Aluvial | - |
| 6. | FONAVI | 1.5 l/seg | Mitu – fisurado | 378 |
| 7. | Panamericana | 1 l/seg | Pucará | 585 |

Fuente: Estudio de ciudades sostenible, 2007.

Las aguas procedentes de los acuíferos kársticos de la zona de Abancay son medianamente duras y las procedentes de aluviales alcanzan valores de 164 mg/lit de CaCO_3 que corresponden a aguas blandas. Las descargas son fluctuantes por la mayor velocidad interna de circulación característica para estos acuíferos, por lo que tienen un coeficiente de agotamiento de curva muy empinada. (Ing. Dimas Apaza)

2.3.2 Geomorfológica de la ciudad de Abancay

Las distintas formas que exhibe la topografía del actual del relieve tienen estrecha relación con la configuración geológica del sector y la historia de formación de los materiales que lo conforman.



El área geográfica donde se asienta la ciudad de Abancay y sus zonas de expansión han sido afectada por intensa actividad geodinámica tanto interna (tectónicas) como externa (intemperismo, erosión y procesos geodinámicos) que se refleja en su variada topografía y su tendencia a la ocurrencia de fenómenos geológicos y geológico – climáticos, el relieve de la zona de estudio es variado: presenta grandes desniveles altitudinales y corresponde a la gran unidad geomórfica montañosa de la cordillera Oriental y de la cordillera de los Andes. En esta gran unidad se observan. El fondo de valle, las vertientes medias, las vertientes altas y la zona glaciaria del Ampay.

Los depósitos aluviales, sobre los cuales se asienta la ciudad de Abancay, se formó por remoción en masa, por deposición de numerosas cargas de aluviones y alud-aluviones, durante el Holoceno y probablemente durante el pleistoceno superior.

2.4 Tipos de Suelos en la Ciudad de Abancay

En el estudio de suelos para el proyecto de ciudades sostenibles se ha determinado el tipo de suelos en cada sector de la ciudad de Abancay, se realizó la excavación de calicatas, a describir los numerosos cortes naturales y artificiales que se encontraban visibles en la ciudad de Abancay, conjuntamente que las paredes de las calicatas excavadas, para lo que se ha establecido un sistema estandarizado de descripción de suelos para evitar la subjetividad en este proceso y obtener de esta manera información confiable y valiosa (INDECI-Abancay, 2007, pág. 131).

A cada punto de investigación se le asigna una letra R, G, S, F correspondientes a Roca, Grava, Arena y Finos. Estas letras son ubicadas en el plano de la ciudad en lugar del símbolo de la calicata.

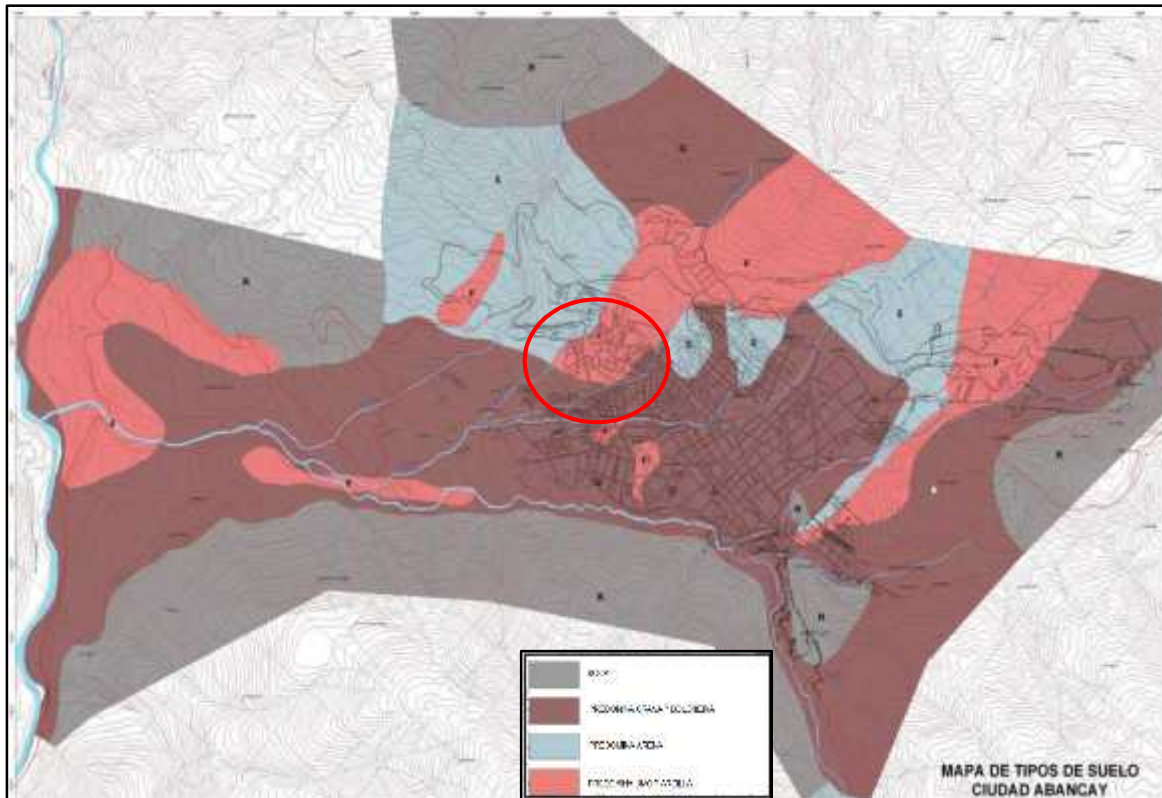


Figura 2.11: Mapa de tipos de suelos.

Fuente: Estudio de Ciudades Sostenibles, Abancay 2007.

A continuación, se describe los tipos de suelos de la ciudad de Abancay

a) Suelos Finos (F)

En el presente estudio se agrupa bajo ésta denominación a los suelos en los que predominan Arcillas y Limos resaltando que los más frecuentes son los suelos limosos.

En general tienen coloración blanquecina grisácea y se presenta con grava en el área central de la ciudad pero hacia el sector Nor-Oeste tiene color rojizo y mayor plasticidad; hacia la parte baja en los terraplenes inferiores tiene coloración amarillenta y se presenta con arena fina. Las áreas de suelos finos se presentan en forma de intrusiones alargadas con respecto al material gravoso predominante.



b) Arenas. (S)

Como se ha mencionado líneas arriba en el área del proyecto abundan los materiales arenosos finos de color rojizo que en estado húmedo pueden confundirse con arcillas puesto que tienen textura fina y permiten excavaciones verticales, pero al secar o saturarse pierden su pseudo-cohesión (debida a la succión matricial) y se desmoronan.

c) Gravos (G)

Los suelos gravosos presentan casi siempre abundante piedra grande y bolonería conformada por fragmentos de roca caliza de color superficial blanco pero negro en su interior (negro en fractura fresca). El fragmento de piedra grava y arena son duros y resistentes, los materiales finos presentan cierto grado de cementación por la solución calcárea que circula entre sus partículas. El material es denominado como caliche.

En algunos sectores la grava es de origen coluvial (pese a presentar cantos rodados) y abundan los paleocauces que se presentan en franjas de material con menos cantidad de finos. En las terrazas inferiores de la quebrada hacia el Río Pachachaca abundan los bolones de granito.

Los materiales identificados como gravosos son de alta resistencia y competentes para cimentación.

d) Roca (R)

Los afloramientos de roca en la zona del proyecto se encuentran en las partes altas que circundan y flanquean al valle del Abancay, Hacia el Nor-Oeste son predominantemente calizas y areniscas, Hacia el Sur Oeste se presentan yesos y



calizas menos competentes con indicios de karstificación y Hacia el Sur-Oeste se tienen Rocas metamórficas derivadas del Granito como son el Gneiss muy intemperizado hacia la superficie y con evidencias de intensa deformación plástica.

2.5 Estudio de suelos de la urbanización bella vista

Se ha desarrollado para el área de estudio, en base a los resultados de la investigación de campo realizados por: el laboratorio geotécnico en la facultad de la UNI, el estudio se realizó por solicitud de Consorcio Abancay Avanza con Fines de Cimentación para el proyecto: “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DEL NIVEL INICIAL N° 145 – BELLAVISTA”, “PROYECTO DE INDECI DEL PROGRAMA CIUDADES SOSTENIBLES DE LA CIUDAD DE ABANCAY-2007” y por parte de los tesisistas se realizaron dos calicatas en bella vista alta y baja, cuyas propiedades y características se detallan en el ANEXO A.

2.5.1 Trabajo de Campo

Corresponde a la etapa de prospección in-situ, donde se tomaron muestras de Dos (02) calicatas de 3.20 m y 2.00 m de profundidad respectivamente, que permitieron caracterizar al suelo de fundación en el área delimitada, tomándose muestras de las capas de suelo del NFC (nivel de fondo cimentación) encontrado en la construcción de vivienda.

Las excavaciones de las calicatas para el análisis de suelo en el proyecto “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DEL NIVEL INICIAL N° 145 – BELLAVISTA”. se realizaron con herramientas manuales como pala y pico, hasta una profundidad máxima de 3.00 m, los cuales fueron ejecutados por personal obrero de la zona en estudio. El total de calicatas ejecutadas fueron tres, denominadas C-1, C-2 y C-3, que permitieron la obtención de muestras alteradas para los respectivos ensayos de laboratorio (ver Cuadro 2.2). El nivel freático se encontró a 2.00 m de profundidad.



Cuadro 2.2: Resumen de resultados de laboratorio geotécnico

| Sondajes | Muestras(m) | Profundidad(m) | Clasificación SUCS, AASHTO | Humedad(%) |
|------------|-------------|----------------|----------------------------|------------|
| C-1 | M-01 | 0.3 - 1.10 | CL (A-6 (9)) | 7.3 |
| | M-02 | 1.10 - 3.00 | CL (A-7-6 (7)) | 21.0 |
| C-2 | M-01 | 0.3 - 1.10 | CL (A-7-6 (8)) | 14.4 |
| | M-02 | 1.10 - 3.00 | CL (A-7-6 (8)) | 5.5 |
| C-3 | M-01 | 0.3 - 1.10 | CL (A-6 (8)) | 11.7 |
| | M-02 | 1.10 - 2.20 | CL (A-6 (5)) | 14.7 |
| | M-03 | 2.20 - 3.00 | ML (A-6 (5)) | 20.8 |

En cada una de las calicatas excavadas se procedió a la toma de muestras de los diferentes tipos de suelos presentes siguiendo la norma de recolección y muestreo (ASTM D420), así mismo se realizó la clasificación visual del material encontrado en el campo de acuerdo a los procedimientos indicados en la norma ASTM D2488.

La finalidad de las excavaciones de calicatas fue identificar el perfil estratigráfico del terreno para poder conocer el tipo de suelo en la que se va a realizar el estudio de Vulnerabilidad Sísmica.

2.5.2 Muestreo y registros de Exploración

Las muestras de materiales obtenidas en los trabajos de campo fueron analizadas en LABORATORIO, para determinar sus propiedades y características físico – mecánicas fundamentales, tales como, Análisis Granulométricos por tamizado, Límites de Consistencia, Humedad, Pesos Unitarios, Pesos Específicos, ensayos ejecutados siguiendo las normas vigentes.



2.5.3 Ensayos de Caracterización Física

Los ensayos de caracterización física fueron llevados a cabo en las muestras alteradas, extraídas en la exploración, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Estos ensayos, son los siguientes:

Ensayos de Caracterización física:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM C – 136)
- Constantes Físicas (ASTM D – 4318):
 - Limite Líquido.
 - Limite Plástico.
- Humedad Natural (ASTM D – 2216)
- Clasificación de Suelos SUCS (ASTM D – 2487)

Los resultados de los ensayos de laboratorio se presentan en el Anexo B y en (Cuadro 2.2) se presenta un resumen de estos ensayos.

2.5.4 Clasificación de suelo

Las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Para representar el tipo de suelo es:

- C = Arcillas M = Limos, S = Arenas y G = Gravas
- L = baja compresibilidad, H = alta compresibilidad
- P = Mal gradadas o uniformes, W = Bien gradadas.
- Las combinaciones posibles de estos símbolos.



2.5.5 Perfil Estratigráfico

Los resultados de las excavaciones y los ensayos de laboratorio, se presentan una descripción del perfil estratigráfico del área en estudio, el mismo que es descrito a continuación.

El perfil de los suelos está representado por los registros correspondientes a las calicatas C-1, C-2 y C-3. Este perfil muestra terreno de cultivo de 0.00 a 0.30 m de profundidad, conformado por material orgánico limoso con presencia de raíces, color marrón negruzco y mediana humedad. Subyaciendo a este material se encuentra predominantemente el suelo arcilloso arenoso (CL), color marrón negruzco, de mediana humedad a húmedo, de consistencia media, hasta una profundidad explorada. El nivel freático se encontró a 2.00 m de profundidad como se reporta en los registros de sondajes.

A continuación, se observa en la (Figura 2.11, 2.12, 2.13) los perfiles estratigráficos obtenidos del suelo en la zona de estudio.



| PROFUNDIDAD | Tipo de Sondeo | CONTENIDO DE HUMEDAD | CLASIFICACIÓN SUCS | Simbolo | DESCRIPCION |
|-------------|----------------------------|----------------------|--------------------|---------|---|
| 0.20 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | - | S/M | | Material orgánico limoso. Color negrusco. Con presencia de abundante raices. |
| 0.40 | | 7.3% | CL | | Arcilla delgada arenosa. Color marron negrusco. Medianamente Húmedo. De mediana consistencia. Con 3.2% de gravas < 1", 32.5% de arena y 64.3% de finos. |
| 0.60 | | | | | |
| 0.80 | | | | | |
| 1.00 | | | | | |
| 1.20 | | | | | |
| 1.40 | | 21.0% | CL | | Arcilla delgada arenosa. Color marron. Húmedo. De mediana consistencia. Con 9.9% de gravas < 1 1/2", 39.2% de arena y 50.9% de finos. |
| 1.60 | | | | | |
| 1.80 | | | | | |
| 2.00 | | | | | |
| 2.20 | | | | | |
| 2.40 | | | | | |
| 2.60 | | | | | |
| 2.80 | | | | | |
| 3.00 | | | | | |

Figura 2.12: Esquema perfiles estratigráficos realizado en el suelo CALICATA C1. Nótese la presencia del nivel freático se encuentra a una profundidad de 2 metros y las características del suelo: Arcilla delgada arenosa arcilla pre consolidada CL.



| PROFUNDIDAD | Tipo de Sondeo | CONTENIDO DE HUMEDAD | CLASIFICACIÓN SUCS | Simbolo | DESCRIPCION |
|-------------|----------------------------|----------------------|--------------------|---------|---|
| 0.20 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | - | S/M | | Material orgánico limoso. Color negrusco. Con presencia de abundante raíces. |
| 0.40 | | 14.4% | CL | | Arcilla delgada arenosa con grava. Color marron. Húmedo. De mediana consistencia. Con 18.6% de gravas < 2", 29.7% de arena y 51.7% de finos. |
| 0.60 | | | | | |
| 0.80 | | | | | |
| 1.00 | | | | | |
| 1.20 | | | | | |
| 1.40 | | 5.5% | CL | | Arcilla delgada arenosa con grava. Color marron. Medianamente Húmedo. De mediana consistencia. Con 15.0% de gravas < 1 1/2", 29.2% de arena y 55.8% de finos. |
| 1.60 | | | | | |
| 1.80 | | | | | |
| 2.00 | | | | | |
| 2.20 | | | | | |
| 2.40 | | | | | |
| 2.60 | | | | | |
| 2.80 | | | | | |
| 3.00 | | | | | |

Figura 2.13: Esquema perfiles estratigráficos realizado en el suelo CALICATA C2. Nótese la presencia del nivel freático se encuentra a una profundidad de 1.85 metros y las características del suelo: Arcilla delgada arenosa con grava arcilla clasificación SUCS (CL).



| PROFUNDIDAD | Tipo de Sondeo | CONTENIDO DE HUMEDAD | CLASIFICACIÓN SUCS | Simbolo | DESCRIPCION |
|-------------|----------------------------|----------------------|--------------------|---------|---|
| 0.20 | EXCAVACION A CIELO ABIERTO | - | S/M | | Material orgánico limoso. Color negrusco. Con presencia de abundante raíces. |
| 0.40 | | 11.7% | CL | | Arcilla delgada arenosa. Color marron. Húmedo. De mediana consistencia. Con 1.8% de gravas < 3/8", 31.6% de arena y 66.6% de finos. Presencia de rocas de 10" |
| 0.60 | | | | | |
| 0.80 | | | | | |
| 1.00 | | | | | |
| 1.20 | | 14.7% | CL | | Arcilla delgada arenosa con grava. Color marron. Medianamente Húmedo. De mediana consistencia. Con 19.6% de gravas < 1 1/2", 29.8% de arena y 50.6% de finos. |
| 1.40 | | | | | |
| 1.60 | | | | | |
| 1.85 | | | | | |
| 2.00 | | 20.8% | ML | | Limo arenoso. Color marron. Húmedo. De mediana consistencia. Con 12.0% de gravas < 2", 35.0% de arena y 53.0% de finos. |
| 2.20 | | | | | |
| 2.40 | | | | | |
| 2.60 | | | | | |
| 2.80 | | | | | |
| 3.00 | | | | | |

Figura 2.14: Esquema perfiles estratigráficos realizado en el suelo CALICATA C3. Nótese la presencia el nivel freático se encuentra a una profundidad de 2.20 metros y las características del suelo: Arcilla delgada arenosa con grava y Limo arenoso arcilla, clasificación SUCS CL y ML.



A continuación, se presenta las conclusiones de los estudios de suelos:

Según el **programa de ciudades sostenible 2007** (figura 2.11), el tipo de material observado en el área en estudio de acuerdo a su ubicación en el plano de tipos de suelos. Son SUELOS FINOS (F) y ARENAS (S) Se agrupa bajo ésta denominación a los suelos en los que predominan Arcillas y Limos resaltando que los más frecuentes son los suelos limosos y materiales arenosos finos de color rojizo. En general la zona de estudio tiene color rojizo y mayor plasticidad.

Según el proyecto “**MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DEL NIVEL INICIAL N° 145 – BELLAVISTA**”. Se realizaron las siguientes calicatas C1, C2 y C3, el nivel freático se encontró a una profundidad promedio de 2 metros y las características del suelo: Arcilla delgada arenosa con grava y Limo arenoso arcilla, clasificación SUCS CL y ML.

Según el estudio realizado por los tesisistas, el suelo en la zona de estudio consiste en un suelo granular consistente en Arena Limosa, Arcillosa, con presencia de Grava, de color marrón rojizo oscuro, clasificación SUCS SM y SC.

2.5.6 Análisis de la Cimentación

El análisis de la cimentación se realiza con la finalidad de calcular la capacidad de carga admisible del terreno, así como los asentamientos producidos por las cargas impuestas al terreno de cimentación. Los valores propuestos deberán ser verificados durante el diseño estructural de acuerdo a las dimensiones de los cimientos que se consideren para la estructura.

El análisis de la cimentación se ha realizado por capacidad portante. A continuación, se presenta dicho análisis.



2.5.6.1 Tipo de Cimentación

De acuerdo a la naturaleza del terreno de cimentación y con el fin de reducir los asentamientos diferenciales debido a la presencia del material arcilloso y el nivel freático superficial, se recomienda para las estructuras proyectadas utilizar zapatas cuadradas o rectangulares conectadas con vigas de cimentación o platea de cimentación.

2.5.7 Mapa de Esfuerzo Admisible de la Ciudad de Abancay

Según el estudio realizado de esfuerzo admisible de la ciudad de Abancay para Zapatas Cuadrada por ser la cimentación aislada la más frecuente en edificaciones en Abancay.

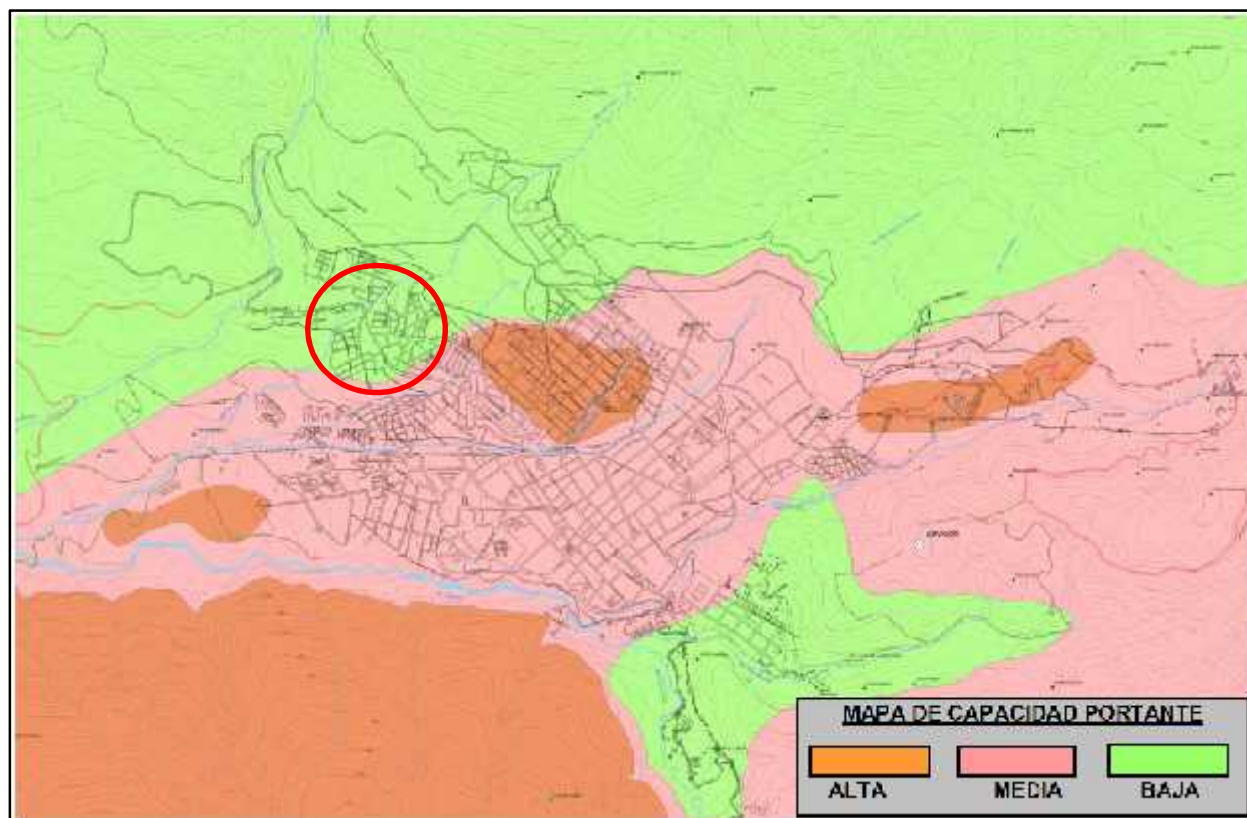


Figura 2.15: Mapa temático de capacidad portante de la ciudad de Abancay

Fuente: Estudio de Ciudades Sostenibles, Abancay 2007.



Los colores empleados son:

Naranja: Capacidad de carga alta.

Rosado: Capacidad de carga media

Verde: Capacidad de carga baja.

“Se aprecia que se presentan materiales de buena resistencia en 3 sectores de la ciudad y en la ladera rocosa del cerro Misauyarina y Wiracochapata y las zonas de baja resistencia en todas las laderas Norte y entre los sectores de Mirador y Aymas” (INDECI-Abancay, 2007). Se observa que en la zona de estudio, la capacidad portante es BAJA.

2.5.8 Cálculo de Capacidad de carga Admisibles

La capacidad de carga admisible se ha determinado en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), utilizando los parámetros propuestos por Vesic (1973).

$$q_{ult} = N_c \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c < \frac{1}{2} \gamma_t \cdot B \cdot S_\gamma \cdot d_\gamma < \gamma_f \cdot D_f \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q$$

$$q_{adm} = N \cdot \frac{q_{ult}}{3}$$

Donde:

- q_{ult} = Capacidad última de carga
- q_{adm} = Capacidad admisible de carga
- γ_t = Peso unitario del suelo bajo la cimentación ($\gamma_t=1.60 \text{ ton/m}^3$)
- γ_f = Peso unitario del suelo superficial ($\gamma_f=1.60 \text{ ton/m}^3$)
- B = Ancho de zapata
- L = Largo de la zapata
- D_f = Profundidad de cimentación
- N_c, N_q, N_γ = Parámetros en función de
- S_c, S_q, S_γ = Factores de forma
- d_c, d_q, d_γ = Factores de profundidad



La capacidad de carga admisible se ha determinado en función a la profundidad indicada $D_f = 1.20\text{m}$ y de acuerdo al tipo de cimentación. Teniendo en cuenta el tipo de suelo predominantemente arcilloso y de acuerdo a la norma E-050 de suelos y cimentaciones consideramos los siguientes parámetros para el diseño de la cimentación.

$$= 0^\circ \text{ y } C=0.15 \text{ kg/cm}^2.$$

A continuación, mostramos el resumen de la capacidad portante para los diferentes tipos de cimentación.

Cuadro 2.3. Resumen de capacidades cargas

| Tipo de Cimentacion | Df(m) | Capacidad de Carga Ultima qult (Kg/cm2) | Capacidad de Carga Admisible qadm (Kg/cm2) |
|--|-------|---|--|
| Cuadrada B= 1.5 m | 1.2 | 1.4 | 0.50 |
| Rectangular B= 1.2 m L= 2.0 m | 1.2 | 1.32 | 0.40 |
| Cimiento Corrido B= 0.8 m | 1.2 | 1.26 | 0.40 |
| Platea B= 10.0 m L= 15.0 m | 1 | 1.07 | 0.4 |

2.5.9 Agresión del suelo al concreto de la cimentación.

La agresión que ocasiona el suelo bajo el cual se cimienta la estructura, está en función de la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (sulfatos, cloruros y sales solubles totales). Sin embargo la acción química del suelo sobre el concreto solo ocurre a través del agua subterránea que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro del concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de



ascensión capilar o presencia de aguas infiltradas (rotura de tuberías, lluvias extraordinarias, inundaciones, entre otros). Los principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos, cloruros por su acción química sobre el concreto y el acero de cimiento, respectivamente. A su vez, se evalúa las sales solubles totales que podrían causar pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación.

Las concentraciones de estos elementos en proporciones nocivas se presentan en el (Cuadro 2.5.) La fuente de esta información corresponde a las recomendaciones del ACI (comité 319-83) en el caso de los sulfatos presentes en el suelo y a la experiencia en otros casos.

Cuadro 2.4. Elementos químicos nocivos para la cimentación

| Presencia en el Suelo de: | p.p.m | Grado de Alteración | Descripción |
|-------------------------------|--------------|---------------------|--|
| SULFATOS | 0 - 1000 | Leve | Ocasiona un ataque químico al concreto |
| | 1000 - 2000 | Moderado | |
| | 2000 - 20000 | Severo | |
| | > 20000 | Muy severo | |
| CLORUROS | > 6000 | Perjudicial | Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos |
| SALES SOLUBLES TOTALES | >15000 | Perjudicial | Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación |

Fuente: ACI (comité 319-83)

Se realizó el análisis químico de una muestra de suelo procedente de la calicata C-1, obteniéndose los resultados que se muestran en el (Cuadro 2.5). Según estos resultados se observa que a la profundidad de cimentación se presenta una concentración de sulfatos de 240.2 ppm, la cual no es perjudicial para el concreto de la cimentación, asimismo se presentan concentraciones de cloruros y sales solubles totales de 5.12 y 326.13 ppm respectivamente, las cuales son menores que los valores de las concentraciones que tienen efectos perjudiciales para la cimentación (6000 y 15000 ppm, respectivamente). Por lo tanto se recomienda utilizar el cemento tipo I.



Cuadro 2.5. Resultados del análisis químico de suelos

| Calicata | Muestra | profundidad | CL (p.p.m) | SO4 (p.p.m) | S.S.T (p.p.m) |
|----------|---------|-------------|------------|-------------|---------------|
| C-2 | M-2 | 0.3 - 1.10 | 5.12 | 240.2 | 326.13 |

2.5.10 La reptación de suelo

En el trabajo de campo realizado, se ha podido observar el proceso de reptación de suelo en bella vista alta y a su alrededor, sobre todo en las nuevas urbanizaciones que se encuentran, en la parte alta, hasta Leonpampa y Moyocorral.

En estos lugares se aprecian el flujo lento o reptación del paquete superior de la vertiente, cuesta abajo, sobre todo en la estación del verano, cuando las precipitaciones se incrementan notablemente y el nivel piezométrico de las aguas subterráneas, se eleva considerablemente, afectando la matriz arcillosa, como se puede apreciar en la (figura 2.16).



Figura 2.16: Muros agrietados por la reptación de suelo.



CAPITULO III

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Aspectos Sismológicos

“La sismología es una ciencia que estudia las causas y mecanismos que producen los terremotos para tratar de entender el comportamiento y la estructura interna de la tierra. Aunque los terremotos son fenómenos complejos, los avances en la sismología están permitiendo un buen entendimiento de la mecánica y las proporciones de ocurrencia de sismos en el mundo” (Bolaños & Monroy, 2004).

Cada una de las ramas de la Ingeniería Civil se relaciona en alguna forma, con la superficie de la tierra; esto se visualiza en los diseños de Ingeniería con reportes y localizaciones sobre una parte de la corteza terrestre; por esto, es de gran importancia el estudio de la interacción entre las estructuras construidas por el hombre y el entorno natural que las circunda. Para esto, la Geología se ha convertido en un instrumento científico para la determinación precisa de las causas de los mayores problemas que ocurren durante o después de las operaciones de una construcción (Caballero, 2007, pág. 23).

Como se recordará, la tierra está compuesta por tres capas: La corteza, el manto y el Núcleo. La corteza tiene un espesor de 60 Km en los océanos, 150 Km en los continentes, y está constituida por materiales de alta rigidez. Algunos autores consideran que debajo de la corteza terrestre existe una capa de 60 Km de espesor separada de la primera por una superficie conocida como la discontinuidad de Mohorovicic o Discontinuidad de Moho. El núcleo por su parte se divide en núcleo interior, con radio de 1370 Km y un núcleo exterior, con espesor de 2100 Km separados por una discontinuidad en las que se presentan grandes diferencias de presión. El manto es una capa de 2900 Km constituido por tres capas: Manto superior, zona de transición y manto inferior (Citado en Caballero, 2007, pág. 24).



En la Figura 3.1, se resumen las distancias de las capas que conforman la estructura del globo terrestre.

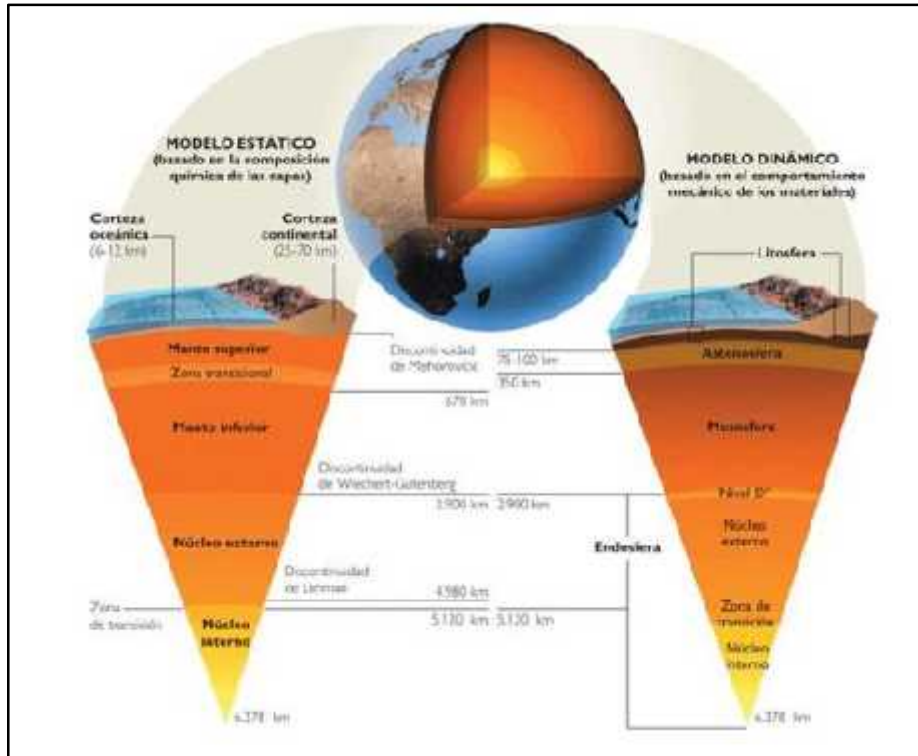


Figura 3.1: Distancias de las capas que forman la estructura del globo terrestre.

Fuente: <http://historiaybiografias.com/tierra/>

3.2 Primeras teorías del origen de los sismos

Por tratarse de fenómenos de origen no visible e imposibles de predecir, las más diversas culturas han explicado los sismos y otros eventos de naturaleza geológica a través de mitos y leyendas.

- “Los pueblos politeístas se los atribuían a la cólera de sus dioses. En Japón antiguamente se ligaba el origen de los terremotos al pez gato, el cual habitaba en las profundidades de los mares” (Vera, 2007).



Los filósofos de la antigua Grecia (siglo IV a.c.), fueron los primeros en asignar causas naturales a los terremotos (Villegas, 2016).

- Anaxágoras y Demócrito, creyeron que el origen de los terremotos se debía a fuertes tormentas de mezclas de aire y agua en el interior de la tierra.
- Anaxímenes, explicaba que el origen de los terremotos estaba en el colapso de cavernas en rocas profundas.
- Mileto, consideró que la Tierra flotaba sobre agua y que los terremotos eran similares al movimiento de un barco sobre el oleaje.
- Alberto Magno, quien fue muy influido por Aristóteles, mencionaba que los terremotos se debían a la tendencia de gases y vapor de agua al escapar desde el interior de la tierra, para lo cual tenían influencia el sol y las estrellas.

3.3 Teoría de las Placas Tectónicas

En 1915 el geólogo alemán Alfred Wegener en su trabajo titulado *Die Entstehung der Continente und Ozeane* dio a conocer su “Teoría de la Deriva de los Continentes”. Wegener sostuvo que los continentes están en constante movimiento y que hace 200 millones de años existía un solo continente que denominó Pangea. Este continente posteriormente se dividió en los continentes que hoy conocemos debido a la deriva o desplazamiento entre estos (Citado en Bolaños & Monroy, 2004, pág. 9).

La teoría de Wegener produjo una gran controversia y no fue aceptada debido a la idea estática que se tenía de la Tierra. La principal objeción fue que las fuerzas que producían el movimiento no pudieron ser explicadas. En 1929 Arthur Holmes de Inglaterra, partidario de la teoría de la deriva continental, sugirió que el movimiento convectivo del magma en el manto podría proporcionar la fuerza motriz necesaria para desplazar los continentes. Sin embargo, Holmes representaba solo una minoría (Citado en Bolaños & Monroy, 2004, pág. 9).



No fue sino hasta las investigaciones paleomagnéticas (Runcorn 1962), realizadas después de la 2da guerra mundial, que la teoría de deriva continental tomo nuevamente importancia. Al mismo tiempo geólogos marinos y geofísicos realizaron importantes descubrimientos en el suelo marino que produjeron nuevas ideas como la hipótesis de la extensión del suelo marino y la verificación del movimiento convectivo en el manto (Citado en Bolaños & Monroy, 2004, pág. 9).

3.3.1 Placas Tectónicas

La litósfera esta dividida en seis placas continentales (Americana, Africana, Antártica, India-Australiana, Euroasiática y Pacífica) y alrededor de 14 placas subcontinentales (Nazca, Sudamericana, Cocos, etc.). Cada placa se desplaza horizontalmente con respecto a las placas adyacentes. La deformación relativa entre las placas ocurre únicamente en zonas cercanas a los bordes y puede ser lenta y continua (deformación asísmica) o puede ser esporádica en forma de sismos (deformación sísmica) (Bolaños & Monroy, 2004, pág. 9).

La ubicación y límites de las principales placas tectónicas de la Tierra se muestran en la **Figura 3.2**.

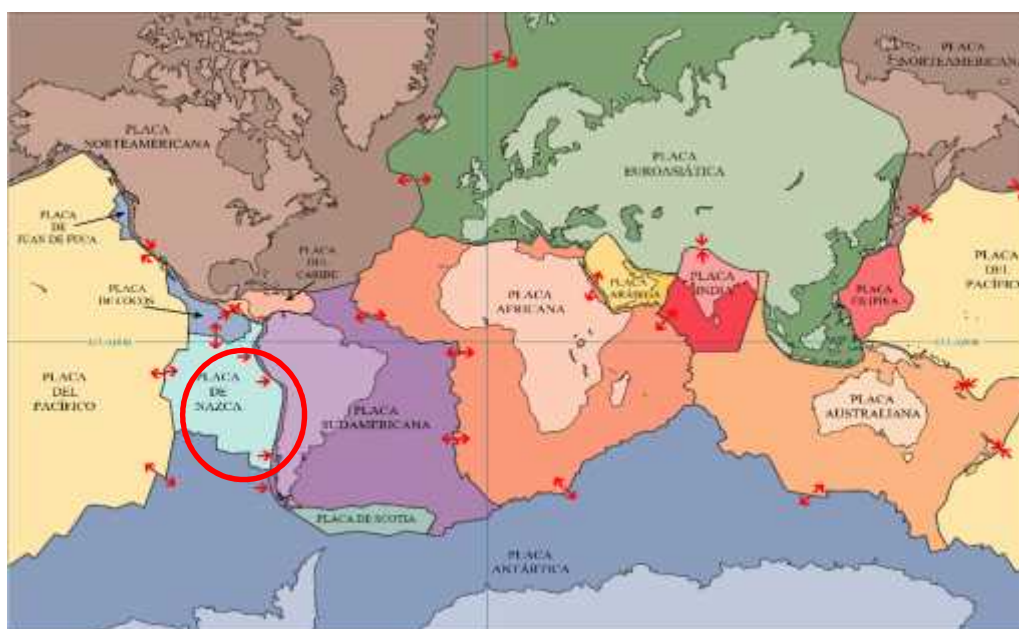


Figura 3.2: Distribución de las placas

Fuente: http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Placas_tectonicas_Teoria.htm



3.3.2 Desplazamiento de las Placas Tectónicas

La capa superior del globo terrestre, ocupada por continentes y océanos, no es una masa compacta, sino que, a modo de un gran puzzle, está conformada por bloques o placas tectónicas. Se han identificado siete placas mayores y varias menores. Estas placas están en constante movimiento (se desplazan), separándose unas de otras o chocando entre ellas, de ahí, que los bordes de las placas sean zonas de grandes cambios en la corteza terrestre (Profesor en Línea, s.f.).

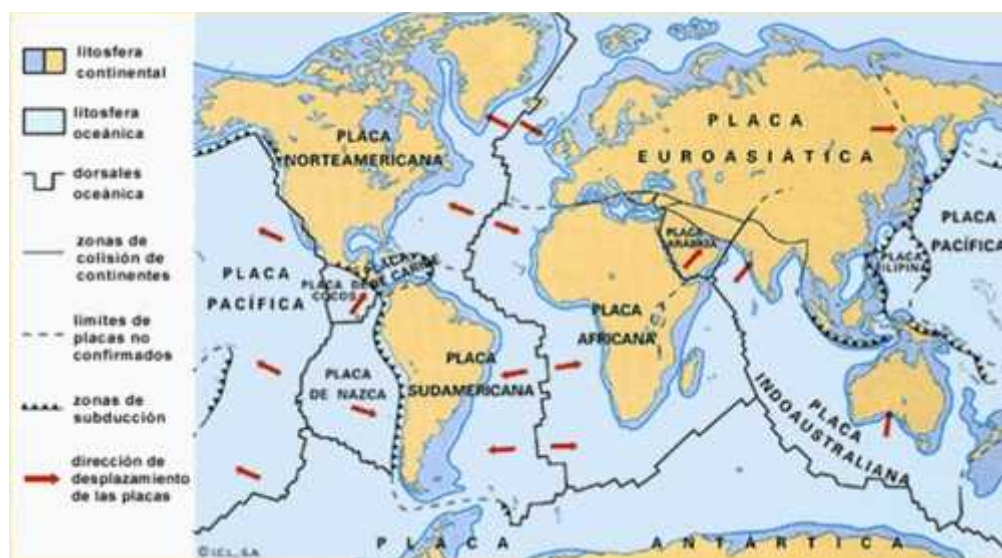


Figura 3.3. Mapa que muestra las placas tectónicas y su dirección de empuje.
Fuente: http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Placas_tectonicas_Teoria.htm

“Los continentes se unen entre sí o se fragmentan, los océanos se abren, se levantan montañas, se modifica el clima, influyendo todo esto, de forma muy importante en la evolución y desarrollo de los seres vivos. Se crea nueva corteza en los fondos marinos, se destruye corteza en las trincheras oceánicas y se producen colisiones entre continentes que modifican el relieve” (Profesor en Línea, s.f.).



3.3.3 Origen de los sismos Peruanos

“El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la Placa de Nazca (oceánica) bajo la Placa Sudamericana (continental), generando frecuentemente terremotos de magnitud elevada” (Francisco & Sánchez, 2001, pág. 4). Durante este proceso, la placa Oceánica de Nazca se introduce con una velocidad de aproximadamente de 7-10 cm/año hasta ser absorbida por el manto y la placa continental lo hace a 4 cm/año. Este movimiento produce la acumulación de energía en algunas zonas, que se resisten a los desplazamientos de las placas. Posteriormente, esta energía se libera en forma de sismos o erupciones volcánicas. La ruptura comienza en el hipocentro del terremoto, esto es, bajo el epicentro, y luego se propaga a lo largo de una zona cuya extensión depende de la importancia del evento.

En el siguiente esquema se observa el encuentro de la placa de Nazca (oceánica) con la Sudamericana (continental).

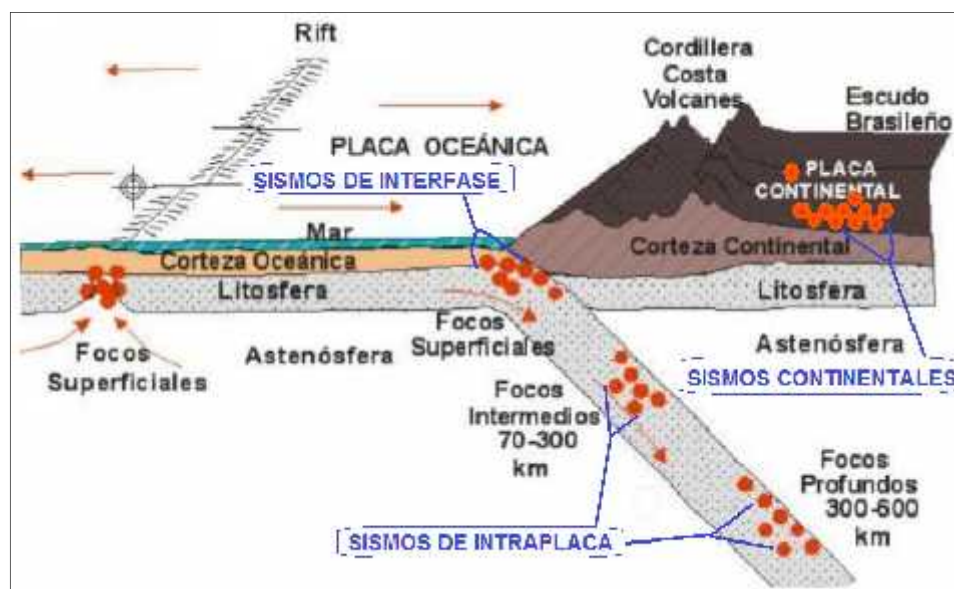


Figura 3.4: Sismos esperados en la zona de subducción de Perú.

Fuente: <http://www.cismid-uni.org/itemlist/category/8-interno>



- La zona de subducción de interface poco profunda está caracterizada por el acoplamiento de las placas de Nazca y Sudamericana y posee mecanismos que obedecen a procesos compresivos. La mayor parte de los sismos a nivel mundial ocurren en esta zona y se presentan entre los 40 y 50 km de profundidad aproximadamente, con magnitudes M_w inclusive de 9,0 (citado en Bolaños & Monroy, 2004, pág. 47).
- La zona de subducción de intraplaca esta caracterizada por eventos tensionales que ocurren en la zona descendente de la placa de Nazca, donde los sismos son ahora por fallas normales, con magnitudes hasta M_w 8,0 (Bolaños & Monroy, 2004, pág. 47).
- La zona de corteza continental de la placa Sudamericana está sujeta a esfuerzos tectónicos compresionales debido a su convergencia con la placa de Nazca. Esto ha dado como resultado el arrugamiento y levantamiento del margen continental durante un proceso orogénico muy complejo, cuyo resultado final fue la formación de la cordillera de los Andes. La zona de la corteza está caracterizada por eventos moderados, con fallas con ángulo de buzamiento pequeño y con magnitudes M_w entre 6,0 y 7,5; presentadas a lo largo de los márgenes occidental y oriental de la cordillera de los Andes (Bolaños & Monroy, 2004, pág. 47).

Obsérvese que, según lo dicho, el borde de subducción es lugar de concentración de sismos; y el destino final de la placa que se hunde es alcanzar el magma a gran profundidad y completar así el ciclo de convección térmica.

3.4 Sismicidad global

La distribución geográfica de los epicentros de los terremotos en el planeta muestra cuales son las zonas sísmicas más activas. La primera, el denominado “cinturón circumpacífico”, que tiene una extensión de 40,000 kilómetros, comprende toda la parte oeste del continente americano desde Alaska hasta el sur de Chile y desde la parte norte de las islas Aleutianas siguiendo las islas del Japón, Indonesia y Nueva Zelanda. Un 85%



de la energía total liberada por los terremotos anualmente en el mundo corresponde a dicha zona. Un segundo cinturón se extiende desde las islas Azores, al sur de España, pasa por Italia, Grecia, Turquía y Persia (Marin, 2012, pág. 13).

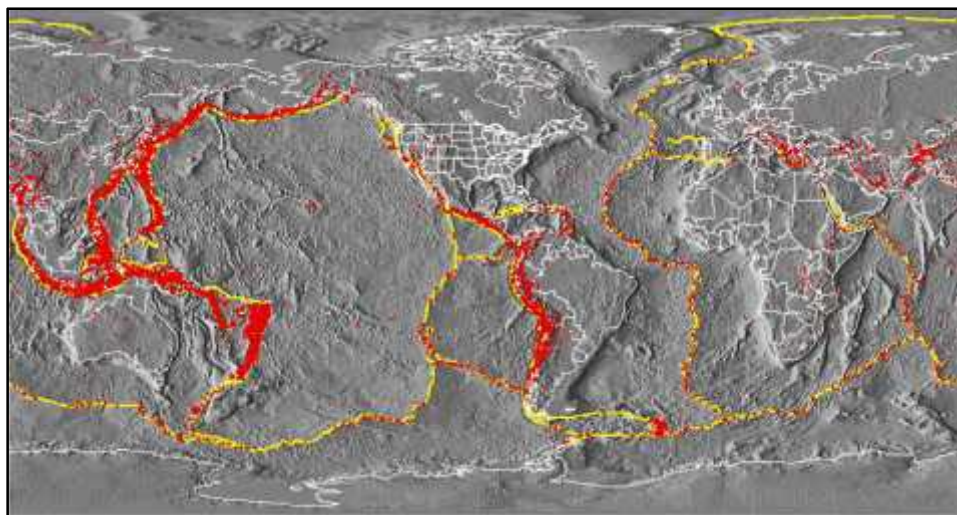


Figura 3.5: Cinturón de fuego del Pacífico.

Fuente: https://www.windows2universe.org/earth/images/RIM_of_FIRE_gif_image.html&lang=sp

Las principales regiones sísmicas distribuidas en el mundo pueden ser identificadas si se realiza una visión general del mapa de sismicidad mundial en la (figura 3.6).

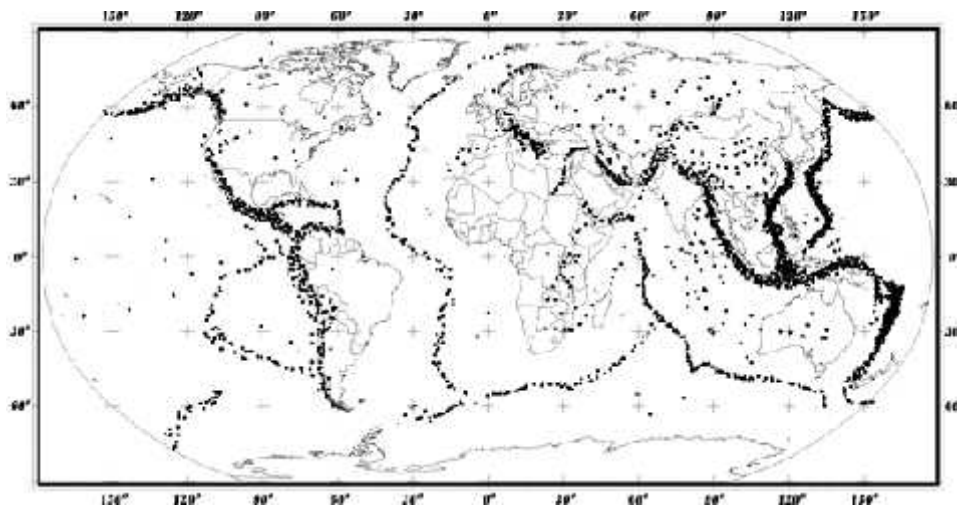


Figura 3.6: Mapa de sismicidad global. Se muestran los terremotos ocurridos a partir de 1966, con una magnitud mayor a 6,0 en la escala de Richter (Bolt, 1999)

Fuente: (Mena, 2002)



Uno de los trabajos más recientes sobre peligrosidad sísmica fue el proyecto piloto desarrollado por el “Programa de Evaluación de Peligrosidad Sísmica Global” (GSHAP, 1999) en la década internacional para la reducción de desastres naturales, declarada por la ONU. Este trabajo se desarrolló uniendo mapas parciales elaborados por las diferentes regiones y áreas de prueba. El mapa describe la aceleración máxima del terreno, con un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años, correspondiente a un período de retorno de 475 años (Mena, 2002, pág. 12).

Los colores del mapa se eligieron para delinear aproximadamente la peligrosidad correspondiente al nivel actual de la misma. El color más claro representa una peligrosidad baja, mientras que el más intenso, representa una alta peligrosidad. Específicamente, el blanco y verde corresponde a valores entre 0 – 8% g (en donde, g es la aceleración de la gravedad); el amarillo y el naranja corresponden a una peligrosidad moderada entre 8 y 24% g; el color rosa y rojo corresponde a una peligrosidad alta entre 24 y 40% g y el rojo oscuro y café corresponde a una peligrosidad muy alta, con valores superiores al 40% de g. En general, los sitios con peligrosidad alta ocurren en áreas delimitadas por las diferentes placas, (Mena, 2002, pág. 13)

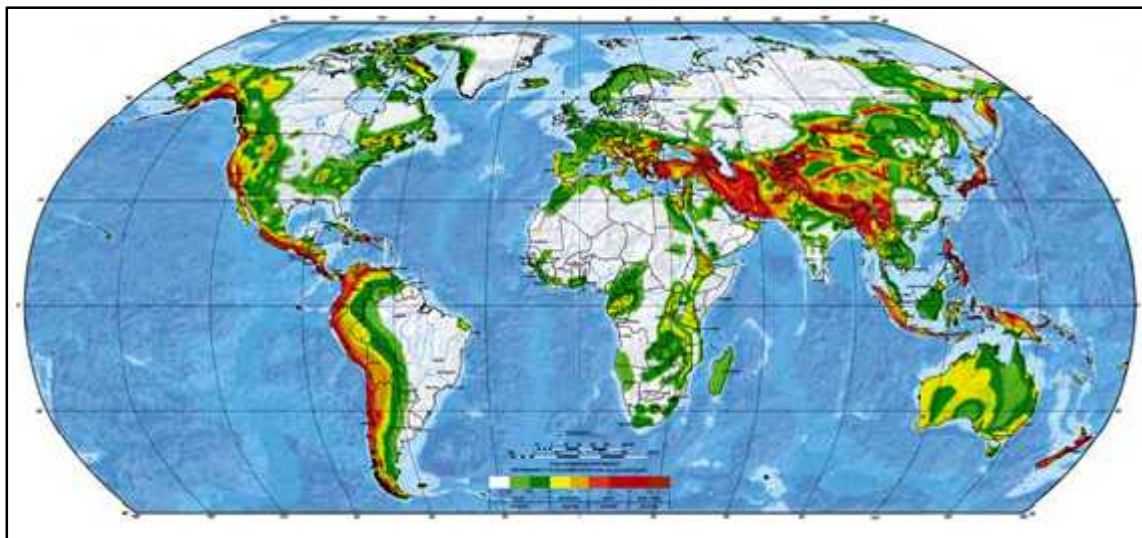


Figura 3.7.- Mapa de peligrosidad sísmica global (GSHAP, 1999)

Fuente: (Mena, 2002)



3.5 Sismicidad en el Perú

El borde occidental de América del sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú se localiza en el encuentro de dos placas: la de Nazca que se inicia en Panamá hasta el sur de Chile y la sudamericana que nace en la fosa marina del Perú y recorre la costa sudamericana hasta la cordillera del Atlántico Sur. Su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca (oceánica) bajo la placa Sudamericana (continental), generando frecuentemente terremotos de magnitud considerable. Un segundo tipo de actividad sísmica está producido por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con sismos menores en magnitud y frecuencia. La distribución y origen de los terremotos en el Perú han sido tema de diversos estudios utilizando datos a fin de estudiar la geometría de la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana (Tavera & Buforn, 1998, pág. 188).

Los Andes son un claro ejemplo de cordillera formada como resultado del proceso de subducción de una placa oceánica bajo una continental. Esta cordillera se extiende a lo largo del continente sudamericano, desde Venezuela hasta el sur de Chile.

Características de la sismicidad del Perú: en la Figura 3.8 se observa la sismicidad ocurrida en Perú (Ochoa , 2012, págs. 17-18).

Entre los años 1960 y 2002 con sismos cuyas magnitudes son mayores a 4.5 mb, y en ella se observa que los sismos con foco superficial ($h > 60$ Km, círculos rojos) se distribuyen frente a la línea de costa, siendo en número, tamaño y frecuencia mucho mayor que los sismos que se producen a los mismos niveles de profundidad en el interior de continente. Esta sismicidad es asociada a la fricción de placas y se constituye como la principal fuente sísmica presente en el Perú ya que dio origen a los más grandes sismos para los cuales se cuenta con información histórica y actual.

Los sismos con foco intermedio ($60 > h \geq 300$ Km, círculos verdes), se distribuyen formando tres grupos, uno paralelo a la línea de costa por debajo de los 9° Sur, otro en la zona subandina de la región Norte y Centro, y el tercero sobre toda la región Sur. Esta última considera un mayor número de sismos. Los sismos con foco profundo ($h > 300$ Km,



círculos azules) son parte de dos fuentes, la primera se encuentra en el límite de Perú con Brasil y la segunda entre Perú y Bolivia.

En la región central del Perú entre la Dorsal de Nazca y la fractura de Mendaña, en los últimos 100 años se ha producido hasta 7 sismos con magnitudes M_w mayores a 7.0 (1940, 1942, 1966, 1970, 1974, 1996); mientras que, en la región sur después de 133 años solamente se ha producido uno, el de 2001 (8.2 M_w). Para la región norte se tiene el sismo de Tumbes del año 1970 (7.2 M_w). Estas condiciones, demuestran que existe un mayor acoplamiento de las placas en la región central, en la región sur el acoplamiento es medio o bajo y en el norte el acoplamiento de las placas es casi nulo.

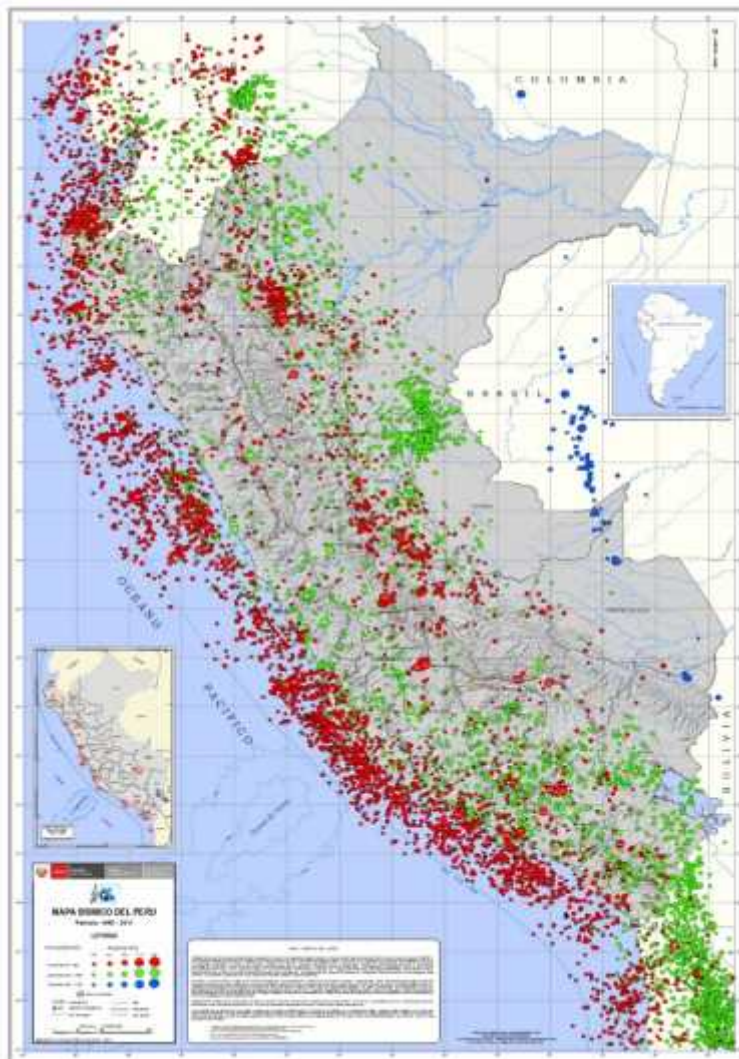


Figura 3.8.- Mapa de sismicidad del Perú (1960 - 2011).
Fuente: (IGP).



3.6 Sísmicidad en el Departamento de Apurímac.

3.6.1 Antecedentes Sísmicos en el Departamento de Apurímac

La actividad sísmica de la región es registrada por la estación sísmica de Chalhuanca a 2,900 m.s.n.m. a 110 Km al Sur Oeste de Abancay, las coordenadas geográficas son (INDECI-Abancay, 2007, pág. 42):

- 14°17'40" Latitud Sur
- 73°14'64" Longitud Oeste.

Los datos reportados por Instituto Geofísico del Perú y que aparecen en otras fuentes han sido recopilados ordenados cronológicamente y presentados en el cuadro 1.3 que se muestra a continuación.

| LUGAR | DAÑOS Y AREA AFECTADA | FECHA | INTENSIDAD |
|-------------|---|------------|------------|
| Cusco | Terremoto del Cusco, cuyos efectos se ha notado en la ciudad de Abancay y Andahuaylas. | 1650-01-31 | |
| Aymaraes | Terremoto en el pueblo de Santa Catalina provincia de Aymaraes y poblaciones aledañas. | 1739-03-24 | |
| Huancarama | Terremoto destruye el pueblo de Huancarama al oeste de Abancay. | 1847-01-01 | |
| Andahuaylas | Terremoto ocasionado en Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo. | 1862-04-13 | |
| Cotabambas | Sismo de regular intensidad con destrucción de algunas viviendas y daños materiales. | 1870-07-10 | |
| Abancay | Fuerte sismo en Abancay a las 21.30 produciendo aberías en muchas edificaciones con 27 réplicas hasta las 06 a.m. del día siguiente, fue percibido en forma notoria en Curahuasi. | 1875-12-05 | |
| Abancay | | 1876-01-04 | IX MM |
| Abancay | Terremoto ocasionado en Huamanmarca, al SW de Abancay, cuyo pueblo quedo desolado a consecuencia de este fenómeno. | 1905-01-20 | |
| Aymaraes | Violento sismo en la provincia de Aymaraes, puente Huayquipa, Sañayca, con daños en Colcabamba, Amoray, murieron más de 150 | 1913-11-04 | |



“Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay Apurímac”



| | | | |
|---------------------|---|------------|----------|
| | personas con replicas en Chalhuanca, Abancay con daños en las construcciones. | | |
| Abancay | Sismo de gran intensidad con extensos daños | 1925-01-05 | VI MM |
| Cusco | Gran sismo que afecto fuertemente la zona urbana. | 1941-09-18 | VI - VII |
| Cusco | Histórico sismo que asoló la ciudad y alrededores. | 1950-05-21 | VI MM |
| Aymaraes | Terremoto que afectó las viviendas de comunidades en toda la zona | 1964-07-01 | (5.3) MM |
| Chalhuanca | Sismo de proporciones con consecuencias en toda la zona. | 1965-12-19 | (5.1) MM |
| Chuquibambilla | Fuerte temblor sentido en la población y alrededores. | 1969-06-12 | (5.2) MM |
| Aymaraes | Sismo destructor en Soraya, Mosecco, Sañayca, Toraya: ubicados al margen izquierdo del río Pachachaca. Los deslizamientos destruyeron diversos tramos en la carretera Abancay Chalhuanca. | 1971-10-14 | |
| Cotaruse - Aymaraes | Sismo de regular intensidad con afectación de construcciones. | 1994-06-16 | (4.4) MM |
| Antabamba | Sismo de 6.2 en la escala de Richter con daños materiales en construcciones de viviendas. | 2001-08-08 | |

Fuente: IGP - Ing. Juan C. Gomez.

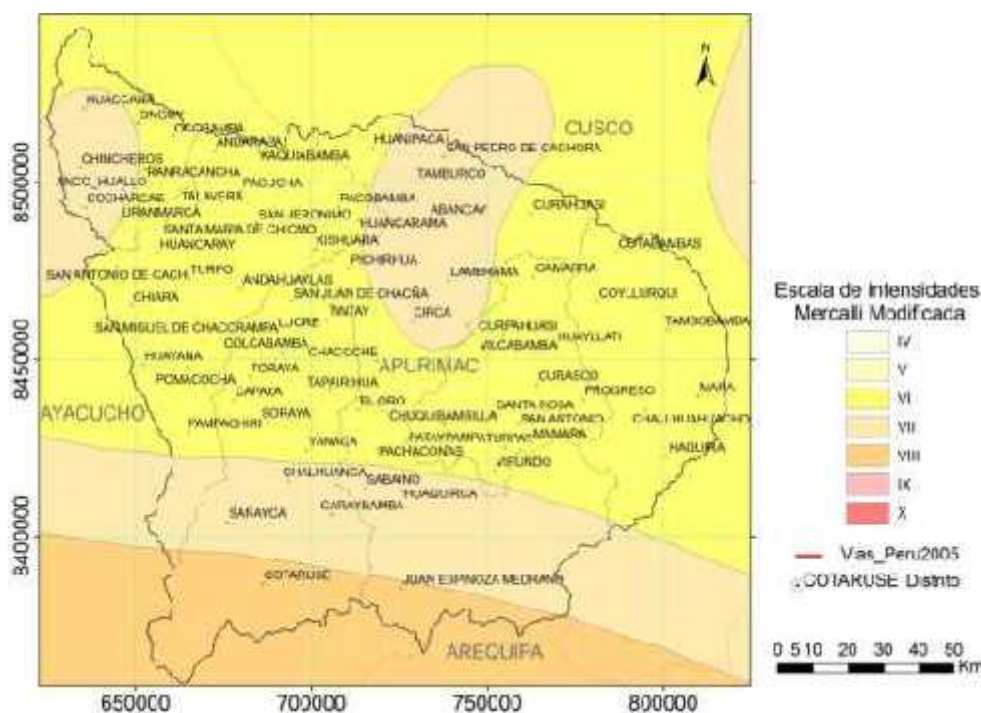


Figura 3.9: Mapa de distribución de intensidades sísmicas de la región Apurímac.

Fuente: Alva & Meneses (1984)



Según los estudios del IGP los sismos en la región Apurímac estarían relacionados a la actividad de las fallas regionales. Según el mapa de zonificación sísmica del Perú (figura 3.9). Se esperan para Apurímac Intensidades Máximas entre VI y VIII en la escala Mercalli. Los últimos sismos registrados en la región son los de Agosto del 2012 en Andahuaylas (magnitud en la escala de Richter 5.0, profundidad de 78 km), Enero de 2013 en Antabamba (magnitud de 4.1 grados en la escala de Richter y profundidad de 22 km) (INGMMET, 2013, pág. 26), Enero del 2016 en Grau (magnitud de 5.3 grados en la escala de Richter y profundidad de 113 km)

3.6.2 Riesgo Sísmico del Departamento de Apurímac

(INDECI-Abancay, 2007, pág. 44)

La mayoría de los sismos que han afectado la ciudad han tenido sus epicentros, principalmente en las provincias de Aymaraes, Grau y Antabamba y están más bien relacionados con el sistema de fallas activas de Aymaraes – Antabamba y las fallas del Cusco.

Sin embargo la posibilidad de la ocurrencia de un fenómeno de este tipo es latente, ya que la zona presenta evidencias de cambios bruscos y existe fallas regionales en actividad, la que podría asociarse a fenómenos de remoción de masa (deslizamiento de tierras) en zonas de ladera, altamente higroscópicos.

Los estudios hechos por el Ing. Juan C. Gómez 1998 indican que en ese entonces se encontró actividad sísmica del tipo tectónica local, ocasionada por los sistemas de fallas geológicas emplazadas en las inmediaciones del Nevado Ampay (Falla Sahuanay).

La información más reciente referida a peligrosidad sísmica para la zona se encuentra en la ponencia “Peligrosidad Sísmica en el Sur del Perú” (D. López y J. Olarte -CISMID - UNI - 2001) en la que se realiza un análisis de la distribución espacial de la sismicidad tanto en planta como en profundidad así como un análisis estadístico que establece gráficas y ecuaciones de períodos de retorno para trabajos de predicción sísmica.

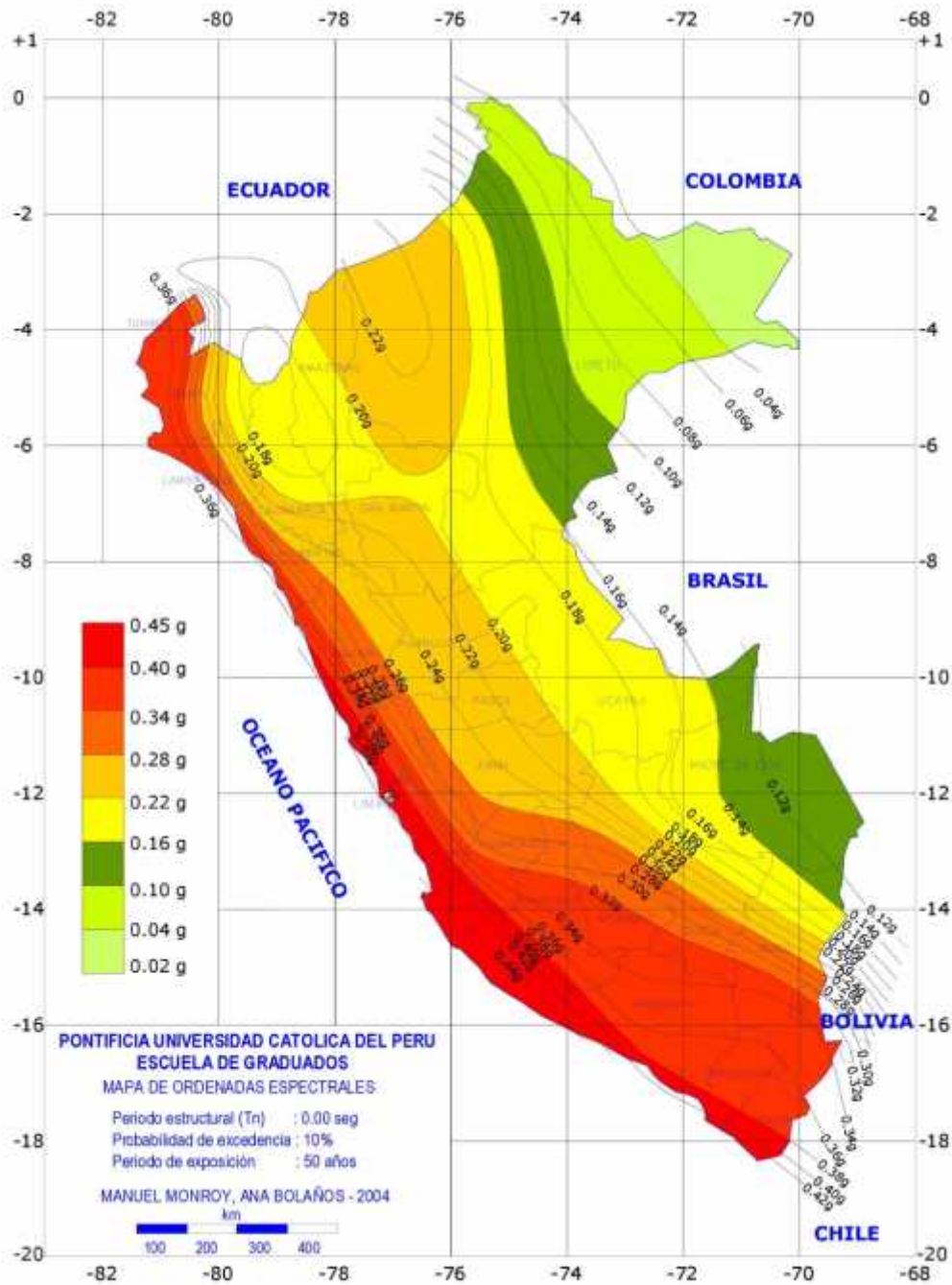


Figura 3.10: Mapa de Ordenadas Espectrales Sísmicas del Perú

Fuente: Manuel Monroy, Ana Bolaños - 2004.

En el Mapa de Ordenadas espectrales al 10% de probabilidad de ocurrencia en un periodo de exposición de 50 años (periodo de retorno de 475 años). Se puede observar que para Abancay le corresponde un sismo de 0.32g.



3.7 Evaluación de la sismicidad

Actualmente el avance científico ha permitido mejorar el conocimiento acerca del origen, evaluación del tamaño y forma de propagación, entre otras características, de los terremotos dentro de la corteza terrestre. Los terremotos ocurren cuando el esfuerzo en la tierra alcanza un nivel mayor a la resistencia de la roca, causando que los lados opuestos de la misma fallen repentinamente o se deslicen violentamente pasando de un lado a otro. Estos esfuerzos pueden actuar perpendicularmente a la falla empujando las rocas entre ellas, o paralelamente a la falla moviendo las rocas unas contra otras. La resistencia de la falla está relacionada con el tamaño de estos esfuerzos y el coeficiente de fricción del material que la forma, cuando se acumula un esfuerzo suficientemente grande para sobrepasar la resistencia de la falla, puede ocurrir un terremoto produciéndose un chasquido en las rocas perdiendo el equilibrio y liberando la energía almacenada en forma de ondas sísmicas, las cuales mueven las rocas a su alrededor (Mena, 2002, pág. 10).

Hipocentro o Foco. Es la zona o punto donde ha tenido origen un terremoto; es la región del campo de esfuerzos donde se inicia la liberación de energía. La ubicación del foco se logra a partir del análisis de los sismogramas, registros que dejan en los sismógrafos las ondas de esfuerzo al desplazarse por la tierra.

Epicentro. Punto o zona superficial donde emerge el movimiento vibratorio, y por lo tanto donde mayor intensidad adquiere el fenómeno, es la proyección vertical del foco en la superficie terrestre (Caballero, 2007, pág. 31). Desde el hipocentro se liberan ondas sísmicas las cuales, el primer punto que alcanza en la superficie es llamado epicentro.

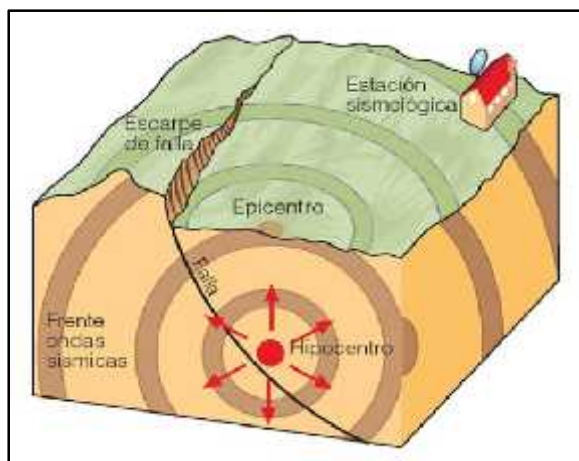


Figura 3.11: Representación gráfica de un punto de ruptura o foco de un sismo.

Fuente: <http://ohotart.16mb.com/uncategorized/el-sismo-un-fenomeno-fascinate-y-a-la-vez-aterrador/>

3.7.1 Medida de los sismos

Los terremotos pueden ser medidos cuantitativamente en función de la cantidad de energía liberada y cualitativamente según el grado de destrucción que ellos causan.

3.7.1.1 Magnitud sísmica

“Es una medida indirecta de la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas durante el evento sísmico, la que puede estimarse de las amplitudes de las ondas sísmicas registradas en los sismógrafos. Éstos registran los sismos que ocurren en todo el mundo. Con los registros, llamados sismogramas, es posible determinar el epicentro, la profundidad focal y calcular la magnitud del sismo” (Marin, 2012, pág. 17).

Las diferentes formas de medir las magnitudes utilizan las amplitudes de algunas ondas sísmicas, tales como las superficiales y las de cuerpo (b), que han sido registrados por equipos calibrados. Entre las escalas de magnitud más usadas y conocidas tenemos:



a) Magnitud local (ML): En 1935, Charles Richter usando un sismómetro Wood-Anderson, definió esta escala para sismos superficiales o poco profundos y con distancias epicentrales menores que 600 Km en el sur de California.

La magnitud de Richter esta definida como el logaritmo en base 10 de la máxima amplitud (A_{max}) medida en cm con en un sismógrafo Wood-Anderson estándar, menos una corrección por la distancia (D) entre el epicentro y el lugar de registro, que corresponde al logaritmo de la amplitud que debe tener a esa distancia un sismo de magnitud cero (A_0) (Bolaños & Monroy, 2004, pág. 19).

$$ML = \log (A_{max}) - \log A_0 - \log D \quad (3.1)$$

b) Magnitud de ondas superficiales (M_s): Debido a que la magnitud Richter no distingue los diferentes tipos de ondas sísmicas, su uso es muchas veces poco adecuado. Una escala de magnitud basada en la amplitud de las ondas Rayleigh es la magnitud de ondas superficiales (Gutenberg y Richter 1936). La relación utilizada frecuentemente es:

$$M_s = 1.66 \log A_0 + 1.66 \log \Delta < 2.0 \quad (3.2)$$

Dónde:

A_0 : Es el máximo desplazamiento del suelo en micrómetros.

Δ : Es la distancia epicentral del sismómetro medido en grados.

La escala de magnitud de ondas superficiales es comúnmente utilizada para determinar el tamaño de sismos de poca profundidad (profundidades focales menores que 70 Km), distantes (más alejados que alrededor de 1000 Km) y eventos entre moderados y grandes (Marin, 2012, pág. 18).



c) Magnitud de ondas de cuerpo, M_b : En sismos que ocurren a grandes profundidades, las ondas superficiales pueden ser pequeñas como para permitir una evaluación confiable de la magnitud de ondas de superficie. La magnitud de ondas de cuerpo (Gutenberg 1945) es una magnitud basada en la amplitud de los primeros ciclos de las ondas P (Bolaños & Monroy, 2004, pág. 20). La magnitud de ondas de cuerpo puede ser expresada como:

$$m_b = \log A_1 + \log T_p - 0.01\Delta + 5.9 \quad (3.3)$$

Dónde:

A_1 : es la amplitud de onda P en micrómetros.

T_p : es el período de la onda P.

d) Magnitud momento, M_w : Es importante notar que las escalas de magnitud descritas anteriormente son cantidades empíricas basadas en varias mediciones instrumentales de las características de sacudimiento del suelo. Cuando la cantidad total de energía liberada durante un sismo se incrementa, las características de sacudimiento del suelo no necesariamente se incrementan en las mismas proporciones. Para sismos fuertes, las características medidas del sacudimiento del suelo se vuelven menos susceptibles al tamaño de los sismos que para sismos más pequeños. Este fenómeno es definido como saturación. Las escalas de magnitud local Richter y de magnitud de ondas de cuerpo se saturan a magnitudes de 6 a 7 y la escala de magnitud de ondas superficiales se satura alrededor de $M_s = 8$. La Magnitud Momento (Kanamori, 1977; Hanks & Kanamori, 1979) es la única escala de magnitud que no está sujeta a éste fenómeno, puesto que no depende del nivel de sacudimiento del suelo y está basada en el momento sísmico M_0 , el cual es una medida directa de los factores que producen la ruptura a lo largo de la falla (Marín, 2012, pág. 19).



La Magnitud Momento está dada por:

$$M_w \approx \frac{\log M_0}{1.5} + 1.7 \quad (3.4)$$

Dónde:

M_0 : es el momento sísmico en dinas-cm y está dado por:

$$M_0 = \mu A \bar{D} \quad (3.5)$$

Dónde:

μ : es el módulo de rigidez al corte (tn/m², dinas/cm²).

A: es el área de ruptura.

\bar{D} : es el deslizamiento promedio.

La relación entre las diversas escalas de magnitud es mostrada gráficamente en la (Figura 3.11). La saturación de las escalas instrumentales es indicada por la tendencia prolongada (horizontal) a un valor de magnitud relativamente mayor.

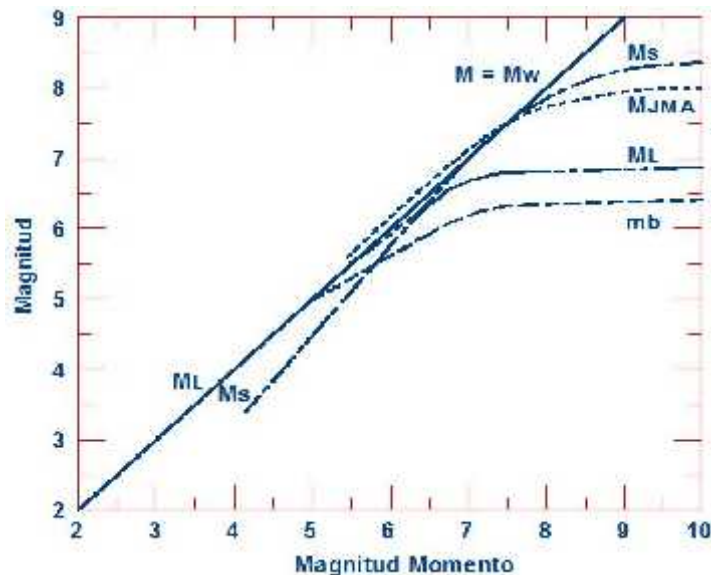


Figura 3.12: Saturación de las escalas de magnitud.

Fuente: (Marin, 2012)



Como un ejemplo de los efectos de la saturación de magnitud, podemos mencionar que tanto el sismo de 1906 en San Francisco (EE.UU.) y el de 1960 en Chile produjeron un gran sacudimiento del suelo que conllevó a magnitudes de ondas superficiales de 8.3 (Ms), aun cuando los tamaños de sus superficies de ruptura fueron sumamente diferentes (Figura 3.12). Sin embargo, la gran diferencia en energía liberada fue reflejada en las magnitudes momento de los sismos, siendo de 7.9 Mw para San Francisco y 9.5 Mw para Chile (Marin, 2012, pág. 20).

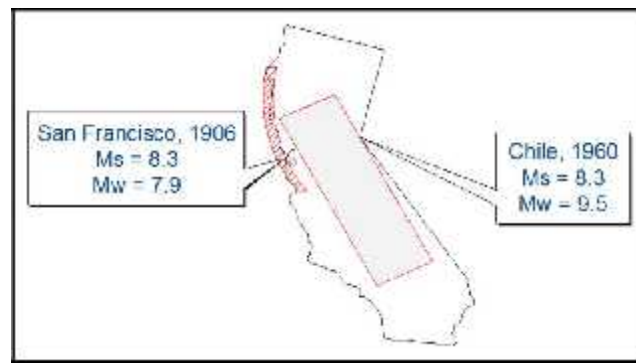


Figura 3.13.- Comparación de las áreas relativas de ruptura de fallas (áreas sombreadas) y magnitudes para el terremoto de San Francisco en 1906 y Chile en 1960

Fuente: (Marin, 2012)

Bolt (1989) sugiere que M_L o m_b sean usados para sismos superficiales o poco profundos con magnitud de 3 a 7, M_s para magnitudes de 5 a 7.5, y M_w para magnitudes más grandes que 7.5.

En resumen, se puede mencionar que la escala de magnitud M_s no representa en todos los casos la dimensión real del sismo, ya sea porque éste no siempre desarrolla adecuadamente las ondas superficiales o porque se produce (en el caso de sismos superficiales de gran energía) la total saturación de la corteza terrestre con energía elástica, impidiendo la generación de ondas superficiales de mayor amplitud. Por otro lado, variaciones en las ondas de cuerpo m_b están única y estrechamente relacionadas a los materiales por los que la onda se propaga. Dado que la escala M_w está en función a los desplazamientos de los bloques de falla y al tamaño de rotura, y no a las vibraciones, constituye la expresión física más próxima a la verdadera dimensión del sismo.



Lamentablemente, esta expresión es difícil de calcular, principalmente en sismos pequeños o profundos, sin embargo, existen expresiones semiempíricas de las equivalencias entre magnitudes (Marin, 2012, pág. 20).

3.7.2 Intensidad sísmica

La intensidad sísmica es la violencia con que se siente un sismo en la zona afectada. La medición de la intensidad es cualitativa y se realiza observando los efectos o daños producidos por el sismo en las construcciones, objetos, terreno, y el impacto que provoca en las personas. Para medir la intensidad se emplea la Escala de Intensidades Modificada de Mercalli (MMI), originalmente desarrollada por el sismólogo italiano Mercalli y modificado en 1931 que es una escala descriptiva de 12 grados. Existe también la escala MSK, elaborada por los sismólogos europeos Medvedev, Sponhever y Karnik (usada en Europa, 1964).. Esta escala precisa mejor los efectos de un sismo en las construcciones (Bolaños & Monroy, 2004, pág. 19).

A continuación, se muestran algunas otras escalas de intensidad:

- a. Agencia Meteorológica Japonesa (JMA): 7 grados.
- b. Forel, Suiza.
- c. Mercalli, Cancani, Sieberg (1902-1904).
- d. Mercalli, Italia (1902).
- e. Revisión de Richter (1956): MM-56, XII grados.
- f. Rossi-Forel (RF; 1883): X grados.
- g. Rossi, Italia (1874-1878).

La (Figura 3.15) muestra una comparación entre las escalas Mercalli Modificada (MMI), Rossi-Forel (RF), Japanese Meteorological Agency (JMA) y Medvedev-Spoonheuer-Karnik (MSK).



| | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|-----|-----|----|----|-----|------|----|---|----|-----|
| MMI | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| RF | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | | |
| JMA | I | | II | III | IV | V | VI | VII | | | | |
| MSK | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |

Figura 3.14.- Comparación de los valores de diferentes escalas de intensidad utilizadas en el mundo

Fuente: (Marin, 2012)

La ubicación gráfica de intensidades reportadas en diferentes ubicaciones sobre un mapa, permite identificar contornos o líneas de igual intensidad, las cuales se conocen como isosistas. Generalmente, la intensidad más grande se encuentra en la vecindad del epicentro del sismo. Los mapas de isosistas muestran como la intensidad decrece, o se atenúa, con el incremento de la distancia epicentral (Figura 3.13 Y 3.14).

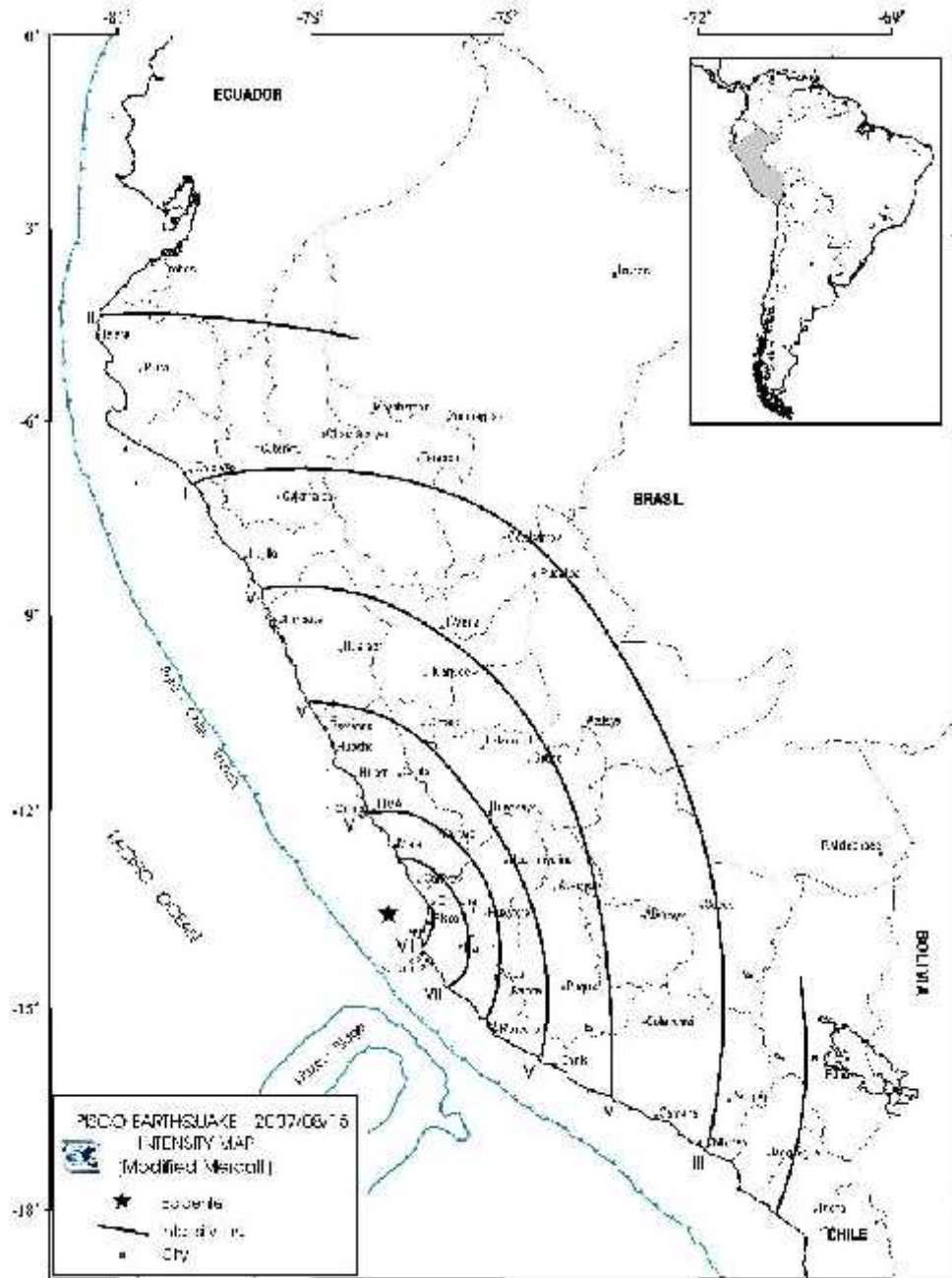


Figura 3.15.- Mapa de Intensidades en la escala de Mercalli Modificada (MM) para el sismo de pisco del 15 de Agosto de 2007 en el Perú
Fuente: (Tavera, 2008).

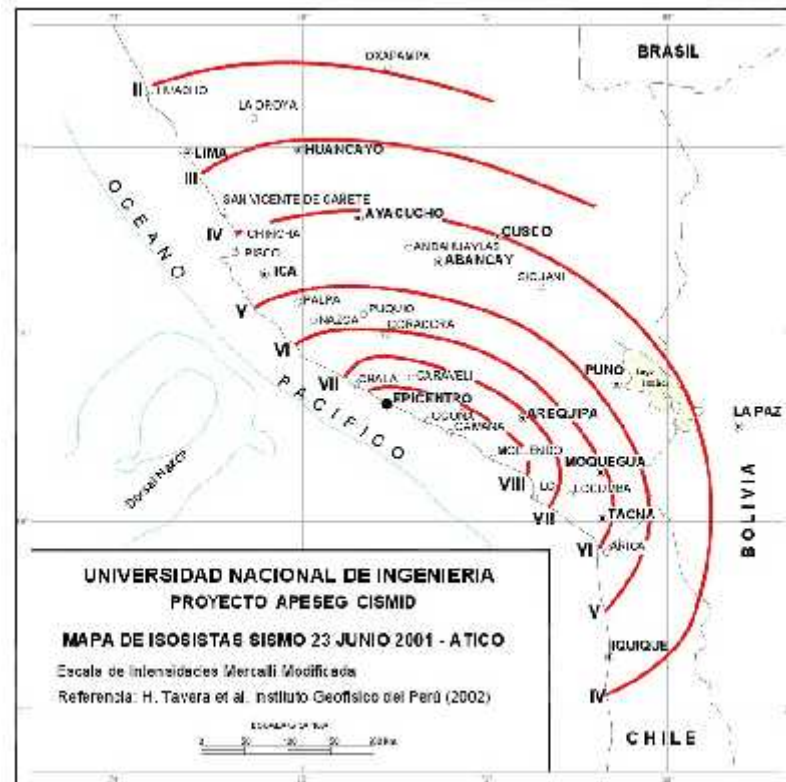


Figura 3.16.- Mapa de Isosistas del sismo del 23 de Junio del 2001 en el Perú
Fuente: (IGP, 2002).

3.7.3 Energía de un sismo

“La Energía liberada por un terremoto es la suma de la energía transmitida en forma de ondas sísmicas y la disipada mediante otros fenómenos en el foco, principalmente en forma de calor por la deformación en la zona de ruptura (Yepez, Barbat, & Canas, 1995).

La energía sísmica total liberada durante un sismo es frecuentemente estimada de la siguiente relación (Gutenberg y Richter, 1956):

$$\boxed{\text{Log}E \text{ N } 11.8 < 1.5M_s} \tag{3.6}$$

Dónde:

E: es la energía liberada expresada en ergs.



Esta relación fue posteriormente mostrada (Kanamori, 1983) para también ser aplicada en magnitud momento. Ello implica que un cambio de una unidad en magnitud corresponde a un incremento de 101.5 o 32 veces en la energía sísmica liberada. Un sismo de magnitud 5 por lo tanto liberaría sólo alrededor de 0.001 veces la energía de uno de magnitud 7, lo cual evidentemente muestra la ineffectividad de los sismos pequeños frente al incremento paulatino de la gran energía que liberan los sismos muy grandes.

“La cantidad de energía liberada por los sismos es frecuentemente difícil de comprender; aun cuando un solo erg es pequeño ($1 \text{ erg} = 7.5 \times 10^{-8} \text{ ft-lb}$), la energía liberada en una bomba atómica del tamaño usado en Hiroshima (equivale a 20000-ton TNT) correspondería a un sismo de magnitud 6.0. Sobre este fundamento, el sismo de Chile en 1960 ($M_w = 9.5$) liberó tanta energía como 178 000 bombas atómicas” (Marin, 2012, pág. 23).

3.8 Daño en las edificaciones

El daño es un fenómeno que afecta a cualquier tipo de estructura, sin embargo, a partir de ahora se hará referencia únicamente al daño estructural por ser parte del objetivo del presente trabajo. Para tal fin clasificaremos el daño en tres grupos:

a) **Daño estructural.** - Es el de mayor importancia, ya que éste puede ocasionar que una estructura colapse o, en el mejor de los casos, que su reparación pueda ser muy costosa. El daño estructural depende del comportamiento de los elementos resistentes de una estructura como son las vigas, columnas, muros de carga, sistemas de piso, y esto tiene que ver con la calidad de los materiales que componen dichos elementos, su configuración y tipo de sistema resistente y, obviamente, de las características de las cargas actuantes (citado en Mena, 2002, pág. 26).



La evaluación del daño se puede realizar de diferentes maneras. Una de ellas es en forma cualitativa, en la cual se establecen diferentes niveles de daño o a través de la definición de localización probable de un daño específico en una estructura. Esta forma se basa fundamentalmente en la observación e identificación de daños ocasionados por la ocurrencia de alguna acción como por ejemplo un terremoto de determinadas características (Mena, 2002, pág. 26)



Figura 3.17: Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Pisco del 15 de agosto del 2007.

Fuente: <http://imagenesethel.blogspot.pe/2013/06/imagenes-del-terremoto-en-peru-y.html>



Figura 3.18.- Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Chile del 27 de febrero del 2010.

Fuente: http://www.escalofrio.com/n/cat_2010/



Figura 3.19- Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Japón del 11 de marzo del 2011.

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/9634321/Terremoto-de-8-9-en-Japon.html>



Figura 3.20.- Daño observado en las edificaciones luego del terremoto de Turquía del 23 de octubre del 2011.

Fuente: <http://violetacam.blogspot.pe/2011/11/terremoto-de-turquia-reportaje.html>



b) Daño no estructural. - Ocurre principalmente en los elementos que no forman parte del sistema resistente, incluyen el daño arquitectónico (tabiques aislados, revestimientos, etc), daño en los sistemas mecánicos, eléctricos, sanitarios y el contenido del edificio. Sin embargo, a pesar de que este tipo de daño no pone en peligro el comportamiento de la estructura, si es causa de un incremento considerable en las pérdidas económicas (Yepez, Barbat, & Canas, 1995, pág. 32).

c) Daño económico. - Es una forma de relacionar el índice de daño estructural con las pérdidas económicas de un edificio debido a un sismo. Para esto se necesita evaluar el índice de daño global en términos de costos financieros, es decir, se requiere conocer un índice de daño económico global de la estructura que agrupe los índices anteriores. Generalmente se define de la siguiente manera (Mena, 2002, pág. 27):

$$\text{Índice de daño } N = \frac{\text{costo de reparación del daño}}{\text{costo de la estructura}}$$

En donde el costo de reparación es la sumatoria ponderada de los costos parciales de reparación de elementos estructurales como no estructurales, por lo que se deben relacionar los costes con los indicadores de daño.

Un aspecto importante en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras es definir el daño que pueda sufrir una estructura debido a un terremoto. En realidad, el daño va asociado a la vulnerabilidad, ya que una estructura es más o menos vulnerable dependiendo del daño que pueda sufrir ante un terremoto. La palabra daño se utiliza ampliamente para describir distintos fenómenos que puedan ocasionar los movimientos sísmicos a las estructuras, refiriéndose principalmente el deterioro físico (Mena, 2002, pág. 25).



CAPITULO IV

4 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES EXISTENTES

Una de las características más importantes de los estudios de riesgo sísmico a nivel urbano es que la metodología que se utiliza en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios debe ser simplificada, para que se pueda aplicar a grandes áreas o a un gran conjunto de estructuras. Evidentemente cualquier metodología se puede aplicar pero con su correspondiente incremento en los costos de aplicación, que para el caso de ciudades grandes sería completamente inadmisibles. Por esta razón se debe encontrar la metodología que mejor se adapte a los objetivos planteados en el estudio de vulnerabilidad sísmico, pero sobre todo al presupuesto con que se cuenta y a la disposición de información de los elementos que se pretenden estudiar (Marín, 2012, pág. 35).

En este capítulo se hará una revisión de algunas metodologías existentes que utilizan parámetros básicos (en su mayoría subjetivos) para evaluar la vulnerabilidad sísmica o calidad estructural de los edificios. Por último se describirá con mayor detalle la metodología elegida para la realización del presente trabajo.

4.1 Vulnerabilidad sísmica.

“La vulnerabilidad sísmica se puede definir como el grado de susceptibilidad de una o un grupo de edificaciones, a sufrir daños parciales o totales, representados en bienes materiales y en vidas humanas, que pueden ocasionar la pérdida de funcionalidad, por la ocurrencia de movimientos sísmicos de una intensidad y magnitud dadas, en un periodo de tiempo y en un sitio determinado” (Peralta, 2002, pág. 56).

La experiencia ha enseñado a través de los terremotos pasados que existen estructuras de una misma tipología que pueden sufrir un mayor grado de daño a pesar de localizarse en el mismo sitio. Esto se debe a que existen estructuras con una calidad estructural



mejor que otras, o en otras palabras, su vulnerabilidad es menor. Por lo tanto, se puede llegar a plantear que la vulnerabilidad sísmica de una estructura o grupo de estructuras es la calidad estructural o capacidad de sus elementos estructurales para resistir un terremoto de determinada intensidad (Mena, 2002, pág. 22).

Una estructura sea más o menos vulnerable ante un terremoto de determinadas características, es una propiedad intrínseca de cada estructura, es decir, es independiente de la peligrosidad sísmica del sitio de emplazamiento, por lo tanto, una estructura puede ser vulnerable pero no estar en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con una cierta peligrosidad sísmica. Puede observarse, desde este punto de vista que los estudios de vulnerabilidad sísmica se pueden aplicar a cualquier obra de ingeniería civil, como son edificaciones, presas, carreteras, puentes, taludes, depósitos, centrales nucleares y, en general, a toda obra en la que se requiera conocer su comportamiento ante un posible terremoto y las consecuencias que puedan producir (Yepez, Barbat, & Canas, 1995, pág. 32).

La importancia de los estudios de vulnerabilidad sísmica no reside únicamente en ser una parte indispensable para la determinación del riesgo sísmico, sino también en ser una herramienta clave para los planes de mitigación de desastres, la planificación y el ordenamiento territorial. por ejemplo, una entidad del gobierno puede estar interesada en conocer la condición actual de las edificaciones de una ciudad, con el objetivo de prever anticipadamente las consecuencias negativas (económicas y sociales), que la ocurrencia de un sismo de una determinada intensidad puede generar en la zona y de esa forma determinar las medidas necesarias para su mitigación (Caicedo, Barbat, Canas, & Aaguiar, 1994, pág. 8).

El conocimiento adecuado de la amenaza sísmica existente, permite definir tanto la acción que debe considerarse en el diseño de nuevas estructuras como el sitio donde pueden ser construidas, de tal forma que las condiciones de los emplazamientos sean optimas, esto es: alejando las fallas, evitando los rellenos, los lugares con posibles asentamientos o deslizamientos y los de alto potencial de licuefacción. Sin embargo, poco puede hacerse para reducir la amenaza a la que están expuestas las estructuras existentes, por lo tanto, si se desea disminuir el riesgo, se requiere una intervención



directa sobre la vulnerabilidad (Caballero, 2007, pág. 44). El conocimiento del comportamiento sísmico de las estructuras, permite definir los mecanismos y acciones de refuerzo requeridos para la reducción de los efectos provocados por los movimientos del terreno. Para el caso de construcciones nuevas, pueden plantearse nuevos sistemas constructivos y/o nuevas filosofías de diseño que garanticen el buen desempeño de cada uno de los elementos expuestos.

4.2 Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica

Los métodos se agrupan en dos categorías generales (figura 4.1), los de vulnerabilidad calculada y de vulnerabilidad observada (Caicedo, Barbat, Canas, & Aaguier, 1994). En la primera se utilizan técnicas de modelación estructural para simular el comportamiento sísmico bajo cargas dinámicas y resultados de ensayos de materiales en el laboratorio, que sirven para determinar el índice global de daño que puede presentar la edificación, y se calibra a partir del daño real observado de las estructuras sometidas a movimientos telúricos anteriores. Dentro de esta categoría se encuentran los **métodos analíticos** (Peralta, 2002, pág. 185).

“Los métodos de la segunda categoría se fundamentan en la observación del daño ocurrido en estructuras durante terremotos, mediante el levantamiento en campo de índices de vulnerabilidad o la opinión subjetiva de expertos sobre el comportamiento sísmico de diferentes tipologías constructivas. Dentro de esta categoría se encuentran los **métodos subjetivos ó cualitativos**” (Peralta, 2002, pág. 186).



Figura 4.1. Metodologías para evaluar la vulnerabilidad sísmica.

Para escoger adecuadamente una metodología de estudio de vulnerabilidad sísmica que pudiera ser aplicada en la urb. Bella Vista de la ciudad de Abancay, se analizaron las ventajas y limitaciones de los métodos analíticos y cualitativos.

A continuación, se presenta una descripción de los métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes.

4.2.1 Métodos Analíticos

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes por métodos analíticos se fundamenta en los principios utilizados para el diseño de estructuras nuevas estipuladas en los códigos de construcción. Tienen su fundamento en un modelo calibrado que tiene en cuenta el análisis dinámico inelástico del edificio, que permite conocer el proceso de plastificación paso a paso y el posterior colapso de la estructura. La placabilidad de estos métodos ha sido muy discutida, ya que requieren una alta complejidad en el modelo utilizado y la evaluación del comportamiento de las edificaciones ante la posible ocurrencia de acción sobre la estructura (Caballero, 2007, pág. 45).

Estos métodos pueden ser apropiados para el análisis detallado de estructuras particulares o de aquellos que requieran un tratamiento especial. Entre los métodos más



usados en el medio, están el Método NSR-98, el Método FEMA 178, el Método ATC-14 y el método FEMA-273, la cual son descritos en una forma muy breve a continuación:

a) Método NSR-98 (AIS, 1998).

La Norma de Diseño y Construcción Sismo-Resistente Colombiana NSR – 98 (Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998), establece en el "Título A - requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente", del Capítulo A.10, los criterios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones construidas antes de su vigencia. Este procedimiento tiene como finalidad comprobar si el comportamiento estructural de la edificación en su estado actual, sometida a solicitaciones sísmicas, satisface los requerimientos mínimos establecidos en la norma.

Para llevar a cabo una evaluación de Vulnerabilidad empleando este método, se debe realizar un análisis dinámico de la estructura, que permita estudiar su comportamiento y saber si cumple los requisitos exigidos por la norma sísmica vigente. Con los resultados obtenidos de este análisis y las capacidades actuales calculadas en los elementos, se calculan los índices de sobre-esfuerzo y los índices de flexibilidad de los pisos, cuyos valores inversos definirán el grado de vulnerabilidad de la estructura (Llanos & Vidal, 2003, pág. 41).

Se puede decir que el objetivo de este método es hallar los puntos débiles y posibles zonas de las estructuras que pueden causar pérdidas de vidas ante los eventos sísmicos.

Procedimiento básico:

El procedimiento consiste en la identificación de una serie de parámetros como el sistema estructural con que fue construida originalmente, el tipo de cimentación y las propiedades de los materiales utilizados, entre otros. Con toda la información obtenida de planos, si los hay, o de los levantamientos y exploraciones realizadas, se construye



el modelo estructural de la edificación y se analiza matemáticamente su comportamiento dinámico, obteniendo como resultado las demandas de resistencia sísmica para los esfuerzos a que está sometida. Los resultados se comparan con los valores establecidos en la NSR-98, determinando las zonas o puntos más vulnerables de la edificación que pueden representar riesgo y que necesitan ser reforzados.

A continuación, se resumen los pasos necesarios para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes prescrito en la NSR-98:

1. Recolección de información de la edificación (memorias, planos, etc.).
2. Inspección visual de la edificación y recolección de información.
3. Levantamiento de planos de la edificación, si no existen.
4. Identificación del sistema estructural.
5. Exploración y estudios de suelos.
6. Dimensiones de elementos estructurales y localización de refuerzos
7. Verificación de resistencia del hormigón.
8. Elaboración de un modelo estructural actual, el cual se analiza para las fuerzas sísmicas que el sismo de diseño imponga, en combinación con las fuerzas de gravedad, mayoradas de acuerdo con las combinaciones de carga.
9. Análisis matricial tridimensional (análisis elástico lineal).
10. Cálculo de demandas obtenidas y capacidades actuales calculadas en los elementos.
11. Determinación de los índices de sobre esfuerzo en los elementos y de las estructuras, para determinar puntos o zonas vulnerables.
12. Determinación de índices de flexibilidad de pisos y estructuras.

Finalmente, la vulnerabilidad se define como los inversos de los índices de sobre esfuerzos y flexibilidad. Los resultados obtenidos se comparan con lo que la norma exige para una edificación nueva.



b) Método FEMA 178

El Building Safety Council de EE.UU desarrollo este método, el cual es empleado para realizar la evaluación y el diagnóstico sísmico de cualquier edificación existente. Las guías y procedimientos del FEMA-178 son utilizados únicamente para evaluar la capacidad de la edificación en cuanto a si es peligrosa para ser ocupada o no, y evalúa el uso de la estructura después del terremoto (Llanos & Vidal, 2003, pág. 44).

Estos también están diseñados para identificar de una forma más detallada los elementos estructurales, como vigas y columnas, que presenten deficiencias en cuanto a su capacidad o resistencia sísmica, definiendo diferentes procedimientos y criterios de diseño para alcanzar niveles de desempeño sísmico, entre los que se encuentran el nivel operacional, el nivel de protección de la vida, el nivel de prevención de colapso, el nivel de ocupación inmediata (Peralta, 2002, pág. 223).

La escogencia de un determinado nivel depende del desempeño o comportamiento esperado de la edificación, durante y después de un movimiento telúrico, de cuánto daño es permitido, al igual que pérdidas económicas y traumatismo o interrupción de las actividades cotidianas de los ocupantes de la edificación. Además, este método plantea una metodología para desarrollar los procedimientos de rehabilitación o refuerzo.

Ventajas

- Puede ser utilizado para llevar a cabo la evaluación y diagnóstico sísmico de cualquier edificación existente.

Limitaciones

- La evaluación por este método busca encontrar las deficiencias estructurales que determinan los puntos o zonas débiles y vulnerables de la estructura, para poder hacer



recomendaciones de reforzamiento, implicando un minucioso conocimiento de la cantidad de refuerzo, tanto a flexión como a cortante, y su distribución, utilizando para ello los planos. Lo que implica, que si no se tiene conocimiento de ellos, se deben emplear métodos costosos para averiguar cuanto refuerzo tiene un elemento determinado, elevando el precio del estudio.

- Carece de funciones de vulnerabilidad para relacionar de forma continua, el daño experimentado por la estructura cuando se somete a un movimiento sísmico.

c) Método ATC-14

Hace énfasis en la determinación de los “puntos débiles del edificio” con base en la observación de daños en edificios similares, producidos por eventos sísmicos anteriores.

Para determinar la vulnerabilidad de una edificación, se deben calcular los esfuerzos cortantes actuantes y los desplazamientos relativos del entrepiso. Con las fuerzas cortantes en los entrepisos se calcula el esfuerzo promedio V_{av} de los elementos resistentes verticales del edificio, el cual se compara con el esfuerzo estimado del material mediante la relación $V_{av}/4.26$; si esta relación es menor que uno, indica que la estructura presenta problemas de corte y que requiere de un análisis estructural más detallado (Llanos & Vidal, 2003, pág. 42).

Limitaciones

- Inicialmente se identifican aquellos edificios que significan un riesgo para la vida humana. Es decir, aquellas que se clasifican como edificaciones indispensables, que deben seguir con su normal funcionamiento durante y después de un sismo.
- Evalúa los esfuerzos cortantes actuantes, los desplazamientos relativos en el entrepiso y ciertas características especiales del edificio. En el caso de muros estructurales se debe hacer una verificación de los esfuerzos de corte.



Estos dos aspectos hacen que este método sea dispendioso ya que se necesitan de herramientas básicas de ingeniería para la adquisición y correcta ejecución de los datos, limitando la recolección a personas especializadas. Además, no es un método para estimar la vulnerabilidad a gran escala, debido a que primero se hace una clasificación de las estructuras que van a ser parte de la evaluación, para luego entrar al análisis respectivo. A su vez el método no tiene en cuenta el daño producido por uno o más sismos, por lo que no predice que tan afectada se podrá ver en el momento en que un determinado movimiento la afecte.

d) Método FEMA-273

Está diseñado para identificar los elementos estructurales que podrían tener un mal comportamiento frente a la ocurrencia de un evento sísmico, porque tienen poca capacidad o resistencia. Además, define diferentes técnicas y criterios de diseño que permiten alcanzar diferentes niveles de desempeño sísmico de la edificación. Dentro de los niveles de desempeño sísmico se encuentran, el nivel de ocupación inmediata, el nivel operacional, nivel de protección de la vida y el nivel de prevención de colapso y su escogencia del comportamiento que se espere de la edificación durante y después de un sismo.

El procedimiento del FEMA-273 permite hacer una simplificación o una rehabilitación sistemática. La rehabilitación simplificada es usada para edificaciones bajas, de configuración geométrica sencilla y generalmente en zonas de amenaza sísmica baja e intermedia. La rehabilitación sistemática, se basa en el comportamiento no lineal de la respuesta de la estructura y revisa cada elemento estructural, para verificar la interacción aceptable de los desplazamientos esperados y de las fuerzas internas en los elementos estructurales (Llanos & Vidal, 2003, pág. 43).



4.2.2 Métodos Cualitativos

Para realizar el estudio de vulnerabilidad de un conjunto de edificios, se han desarrollado múltiples métodos cualitativos que permiten hacer la evaluación de forma rápida y sencilla. Estos métodos son usados para obtener un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de algunos fenómenos naturales, proporcionando con esto una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres (Llanos & Vidal, 2003, pág. 43).

“Los métodos Cualitativos son más apropiados para la evaluación de la vulnerabilidad de edificios a gran escala, desde una zona urbana hasta una región, debido a la relativa facilidad de estos para analizar un gran número de estructuras a menor costo” (Caicedo, Barbat, Canas, & Aaguiar, 1994, pág. 9).

Dentro de los métodos cualitativos que han sido desarrollados se encuentran el método ATC-21, el Método NAVFAC, los métodos Japoneses, el Método Venezolano, el método ISTC, el Método del Índice de Vulnerabilidad y el método de la AIS.

a) Método ATC-21 (Llanos & Vidal, 2003, pág. 44)

Conocido también como el método de revisión por filtro de peligros sísmicos potenciales en edificaciones existentes. Es un método muy sencillo que se basa en darle una calificación inicial a la edificación, a la cual se le suman o restan puntos a medida que avanza la revisión y se filtran las características estructurales de la misma. Esta calificación inicial depende del tipo de estructura y del sistema de resistencia sísmica que tenga el edificio.

Los parámetros que este método tienen en cuenta para sumar o restar al puntaje inicial son la altura del edificio, las irregularidades geométricas, la flexibilidad de los pisos y la existencia de torsión en planta, la calificación obtenida al final de la revisión varía



entre 0 y 6, siendo 2 la calificación sugerida como límite para definir la seguridad de la edificación. El resultado de la evaluación por este método puede ser considerado como una evaluación preliminar y, de obtener que un edificio es inseguro, deberá ser evaluado utilizando los procedimientos del NSR-98 o del FEMA-273.

b) Método Empírico (Cardona, 1989).

Plantea un método empírico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, pre-evento, de una manera rápida y preliminar. Puede ser desarrollado por personas no versadas en el tema de la ingeniería sísmica ó por ingenieros con poca experiencia, llevando a cabo un análisis cualitativo de las características de la construcción, tales como la calidad y estado de la misma, configuración y forma, tipo de estructura, características del suelo y de la fundación, estabilidad de componentes no estructurales. Estos aspectos se califican subjetivamente como Vulnerabilidad Alta (A), Media (M) y Baja (B), con un criterio riguroso y conservador (ver cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Matriz de calificación de la vulnerabilidad método de Cardona.

| ASPECTO | VULNERABILIDAD | | | VALOR |
|--|----------------|----|----|-------|
| | A | M | B | |
| 1. Calidad y Estado de la Construcción. | 50 | 25 | 5 | |
| 2. Configuración y forma de la edificación. | 60 | 30 | 5 | |
| 3. Tipo de Estructura. | 80 | 40 | 15 | |
| 4. Características del Suelo y la Cimentación | 60 | 30 | 10 | |
| 5. Estabilidad de componentes no estructurales | 50 | 25 | 5 | |

Una vez calificado cada aspecto se suman los valores respectivos para obtener un resultado o parámetro global. Sí el parámetro supera el valor de 150 la edificación será altamente vulnerable, entre 90 y 150 será considerada, en general, vulnerable y por debajo de 90 será considerada, en general, segura.



c) Método NAVFAC (Matzamura et., al (1988), en Cardona, 1990).

Desarrollado por G. Matzamura, J. Nicoletti y S. Freeman con el nombre de "Seismic Design Guidelines for Up-Grading Existing Buildings". Determina el índice de daños que un sismo determinado puede causar en una estructura, evaluando la capacidad de la misma por medio del coeficiente de corte basal resistente (C_b), el desplazamiento al tope de la estructura (S) y el periodo fundamental (T). Si el índice de daño global (I_g) es mayor que el 60% se debe proceder a realizar una evaluación más detallada de la estructura (Peralta, 2002, pág. 208).

Procedimiento básico:

1. Recolección de información de la estructura.
2. Inspección detallada de la estructura, in-situ.
3. Determinación de los espectros de respuesta elástica.
4. Comparación de la capacidad de la estructura con la demanda del sitio (D/C).
5. Cálculo del índice de daño (I)
6. Cálculo del índice global de daño (I_g)

Los resultados de la evaluación se presentan en una gráfica de capacidad/demanda, que se superpone a las curvas de demanda última. El índice global de daños de la estructura se representa por la siguiente relación:

$$I = (D/C) \times 100 \%$$

Donde:

I = Índice de daños.

(D/C) = Relación de demanda sobre capacidad resistente

Para $D = 0$, no existen daños por el contrario, para $D=C$ el índice de daños es del 100 %.



El índice global de daños (I_g) se determina como las dos terceras partes del índice de daño (I) en la dirección más crítica. Si $I_g \geq 60\%$ se debe proceder a realizar una evaluación más detallada de la estructura.

Ventajas

- Es aplicable a cualquier tipo de estructura. Realiza una estimación de un tipo de daño, al comparar la capacidad de la estructura que se determina por medio del coeficiente del corte basal resistente, el desplazamiento al tope de la estructura y el periodo fundamental, con la demanda del sitio.

Limitaciones

- Su principal problema es que no toma en cuenta la falla prematura de los elementos más débiles.

Es un método dispendioso porque involucra cálculos matemáticos y conceptos ingenieriles que no cualquier persona posee, por lo que se necesita, en el momento de la recolección, mano de obra calificada. Además, el análisis de vulnerabilidad para cada estructura conlleva un tiempo considerable, a causa de los cálculos indirectos que se debe realizar.

d) Método Japonés (*Hirosawa*, 1992).

Entre los métodos Japoneses, se encuentran el Método de Hirosawa, el cual es el método utilizado oficialmente en Japón por el ministerio de construcción, en la evaluación de la seguridad sísmica de edificios de hormigón armado. El método recomienda tres niveles de evaluación, que van de lo simple a lo detallado, y se basa en análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio en las direcciones principales de la



planta, en estudios más recientes el método se ha aplicado en edificios de hormigón armado y albañilería.

Es utilizado para la evaluación de edificaciones de hormigón armado de mediana y baja altura, construidas mediante métodos convencionales. Se evalúan la estructura, la forma del edificio y la peligrosidad de los elementos no estructurales. La estimación del riesgo sísmico se realiza por medio del cálculo de un índice sísmico (**Is**), que representa el comportamiento global de un entrepiso.

La evaluación de la seguridad se hace por un método de tamizado en tres pasos sucesivos, para obtener como resultado dos índices que miden la seguridad sísmica de la construcción.

Is = Índice sísmico de la estructura.

In = Índice sísmico de los elementos no estructurales.

El índice sísmico de la estructura **Is**, es el producto de cuatro subíndices que son calculados individualmente:

Eo está condicionado por la resistencia última de los elementos estructurales de la edificación, el tipo de mecanismo de falla y la ductilidad del sistema; **G** tiene en cuenta la intensidad de los movimientos del terreno; **Sd** representa el efecto que el diseño estructural tiene en el comportamiento sísmico de la estructura a través de factores como la distribución de masas y de rigideces y, por último, **T** califica los efectos de deterioro y defectos estructurales como grietas y deflexiones. De esta manera el **Is** es el producto de los subíndices anteriores, que se expresan en la siguiente ecuación:

$$I_s = (E_o) \times (G) \times (S_d) \times (T)$$



Donde:

E_o = Subíndice sísmico de comportamiento estructural.

G = Subíndice sísmico de movimiento del terreno.

S_d = Subíndice sísmico de concepción estructural.

T = Subíndice sísmico de deterioro con el tiempo.

La evaluación de la seguridad se realiza a partir de los resultados obtenidos para **I_s** e **I_n**, teniendo en cuenta parámetros como la importancia, edad y uso de la edificación.

Ventajas

- Evalúa la estructura, la forma del edificio y la peligrosidad de los elementos no estructurales. Este último aspecto es importante puesto que la mayoría de métodos solo tienen en cuenta los elementos que hacen parte del sistema sismorresistente, olvidando la importancia que tienen los elementos no estructurales como muros, instalaciones eléctricas, sanitarias, etc. Su importancia radica, en que una de las mayores causas de muerte durante un evento sísmico es por el desprendimiento de estos elementos.

Limitaciones

- Solo es aplicable a edificaciones de concreto reforzado de mediana y baja altura construidas mediante métodos convencionales.
- Requiere criterio especializado para el dictamen de ciertos parámetros con los que deben cumplir la estructura para poderla evaluar.



e) **Método Venezolano** (Rivera et., al, en Cardona, 1990) .

El procedimiento propuesto por este método evalúa cortes por separados y calcula el índice sísmica por medio de una ecuación en la cual intervienen el cociente entre la fuerza cortante resistente del entrepiso y la fuerza sísmica cortante (E), un índice que representa las condiciones de irregularidad en planta y elevación (D) y otro que representa las condiciones de deterioro en el tiempo (T).

Los índices que intervienen en la ecuación del índice sísmico se obtienen a partir de Tablas desarrolladas por los creadores del método, para dar valores a los coeficientes que se emplean en el cálculo de dichos índices. Para el índice de deterioro los valores de los coeficientes se definen de acuerdo con parámetros que involucran la inspección de aspectos como deflexiones, presencia de grietas en elementos estructurales, de columnas cortas, cambios de uso de las edificaciones, edad del edificio, estado de mantenimiento y ampliaciones o remodelaciones. Para el índice de irregularidad en planta y elevación tiene en cuenta la relación entre largo y ancho de la edificación, las discontinuidades del diafragma, los retrocesos, la presencia de planta baja libre, la uniformidad de las alturas de piso y el golpeteo (Llanos & Vidal, 2003, pág. 45).

Procedimiento básico:

- 1.Revisión detallada de documentos existentes de la edificación, planos memorias de diseño, etc.
- 2.Levantamiento de dimensiones generales del edificio, estructura y especificaciones de los elementos resistentes a fuerzas laterales.
- 3.Inspección detallada, in-situ, del edificio examinando cuidadosamente: el sistema estructural, deflexiones de losas y/ó vigas, agrietamientos, deterioro de la estructura, conexiones y apoyos entre elementos, etc.
- 4.Revisión de agrietamiento y condición general de paredes, arriostramiento, presencia de columnas cortas.
5. Identificación de elementos no estructurales susceptibles a caerse durante un movimiento sísmico.



6. Revisión de salidas de emergencia y estado de los sistemas contra incendios.
7. Determinación de las fuerzas sísmicas cortantes actuantes (V_u)
8. Determinación de las fuerzas cortantes resistentes del entrepiso (V_{ur}).
9. Determinación de la relación $E = V_{ur}/V_u$.
10. Cálculo del índice sísmico (I_s)

$$I_s = E.D.T$$

Donde:

I_s = Índice sísmico

D = Índice de irregularidad en planta y en elevación de la edificación.

T = Índice de las condiciones de deterioro en el tiempo de la edificación.

Ventajas

- Se puede usar con gran cantidad de sistemas estructurales.

Limitaciones

- Aplicable en edificios bajos de concreto reforzado o de mampostería.
- En el caso que no existan planos se hace un levantamiento de las dimensiones generales del edificio y de la estructura, con todas las especificaciones de los elementos resistentes a fuerzas laterales.
- Inspección detallada del edificio examinando cuidadosamente su sistema estructural, las posibles deflexiones de losas y vigas, agrietamientos, deterioro de los materiales constituyentes de la estructura, conexiones y apoyos entre los elementos, etc.
- Es un método que por su alto grado de detalle en cuanto a la obtención y la manipulación de la información, no es muy práctico para un estudio de vulnerabilidad de edificaciones en gran volumen.



f) Método Italiano I.S.T.C (Giuliano et., al, 2000)

Fue desarrollado por el "Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni" (I.S.T.C) y la "Università degli Studi di Padova" y adaptado para el estudio de Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas de Adobe en La Zona de Coelemu (8ª región de Chile). Consiste en el análisis sísmico de grupos de edificios con estructura soportada por muros de mampostería de tipologías y características constructivas similares. Su aplicación considera edificios aislados en mampostería no reforzada de regulares dimensiones (2 a 3 pisos), edificios contiguos o conjuntos de edificios.

La capacidad resistente del edificio se evalúa por medio de dos parámetros (índices I_1 e I_2). Un tercer índice, I_3 , es utilizado para determinar, en conjunto con los ya calculados, la vulnerabilidad de la edificación (o grupo de edificios), con base en la función de vulnerabilidad, (V_u), propuesta por el I.S.T.C, clasificando la edificación dentro de las cinco clases de vulnerabilidad definidas: muy grande, grande, media, pequeña, muy pequeña (ver cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Matriz de calificación de vulnerabilidad método ISTC.

| Num | Parámetro | Peso I.S.T.C (pi) |
|-----|--------------------------------------|-------------------|
| 1 | Calidad del sistema resistente | 0.15 |
| 2 | Posición del edificio y cimentación | 0.75 |
| 3 | Presencia de diafragmas horizontales | 0.5 |
| 4 | Configuración en elevación | 0.5 |
| 5 | Tipo de techumbre | 0.5 |
| 6 | Elementos no estructurales | 0.25 |
| 7 | Estado de conservación | 0.5 |

Fuente: Peralta 2002



Ventajas

- Es un método que utiliza unas fichas de levantamiento de la información similares al método del índice de vulnerabilidad, teniendo en cuenta 7 ítems de vulnerabilidad que consideran las características geométricas y estructurales del edificio afectadas por sus respectivos pesos de acuerdo a su importancia. También utiliza funciones de vulnerabilidad, con la diferencia que estas funciones no sirven para estimar un daño en la estructura sino que se limita a clasificar a la estructura entre un rango de vulnerabilidad específico.
- El I.S.T.C. desarrollo un programa que a partir de la información recogida por las fichas de levantamiento, calcula la clase de vulnerabilidad que corresponde a cada estructura y realiza un análisis estadístico para los grupos de edificios.

Limitaciones

- Su uso se limita a estructuras soportadas por muros de mampostería, con tipologías constructivas parecidas, es decir, mampostería reforzada de 2 a 3 pisos de altura a lo sumo, edificios contiguos o conjunto de edificios.

g) Método de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS, 2001)

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (2001), plantea un método para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas en mampostería, que consiste en la calificación de seis componentes: aspectos geométricos, constructivos, estructurales, cimentación, suelos y entorno. Dentro de los aspectos que se evalúan están, la irregularidad en planta y en altura, la cantidad de muros, la calidad de las juntas de pega en mortero y de los materiales, las vigas de amarre, los muros confinados y reforzados. Cada uno de ellos se califica mediante visualización y la comparación con patrones generales. Esta calificación se realiza en tres niveles: Vulnerabilidad baja, Vulnerabilidad media y Vulnerabilidad alta.



Según este método para que una vivienda califique como de vulnerabilidad sísmica intermedia o alta es suficiente que presente deficiencias en cualquiera de los aspectos mencionados. Cada aspecto investigado se califica mediante unos criterios muy sencillos a partir de una inspección visual, comparándolos con patrones generales. La calificación se realiza en tres niveles, a los cuales se les asigna un color: vulnerabilidad baja (verde), vulnerabilidad media (naranja) y vulnerabilidad alta (rojo). La matriz de calificación se muestra en (cuadro 4.3).

Finalmente, después de que se haya obtenido y calificado toda la información requerida, se hace una calificación global de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda, con base en las deficiencias que presenta cualquiera de los aspectos estudiados.

Cuadro 4.3. Matriz de calificación de la vulnerabilidad método AIS.

| COMPONENTE | VULNERABILIDAD | | |
|---|----------------|-------|------|
| | BAJA | MEDIA | ALTA |
| ASPECTOS GEOMÉTRICOS | | | |
| • Irregularidades en planta de la edificación | | | |
| • Cantidad de muros en las dos direcciones | | | |
| • Irregularidad en altura | | | |
| ASPECTOS CONSTRUCTIVOS | | | |
| • Calidad de las juntas de pega del mortero | | | |
| • Tipo y disposición de las unidades de mampostería | | | |
| • Calidad de las juntas de los materiales | | | |
| ASPECTOS ESTRUCTURALES | | | |
| • Muros confinados y reforzados | | | |
| • Detalles de columnas y vigas de confinamiento | | | |
| • Vigas de amarre o corona | | | |
| • Características de las aberturas | | | |
| • Entrepiso | | | |
| • Amarre de cubiertas | | | |
| CIMENTACIÓN | | | |
| SUELOS | | | |
| ENTORNO | | | |
| Calificación Global | | | |

Fuente: AIS, 2001



Ventajas

- Especifica claramente los aspectos de los cuales depende la vulnerabilidad en una edificación, es decir, la geometría de la estructura, aspectos constructivos y aspectos estructurales.
- El lenguaje es claro y no tiene términos difusos ni muy técnicos, lo que lo hace eficaz para la autoconstrucción o para aquellas construcciones que no van a tener un técnico supervisor. La autoconstrucción es una práctica muy común en el Perú, y así se han construido la gran parte del país, por lo que los documentos como este incentivan al mejoramiento de la calidad de la construcción y el comportamiento estructural sin elevar de una manera exagerada el costo de la vivienda.

Limitaciones

- Esta metodología no relaciona el daño sufrido por la estructura con la vulnerabilidad propiamente dicha. Solo indica que tan vulnerable es en una escala que va desde baja hasta alta.

h) Método Argentino (Fernández, 1987)

Es una propuesta experimental para la evaluación de la vulnerabilidad de sistemas en la zona sísmica del Gran Mendoza, Argentina, desarrollado por la “Unidad de riesgo sísmico y desarrollo local”.

El método toma una serie de variables sencillas a las cuales se les asignan valores para obtener la escala de riesgo. Se consideran las características globales de la construcción: el número de pisos, materiales de techos y muros, antigüedad de la construcción, estructuración, suelo y colindancia. Este método incorpora un desarrollo



computacional que arroja resultados estadísticos y gráficos, representados en mapas a escala urbana. Las calificaciones asignadas se muestran en (cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Calificación de la vulnerabilidad del método argentino.

| Variable | Intervalo | Valor |
|------------------------|---------------------|-------|
| I Número de pisos | 1 | 1 |
| | 2 | 2 |
| | 3 a 5 | 3 |
| | 6 a mas | 4 |
| II Material de muros | Ladrillo | 1 |
| | Adobe | 3 |
| | Dudoso | 4 |
| III Material de techos | H1A1 | 4 |
| | Otros | 3 |
| | Caña y barro | 5 |
| IV Antigüedad | Hasta 10 años | 1 |
| | De 11 a 30 años | 3 |
| | De 31 a 50 años | 2 |
| | Más de 50 años | 4 |
| V Estructuración | Sismo resistente | 1 |
| | Mixta | 3 |
| | No sismo-resistente | 5 |
| VI Suelo | Firme | 2 |
| | intermedio | 3 |
| | Blando | 4 |
| VI Colindancia | x0 Nulo | 0 |
| | x1 Bajo | 1 |
| | x2 Moderado | 2 |
| | x3 alto | 3 |
| | x4 Muy alto | 4 |
| Calificación | | |
| de 3 hasta 16 | RIESGO BAJO-RB | 1 |
| de 17 a 23 | RIESGO MODERADO-RM | 2 |
| 24 ó mas | RIESGO ALTO- RA | 3 |



i) Método del Índice de Vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1984).

El método del índice de Vulnerabilidad, identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto. El método califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología. Esta es una ventaja sobre los métodos que clasifican las construcciones por tipologías, material, año de construcción como son el ATC-13 y las escalas de EMS-98, MSK, entre otros. Esta metodología considera aspectos como la configuración en planta y elevación, el tipo de cimentación, los elementos estructurales y no estructurales, el estado de conservación, y el tipo y calidad de los materiales para evaluar los parámetros que calificados individualmente en una escala numérica (afectada por un peso W_i , que trata de enfatizar su importancia relativa en el resultado final), proporciona un valor numérico de la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de los edificios (Mena, 2002, pág. 48).

La importancia de este método, es que se puede aplicar para edificios de albañilería confinada y para edificios de concreto armado, el cual son los dos tipos de edificaciones que más encontramos en nuestro medio. En cada una de los dos tipos de estructuras, se evalúan once parámetros, y a cada uno se le da una importancia. Al final la sumatoria de los once parámetros multiplicados por sus coeficientes, da el índice de Vulnerabilidad de la estructura, en la que a medida que va subiendo, ese valor, la edificación es más vulnerable.

Ventajas

- Es un método que permite calcular la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de mampostería y aporticadas de una forma rápida y sencilla. Esta metodología se ha venido utilizando desde el año 1982, tiempo en el cual ha tenido modificaciones para facilitar tanto la tarea de recolección, como la de incluir una mejor descripción de los daños a medida que ocurrían eventos sísmicos.



- Las instrucciones sobre cada uno de los parámetros y sus respectivas calificaciones están descritas de forma tal que una persona con los conocimientos básicos del tema pueda llenar los formularios de una manera objetiva.
- Utiliza funciones de vulnerabilidad que relaciona el daño esperado en la edificación con la vulnerabilidad sísmica propia, lo que es muy importante para una primera aproximación en la cuantificación de las pérdidas económicas directas. Un estudio de este tipo puede indicar antes de la ocurrencia de un terremoto, a cuánto pueden ascender las pérdidas económicas, sirviendo a los dirigentes de las ciudades para la toma de decisiones respectivas.

Limitaciones

- Como el método está propuesto básicamente para edificaciones europeas construidas en algunos casos con muros de piedra, y además, teniendo en cuenta que el control de calidad en la construcción es mejor, es necesario hacer ciertas modificaciones al método, sin incurrir claro está, en la esencia propia del mismo, manteniendo los mismos 11 parámetros, pero de acuerdo con la forma y los materiales constructivos locales, modificando sus respectivos pesos y adecuándolos a las exigencias de nuestra norma.

4.3 Metodología elegida para evaluar la vulnerabilidad sísmica

Debido a que no existe una metodología estándar para la evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones que sea aplicable en su totalidad en cualquier región, es necesario adaptar o proponer metodología que correspondan a las condiciones particulares de las edificaciones en su contexto local. En este sentido, se desarrolla una metodología que tiene en cuenta las características constructivas, arquitectónicas y estructurales de las edificaciones de la zona estudiada, que permite realizar un diagnóstico inicial de la vulnerabilidad, hacer un análisis global y particular, tener un



conocimiento integral de la zona, además de generar mapas de escenarios de vulnerabilidad y daño sísmico (Peralta, 2002, pág. 226).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista “se decidió aplicar la metodología del índice de vulnerabilidad propuesta por un grupo de investigadores italianos en 1982, que fue desarrollada a partir de la información de daño en edificios provocados por terremotos desde 1976. A partir de esta información elaboraron una gran base de datos con el índice de vulnerabilidad de cada edificio y el daño sufrido por terremotos de determinada intensidad, calibrándose las funciones de vulnerabilidad” (Mena, 2002, pág. 47).

Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología fueron:

- a) Está fundamentada en datos reales, producto del levantamiento de daños.
- b) Se puede aplicar en estudios a nivel urbano.
- c) Se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Italia con buenos resultados y como consecuencia se adoptó oficialmente por un organismo gubernamental de Protección Civil.
- d) Se ha aplicado en España en los sismos de Almería en 1993 y 1994 (Yépez, 1994) y Murcia en 1999 (MENA, *et al* 1999).
- e) Se ha aplicado en diversos trabajos como los de Angeletti *et al*, 1988; Benedetti *et al*, 1988; Caicedo, 1993; Barbat *et al*, 1996; Grimaz, 1994; Yépez, 1996; MENA, 1997; el Proyecto Europeo SERGISAI, 1998; MENA *et al*, 1999, etc.
- f) En el Perú, se ha aplicado esta metodología en las ciudades de Ayacucho, Huánuco, Lima y Chiclayo.



4.4 Método del Índice de Vulnerabilidad.

El método del índice de vulnerabilidad se comienza a desarrollar en Italia con motivo de los estudios post-terremotos realizados a partir de 1976. El método se describe en 1982 por Benedetti-Petrini, año a partir del cual empieza su utilización en numerosas ocasiones. Como resultado de ello se obtiene un importante banco de datos sobre daños de edificios para diferentes intensidades de terremotos y las comprobaciones realizadas demuestran buenos resultados en la aplicación del método. El método del índice de Vulnerabilidad puede clasificarse como subjetivo, debido a que realiza una calificación subjetiva de los edificios apoyándose en cálculos simplificados de estructuras, intentando identificar los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural. La calificación de los edificios se realiza mediante un coeficiente denominado índice de Vulnerabilidad. Este índice se relaciona directamente con la vulnerabilidad o grado de daño de la estructura mediante funciones de vulnerabilidad. Estas funciones permiten formular el índice de vulnerabilidad para cada grado de intensidad macrosísmica de terremoto y evaluar de manera rápida y sencilla la Vulnerabilidad sísmica de edificios, condiciones que resultan imprescindibles para desarrollar estudios urbanos a gran escala (Yepez, Barbat, & Canas, 1995, pág. 50).

El método consiste en hacer una calificación de los edificios mediante la observación de sus características físicas, apoyándose en cálculos simplificados, identificando los parámetros más relevantes que controlan el daño en los edificios causados por un terremoto, realizando así una calificación de la calidad del diseño y la construcción sismorresistente de las viviendas mediante un coeficiente denominado Índice de Vulnerabilidad, I_v . El método relaciona luego el índice de vulnerabilidad obtenido, I_v , con el grado de daño global que sufre la estructura a través de funciones de vulnerabilidad calibradas para cada grado de intensidad del terremoto o para diferentes niveles de aceleración máxima.

El método califica diversos aspectos de los edificios tratando de distinguir las diferencias existentes en un mismo tipo de construcción o tipología. Esta metodología considera aspectos como la configuración en planta y elevación, los elementos estructurales y no



estructurales, el estado de conservación, el tipo y organización del sistema resistente, la calidad de los materiales, etc. Luego de aplicar algunas consideraciones propias de la metodología se determina el índice de vulnerabilidad, el cual es un valor numérico que representa la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de las edificaciones (Mena, 2002, pág. 48).

4.4.1 Índice de Vulnerabilidad

“El índice de vulnerabilidad se puede entender como un valor que ayuda a evaluar la falta de seguridad en los edificios ante cargas sísmicas. Además, forma parte de la definición de las funciones de vulnerabilidad, las cuales relacionan el índice de vulnerabilidad “Iv” con el índice de daño global de las estructuras” (Mena, 2002, pág. 49).

4.4.2 Índice de Vulnerabilidad para construcciones de albañilería confinada

De acuerdo con la escala de vulnerabilidad de Benedetti-Petrini, el índice de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la "calidad sísmica" de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales que, se considera, juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras de mampostería. A cada parámetro se le atribuye, durante las visitas técnicas (inspecciones), una de las cuatro clases A, B, C y D. La calificación “A” es óptima con un valor numérico $K_i=0$, mientras que la “D” es la más desfavorable con un valor numérico $K_i=45$, tal y conforme se observa en (cuadro 4.5). Así, por ejemplo, si el parámetro número cuatro "posición del edificio y cimentación" corresponde a una configuración insegura desde el punto de vista sísmico, se le asigna la calificación “D” y el valor numérico $K_4 = 45$ (Caicedo, Barbat, Canas, & Aguiar, 1994, pág. 46).



Cuadro 4.5. Escala de vulnerabilidad Benedetti-Petrini para edificaciones de albañilería.

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi |
|---|----------|----|----|----|---------|
| | A | B | C | D | |
| 1. Organización del sistema resistente. | 0 | 5 | 20 | 45 | 1.00 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.50 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | 0 | 5 | 15 | 45 | 1.00 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.50 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.00 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | 15 | 25 | 45 | 1.00 |
| 10. Elementos no estructurales. | 0 | 0 | 25 | 45 | 0.25 |
| 11. Estado de conservación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.00 |

Fuente: Benedetti-Petrini, 1984

Por otra parte, cada parámetro es afectado por un coeficiente de peso “Wi”, que varía entre 0,25 y 1,5. Este coeficiente trata de enfatizar su importancia relativa en el resultado final.

Finalmente, el índice de vulnerabilidad “Iv” de cada edificación se define por la siguiente expresión:

$$I_v = N \sum_{i=1}^{11} K_i W_i \quad (4.1)$$

Al analizar la ecuación se puede deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382,5 que es el máximo valor posible. Como puede verse en la (Cuadro 4.2), los parámetros 1, 2, 4, 5, 9, 10 y 11 son de naturaleza descriptiva, los parámetros 3, 6, 7 y 8 son de naturaleza cuantitativa y requieren de ciertas operaciones matemáticas y quedan definidos completamente en el capítulo V (Caicedo, Barbat, Canas, & Aaguiar, 1994, pág. 47).



4.4.3 Correlaciones del índice de vulnerabilidad con el índice global de daño

El daño observado en los edificios después de un terremoto o la simulación por ordenador del daño estructural utilizando modelos mecánicos o matemáticos, permiten deducir por medio de métodos probabilistas las funciones de vulnerabilidad. El índice de daño global D , caracterizado por el estado estructural de un edificio completo después de un sismo puede ser definido como la combinación ponderada de los valores describiendo el estado post-terremoto de los diferentes componentes estructurales tales como los elementos verticales y horizontales, los muros y los componentes no estructurales. El resultado final es el índice de daño en un rango de valores entre 0 y 100% (ver Figura 4.3) (Mena, 2002, pág. 49).

De los diversos estudios de los investigadores italianos basados en los levantamientos post-terremoto, se han obtenido correlaciones entre el índice de vulnerabilidad y el grado de daño del edificio, utilizando especialmente funciones de vulnerabilidad. Dichas funciones relacionan el índice de vulnerabilidad (I_v) con un índice de daño económico global (ID) para una intensidad dada de sismo. Un ejemplo de estas funciones se puede ver en la (Figura 4.2) (Angeletti *et al*, 1988), fruto de varios análisis de los levantamientos después de los terremotos en las localidades de Venzone y Barrea en Italia y expresadas matemáticamente de la siguiente manera (Yepez, Barbat, & Canas, 1995, pág. 63):

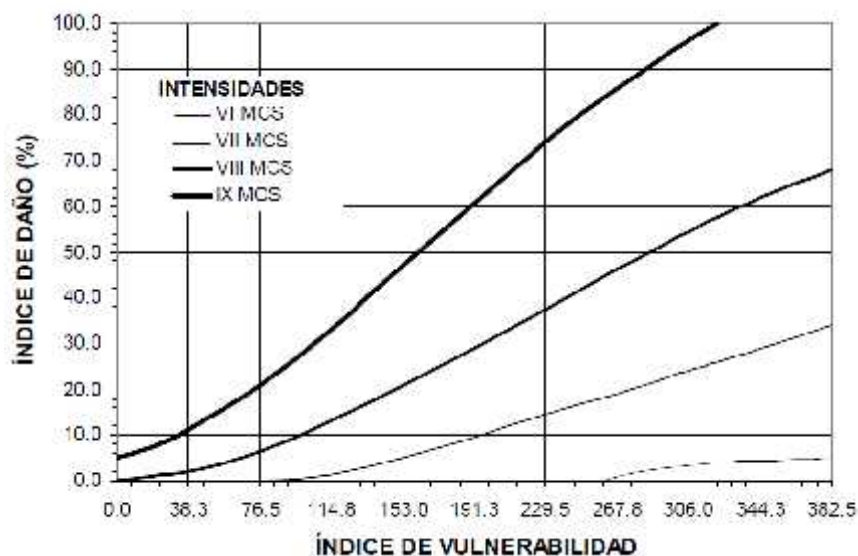


Figura 4.2: Funciones de índice de vulnerabilidad propuesta por Angeletti *et al* (1988).

Fuente: (Mena, 2002)



$$D \approx N 100 \quad \rho < k I_V < \frac{I_V^2}{I_V^2 < A^2} \dots\dots\dots (4.2)$$

En donde los coeficientes ρ , k y A depende de la intensidad sísmica considerada como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.6: Coeficientes de regresión para las funciones de vulnerabilidad propuestas por Angeletti (1988).

| I | ... | k | A |
|----|----------|-----------|------------|
| 6 | -0.08934 | -0.00115 | -325.75729 |
| 7 | -0.03505 | -2.07E-05 | -484.56637 |
| 8 | -0.00861 | 4.643E-04 | -369.08006 |
| 9 | 0.05 | 0.00108 | -259.31143 |
| 10 | 0.17 | 0.00239 | -211.40255 |

Fuente: (Caicedo, Barbat, Canas, & Aaguilar, 1994)

En el cuadro se muestra el valor de dichos coeficientes para diferentes grados de intensidad sísmica en la escala MCS la cual, es equivalente en grados a I escala MSK. Este cuadro se ha elaborado con los datos de daño de los edificios de las poblaciones de Venzone y Barrea en Italia. Esta curva de vulnerabilidad se muestra en la figura 4.3 y se utiliza en el programa desarrollado para estimación de escenarios de daño (Caicedo, Barbat, Canas, & Aaguilar, 1994, pág. 58).

Evidentemente, estas funciones de vulnerabilidad sólo se pueden aplicar a las zonas en donde se realizó el estudio, ya que depende de factores como el tipo de material, forma constructiva, tipo de suelo y al factor subjetivo de las personas que realizan los levantamientos, entre otras razones, por lo que la aplicación directa de las funciones en algún otro sitio podría conducir a resultados erróneos e inclusive, dependiendo del objetivo del estudio peligrosos. Sin embargo, la metodología del índice de vulnerabilidad sí se puede exportar a otros sitios, en donde se requiera realizar estudios de riesgo sísmico, como ha sido el caso de España, en el que por primera vez se obtuvieron funciones de vulnerabilidad fuera de Italia utilizando dicha metodología (Mena, 2002, pág. 49).



“Para obtener funciones de vulnerabilidad observadas en España, se realizó un estudio post-terremoto después de la ocurrencia de dos sismos en la región de Almería, al sudoeste de España el 23 de diciembre de 1993 y el 4 de Enero de 1994, cuya intensidad máxima estimada en el sitio fue de VII en la escala MSK, cuyo uso es muy extendido en España y los países Europeos” (Yepez, Barbat, & Canas, 1995).

El proceso de simulación se realizó para una intensidad de VII en la escala MSK, varias simulaciones para las intensidades de VI, VIII y IX en la escala MSK se realizaron utilizando los pesos W_i calibrados obtenidos en el proceso anterior. El resultado de las funciones simuladas para las diferentes intensidades se muestra en la Figura 4.3, en donde además se superponen con las funciones de vulnerabilidad propuestas por Angeletti et al, 1988, representadas por las líneas discontinuas para observar las diferencias entre ambas regiones (Mena, 2002, pág. 51).

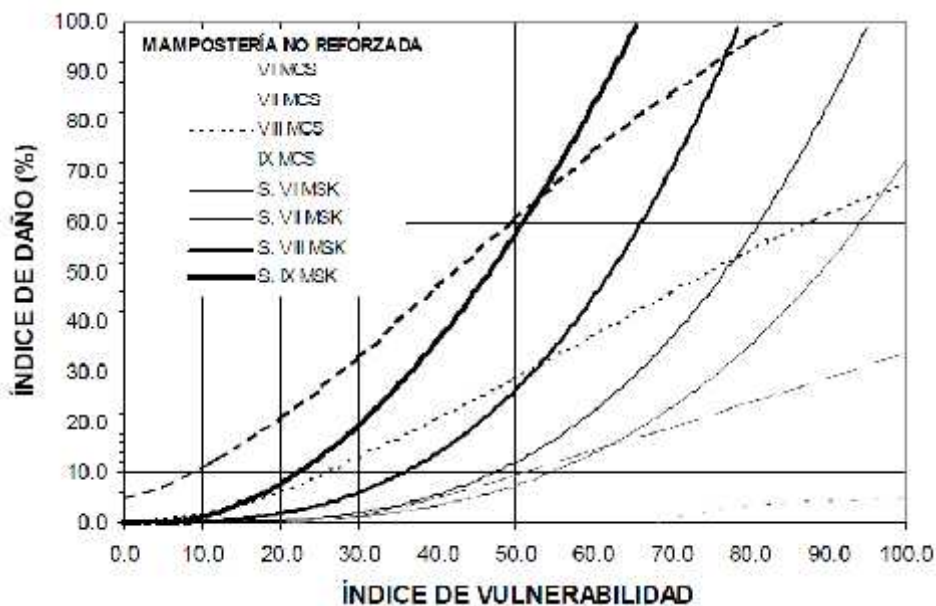


Figura 4.3.- Función de vulnerabilidad para los edificios de mampostería no reforzada para diferentes niveles de intensidad en la escala MSK. Las líneas discontinuas delgadas representan las funciones italianas propuestas por Angeletti et al. (1988).

Fuente: (Mena, 2002)



Las funciones de vulnerabilidad obtenidas se representan por regresiones polinómicas (ec. 4.3), cuyos coeficientes para las diferentes intensidades se muestran en el Cuadro 4.6.

$$D(\%) = a_1 I_V + a_2 I_V^2 + a_3 I_V^3 \quad (4.3)$$

En donde:

a_1 , a_2 y a_3 son los coeficientes obtenidos en el cálculo de la regresión

Cuadro 4.7.- Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de mampostería, obtenidos en el cálculo de las regresión polinómicas.

| Intensidad | a_1 | a_2 | a_3 | Correlación (%) |
|------------|---------|---------|-----------|-----------------|
| VI | 0.0048 | -0.0014 | 0.000086 | 80 |
| VII | 0.0170 | -0.0025 | 0.000140 | 89 |
| VIII | -0.0047 | 0.0012 | 0.000190 | 88 |
| IX | -0.1500 | 0.0280 | -0.000039 | 91 |

Fuente: (Mena, 2002)

4.4.4 Índice de Vulnerabilidad para construcciones de concreto armado

(Mena, 2002, págs. 53-55)

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de concreto armado se utiliza un procedimiento similar al explicado anteriormente. Se elabora una tabla similar a la propuesta para las edificaciones de albañilería, considerando las características más importantes que influyen en el comportamiento sísmico de las estructuras de concreto armado. En este caso se asigna solo tres calificaciones a diferencia de las cuatro propuestas para los edificios de albañilería. Estas calificaciones se muestran en la Cuadro 4.7.



Cuadro 4.8. Escala numérica del índice de vulnerabilidad, para estructuras de concreto armado

| c | PARÁMETRO | Ki*A | Ki*B | Ki*C | Wi |
|----|--------------------------------------|------|------|------|-----|
| 1 | Organización del sistema resistente. | 0 | 1 | 2 | 4,0 |
| 2 | Calidad del sistema resistente. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |
| 3 | Resistencia convencional. | -1 | 0 | 1 | 1,0 |
| 4 | Posición del edificio y cimentación. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |
| 5 | Diafragmas horizontales. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |
| 6 | Configuración en planta. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |
| 7 | Configuración en elevación. | 0 | 1 | 3 | 2,0 |
| 8 | Distancia entre columnas. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |
| 9 | Tipo de cubierta. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |
| 10 | Elementos no estructurales. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |
| 11 | Estado de conservación. | 0 | 1 | 2 | 1,0 |

Fuente: Benedetti-Petrini 1984.

Una vez evaluado cada parámetro se realiza una suma ponderada utilizando los factores de peso mostrados en el (cuadro 4.7), para obtener el índice de vulnerabilidad mediante la siguiente expresión:

$$Iv \leq 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{11} K_i W_i}{34} < 1 \quad (4.4)$$

Las funciones de vulnerabilidad simuladas para las construcciones de concreto armado se muestran en las (Figuras 4.4 y 4.5). Estas funciones se generaron para dos tipos de estructuración: a) para edificios de concreto armado con pórticos sismorresistentes y b) para edificios de concreto armado con losas reticulares. La diferencia más importante es que los edificios del primer tipo de estructuración se



comportan mejor ante un sismo que los segundos, por tener una mejor capacidad de deformación, lo que permite una mayor liberación de energía.

La función de vulnerabilidad correspondiente a una intensidad de VI en la escala MSK no se representa para los edificios aporticados con vigas y columnas, debido a que los índices de daño eran menores a un 5%, por lo que pueden considerarse despreciables. Para los edificios aporticados con losas y columnas los valores para una intensidad de IX no se incluyen ya que se ha calculado que en este caso la mayoría de los edificios colapsarían.

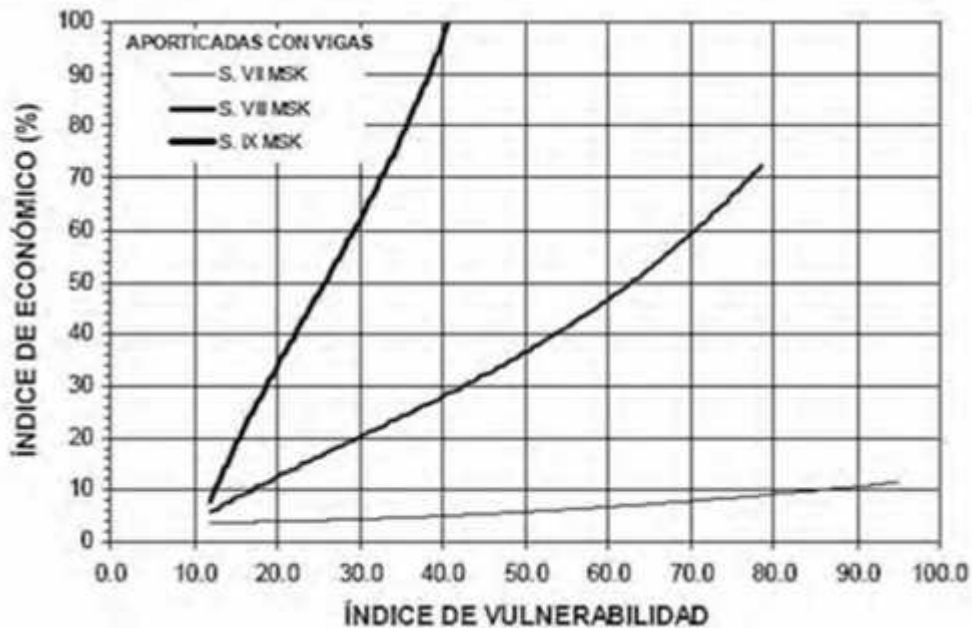


Figura 4.4.- Función de vulnerabilidad para edificios de concreto armado con pórticos sismorresistentes para las intensidades VII, VIII y IX en la escala MSK
Fuente: (Yépez, 1996).

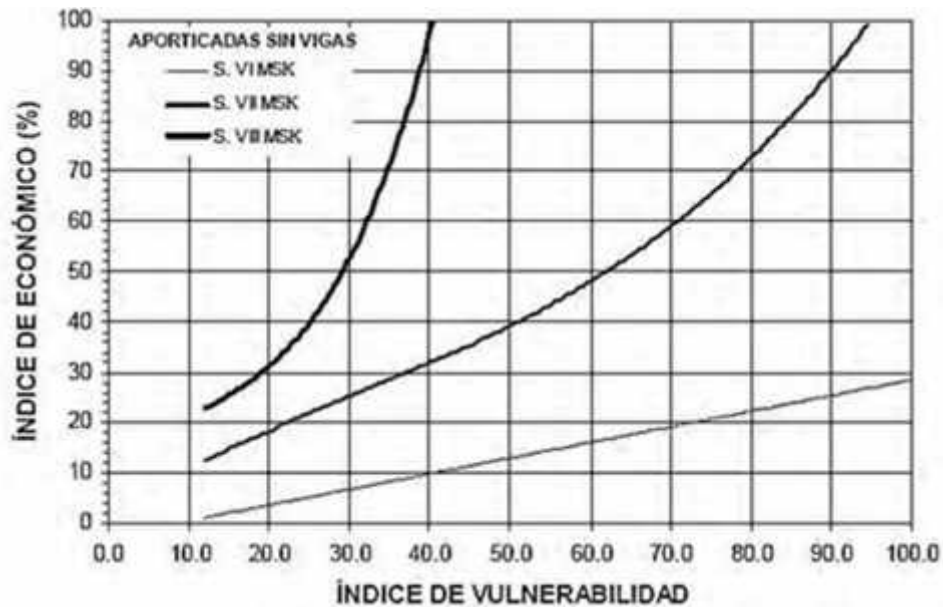


Figura 4.5.- Función de vulnerabilidad para edificios de concreto armado de losas reticulares para las intensidades VI, VII y VIII en la escala MSK
Fuente: (Yépez, 1996).

Finalmente, las funciones de vulnerabilidad se obtuvieron utilizando un ajuste polinomial mediante técnicas de mínimos cuadrados, cuyo resultado tienen la siguiente forma:

$$D(\%) = a + b \cdot I_v + c \cdot I_v^2 + d \cdot I_v^3 \quad (4.5)$$

En donde:

a, b, c y d corresponden a los coeficientes obtenidos en el cálculo de la regresión y cuyos resultados se muestran en los cuadros 4.8 y 4.9.



Cuadro 4.9. Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de concreto armado aporticados con vigas y columnas, obtenidos en el cálculo de la regresión polinómica.

| Intensidad | a | b | c | d | R (%) |
|------------|-------|---------|---------|---------|-------|
| VII | 3.6 | 0.00027 | 0.00087 | 0 | 68.1 |
| VIII | -6.1 | 1.1 | 0.0115 | 0.00013 | 96.1 |
| IX | -49.8 | 6.2 | -0.14 | 0.00191 | 91.5 |

Fuente: (Mena, 2002)

Cuadro 4.10. Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de concreto armado aporticados con losas reticulares, obtenidos en el cálculo de la regresión polinómica.

| Intensidad | a | b | c | d | R (%) |
|------------|------|------|-------|---------|-------|
| VI | -2.9 | 0.31 | 0.0 | 0.0 | 84.1 |
| VII | 1.7 | 1.0 | -0.11 | 0.00012 | 67.1 |
| VIII | 10.3 | 1.5 | -0.63 | 0.002 | 83.7 |

Fuente: (Mena, 2002)



CAPITULO V

5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SISMICA CON EL METODO DE INDICE DE VULNERABILIDAD EN LA URB. BELLA VISTA- ABANCAY

Para el presente estudio se eligió la metodología del Índice de Vulnerabilidad que permite evaluar la calidad estructural de las viviendas mediante la calificación de 11 parámetros. Las encuestas y visitas realizadas a las viviendas son datos obtenidas en el presente proyecto que permite evaluar la mayoría de los parámetros. Sin embargo, al realizar un estudio a nivel urbano en donde se consideran miles de edificaciones, la información requerida puede ser muy amplia, ocasionando inevitablemente que algún dato sea muy difícil de obtener y que en algún caso no exista, para lo cual se puede inferir a partir de estudios estadísticos realizados en trabajos anteriores como por ejemplo del trabajo de ciudades sostenibles y tesis de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Abancay. Una vez calculada la vulnerabilidad de las edificaciones se calibran las funciones de vulnerabilidad para obtener los posibles escenarios de daño.

En este capítulo se realiza los cálculos del índice de vulnerabilidad para edificaciones de albañilería confinada, luego estimar el grado de daño producto de diferentes sismos considerados, finalizando en la obtención de los escenarios de daño.

5.1 Selección de la zona de estudio

Para seleccionar la zona de estudio se tomaron en cuenta los siguientes factores preponderantes:

- Ubicación de las viviendas en los llamados “nuevas urbanizaciones” de Abancay. En estos lugares se practica mayoritariamente la autoconstrucción de viviendas sin licencia de construcción.
- La municipalidad distrital de Abancay no otorga licencia de construcción por ser una zona inestable.



- La pendiente del terreno. En zonas con pendiente elevada las viviendas presentan características diferentes a las viviendas en zonas con pendiente baja.
- Tipología del suelo. El tipo de suelo determina las características de la cimentación.

De acuerdo a estos factores, la urbanización seleccionada para realizar el estudio es: Urb. Bella Vista, por presentar diversos tipos de suelos que varían entre orgánico limoso, color negruzco, arcilla delgada arenosa con grava húmedo de mediana consistencia con 18.6% de gravas. Además el suelo tiene, en general, una pendiente alta y presencia de napa freática superficial. Se calculó una muestra representativa según la fórmula de estadística se halló 48 viviendas los que fueron encuestados.

5.2 Adaptación del método de Índice de Vulnerabilidad

El método del índice de vulnerabilidad plantea tal y conforme se detalla, once parámetros para evaluar la calidad estructural de las edificaciones del Urbanización Bella Vista. Con el objetivo de establecer si éstos 11 parámetros eran suficientes para realizar dicha evaluación de las viviendas autoconstruidas, se comparó con lo que propone el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se pudo observar que casi en su totalidad, el método del Índice de Vulnerabilidad cumple con las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Cuadro 5.1.- Comparación entre el Reglamento Nacional de Edificaciones y los parámetros propuestos por el método del Índice de Vulnerabilidad italiano.

| COMPONENTE PROPUESTO POR EL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES | PARÁMETRO ANÁLOGO DEL IV |
|---|-----------------------------------|
| Aspectos Geométricos: | |
| - Irregularidad en planta de edificaciones. | 6.- Configuración en planta. |
| - Densidad de muros. | 8.- Distancia máxima entre muros. |
| - Distancia entre columnas. | 8.- Dist. Máxima entre columnas. |
| - Irregularidad en altura. | 7.- Configuración en elevación. |



| | |
|--|--|
| Aspectos constructivos: | |
| - Calidad de las juntas del mortero. | 2.- Calidad del sistema resistente. |
| - Tipo y disposición de las unidades de mampostería. | 2.- Calidad del sistema resistente. |
| - Calidad de los materiales. | 2.- Calidad del sistema resistente. |
| Aspectos estructurales: | 1.- Org. Del sistema resistente. |
| - Muros confinados y reforzados. | |
| - Entrepiso. | 5.- Diafragma horizontal. |
| - Vigas de amarre. | 9.- Tipo de cubierta. |
| - Amarre de cubiertas. | 9.- Tipo de cubierta. |
| Cimentación: | 4.- Posición de edificio y cimentación |
| Suelos: | 3.- Resistencia Convencional |

Fuente: (Marin, 2012)

En el presente estudio no se adicionó ningún parámetro nuevo al método original del Índice de Vulnerabilidad. En el (Cuadro 5.2), se presentan todos los parámetros que se tuvieron en cuenta.

Cuadro 5.2.- Parámetros utilizados para evaluar la calidad estructural de las edificaciones de albañilería y concreto armado.

| Parámetros: |
|---|
| 1.- Tipo y organización del sistema resistente. |
| 2.- Calidad del sistema resistente. |
| 3.- Resistencia convencional. |
| 4.- Posición del edificio y cimentación. |
| 5.- Diafragma horizontal. |
| 6.- Configuración en planta. |
| 7.- Configuración en elevación. |
| 8.- Distancia máxima entre muros / columnas. |
| 9.- Tipo de cubierta. |
| 10.- Elementos no estructurales. |
| 11.- Estado de conservación. |



5.3 Cálculo del Índice de Vulnerabilidad

Se calcularon los índices de vulnerabilidad para las viviendas de la Urbanización Bella Vista de Abancay. Este cálculo se realiza con las ecuaciones de albañilería confinada conforme a los parámetros descritos anteriormente e implementados en el entorno Excel; en este proceso se encuentran los 11 parámetros del índice de vulnerabilidad y el valor correspondiente al índice de daño para las diferentes intensidades.

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad se utilizaron las siguientes expresiones:

- Ecuación 4.1 y el (Cuadro 4.5) utilizada para edificaciones de mampostería (Albañilería):

$$I_v = N \sum_{i=1}^{11} K_i W_i$$

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi |
|---|----------|----|----|----|---------|
| | A | B | C | D | |
| 1. Organización del sistema resistente. | 0 | 5 | 20 | 45 | 1.00 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.50 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | 0 | 5 | 15 | 45 | 1.00 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.50 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.00 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | 0 | 5 | 25 | 45 | 0.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | 15 | 25 | 45 | 1.00 |
| 10. Elementos no estructurales. | 0 | 0 | 25 | 45 | 0.25 |
| 11. Estado de conservación. | 0 | 5 | 25 | 45 | 1.00 |



A continuación, se detalla los resultados obtenidos calificando la clase a la cual pertenecen las edificaciones en cada uno de los 11 parámetros, de acuerdo a la base de datos procesada en el área de estudio.

5.3.1 Descripción de parámetros, clases A, B, C y D que representan la condición de calidad y resultados de evaluación en campo

Para asignar las clases A, B, C, D a cada uno de los parámetros de la metodología, se tuvo en cuenta lo expuesto en la metodología original, las recomendaciones presentadas en el R.N.E., estudios anteriores y visitas de campo.

Para obtener los índices de vulnerabilidad de cada una de las viviendas de la Urbanización Bella Vista de Abancay, se realizaron visitas de campo periódicas a la zona en estudio; de esta forma se pudo analizar cada parámetro de la metodología del índice de vulnerabilidad, para luego asignar las correspondientes calificaciones, obteniendo mediante la aplicación de la fórmula que caracteriza al método, el respectivo índice de vulnerabilidad para cada vivienda. Se estudiaron un total de 48 viviendas de albañilería confinada de la Urbanización Bella Vista.

Las calificaciones de cada uno de los 11 parámetros de cada tipología estructural se sintetizan en fichas de evaluación para cada caso (ver anexo “C”). Con estas fichas se procedió a realizar la visita técnica a las edificaciones tratando de ingresar a la mayoría de ellas, para de esta manera poder evaluar cada parámetro correspondiente y determinar el índice de vulnerabilidad (Iv). Los resultados se muestran en los mapas de vulnerabilidad que se presentan en el anexo “F”.

En las edificaciones en las cuales no se pudo ingresar, se trató de registrar la mayor cantidad de datos posibles como tipología estructural, configuraciones en planta y elevación, diafragmas horizontales, elementos no estructurales, estado de



conservación, etc., para luego, de acuerdo a la similitud con otras edificaciones, en las cuales se tiene la ficha de evaluación completa, evaluar el índice de vulnerabilidad.

Parámetro 1.- Tipo y organización del sistema resistente.

Para las edificaciones de albañilería, se evalúa el grado de organización de los elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar el comportamiento en "cajón" de la estructura. Además se hace un especial énfasis en el uso de la norma de diseño sismorresistente para la construcción de la edificación, así como la intervención de un profesional con experiencia.

- A: Edificación de albañilería que cumplan con la norma E-070.
- B: Edificación que no cumple con al menos un requisito de la norma E – 070.
- C: Edificación que presenta vigas y columnas que confinan solo parcialmente los muros portantes debido a deficiencias en el proceso constructivo.
- D: Edificación sin vigas y columnas de confinamiento o autoconstrucción sin ningún tipo de orientación técnica. Paredes ortogonales deficientemente conectadas.

Resultados de Campo:

Cuadro 5.3: Resultados del parámetro 1

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|----------|------|
| | Nº | % |
| A | 0 | 0% |
| B | 5 | 10% |
| C | 33 | 69% |
| D | 10 | 21% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: propia

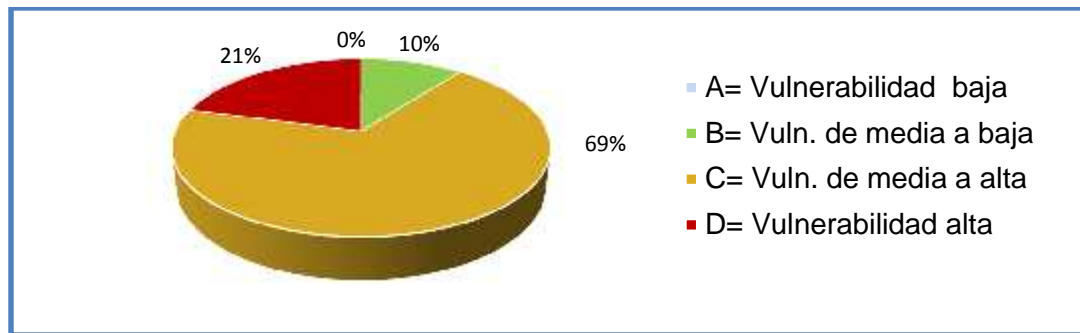


Figura 5.1: Resultados del parámetro 1

Fuente: Propia

La asignación de las clases A, B, C y D en este parámetro se realiza en función al cumplimiento de la norma E-070, la visualización de los elementos resistentes, así como su proceso constructivo; gran parte de las edificaciones de la Urbanización Bella Vista de Abancay fueron construidas sin tomar en cuenta criterios técnicos; como consecuencia de ello se presentan los resultados, como se observa en el (Cuadro 5.3).

En las edificaciones se asigna la clase “C” edificación que presenta vigas y columnas que confinan solo parcialmente los muros portantes debido a deficiencias en el proceso constructivo y la clase “D” Edificación sin vigas y columnas de confinamiento o autoconstrucción sin ningún tipo de orientación técnica, paredes ortogonales deficientemente conectadas.



Figura 5.2: Muros portante sin confinamiento con las vigas y columnas, se observa también que no existe continuidad en el sistema resistente.



Figura 5.3: Se modificó el muro portante para cambio de uso.



Figura 5.4: No existe continuidad en los sistemas resistentes, a causas: del empuje activo del suelo, vivienda sin muro de contención.

Parámetro 2.- Calidad del sistema resistente

Para las edificaciones de albañilería con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando de modo cualitativo su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento en "cajón" de la estructura. La atribución de una edificación a una de las cuatro clases se efectúa en función de dos factores: Primero, el tipo de material y la forma de los



elementos que constituyen la mampostería. Segundo, la homogeneidad del material y de las piezas (bloques, ladrillos de arcilla o mortero – cemento, ya sean pre fabricados, cocidos o con un leve refuerzo) por toda el área del muro (Alba & Hurtado , 2008, pág. 156).

A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:

- Ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes en toda el área del muro.
- Adecuado trabazón (amarre) entre las unidades de albañilería.
- Mortero de buena calidad con espesor entre 10 y 15 mm.

B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.

C: El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.

D: El sistema resistente no presenta ninguna de las características de la clase A.

Resultados de Campo:

Cuadro 5.4.- Resultados del parámetro 2.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|----------|------|
| | Nº | % |
| A | 0 | 0% |
| B | 6 | 13% |
| C | 38 | 79% |
| D | 4 | 8% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: propia

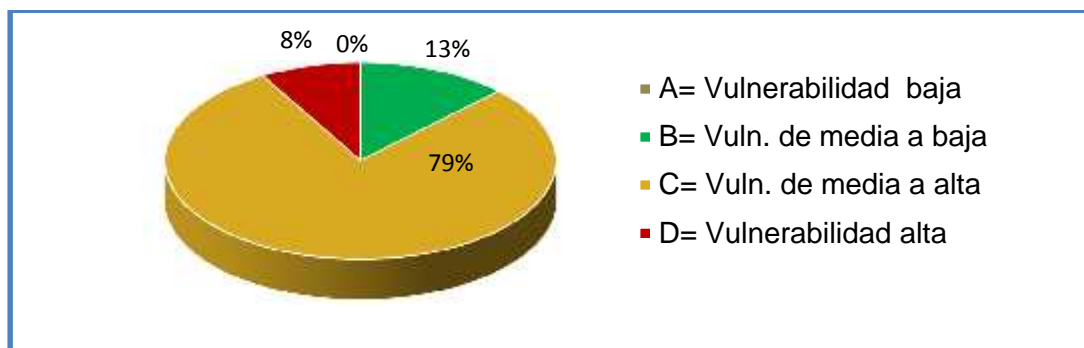


Figura 5.5: Resultados del parámetro 2

Fuente: propia



Apurímac es considerado como uno de los departamentos más pobres del Perú, con una situación económica escasa, debido a esto muchas personas no tienen la posibilidad de contratar profesionales indicados y recurren a autoconstrucción, agravándose este problema porque con frecuencia se utiliza materiales de baja calidad.

Tenemos como ejemplo el uso constante de los bloques de concreto, los que generalmente no cumplen con los requisitos mínimos para ser usados en la construcción. Esto puede constatarse por el gran porcentaje de las clases C y D, bloques de concreto de mala calidad sin piezas homogéneas y de dimensiones no constantes, sin ningún adecuado trabazón (amarre) entre las unidades de albañilería y mortero de mala calidad con espesor mayores a 1.5cm.



Figura 5.6: Asentado de muro sin la cantidad necesaria de mortero.



Figura 5.7: Muro portante deteriorado.

Parámetro 3.- Resistencia convencional

Por la importancia que tienen los muros ubicados en el perímetro del edificio (son los que aportan la mayor rigidez torsional), todo aquel que absorba más del 10% del cortante basal sísmico, estos deberán ser reforzados. Al respecto la norma E-070 especifica que como mínimo un 70 % de los muros que conforman el edificio (en cada dirección) deben ser reforzados o confinados y se debe contabilizar solo los muros mayores a 1.2m de longitud.

El peso promedio de la planta es 0.8 ton/m² (reduciendo la sobrecarga “s/c” al 25%), se recomienda que la densidad mínima de los muros reforzados en cada dirección del edificio sea:

$$\frac{A_m}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56} \quad (5.1)$$

Dónde:

La relación A_m/A_p : Densidad de muro existente

La relación $ZUSN/56$: Densidad de muro requerido.



Con la hipótesis de un perfecto comportamiento en "cajón" de la estructura, la evaluación de la resistencia de un edificio de mampostería puede ser calculada con razonable confiabilidad. El procedimiento utilizado requiere del levantamiento de los datos:

N: número de pisos.

At = Área total construida en planta (m²)

Ax,y : Área total de los muros resistentes en el sentido X e Y respectivamente en (m²).

k: resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en (Ton/m²). En el caso de que la mampostería se componga de diferentes materiales, el valor de k se determina como un promedio ponderado de los valores de resistencia a cortante para cada uno de los materiales τ_i , utilizando como factor de peso el porcentaje relativo en área A_i de cada uno de ellos.

$$\tau_k = N \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i} \quad (5.2)$$

El coeficiente sísmico C, se define como el factor entre la fuerza horizontal resistente al pie del edificio dividido entre el peso del mismo y está dado por la expresión:

$$C = N \frac{a_0 \tau_k}{q N} \sqrt{1 < \frac{q N}{1.5 a_0 \tau_k (1 < \gamma)}} \quad (5.3)$$

donde:

$$A = \min (A_x, A_y) \quad (5.4)$$

$$B = \max (A_x, A_y) \quad (5.5)$$

$$a_0 = A / A_t \quad (5.6)$$

$$\gamma = N \frac{A}{B} \quad (5.7)$$



$$q N \frac{(A < B)h}{A_t} \leq P_m < P_s \quad (5.8)$$

h = altura promedio de entresijos (m)

P_m = peso específico de la mampostería (ton/m³)

P_s = peso por unidad de área del diafragma (ton/m²)

C₁ = coeficiente sísmico

$$r_m = \frac{C}{C_1}$$

A) Edificio con $r_m \geq 1$.

B) Edificio con $0.6 \leq r_m < 1$.

C) Edificio con $0.4 \leq r_m < 0.6$.

D) Edificio con $r_m < 0.4$.

Resultados de Campo:

Cuadro 5.5.- Resultados del parámetro 3.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|----------|------|
| | Nº | % |
| A | 12 | 25% |
| B | 31 | 65% |
| C | 3 | 6% |
| D | 2 | 4% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

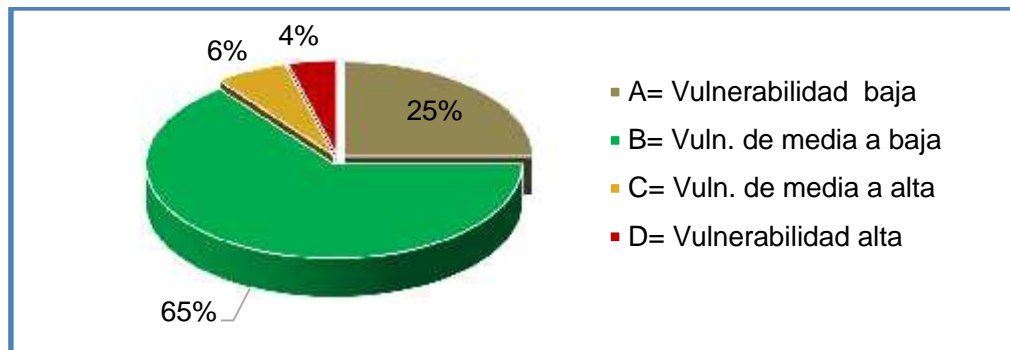


Figura 5.8: Resultados del parámetro 3

En este parámetro se asignaron las clases en función al nivel de resistencia de una edificación y a la probable fuerza a la que está sometida la misma.

Del (cuadro 5.5), más del 50% de las edificaciones fueron asignadas a la clase B, ya que estas edificaciones tienen una densidad de muros en una dirección (la más corta) la cual es insuficiente ya que por su gran peso la fuerza sísmica también será considerable y los sistemas resistentes no será capaz de resistir tales fuerzas y la presencia de instalaciones sanitarias no contempladas normalmente en el diseño estructural (en el caso de que exista), disminuye considerablemente la resistencia.



Figura 5.9: No existe continuidad de muros de entrepisos.



Figura 5.10: Edificación con instalaciones sanitarias que cruzan elementos estructurales.

Parámetro 4.- Posición del edificio y cimentación.

Con este parámetro se evalúa hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como: la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota, la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén, presencia de humedad, sales, etc.

- **Terrenos inclinados:** Se genera una fuerza horizontal que dificulta la transferencia de la fuerza sísmica, cuando la pendiente del terreno presenta una diferencia en el nivel de la cimentación entre los costados de la edificación y cuando la superficie del terreno es totalmente plana y no se encuentra sobre algún terraplén o ladera, se dice que esa es la condición más favorable.



- **Capacidad del suelo:** La capacidad del suelo de fundación ante cargas, tiene que ser suficiente, ya que debe ser capaz de soportar la estructura con todas las cargas solicitadas, incluyendo las fuerzas de sismo y teniendo en cuenta el asentamiento que la estructura es capaz de resistir. Se reporta una de las clases
- A: Edificación cimentada sobre suelo rígido y según la norma E – 070, sin presencia de humedad ni sales, con pendiente inferior al 10%, la fundación está a la misma cota. Ausencia de empujes de tierra debido a un terraplén.
- B: Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible según la norma E – 070, sin presencia de humedad y sales, con pendiente entre 10% y 30%, la diferencia de las cotas de fundación no es mayor a 1 metro. Ausencia de empujes de tierra debido a un terraplén.
- C: Edificación cimentada sobre suelo intermedio y flexible según la norma E – 070, con presencia de humedad y sales, con pendiente comprendida entre 10% y 30% o sobre suelo rígido con pendiente comprendida entre 30% y 50%. La diferencia de las cotas de fundación no es mayor a 1 metro. Presencia de empujes de tierra debido a un terraplén.
- D: Edificación cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica. Presencia de sales y humedad, con pendiente mayor al 30% o sobre suelo rígido con pendiente mayor al 50%. La diferencia de las cotas de fundación es mayor a 1 metro. Presencia de empujes de tierra debido a un terraplén.

Resultados de Campo:

Cuadro 5.6.- Resultados del parámetro 4.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|----------|------|
| | Nº | % |
| A | 0 | 0% |
| B | 0 | 0% |
| C | 23 | 48% |
| D | 25 | 52% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

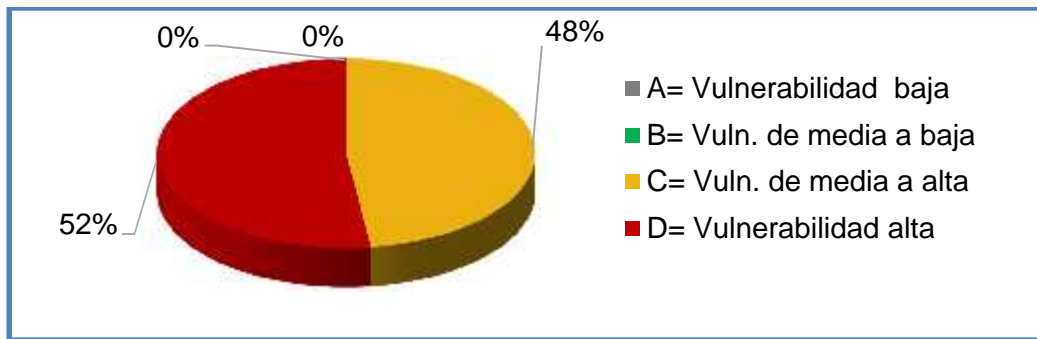


Figura 5.11: Resultados del parámetro 4

La calificación en este parámetro está ligada con dos aspectos, la pendiente cuyo valor en este caso es mayor al 30%, sin embargo el segundo aspecto habla del suelo, y está constituida por formaciones del cuaternario reciente, como los depósitos de aluviales y coluviones que están compuestos principalmente por arenas, gravas, limos y arcillas, también con presencia de nivel freático alto, con lo cual se estaría cumpliendo los requisitos de las clasificaciones (C) y (D).



Figura 5.12: Edificación con presencia de humedad en el sobrecimiento, muros y columnas.



Figura 5.13: Edificación con presencia de empuje de suelo.



Figura 5.14: Edificación ubicada sobre terreno con gran pendiente.

Parámetro 5.- Diafragma horizontal.

La calidad de los diafragmas tanto en edificaciones de albañilería y concreto armado tienen una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Que el diafragma funcione como tal, permitirá que



la fuerza sísmica se distribuya en cada nivel proporcional a los elementos resistentes y que las conexiones entre el diafragma y los elementos verticales, sean adecuadas.

A: Edificaciones con diafragmas que satisfacen las siguientes condiciones:

- Ausencia de planos a desnivel.
- La deformabilidad del diafragma es despreciable. Se considera despreciable la deformación cuando el porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%.
- La conexión entre el diafragma y el muro es eficaz.

B: Edificación que no cumple con una de las condiciones de la clase A.

C: Edificación que no cumple con dos de las condiciones de la clase A.

D: Edificación que no cumple con ninguna de las condiciones de la clase A.

Resultados de Campo:

Cuadro 5.7.- Resultados del parámetro 5.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|-----------|-------------|
| | Nº | % |
| A | 0 | 0% |
| B | 12 | 25% |
| C | 33 | 69% |
| D | 3 | 6% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

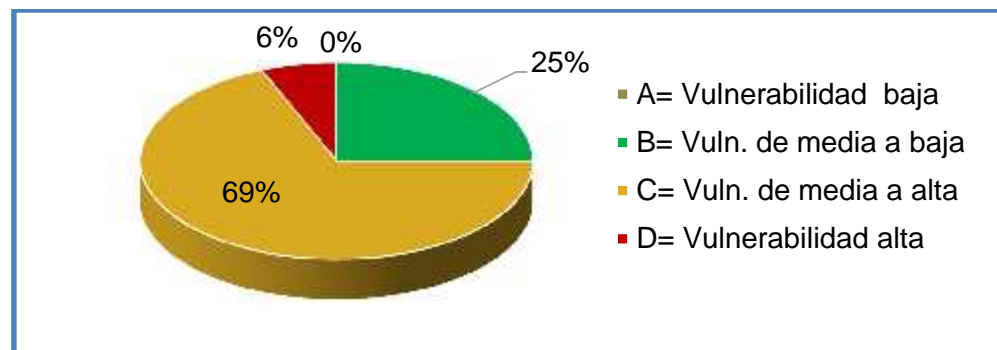


Figura 5.15: Resultados del parámetro 5



Las edificaciones con techo compuesto de vigas de madera son de 6% estas edificaciones son asignadas dentro de la clase “D”, mientras que el 69% son asignadas dentro de la clase “C” que tienen presencia de planos a desnivel y la conexión entre el diafragma y los muros es deficiente.



Figura 5.16: Vivienda con cobertura liviana y vigas de madera.



Figura 5.17: Edificación con diafragma rígido y cobertura liviana.



Parámetro 6.- Configuración en planta

El comportamiento sísmico de un edificio depende en parte de la forma en planta del mismo. En el caso de edificios rectangulares es significativa la razón $\alpha_1 = a/L$ entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las irregularidades del cuerpo principal mediante la relación $\alpha_2 = b/L$. En la (figura 5.18) se explica el significado de los dos valores que se deben reportar, para lo cual se evalúa siempre el caso más desfavorable.

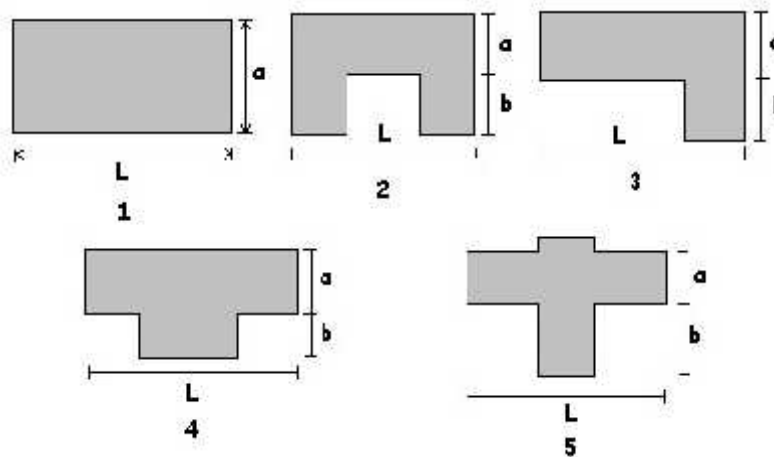


Figura 5.18.- Formas originales en planta consideradas en la metodología del índice de vulnerabilidad.

El método evalúa la condición de simetría en planta de los edificios, proponiendo los valores más altos del parámetro cuando las dimensiones en planta se asemejan a secciones cuadradas, sin protuberancias adicionales y castigando las secciones excesivamente alargadas o con protuberancias demasiado grandes, las cuales pueden provocar problemas de torsión en planta y concentraciones de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más alejados de los centros de gravedad y de rigidez.

- A. Edificio con $0.8 \leq \alpha_1 \leq 1$ ó $0.1 \leq \alpha_2 \leq 0.2$
- B. Edificio con $0.6 \leq \alpha_1 < 0.8$ ó $0.1 < \alpha_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con $0.4 \leq \alpha_1 < 0.6$ ó $0.2 < \alpha_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $\alpha_1 < 0.4$ ó $\alpha_2 < 0.3$



Resultados de Campo:

Cuadro 5.8.- Resultados del parámetro 6.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|-----------|-------------|
| | Nº | % |
| A | 7 | 15% |
| B | 22 | 46% |
| C | 16 | 33% |
| D | 3 | 6% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

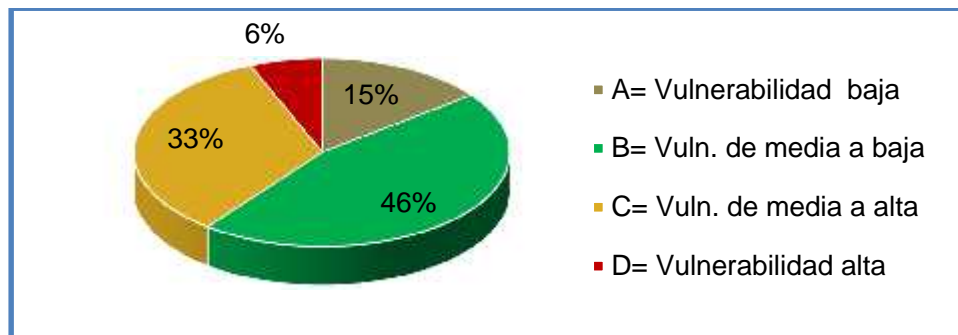


Figura 5.19.- Resultados del parámetro 6.

Se observa que el 46% de edificaciones presentan una aceptable simetría en planta y 33% presentan ductos de dimensiones considerables o irregularidades en planta.

Parámetro 7.- Configuración en elevación.

En el caso de edificaciones de albañilería y concreto armado, se reporta la variación de masa en porcentaje $\dot{E} \frac{\Delta M}{M}$ entre dos pisos sucesivos, siendo M la masa del piso más bajo y utilizando el signo (+) si se trata de aumento o el (-) si se trata de disminución de masa hacia lo alto del edificio. La anterior relación puede ser sustituida por la variación de áreas respectivas $\dot{E} \frac{\Delta A}{A}$, evaluando en cualquiera de los dos casos el más desfavorable.



A: Edificio con: $\dot{E} \frac{\Delta A}{A} \leq 10\%$

B: Edificio con: $10\% < \dot{E} \frac{\Delta A}{A} \leq 20\%$.

C: Edificio con: $20\% < \dot{E} \frac{\Delta A}{A} < 50\%$. Presenta discontinuidad en los sistemas resistentes.

D: Edificio con: $\dot{E} \frac{\Delta A}{A} \geq 50\%$. Presenta irregularidades de piso blando.

Resultados de Campo:

Cuadro 5.9.- Resultados del parámetro 7.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|----------|------|
| | Nº | % |
| A | 9 | 19% |
| B | 15 | 31% |
| C | 21 | 44% |
| D | 3 | 6% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

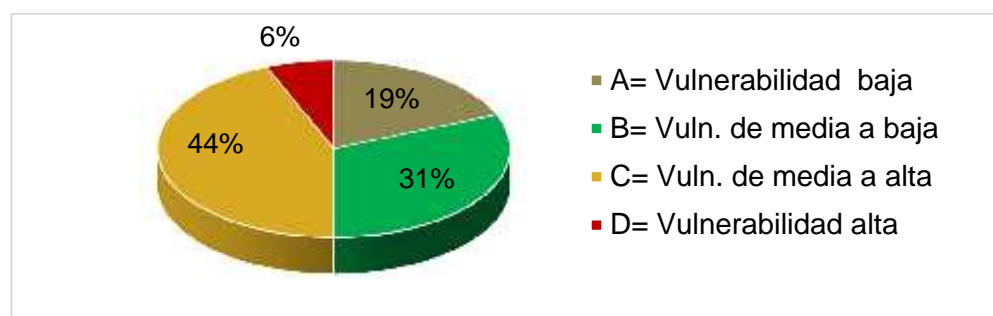


Figura 5.20.- Resultados del parámetro 7.

La inadecuada configuración en elevación conlleva a problemas como son el de piso blando, el cual se produce cuando se presenta un cambio muy brusco de rigidez entre pisos consecutivos.

En 44% de edificaciones se observó que presentan irregularidad en altura, por lo tanto, poseen variación de masas y áreas.



Figura 5.21: Edificación sin una adecuada distribución de masas.

Parámetro 8.- Distancia máxima entre muros o columnas.

Para el caso de edificaciones albañilería, con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros intersectados por muros transversales ubicados a distancias excesivas entre ellos. Se reporta el factor L/S , donde “L” es el espaciamiento de los muros transversales y “S” el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable. Este parámetro indica que al aumentar el espaciamiento máximo, producto de la eliminación de muros internos secundarios, se altera la vulnerabilidad sísmica del edificio. Este es un típico efecto de las ampliaciones y remodelaciones arquitectónicas que se realizan en las construcciones existentes, generalmente como consecuencia del cambio de uso de ciertos pisos en las edificaciones. Debido a que no se cuenta con la información suficiente para calcular este parámetro, se recurre a datos



estadísticos obtenidos, en donde se utiliza una relación entre el área construida en planta y el factor L/S .

Para el caso de edificios de Concreto Armado, la máxima distancia entre columnas se tendrá en cuenta determinando la presencia de asesoría técnica y el año de construcción. En base a estos postulados se calificará dicho parámetro.

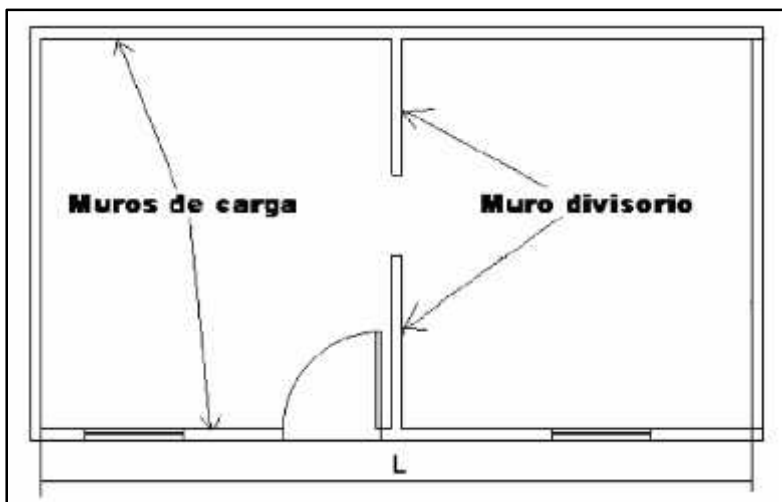


Figura 5.22.- Configuración de los muros en planta y su respectiva separación
Fuente: (Navia, 2007)

- A: Edificio con $L/S < 15$
- B: Edificio con $15 \leq L/S < 18$
- C: Edificio con $18 \leq L/S < 25$
- D: Edificio con $L/S \geq 25$

Resultados de Campo:

Cuadro 5.10.- Resultados del parámetro 8.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|-----------|-------------|
| | Nº | % |
| A | 1 | 2% |
| B | 1 | 2% |
| C | 13 | 27% |
| D | 33 | 69% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

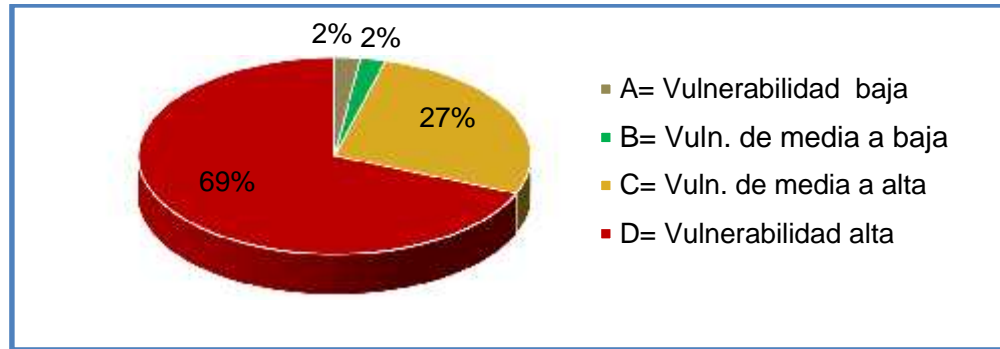


Figura 5.23.- Resultados del parámetro 8.

La calificación se realizó en base a que los elementos resistentes no pueden estar muy distanciados, evaluándose la distancia máxima entre muros transversales.



Figura 5.24: Edificación con excesiva separación de muros.

Parámetro 9.- Tipo de cubierta.

Para las edificaciones de albañilería y concreto armado se tiene en cuenta la capacidad de la cubierta para resistir fuerzas sísmicas.

- A: Cubierta estable debidamente amarrada a los muros con conexiones adecuadas y de material liviano. Edificación con cubierta plana.
- B: Cubierta inestable con material liviano y en buenas condiciones.
- C: Cubierta inestable de material liviano en malas condiciones.
- D: Cubierta inestable en malas condiciones y con desnivel.



Resultados de Campo:

Cuadro 5.11.- Resultados del parámetro 9.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|-----------|-------------|
| | Nº | % |
| A | 14 | 29% |
| B | 14 | 29% |
| C | 16 | 33% |
| D | 4 | 9% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

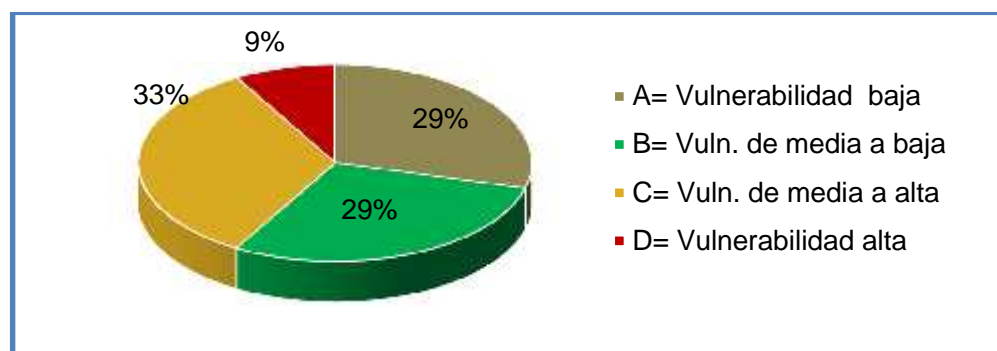


Figura 5.25.- Resultados del parámetro 9.

En este parámetro se clasificaron los diferentes tipos de cubierta encontrados según la capacidad que tengan para resistir la fuerza sísmica. Cuando éstas cubiertas no son lo suficientemente estables ante acciones sísmicas, fallarán, y los muros sobre los que se apoya actuarán en voladizo, siendo vulnerables ante acciones perpendiculares a su plano.

Las edificaciones existentes en la zona de estudio presentan cubiertas inestables de material liviano en malas condiciones; siendo estos calificados con las clases “C” (33%) y “D” (9%), pues la falta de una longitud de apoyo adecuado de los elementos principales de la cubierta, facilita que se presente la pérdida del apoyo y el consecuente colapso de la estructura por los desplazamientos inducidos en los muros portantes. Cuando la cubierta está compuesta por una losa aligerada, según sus características se calificaron con “A” y “B”, ya que el vaceado de la misma es monolítico con la viga.



Figura 5.26: Edificación con cubierta inestable de material liviano.



Figura 5.27: loza aligerada sin viga de borde y muro sin arriostrar.

Parámetro 10.- Elementos no estructurales.

Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de cornisas, parapetos o cualquier otro elemento no estructural que pueden provocar víctimas y daños materiales debido a su caída o volcamiento. Se trata de un parámetro secundario para fines de evaluación de la vulnerabilidad, por lo cual no se hace ninguna distinción entre las dos primeras clases, tanto para albañilería como para concreto armado.



- A: Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.
- B: Edificación con balcones y parapetos bien conectadas al sistema resistente.
- C: Edificaciones con balcones y parapetos mal conectadas al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.
- D: Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificio con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectada a ésta de modo deficiente y en mal estado.

Resultados de Campo:

Cuadro 5.12.- Resultados del parámetro 10.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|-----------|-------------|
| | Nº | % |
| A | | 0% |
| B | 2 | 4% |
| C | 37 | 77% |
| D | 9 | 19% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

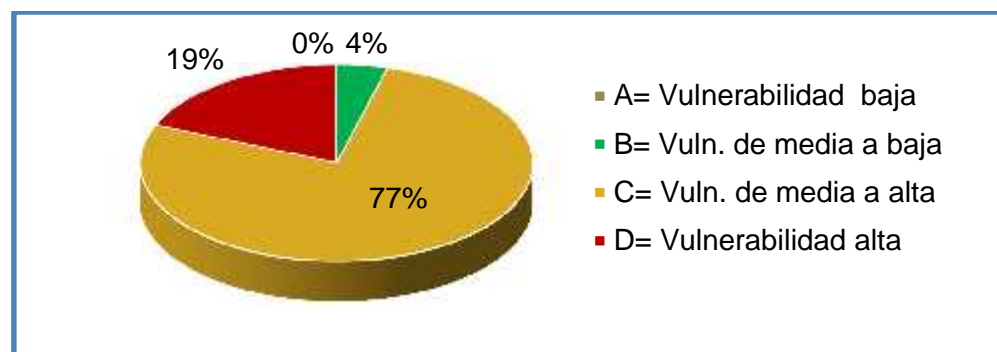


Figura 5.28.- Resultados del parámetro 10.

Este parámetro considera elementos que no forman parte de la estructura y cuyo desplome en el caso de un sismo representan un peligro.



El 77% de las edificaciones presentan elementos no estructurales que no se encuentran correctamente conectados a la estructura, tales como parapetos en los pisos superiores de las mismas y el 19% presentan avisos publicitarios y techos de acero mal conectados, los cuales no están adecuadamente fijados, pudiendo estos desprenderse ante un evento sísmico.



Figura 5.29: Techo de acero colocado en la azotea de la edificación.



Figura 5.30: Edificación de albañilería con parapetos no confinados.



Figura 5.31: Colocado de alero provisional en la fachada de la edificación (izq), colocado de escalera y techo metálico colocado sin apoyo en la estructura.

Parámetro 11.- Estado de conservación.

En este parámetro, se califica de manera visual la presencia de desperfectos internos de la estructura, así como posibles irregularidades debido a fallas en el proceso constructivo, así como también la antigüedad de las edificaciones, ya que estos pueden arriesgar la capacidad del sistema resistente vertical y lateral. Los tipos más comunes de deterioros que se encuentran, son los causados por el agua, el viento, el sol, los elementos vegetales, el suelo y los desastres naturales, el detalle para cada tipología se presenta a continuación:

- A: Muros en buena condición, sin fisuras visibles.
- B: Muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, menores a 2 milímetros.
- C: Edificación que no presenta fisuras, pero en mal estado de conservación; o muros con fisuras de tamaño medio de 2 a 3 milímetros.
- D: Muros con fuerte deterioro en sus componentes.



Resultados de Campo:

Cuadro 5.13.- Resultados del parámetro 11.

| CLASES | VIVIENDA | |
|--------------|-----------|-------------|
| | Nº | % |
| A | | 0% |
| B | 15 | 31% |
| C | 29 | 60% |
| D | 4 | 8% |
| TOTAL | 48 | 100% |

Fuente: Propia

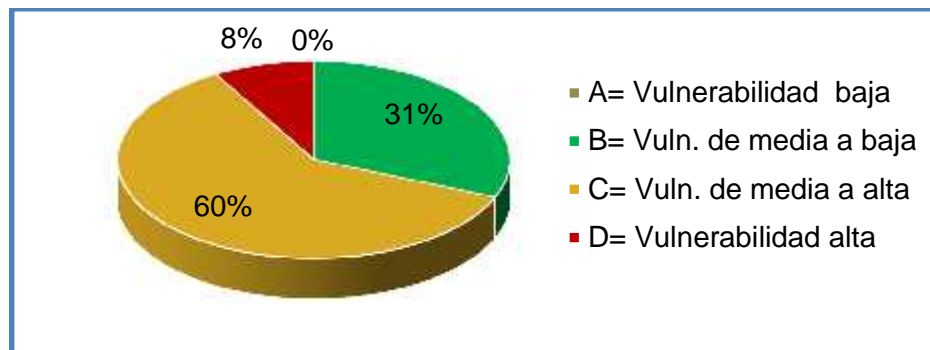


Figura 5.32.- Resultados del parámetro 11.

El 31%, 60% y 8% de las edificaciones existentes en la zona de estudio se encuentran con muros en buena condición, pero con pequeñas fisuras, en mal estado de conservación y muros con fuerte deterioro en sus componentes, siendo estos calificados con las clases “B”, “C” y “D” respectivamente, pues la falta de un adecuado mantenimiento facilita que se presente el deterioro en dichas edificaciones.



Figura 5.33: muro y columnas en estado deteriorado y construcción provisional en condiciones inhabitables.



Figura 5.34: Edificaciones con Fisuras mayores a 3mm.



5.3.2 Resultados del índice de vulnerabilidad

Una vez evaluado el índice de vulnerabilidad (I_v) para cada edificación, el cual varía de 0 a 382,5, según la metodología propuesta, se procede a normalizar el índice de vulnerabilidad (I_{vn}), en un rango de 0 a 100%. Para poder interpretar mejor los resultados obtenidos se definieron los rangos de vulnerabilidad (Cuadro 5.15). Los rangos de vulnerabilidad se tomaron como referencia de (Marin, 2012), los cuales pueden variar dependiendo del detalle que se pretende en el estudio.

Cuadro 5.14.- Rangos de índices de vulnerabilidad normalizado.

| VULNERABILIDAD | RANGOS I_v | PORCENTAJES % | |
|----------------------|--------------|---------------|-----|
| Vulnerabilidad Baja | 0-76.50 | 0 | 20 |
| Vulnerabilidad Media | 76.50-153 | 20 | 40 |
| Vulnerabilidad Alta | 153-382.5 | 40 | 100 |

Fuente: (Marin, 2012)

Los resultados en detalle de la vulnerabilidad de la totalidad de las edificaciones de la zona de estudio se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 5.15.- Resultados del Índice de vulnerabilidad normalizado de las edificaciones de la zona de estudio.

| NIVELES DE VULNERABILIDAD | INDICE DE VULNERABILIDAD(%) | Nº DE VIVIENDAS | PORCENTAJE |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|
| Vulnerabilidad Baja | 0-20 | 1 | 2% |
| Vulnerabilidad Media | 20-40 | 22 | 46% |
| Vulnerabilidad Alta | 40-100 | 25 | 52% |
| TOTAL | | 48 | 100% |

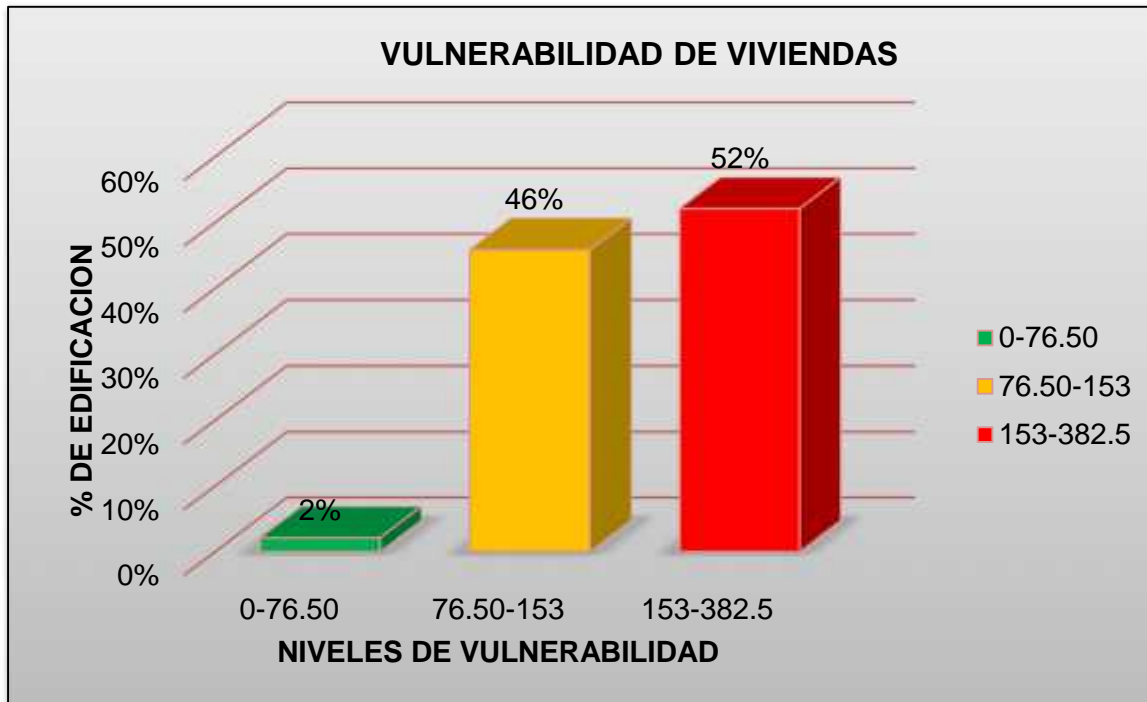


Figura 5.35: Porcentaje de edificaciones según índice de vulnerabilidad.

Interpretación:

Vulnerabilidad Baja

Son aquellas edificaciones donde se espera que puedan ocurrir daños moderados o leves, el sistema estructural de la vivienda conserva gran parte de su resistencia, está en buenas condiciones y puede seguir siendo utilizado sin mayor temor a peligro. El 2% de viviendas de la Urbanización Bella Vista, presentan este nivel de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad Media

Son edificaciones donde pueden ocurrir daños importantes, que aunque no colapsen las estructuras, es peligrosa su utilización a menos que sean rehabilitadas, porque pueden producir accidentes debido a caídas de bloques de albañilería o de concreto y de cubiertas o techos. El 46% de viviendas de la Urbanización Bella Vista, presentan este nivel de vulnerabilidad.



Vulnerabilidad Alta

Son edificaciones con mayor probabilidad de falla total o que presentan daños muy severos en su estructuración, y requieren grandes reparaciones o necesita la demolición, pues presentan más de 70 % de daños en total, además de ocasionar heridos graves y peligro de muerte a sus ocupantes. En la mayoría de los casos el costo de reparación puede ser igual al costo del edificio. El 52% de viviendas de la Urbanización Bella Vista, presenta este nivel de vulnerabilidad.

5.3.3 Cálculo del índice de daño

Para estimar el daño estructural se calibró funciones de vulnerabilidad para las viviendas existentes en la zona de estudio, que relacionan el índice de vulnerabilidad (Iv) con el índice de daño, condicionado por intensidades y las aceleraciones horizontales máximas del suelo debido a los sismos influyentes en el diseño de edificaciones, para periodos de retorno relacionados con la vida útil de la estructura.

Cuadro 5.16.- Sismos recomendados

| Sismo | Vida útil | Probabilidad de excedencia | Periodo de retorno |
|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|
| Frecuente | 30 años | 50% | 45 años |
| Ocasional | 50 años | 50% | 75 años |
| Raro | 50 años | 10% | 475 años |
| Muy raro | 100 años | 10% | 950 años |

Fuente: Comité VISION 2000 (1995)

Así mismo el ATC-40 (1996), propone tres niveles de amenaza correspondiente a movimientos sísmicos, los cuales se muestran en el (Cuadro 5.17); siendo SD el sismo de diseño, al cual le corresponde una aceleración esperada que usualmente se propone en los códigos para edificaciones convencionales y se espera que ocurra al menos una vez en la vida útil de la edificación.



Cuadro 5.17.- Sismos propuestos

| Sismo | Vida útil | Probabilidad de excedencia | Periodo de retorno | Aceleración esperada | Probabilidad de ocurrencia |
|----------|-----------|----------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| Servicio | 50 años | 50% | 75 años | (0.5) SD | Frecuente |
| Diseño | 50 años | 10% | 475 años | SD | Raro |
| Máximo | 50 años | 5% | 950 años | (1.25-1.5)SD | Muy raro |

Fuente: ATC-40 (1996)

Para la elaboración de los niveles de daño (Cuadro 5.18) que pueden sufrir diferentes de viviendas después de un terremoto.

Cuadro 5.18.- Niveles de daño propuesto en el presente estudio.

| Nivel de daño | Rango de daño (%) | Definición |
|---------------|-------------------|---|
| Ninguno | 0 - 2.5 | El daño en los elementos estructurales es despreciable, con pequeñas grietas en elementos no estructurales. No se requieren costos de reparación, el efecto en el comportamiento de la estructura es despreciable. |
| Ligero | 2.5 – 7.5 | El daño en los elementos no estructurales es generalizado, provocando inclusive desprendimiento de baldosas. Posible presencia de grietas en elementos estructurales como muros de carga, vigas o columnas, cuya reparación requiere la inversión de un pequeño porcentaje de la estructura, el efecto en el comportamiento de la estructura es mínimo. |
| Moderado | 7.5 – 15 | El daño en los elementos no estructurales es muy importante, se incrementa el costo de reparación. El daño en los elementos estructurales puede ser importante, afectando el comportamiento de la estructura en menor medida, sin embargo no corre peligro la estabilidad de la estructura. |
| Considerable | 15 - 30 | El daño en los elementos estructurales es importante, requiriendo grandes reparaciones, aunque no es necesario el desalojo del edificio. El costo de las reparaciones puede ser un porcentaje importante del costo la estructura. |



| | | |
|---------|----------|---|
| Fuerte | 30 - 60 | El daño en los elementos estructurales es muy importante, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura. En la mayoría de los casos el costo de reparación puede ser un porcentaje muy importante del costo la estructura, se requiere el desalojo del edificio por seguridad de las personas. |
| Severo | 60 - 90 | El daño en los elementos estructurales es muy grande, la estabilidad de la estructura es precaria. El costo de reparación es igual o mayor al costo del edificio, se recomienda la demolición. En todo el tiempo se requiere el desalojo del edificio. |
| Colapso | 90 - 100 | Edificación declarada en ruina, colapso total. |

Fuente: Marín Félix 2012

Los resultados que se detallan a continuación corresponden a las edificaciones de la Urbanización Bella Vista, los cuales se obtuvieron en función al (Cuadro 5.18); Se muestran los porcentajes de edificaciones que sufren un cierto nivel de daño dependiendo de la intensidad y aceleración máxima del sismo considerado.

En el Cuadro 5.19 se recogen, para cada Vivienda en la zona de estudio, los valores del índice de daño (D) esperado para un sismo de intensidad VI, VII, VIII y IX, en la escala MSK, representándose, en el (Cuadro 5.20), los correspondientes escenarios de daño y, en la (Figura 5.36), la relación entre el número de viviendas, el índice de daño esperado y las intensidades mencionadas.

Cuadro 5.19.- Índice de vulnerabilidad e Índices de daño esperado por viviendas para un sismo de intensidades VI, VII, VIII y IX.

| Nº DE VIVIENDA | Iv | Iv% | ÍNDICE DE DAÑO-SEGÚN INTENSIDAD | | | |
|----------------|--------|-------|---------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | VI | VII | VIII | IX |
| 1 | 140.00 | 36.60 | 2.52 | 4.14 | 10.75 | 30.11 |
| 2 | 85.00 | 22.22 | 0.36 | 0.68 | 2.57 | 10.07 |
| 3 | 197.50 | 51.63 | 8.35 | 13.48 | 29.11 | 61.54 |
| 4 | 85.00 | 22.22 | 0.36 | 0.68 | 2.57 | 10.07 |
| 5 | 112.50 | 29.41 | 1.12 | 1.90 | 5.73 | 18.82 |
| 6 | 117.50 | 30.72 | 1.32 | 2.22 | 6.50 | 20.68 |
| 7 | 132.50 | 34.64 | 2.06 | 3.41 | 9.17 | 26.78 |
| 8 | 152.50 | 39.87 | 3.42 | 5.58 | 13.76 | 36.06 |
| 9 | 137.50 | 35.95 | 2.36 | 3.88 | 10.21 | 28.98 |



“Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Autoconstruidas de la Urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay Apurímac”



| | | | | | | |
|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 162.50 | 42.48 | 4.27 | 6.94 | 16.53 | 41.17 |
| 11 | 177.50 | 46.41 | 5.80 | 9.40 | 21.35 | 49.44 |
| 12 | 152.50 | 39.87 | 3.42 | 5.58 | 13.76 | 36.06 |
| 13 | 162.50 | 42.48 | 4.27 | 6.94 | 16.53 | 41.17 |
| 14 | 162.50 | 42.48 | 4.27 | 6.94 | 16.53 | 41.17 |
| 15 | 157.50 | 41.18 | 3.83 | 6.24 | 15.11 | 38.57 |
| 16 | 160.00 | 41.83 | 4.05 | 6.58 | 15.81 | 39.86 |
| 17 | 150.00 | 39.22 | 3.22 | 5.27 | 13.12 | 34.83 |
| 18 | 43.75 | 11.44 | 0.00 | 0.08 | 0.39 | 1.89 |
| 19 | 132.50 | 34.64 | 2.06 | 3.41 | 9.17 | 26.78 |
| 20 | 127.50 | 33.33 | 1.79 | 2.97 | 8.21 | 24.67 |
| 21 | 227.50 | 59.48 | 13.43 | 21.62 | 43.94 | 81.92 |
| 22 | 155.00 | 40.52 | 3.62 | 5.90 | 14.42 | 37.31 |
| 23 | 142.50 | 37.25 | 2.68 | 4.40 | 11.31 | 31.26 |
| 24 | 157.50 | 41.18 | 3.83 | 6.24 | 15.11 | 38.57 |
| 25 | 105.00 | 27.45 | 0.86 | 1.48 | 4.71 | 16.18 |
| 26 | 237.50 | 62.09 | 15.49 | 24.93 | 49.82 | 89.30 |
| 27 | 100.00 | 26.14 | 0.71 | 1.24 | 4.09 | 14.52 |
| 28 | 205.00 | 53.59 | 9.48 | 15.28 | 32.44 | 66.38 |
| 29 | 197.50 | 51.63 | 8.35 | 13.48 | 29.11 | 61.54 |
| 30 | 132.50 | 34.64 | 2.06 | 3.41 | 9.17 | 26.78 |
| 31 | 107.50 | 28.10 | 0.94 | 1.61 | 5.03 | 17.03 |
| 32 | 172.50 | 45.10 | 5.26 | 8.52 | 19.66 | 46.61 |
| 33 | 238.75 | 62.42 | 15.76 | 25.37 | 50.59 | 90.24 |
| 34 | 155.00 | 40.52 | 3.62 | 5.90 | 14.42 | 37.31 |
| 35 | 147.50 | 38.56 | 3.03 | 4.97 | 12.50 | 33.62 |
| 36 | 157.50 | 41.18 | 3.83 | 6.24 | 15.11 | 38.57 |
| 37 | 162.50 | 42.48 | 4.27 | 6.94 | 16.53 | 41.17 |
| 38 | 137.50 | 35.95 | 2.36 | 3.88 | 10.21 | 28.98 |
| 39 | 227.50 | 59.48 | 13.43 | 21.62 | 43.94 | 81.92 |
| 40 | 222.50 | 58.17 | 12.47 | 20.09 | 41.19 | 78.34 |
| 41 | 187.50 | 49.02 | 7.00 | 11.32 | 25.03 | 55.34 |
| 42 | 177.50 | 46.41 | 5.80 | 9.40 | 21.35 | 49.44 |
| 43 | 167.50 | 43.79 | 4.75 | 7.71 | 18.05 | 43.85 |
| 44 | 142.50 | 37.25 | 2.68 | 4.40 | 11.31 | 31.26 |
| 45 | 172.50 | 45.10 | 5.26 | 8.52 | 19.66 | 46.61 |
| 46 | 117.50 | 30.72 | 1.32 | 2.22 | 6.50 | 20.68 |
| 47 | 152.50 | 39.87 | 3.42 | 5.58 | 13.76 | 36.06 |
| 48 | 157.50 | 41.18 | 3.83 | 6.24 | 15.11 | 38.57 |

Fuente: Propia



Cuadro 5.20.- Daño obtenido de todas las viviendas evaluadas, considerando cuatro intensidades de sismos.

| NIVEL DE DAÑO | DAÑO(%) | INTENSIDADES | | | | | | | |
|---------------|---------|--------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | | VI | | VII | | VIII | | IX | |
| | | Nº VIVIEN. | % | Nº VIVIEN. | % | Nº VIVIEN. | % | Nº VIVIEN. | % |
| Ninguno | 0-2.5 | 15 | 31% | 9 | 19% | 1 | 2% | 1 | 2% |
| Ligero | 2.5-7.5 | 25 | 52% | 25 | 52% | 8 | 17% | 0 | 0% |
| Moderado | 7.5-15 | 6 | 13% | 8 | 17% | 16 | 33% | 3 | 6% |
| Considerable | 15-30 | 2 | 4% | 6 | 13% | 17 | 35% | 11 | 23% |
| Fuerte | 30-60 | 0 | 0% | 0 | 0% | 6 | 13% | 25 | 52% |
| Severo | 60-90 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% | 7 | 15% |
| Colapso | 90-100 | 0 | 0% | 0 | 0% | 0 | 0% | 1 | 2% |
| TOTAL | | 48 | 100% | 48 | 100% | 48 | 100% | 48 | 100% |

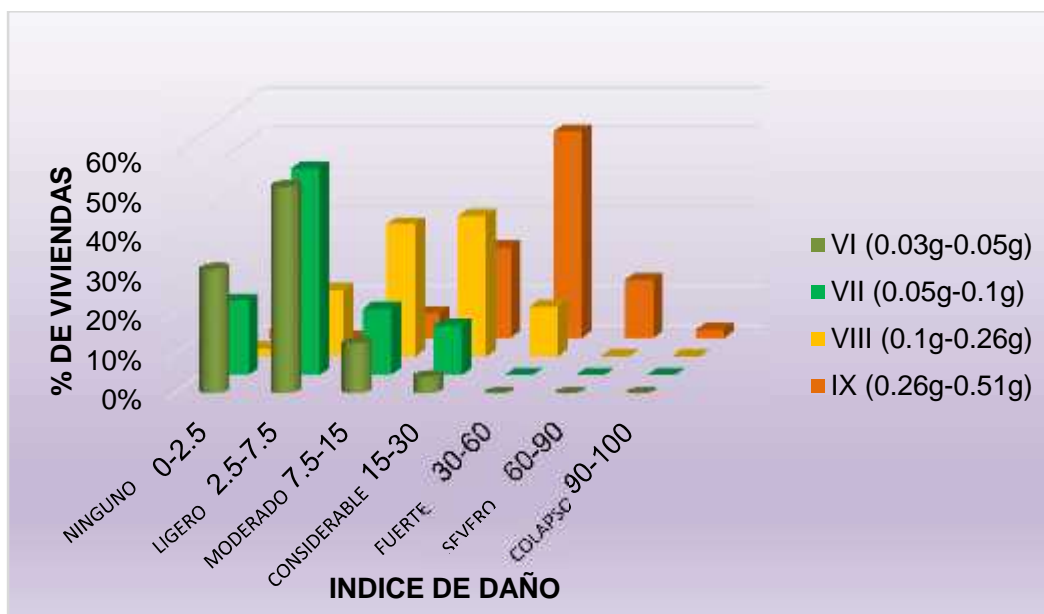


Figura 5.36: Niveles de daño considerando en cuatro intensidades de sismos, de la totalidad de viviendas de la Urbanización Bella Vista-Abancay-Apurímac.

Para las viviendas autoconstruidas según el cuadro 5.20, se observa que considerando el sismo de intensidad VI el nivel de daño predominante es el ligero, para el sismo de intensidad VII los niveles de daño predominantes son el ligero, moderado y considerable, para el sismo de intensidad VIII los niveles de daño son moderado y



considerable y para el sismo de intensidad IX se tiene un nivel de daño predominante severo, con tendencia al daño de colapso.

CAPITULO VI

6 PROBLEMAS EN AUTOCONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS DE LA URBANIZACION BELLA VISTA-ABANCAY

En este capítulo se detallan y se explican los diferentes problemas encontrados respecto a su ubicación que están relacionados al tipo de suelo de cimentación; de estructuración, a la configuración sismorresistente y los procesos constructivos.

6.1 Ubicación de las Viviendas

Generalmente en la autoconstrucción de las viviendas se observa que no se tiene en cuenta las características del suelo. Es decir, si el suelo es resistente, si es estable o inestable, o si existe la posibilidad de deslizamiento o asentamientos en caso de sismos.

A continuación, se verá algunos de estos problemas que afectan a la estructura de la vivienda.

6.1.1 Viviendas sobre rellenos

Los rellenos son depósitos de tierra artificiales, se clasifican en rellenos controlados o de ingeniería y en rellenos no controlados.

Se ha observado que en la zona de estudio los rellenos no controlados son los más comunes, los propietarios de las viviendas nivelan zonas de pendiente con cualquier material, sin una adecuada compactación y ningún criterio técnico (Figura. 6.1). Además, se ha visto que algunas viviendas son construidas sobre desmontes o desechos de otras construcciones. El problema de las viviendas construidas sobre rellenos inadecuados es



que son susceptibles a sufrir asentamientos diferenciales, que producen fisuras en los pisos y grietas en muros y losas (Figura 6.2).



Figura 6.1: Vivienda sobre relleno no controlados



Figura 6.2: Muro agrietado por asentamientos diferenciales



Figura 6.3: Fisura por asentamiento en vivienda sobre suelo arcilla-arenoso

6.1.2 Viviendas en zonas de pendiente pronunciada

Las viviendas están ubicadas en zonas de pendiente, se observa que los muros de las viviendas están enterrados, soportando el empuje lateral del terreno, estos muros no han sido diseñados para actuar bajo este efecto (Figura 6.5). Las zanjas para la



cimentación de sus viviendas dejan al descubierto los cimientos de la vivienda adyacentes (Figura. 6.6).



Figura 6.4: Viviendas en pendiente pronunciada



Figura 6.5: Muro soportando el empuje lateral del terreno sin diseño para actuar bajo este efecto.



Figura 6.6: Corte de terreno para cimientos de una vivienda en pendiente pronunciada.

6.1.3 Viviendas construidas en el cauce del río.

La construcción de viviendas en los cauces de los ríos, están expuestas a inundación y erosión de los cimientos, siendo los resultados de las presiones socioeconómicas que obligan a la población excluida del desarrollo a localizarse en territorios urbanos de alto riesgo.



Figura 6.7: Viviendas en el cauce del río San Luis-Bella Vista



6.2 Estructuración de viviendas

Los problemas estructurales que se analizan tienen relación con la configuración sismorresistente de las viviendas. En las viviendas autoconstruidas solo se construye en base a los requerimientos del poblador y con la ayuda de un albañil o maestro de obra sin ninguna dirección técnica.

Los problemas estructurales han sido clasificados de acuerdo a las siguientes descripciones.

En las viviendas observadas presentan techo aligerado, utilizan coberturas ligeras en azoteas, patios posteriores. El sistema estructural predominante en las viviendas son muros portantes de albañilería, en este tipo de sistema estructural, para tener un buen comportamiento sísmico, es muy importante que la estructura tenga una adecuada densidad de muros

6.2.1 Densidad de muros inadecuada

La densidad de muros es el factor más influyente en el comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada. Los propietarios desconocen de su importancia, consideran que las columnas son suficientes para soportar los sismos. La resistencia sísmica de las viviendas de albañilería confinada está relacionada con la capacidad que tienen sus muros de soportar el cortante sísmico. Esto significa que para que una estructura tenga un buen desempeño ante eventos sísmicos debe tener adecuada densidad de muros en sus 2 direcciones (paralela y perpendicular a la fachada).

El área existente de muros debe ser igual o mayor al área de corte solicitada, que resulta de hacer un análisis sísmico a la vivienda. El hecho de no contar con un área de corte adecuada, en cualquiera de las dos direcciones, ocasionará una falla por corte en



los muros de la vivienda. Es decir, que aparecerán rápidamente grietas diagonales en los muros y se reducirá la capacidad resistente de toda la vivienda. La mano de obra deficiente para el asentado de las unidades de albañilería puede reducir hasta un 40% de la resistencia al corte de los muros.

Las viviendas observadas presentan una baja densidad de muros en el sentido paralelo a la calle (sentido X). Esto es debido a que en esta dirección se coloca pocos muros resistentes e incluso algunos de ellos son de longitud menor a 1 m; no confinados, con asentado tipo sogá y se suele colocar, más bien, tabiques como divisiones de ambientes. En cambio los muros perimétricos en sentido transversal a la calle (sentido Y) son por lo general de la misma longitud que el largo del terreno. Entonces las viviendas tendrán en el sentido transversal a la calle dos muros paralelos bastante largos confinados y de longitud adecuada, de tal manera que en esta dirección generalmente se cumple con los requisitos de área mínima para soportar el cortante sísmico.

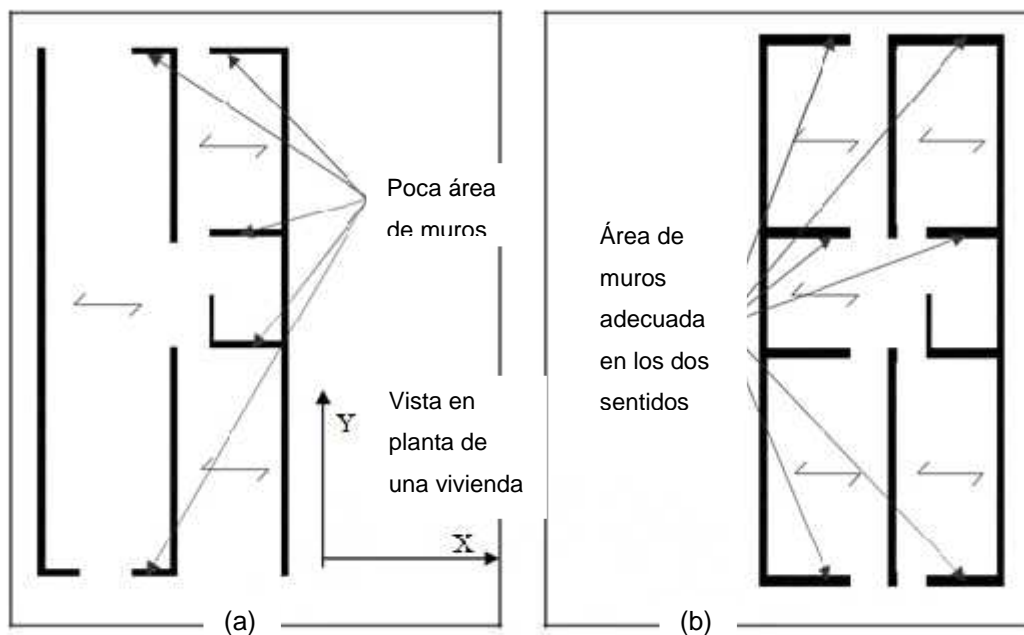


Figura 6.8: (a) Pocos muros en la dirección X; (b) Adecuada cantidad de muros en X y Y

Es importante que una edificación sea simétrica en sus dos sentidos principales y esto no ocurre en la mayoría de viviendas observadas.



6.2.2 Vivienda sin junta sísmica y losa de techo en desnivel

Un problema generalizado en pendientes altas es que las viviendas son construidas sin dejar juntas sísmicas, que son espacios vacíos entre viviendas y que permita el libre movimiento de cada una de ellas.

Se ha observado que las viviendas adyacentes, no tienen junta sísmica, techo en desnivel una con respecto a la otra. Este desnivel ocasionará en ambas viviendas un efecto de golpe o punzonamiento entre la losa de una y el muro de la otra durante un evento sísmico. La ubicación vertical de las losas, en la media altura de la casa de abajo, presenta la posibilidad de un mecanismo frágil de falla por ausencia de juntas de separación sísmica (Figura 6.9).



Figura 6.9. - Viviendas sin junta sísmica y losas de techo en desnivel

6.2.3 Muros sin confinamiento

Los muros que son diseñados para soportar el cortante sísmico deben tener un comportamiento sísmico adecuado y garantizado (columnas y vigas de concreto armado) para evitar su colapso y permitan ductilizar. Los elementos de confinamiento ayudan a controlar las grietas que se pueden producir en los muros. Una relación aproximada para



el confinamiento es tener paños con una longitud igual al doble de la altura como máximo. Esta relación también permite controlar la inestabilidad de muros al volteo producto de cargas perpendiculares a su plano.

Más de la mitad de las viviendas encuestadas en la zona de estudio no tienen muros confinados en sus 4 bordes. Muchos muros solo han sido confinados en tres o en dos bordes.



Figura 6.10. - Muros sin confinamiento

6.2.4 Tabiquería no arriostrada sobre los voladizos

Es común ver en viviendas construidas, que el propietario y albañiles construyen los tabiques y parapetos sin un adecuado criterio de confinamiento. La tabiquería no arriostrada, puede llegar a fallar y colapsar por volteo ante un evento sísmico. Se ve frecuentemente en las fachadas de los pisos superiores ya que el propietario trata de ganar área techada con los voladizos



Figura 6.11: Tabiquería no arriostrada

En algunos casos estos parapetos toman formas arquitectónicas generando zonas de mayor vulnerabilidad al volteo. Mucha de esta tabiquería no arriostrada se encuentra ubicada cerca de zonas de tránsito o hacia sectores no techados o con cobertura ligera.

6.2.5 Torsión en planta

La torsión se origina cuando en cada losa (diafragma rígido) existe gran diferencia entre las coordenadas de ubicación del centro de masa y centro de rigidez (Figura. 6.12). Mientras más lejos se encuentren estos centros, mayor será el incremento de las fuerzas cortantes por sismo.

Este problema se da en las viviendas ubicadas en las esquinas de las manzanas, pues se colocan vanos de ventanas y puertas en los dos frentes produciendo que estos muros pierdan rigidez de los lados colindantes a los otros lotes.

Varias de las viviendas encuestadas podrían sufrir daños por torsión ya que tienen distribución de muros muy asimétrica, no tienen continuidad de elementos estructurales y tienen distribuciones arquitectónicas diferentes en cada piso. Otro detalle que genera torsión se da en las viviendas en esquina, donde los muros hacia las calles tienen



grandes ventanas en comparación con los muros que colindan con las viviendas vecinas que son muros completos.



Figura 6.12: Torsión en planta

6.2.6 Muros portantes y no portantes

Los muros deben tener una adecuada resistencia y no deben fallar de forma frágil, por lo tanto, deben estar constituidos de unidades de albañilería sólidas o macizas mas no del tipo tubular.

Los muros construidos de ladrillo pandereta y bloquetas presentan un tipo de falla frágil y repentina. Es decir, los ladrillos fallan en un lapso de tiempo muy corto entre la aparición de las primeras grietas y el colapso, estos deberían ser usados solo como elementos de tabiquería



Figura 6.13.: Muros de diferente resistencia y muros sin confinar.

En las viviendas observadas se ha notado que varios muros del primer y segundo piso que tiene función estructural han sido construidos con bloquetas de concreto. Los muros que tienen función estructural son aquellos que resisten la fuerza sísmica de la vivienda como conjunto.

6.3 Problemas del proceso constructivo de las viviendas

En las viviendas donde se realizó el estudio es común observar el uso de materiales deficientes como la madera para encofrado. También se observa que personal inexperto (peones) realizan las dosificaciones para el concreto y aumentan agua de acuerdo a la facilidad de su trabajo. Casi siempre el concreto para cimentación y techo es mezclado en tolvas o trompos (mezcladoras), pero el concreto para vigas, columnas, escaleras y falso piso es mezclado a mano (Figura. 6.14:).



Figura 6.14: Concreto para columna preparado In situ.

La falta de conocimientos técnicos y de dirección por parte de los albañiles, maestros de obra o pobladores hace que se cometan errores durante el proceso constructivo de las viviendas. En las viviendas encuestadas la participación de profesionales de ingeniería civil ha sido poca o ninguna. En este caso el responsable de la construcción (maestro de obra o poblador) siempre toma las sugerencias y modificaciones que indica el dueño de la vivienda sin ningún conocimiento técnico. El constructor realiza cambios en la configuración estructural inicial sin saber si ello ocasionará un aumento en la vulnerabilidad sísmica de la vivienda.

A pesar de existir programas de capacitación como los que imparte SENCICO y otros. Se observa una deficiencia de conocimientos técnicos y de dirección en los albañiles, maestros de obra y los mismos pobladores.

6.3.1 Cangrejeras en los elementos de concreto

Las cangrejeras en el concreto se forman por diferentes causas:

- a) En el proceso constructivo se emplean agregados gruesos de tamaño mayor que $3/4''$, generando que éste, quede atrapado entre el refuerzo y el encofrado.



- b) Presenta en las columnas, donde tiene menor recubrimiento y en las uniones entre viga y columna, donde hay mayor concentración de refuerzo.
- c) La cangrejera se presenta con mayor frecuencia si el concreto no es adecuadamente mezclado antes de su preparación.
- d) También al no haber sido vibrado adecuadamente durante el proceso de vaciado.

La segregación (separación del agregado grueso del mortero) es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejas, etc.

En las viviendas autoconstruidas el encofrado que utiliza es inadecuado. La madera muchas veces presenta grietas, rajaduras y no tienen los cantos verticales. Además, los albañiles combinan encofrados de madera con otros elementos como listones, pedazos de ladrillo y papel de la bolsa de cemento (Figura. 6.15). Esto ocasiona que los elementos de concreto armado queden desplomados y que presenten cangrejas. De acuerdo en pruebas de compresión en probetas de concreto se concluye que las cangrejas pueden reducir hasta un 40% de la resistencia del concreto.



Figura 6.15: Uso de bolsa de cemento y triplay en encofrado de viga losa.

Las cangrejas muchas veces ocasionan que las armaduras queden expuestas a la intemperie. Una armadura expuesta a la intemperie es susceptible a corrosión. Con ello se reduce la resistencia conjunta de los elementos estructurales.



6.3.2 Aceros de refuerzo expuestos a la intemperie

Cuando se finaliza parcialmente la construcción no se tiene especial cuidado en la protección del acero de refuerzo, dejándolo libre a la intemperie, es muy común ver este defecto en las losas y columnas donde por razones económicas el proceso de techado se realiza en varios años. Es decir, que se construye por etapas de tal forma que los pobladores se ven en la necesidad de dejar acero de refuerzo expuesto para el empalme futuro (Figura. 6.16).



Figura 6.16: Acero de refuerzo expuesto a la intemperie

6.3.3 Juntas de construcción mal ubicadas

Las viviendas observadas presentan partes de columnas, vigas, techos y escaleras; parcialmente construidas con la posibilidad de continuar posteriormente. La inversión de los propietarios en sus viviendas, es periódica y del mismo modo es su construcción.



Figura 6.17: Junta fría en viga y viguetas de losa aligerada

Estas construcciones parciales originan algunas juntas frías de construcción, en ubicaciones poco apropiadas. Además por el prolongado periodo en que retoman la construcción de las viviendas, estas juntas se convierten zonas probables de corrosión en los refuerzos de acero. Y otros casos cuando se retoma la construcción no se prepara adecuadamente la superficie para recibir un concreto nuevo. Esto genera superficies de falla en caso de sismos.

6.3.4 Muros de adobe

Se ha observado que en algunas viviendas, en especial las viviendas de Urb. Bella Vista - Abancay, tienen una combinación de muros construidos con bloquetas de concreto y con adobes (Figura. 6.18).



Figura 6.18: Muros portantes de adobe



La economía de muchas familias obliga a la construcción por etapas. Se comienza muchas veces limitando el terreno con muros de adobes y cuando se tiene capacidad económica mayor se cambia la vivienda de adobe por de bloquetas de concreto o ladrillos de arcilla. Es en este proceso donde se tiene el mal concepto de que un muro de adobe puede resistir igual que un muro de bloque de concreto o de ladrillo.

6.3.5 Unión muro y techo deficiente

En las viviendas en estudio se ha podido observar que los constructores prefieren quitar ladrillos o asentar muros después del techado en la unión muro techo que cortar sus maderas (Figura. 6.19). Cuando el ancho de la viga solera es mayor que la del muro, entonces es necesario tener un adecuado encofrado para la viga. Sin embargo, se puede ver en algunas viviendas la utilización de pedazos de ladrillo de techo, listones y hasta bolsas de cemento para completar el encofrado. De esta forma se perjudica la adherencia entre unidades de albañilería y elementos de concreto armado.



Figura 6.19: Ausencia de confinamiento en la unión muro viguetas de losa aligerada.



6.4 Calidad de mano de obra

La mano de obra de buena calidad implica un adecuado proceso constructivo de las viviendas. Se especifica que en el asentado de muros las juntas estén entre 1 a 1.5 cm. de espesor, que los elementos verticales estén a plomo, que el encofrado de los elementos de concreto armado no genere cangrejas. Una mano de obra de regular calidad es aquella que tiene solo algunos muros con juntas de espesor mayor a 2 cm, pero menor de 3 cm. El aumento del espesor en la junta ocasiona la disminución de la resistencia a compresión y corte del muro.

La mala calidad en la mano de obra (Figura. 6.20) implica que las viviendas tengan muchos muros con espesores de juntas mayores a 3 cm, que el en encofrado se hayan utilizado bolsas de cemento o pedazos de bloquetas de concreto que producen cangrejas en el concreto, que los estribos estén doblados inadecuadamente, que hayan elementos (muros y columnas) desplomados. También se clasifica como mano de obra de mala calidad cuando los muros han sido picados en forma diagonal para realizar las instalaciones eléctricas o sanitarias.



Figura 6.20: Calidad de construcción e instalación eléctrica deficiente.



El 90% de las viviendas del estudio, presentan juntas entre los bloques de concreto (bloquetas) que varían de 2 cm a 4 cm de espesor considerados en regular y mala calidad de mano de obra, como se observa en la anterior figura. También se observó que los propietarios seleccionan la mano de obra en función del menor precio.

6.5 Otros Problemas encontrados en las viviendas

6.5.1 Humedad en muros o losas

El problema de humedad en muros y losas está relacionado con las instalaciones sanitarias que podrían haber colapsado, originando filtraciones en las zonas del recorrido de las tuberías. Este problema muchas veces se presenta en lugares cercanos a los baños y también por la precipitación pluvial.

En zonas de pendiente alta como en la zona de estudio se ha visto que por gravedad el agua tiende a ir hacia las zonas más bajas. Es muy probable que durante el recorrido el agua establezca contacto con los muros de las viviendas.



Figura 6.21: Muros con presencia de humedad



6.5.2 Bloquetas de baja calidad

Los bloques de concreto (bloquetas) empleados para la construcción de viviendas en la zona de estudio son fabricados con mano de obra no calificada, con un proceso de curado inadecuado, con variación de dimensiones y alabeos. Estas deformaciones conducen a un mayor grosor de las juntas de mortero, lo que trae por consecuencia una reducción significativa de la resistencia a compresión y a la fuerza cortante en los muros.

Según los ensayos de resistencia a compresión, las bloquetas fabricados en Abancay no cumplen con la Norma E-070 (albañilería) de RNE, llegando a un promedio de 42.43 kg/cm², siendo lo requerido 50 kg/cm².

6.5.3 Muros agrietados

La mayoría de las viviendas encuestadas que tienen muros agrietados (Figura. 6.21) se encuentran cimentadas sobre suelo arena arcillosa o suelo de relleno de nivel, y en zonas con pendiente pronunciada.

En el caso de suelos que presenta la zona de estudio es, Arcilla delgada arenosa con grava y Limo arenoso arcilla, los muros también presentan grietas. Estas grietas son producto del asentamiento diferencial que se produce debido a la poca capacidad portante del suelo de cimentación.



Figura 6.22: Muros agrietados por asentamientos



CAPITULO VII

7 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Se muestran recomendaciones generales a seguir para el adecuado proceso constructivo de las viviendas de albañilería confinada según la Norma E. 070 del RNE(Reglamento Nacional de Edificaciones) el cual establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, proceso de construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería, estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

No se pretende restringir la secuencia constructiva a lo que se describe en este capítulo; sino más bien, se busca dar un apoyo teórico y práctico a las personas relacionadas con la construcción de viviendas. Se muestra inicialmente las formas adecuadas de configuraciones estructurales en planta y altura. Se sabe que el adecuado comportamiento sísmico de las viviendas está influenciado por la forma (configuración) de las viviendas, además, se muestra una relación sencilla para el cálculo de las densidades de muros y el cálculo de las juntas sísmicas en viviendas de albañilería.

Es importante saber que la resistencia sísmica de las viviendas está dada por la densidad de los muros confinados; mientras más muros confinados tenga la vivienda en sus dos direcciones, mejor será su comportamiento ante eventos sísmicos.

7.1 Configuración Estructural

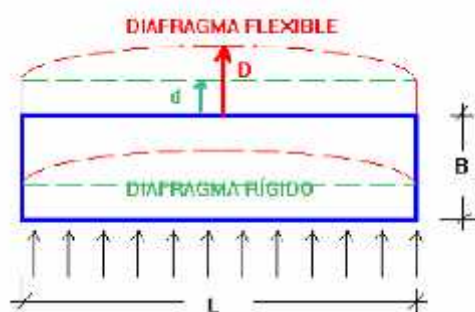
7.1.1 Estructura con Diafragma Rígido

Se busca construir una vivienda simétrica tanto en distribución de masas como rigideces, continuidad en la estructura y una resistencia adecuada; así mismo, regularidad en la planta para evitar problemas de torsión ante un sismo, cumpliendo las tablas N°4 y N°5 del artículo 11 de la Norma E.030.



Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en los que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.

Podrá considerarse que el diafragma es rígido cuando la relación entre sus lados no excede de 4. Se deberá considerar y evaluar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa.



Los diafragmas deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales. Es indispensable el empleo de vigas soleras que amarren a todos los muros diseñadas para absorber las acciones sísmicas perpendiculares al plano de la albañilería confinada, sólo se permite diafragmas flexibles en el último nivel.

7.1.2 Configuración del Edificio

El comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería está influenciado por la adecuada o mala configuración estructural que tiene el conjunto de elementos que conforman las viviendas. Por ejemplo, una vivienda de albañilería confinada tendrá un comportamiento estructural muy deficiente ante un sismo si no tiene la adecuada densidad de muros en cualquiera de sus direcciones. En este caso se dice que la configuración estructural de la vivienda no ha sido buena en la etapa de concepción de la estructura (Figura 7.1).

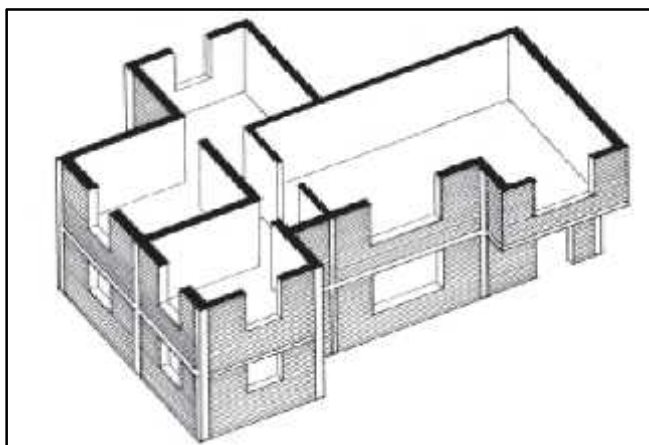


Figura 7.1 Configuración estructural deficiente
Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)

En cambio, si la vivienda tiene adecuada forma, volumen, tamaño, y distribución de muros, se dice entonces que la configuración estructural de la vivienda es adecuada y tendrá un buen comportamiento estructural durante algún evento sísmico (Figura. 7.2). Cuando en cualquiera de las direcciones no exista el área suficiente de muros para satisfacer los requisitos del Artículo 19.2.b RNE (E.070), se deberá suplir la deficiencia mediante pórticos, muros de concreto armado o la combinación de ambos.

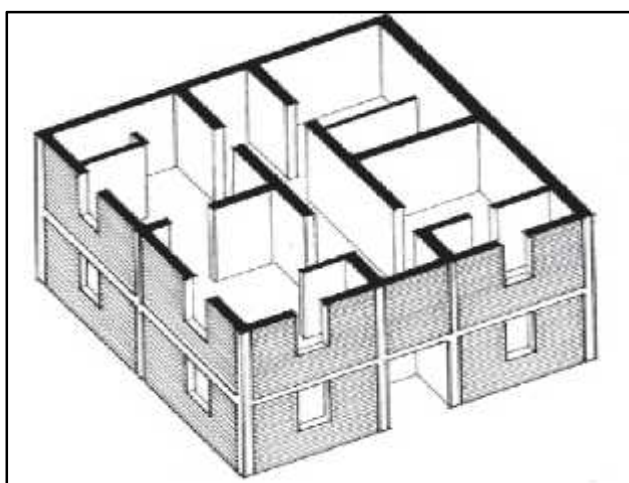


Figura 7.2 Configuración estructural adecuada
Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)



Para tener una buena configuración estructural se debe empezar definiendo la arquitectura de la vivienda. Luego, esta arquitectura se dibuja en un plano para definir la distribución, los tipos y las medidas de los elementos estructurales y está basada en la simplicidad como la simetría que deben tener las viviendas en las direcciones de análisis, tanto en planta como en elevación (Figura 7.3). La falta de simetría ocasionará efectos de torsión en la estructura, las plantas con formas de T o L, etc., deberán ser evitadas, se dividirán en formas simples.

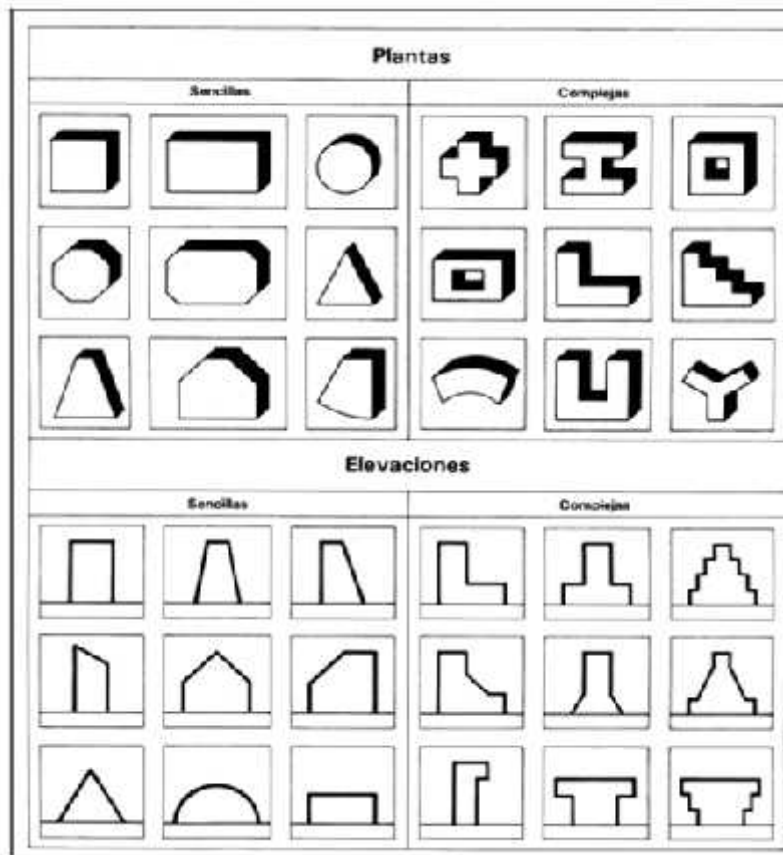


Figura 7.3 Plantas y elevaciones en una configuración estructural
Fuente: (Peralta, 2002)

Es preferible tener dimensiones similares para el ancho y largo de las viviendas (Figura 7.4, Figura 7.5). Si no es posible tener dimensiones similares, hay que dimensionar el largo y alto de la vivienda de tal forma que no exceda 4 veces el ancho y alto de la misma vivienda, la altura máxima es de 15m o 5 pisos tal como nos indica en el RNE E 0.70 artículo 15.3.

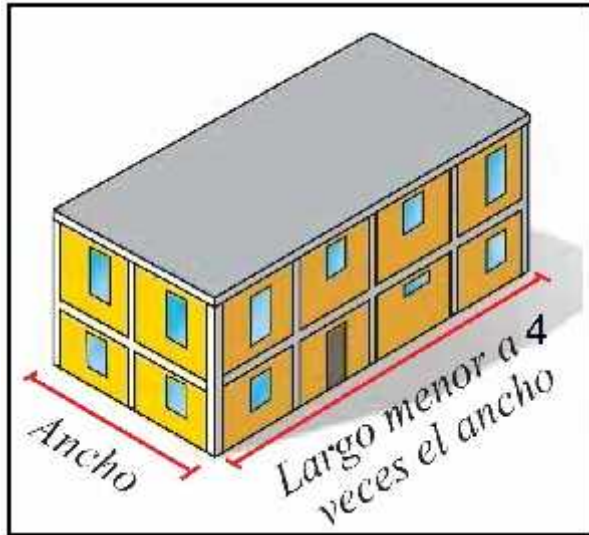


Figura 7.4 Relación entre las dimensiones en planta

Fuente: (Aceros Arequipa, 2010)

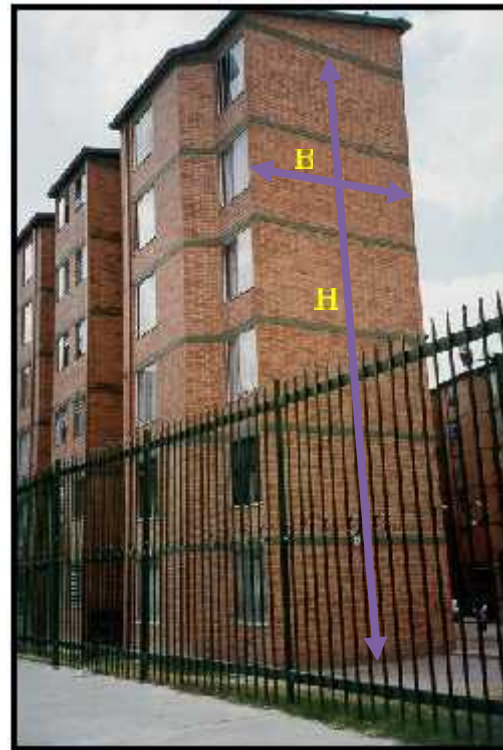


Figura 7.5 Relación entre dimensiones de viviendas verticales $H/B > 4$

Fuente: (San Bartolomé, 2005)

La forma volumétrica más sencilla es una forma regular, y una forma regular tiene una estructura compacta. Por lo tanto, el diseño no debe contemplar demasiados cambios en planta ni en altura (Figura 7.5). Se debe tener cuidado en la ubicación de parapetos o tabiques que muchas veces pueden modificar la idealización preliminar de la vivienda.

Siempre debe existir continuidad de muros. La continuidad vertical de muros ayuda a que las cargas provenientes de las losas se transmitan hasta la cimentación sin ninguna interrupción. Los vanos también deben seguir un alineamiento vertical, debido a que los alfeizares se diseñan para soportar solamente su peso propio por no ser muros estructurales y la continuidad horizontal de los muros mejora el comportamiento de las viviendas para soportar las fuerzas sísmicas; además, esta continuidad está ligada a la



distribución simétrica de muros confinados para evitar las torsiones que se puedan producir en planta.

Las losas de las viviendas conforman los llamados diafragmas de la estructura. Cuando estas losas con armadas en ambos sentidos (posas llenas) transmiten el cortante sísmico en forma proporcional a sus rigideces a cada uno de los muros (elementos estructurales) que se conectan con ellas.

Como no siempre se pueden tener las losas sin aberturas, ya que son necesarias como en el caso de escaleras, se deben dimensionar las aberturas de tal forma que no sumen más del 20% del área en planta de la losa. Caso contrario no se estaría garantizando una adecuada transmisión de cortante de la losa hacia los muros.

El confinamiento de los muros resistentes a sismo deberá realizarse en sus 4 bordes (Figura 7.6). La longitud máxima que puede haber entre confinamientos verticales es 2 veces la distancia entre confinamientos horizontales.



Figura 7.6 Muro confinado



7.2 Densidad de Muros

En las viviendas de albañilería confinada, los muros son los elementos resistentes frente a la acción de los movimientos sísmicos. La dirección con que viene el sismo es impredecible, por lo tanto es necesario reforzar a las viviendas con una cantidad mínima de muros en sus dos direcciones principales (dirección paralela y perpendicular a la calle). Con ello se logra tener una estructura con adecuada resistencia y rigidez.

Las viviendas de albañilería confinada deben tener una densidad mínima de muros en ambas direcciones, se halla con la siguiente formula:

$$A_m \geq \frac{Z \cdot S \cdot A_n \cdot 8}{300}$$

Y debe cumplir la expresión de la norma RNE E-070.

$$\frac{A_m}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Donde el factor Z (Figura. 7.7, Cuadro 7.1) y S (Cuadro 7.2) se pueden obtener del Reglamento Nacional de Edificaciones E-030. A_{ti} es la suma del área techada en (m²) del nivel en estudio con las áreas techadas de los pisos superiores.

Cuadro 7.1. Factores de zona “Z”.

| Zona | Valor de Z |
|------|------------|
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.10 |

Fuente: RNE-E030



Cuadro 7.2 Factores de suelo (Parámetros del suelo)

| SUELO ZONA | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z ₄ | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 1.10 |
| Z ₃ | 0.80 | 1.00 | 1.15 | 1.20 |
| Z ₂ | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Z ₁ | 0.80 | 1.00 | 1.60 | 2.00 |

Fuente: RNE-E030

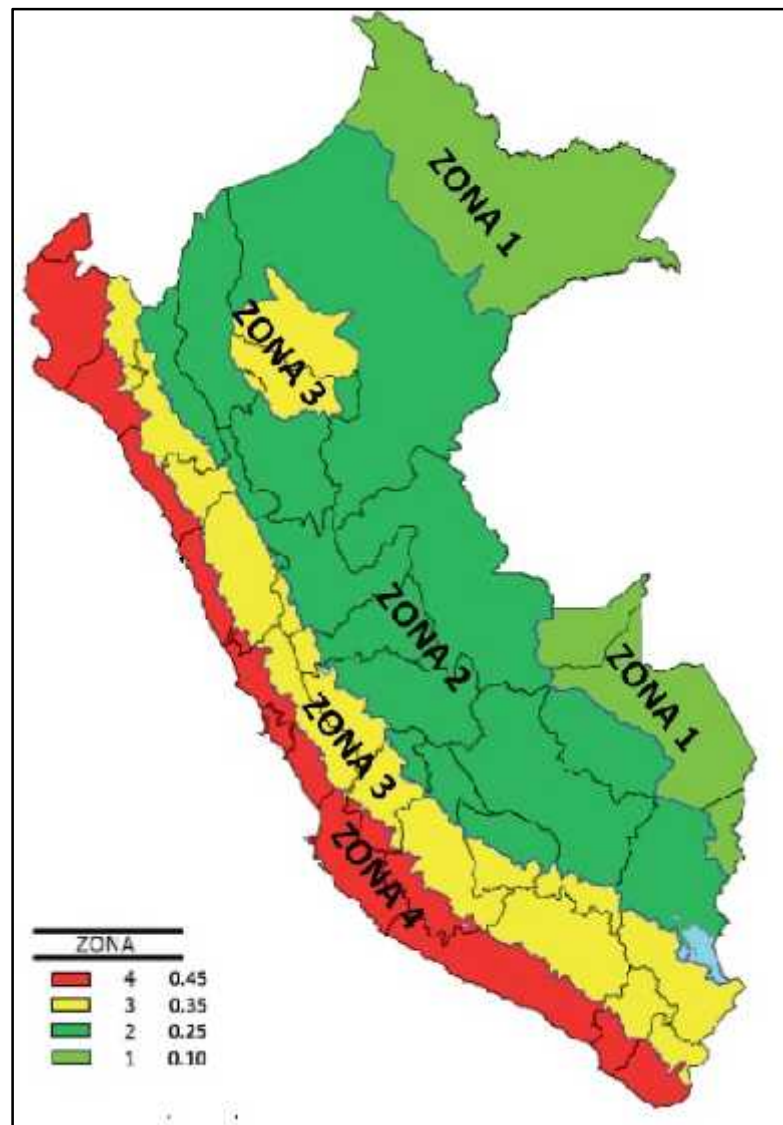


Figura 7.7 Zonas Sísmicas del Perú

Fuente: RNE-E030



Por ejemplo, se analizará una vivienda de tres niveles construida sobre suelo blando y ubicado en la ciudad Abancay, con un área construida de 60 m² por nivel. De acuerdo a lo especificado, los valores de *Z* y *S* serán: 0,25 y 1,4 respectivamente.

El cálculo del área mínima de muros requerida se hace por nivel. Siempre se tiene que sumar los pesos que se encuentren por encima del nivel en estudio incluido el peso del mismo nivel. En esta vivienda el peso total que llega al primer piso será la suma de los pesos del primer y segundo nivel; en cambio, el peso total que llega al segundo nivel es solo el peso del segundo nivel.

Aplicando la ecuación del *Am* para el primer nivel ($Att = 60 + 60 + 60 = 180 \text{ m}^2$)

$$Am = (0,25 \times 1,4 \times 180 \times 8) / 300 = 1,68 \text{ m}^2$$

Para el segundo nivel ($Att = 60 + 60 \text{ m}^2$)

$$Am = (0,25 \times 1,4 \times 120 \times 8) / 300 = 1,12 \text{ m}^2$$

Para el tercer nivel ($Att = 60 \text{ m}^2$)

$$Am = (0,25 \times 1,4 \times 60 \times 8) / 300 = 0,56 \text{ m}^2$$

Los resultados de las ecuaciones anteriores indican que se necesitaría 1,68 m² de muros confinados para cada una de las direcciones en análisis en el primer piso 1,12 m² de muros confinados para cada una de las direcciones en análisis del segundo piso y 0,56 m² de muros confinados para cada una de las direcciones en análisis del tercer piso.

Cuando en cualquiera de las direcciones no exista el área suficiente de muros para satisfacer los requisitos de la norma, se deberá suplir con pórticos o muros de concreto armado o la combinación de ambos.



7.3 Alfeizares

Los alfeizares de ventanas serán aislados de la estructura principal. Cuando no son aislados se produce el efecto de «columnas cortas», donde el parapeto o alféizar alto (ventanas de poca altura) restringe el desplazamiento lateral de las columnas. Es recomendable aislar los alféizares de la estructura principal (Figura.7.8), utilizando un grosor de junta igual a la máxima deriva permitida en albañilería confinada (0.005) multiplicada por la altura del alféizar (Cabrera, s.f.).

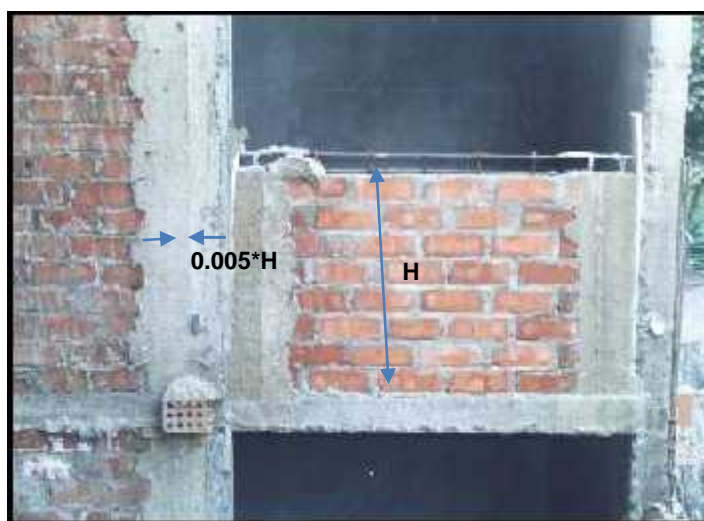


Figura 7.8 Alféizar aislado – Columna corta
Fuente: (San Bartolomé, 2005)



7.5 Junta de Separación sísmica (s)

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas una distancia mínima **s** para evitar el contacto durante un movimiento sísmico. Esta distancia mínima no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes Artículo 16 (16.4) ni menor que:

$$s = 3 + 0,004 (h - 500) \quad (h \text{ y } s \text{ en centímetros})$$
$$s > 3 \text{ cm}$$

donde:

h : es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar **s**.

Calculo de junta de separación

Se analizará una vivienda de cuatro niveles el primer piso de 3m de altura y el resto de los pisos 2.5m.

$$s = 3 + 0,004 (1050 - 500)$$
$$\mathbf{s = 5.20cm}$$

El resultado de la ecuación anterior indica que se necesitaría 5.20 cm de junta sísmica.

7.4 Ubicación de la Vivienda

Las viviendas deben ubicarse sobre suelos estables y firmes donde no exista la posibilidad de asentamientos, deslizamientos o caída de rocas. Debe evitarse la ubicación en zonas de quebradas, laderas o sobre terrenos de posible inundación de ríos o acequias.



Los suelos malos (Figura. 7.9 y Figura. 7.10) y prohibidos para la construcción son los suelos de relleno sanitario, desmote, suelos con arcillas expansivas y suelos con nivel freático alto.



Figura 7.9: suelo con nivel freático alto



Figura 7.10: Suelo de relleno.

7.5 Limpieza, Nivelación Y Trazado

Antes de realizar el trazado para la cimentación se tiene que limpiar el terreno removiendo y quitando todo material que no sea parte del suelo como basura, desmote, material vegetal, suelo suelto, etc (Fig. 7.11).



Figura 7.11: Limpieza del terreno.



Para nivelar el terreno es necesario colocar estacas de referencia de 1,50 m de altura ubicadas en los linderos del terreno. Con ayuda de una manguera transparente o con el nivel de ingeniero se puede llevar una altura absoluta conocida de una hacia todas las estacas (Fig. 7.12). Esta altura absoluta generalmente es la medida de 1 m por encima del nivel de vereda o de algún otro punto de referencia. Una vez marcadas las estacas se sabe que parte del terreno se tiene que cortar o rellenar (Fig. 7.13).

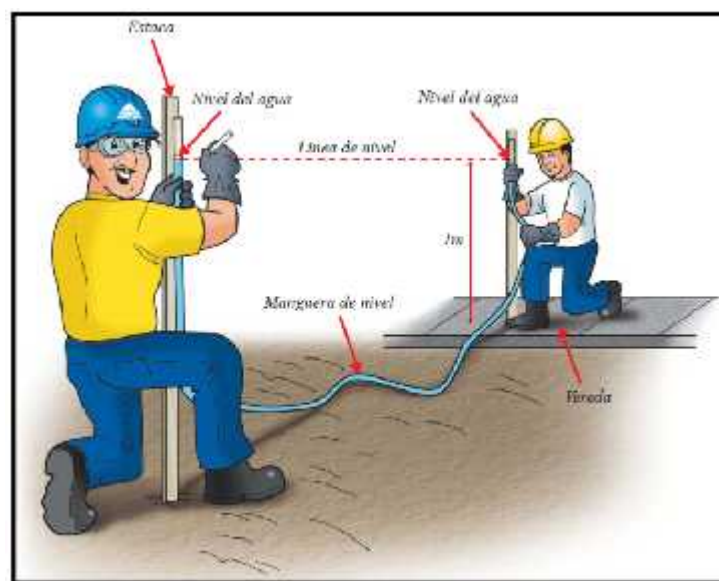


Figura 7.12: Nivelación del terreno
Fuente: Manual de Aceros Arequipa

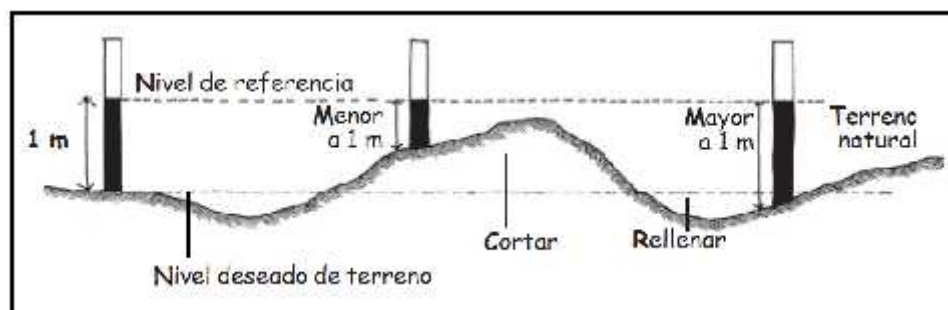


Figura 7.13: Corte y relleno
Fuente: SENCICO



Para el trazado de la cimentación se colocan balizas (Fig. 7.14), que son pórticos pequeños de madera donde se marca el centro y el ancho de la cimentación. Estas balizas se colocan al inicio y final del eje de las cimentaciones. Luego se extienden cordeles entre ambas balizas que marcan una misma cimentación y se procede al trazado de la cimentación con tiza. Finalmente se realiza la excavación de las zanjas.

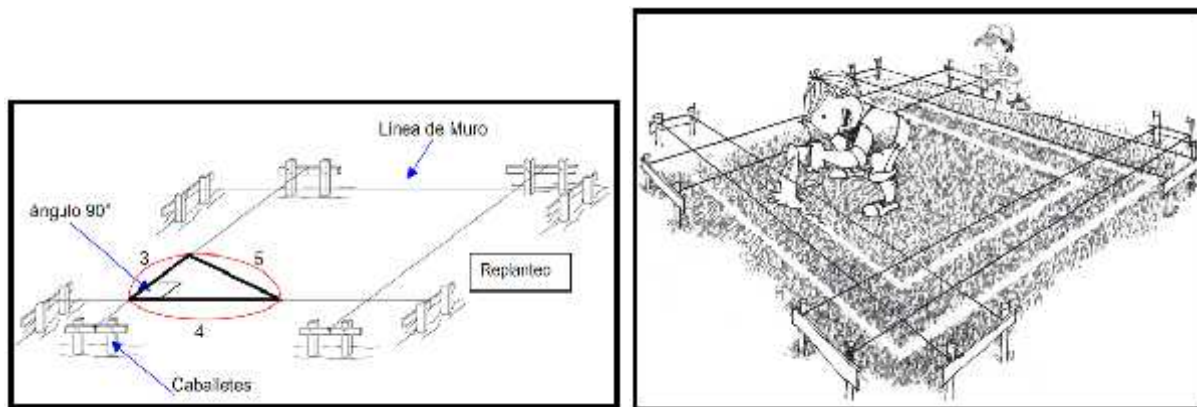


Figura 7.14 Trazo y Marcado del ancho de la cimentación.
Fuente: SENCICO

7.6 Cimentación

La cimentación forma parte de la subestructura de la vivienda. Su función principal es de transmitir adecuadamente las cargas provenientes de todos los pisos hacia el suelo.

Si existen viviendas alrededor de la futura construcción, se tiene que averiguar los problemas que han tenido estas viviendas debido al suelo y especialmente si han habido asentamientos.

Los cimientos deben tener una profundidad promedio de 80 cm (para suelos flexibles), penetrando en el terreno natural por lo menos 50 cm (Fig. 7.15). Por ningún motivo toda o parte de los cimientos debe quedar fuera del terreno. El ancho de la cimentación es variable y depende del tipo de suelo; por ejemplo, para suelos duros el ancho varía de 40 a 50 cm, en cambio para suelos blandos (arenas) el ancho varía entre



50 a 80 cm en promedio, Si el suelo es arenoso o arcilloso, es mejor que se coloque acero de refuerzo en el sobrecimiento según RNE E-050 artículo 4.3.

La cimentación debe constituir el primer diafragma rígido en la base de los muros y deberá tener la rigidez necesaria para evitar que asentamientos diferenciales produzcan daños en los muros.

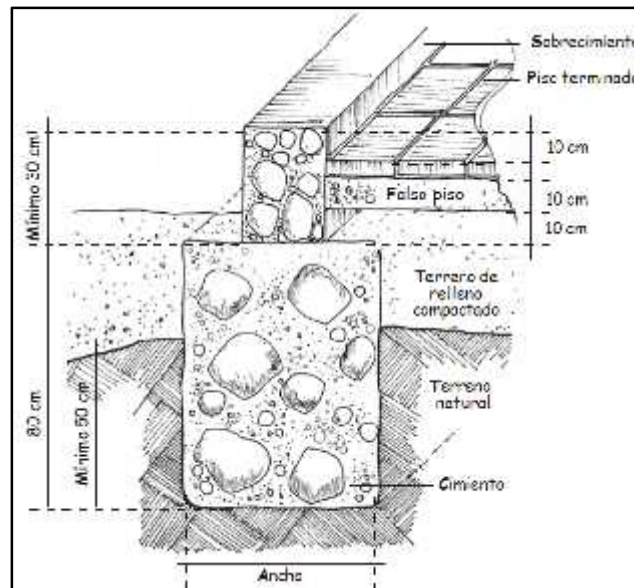


Figura 7.15: El cimiento
Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)

En terrenos con pendiente se tiene que construir cimentación escalonada. Los escalones deben tener una altura menor a la del cimiento.

7.6.1 Excavación de Zanjas

Las paredes de las zanjas deben estar lo más vertical posible y el fondo debe estar nivelado y libre de tierra suelta (Fig. 7.16). Se recomienda vaciar en el fondo de las zanjas un solado de 5 cm de espesor hecho con concreto pobre (proporción C:H, 1:14) para mejorar la nivelación en el fondo de las zanjas. La proporción adecuada para el concreto de cimentación es de cemento – hormigón, 1:10 a 1:12, con adición de un 25% de piedra grande. La piedra debe estar limpia y tener como tamaño máximo 10”. En el



momento del vaciado de la cimentación las paredes de las zanjas deben humedecerse y se debe verificar que las piedras grandes queden envueltas totalmente por la mezcla de concreto (Figura 7.17).



Figura 7.16: Proceso de vaciado de concreto en cimiento corrido.
Fuente: (Aceros Arequipa, 2010)

Para el paso de tuberías de desagüe por la cimentación, se tendrá que colocar en el cimiento (antes de su llenado) tuberías de diámetro mayor a las de desagüe. Estas tuberías deben estar rellenas provisionalmente con arena y taconeadas en ambos extremos.

Sobre el cimiento se construye el sobrecimiento, cuya función es de protección a la base de los muros contra la acción del intemperismo. Generalmente, el sobrecimiento está constituido por concreto ciclópeo de proporción 1:8 a 1:10 con adición de un 25% de piedra mediana. El tamaño máximo de la piedra mediana debe ser de 3”.

En suelos firmes (grava compacta) es normal construir cimientos y sobrecimientos de concreto ciclópeo. En suelos blandos es necesario la adición de refuerzo de acero en



el sobrecimiento (Figura 7.18), en tal caso el sobrecimiento estará constituido de concreto armado (proporción 1:2:4).

El acero de refuerzo para el sobrecimiento armado será de 4 varillas de $\varnothing 3/8$ ” con estribos cerrados de $\varnothing 1/4$ ” espaciados cada 20 cm.



Figura 7.17: Sobrecimiento armado

Para mejorar la adherencia entre ladrillo y concreto se debe rayar la parte superior del sobrecimiento inmediatamente después del llenado.

El armado de las columnas se va realizando en paralelo a la excavación de las zanjas. Antes del llenado de la cimentación, las columnas deberán estar colocadas y ancladas en sus respectivos lugares.



7.7 Construcción de Muros

Los muros son los elementos estructurales principales que proporcionan rigidez lateral a las viviendas frente a la acción de los sismos. Además, transmiten a la cimentación las cargas provenientes de la losa.

Un buen ladrillo se reconoce por la uniformidad de su color, de sus dimensiones y que al ser golpeados con un martillo se escuche un sonido metálico. En viviendas de varios pisos, los muros superiores deben estar alineados con los muros del piso inferior. Esto logra que los muros tengan continuidad vertical y que las cargas de gravedad se transmitan directamente hasta la cimentación sin interrupción.

Proceso constructivo

En la primera hilada se realiza un emplantillado para ver la distribución horizontal de los ladrillos y para definir los amarres. Se tiene que colocar los ladrillos maestros para lograr que las hiladas estén alineadas horizontalmente. Los ladrillos maestros son dos ladrillos colocados en ambos extremos de cada hilada unidos por un cordel que pasa por el borde exterior de cada ladrillo.

Un día antes del asentado, los ladrillos deben limpiarse y humedecerse con agua, regándolas con una manguera por media hora de manera que no absorban el agua de la mezcla del mortero y que se obtenga una buena adherencia entre mortero y ladrillo. Luego los ladrillos deben dejarse al aire libre hasta el siguiente día para su uso, En cambio, a los ladrillos de concreto solo es necesario limpiarlos del polvo.

La mezcla de cemento y arena para el mortero deberá hacerse en seco y luego se irá agregando agua conforme vaya avanzando el proceso constructivo del muro. Se hecha agua a la mezcla para que el mortero sea trabajable. La proporción para el mortero es de cemento arena 1:5. Para que una mezcla sea más trabajable se puede agregar cal en proporción 1:1:5 (cemento: cal: arena gruesa).



Las juntas horizontales y verticales de los muros deberán tener un espesor de junta entre 1 y 1,5 cm, un espesor mayor disminuye la resistencia de los muros ante sollicitaciones sísmicas. Para controlar los espesores de las juntas horizontales se colocan escantillones en los extremos de cada muro según RNE E. 070 artículo 10.2.



Figura 7.18: Construcción de muros de ladrillos

En una sola jornada de trabajo la altura máxima para la construcción de los muros será de 1,30 m. Cuando no se termine de completar la construcción del muro se deben dejar libres las juntas verticales de la última hilada. Cuando se reinicie de nuevo con la construcción, se tendrá que limpiar y humedecer con lechada de cemento las juntas y ladrillos colocados el día anterior.

La conexión muro columna puede hacerse de dos formas. La primera es dejar un dentado en los extremos del muro, para tal caso la dimensión del diente no deberá exceder los 5 cm. La segunda forma es dejar una conexión al ras y colocar dos alambres #8 cada dos hiladas con una longitud de anclaje en el muro de 50 cm.



Para el paso del montante de desagüe en el muro se tiene que dejar un espacio vacío entre los ladrillos y colocar cada tres hiladas un alambre #8 con una longitud de 50 cm de anclaje en el muro (Figura 7.22).

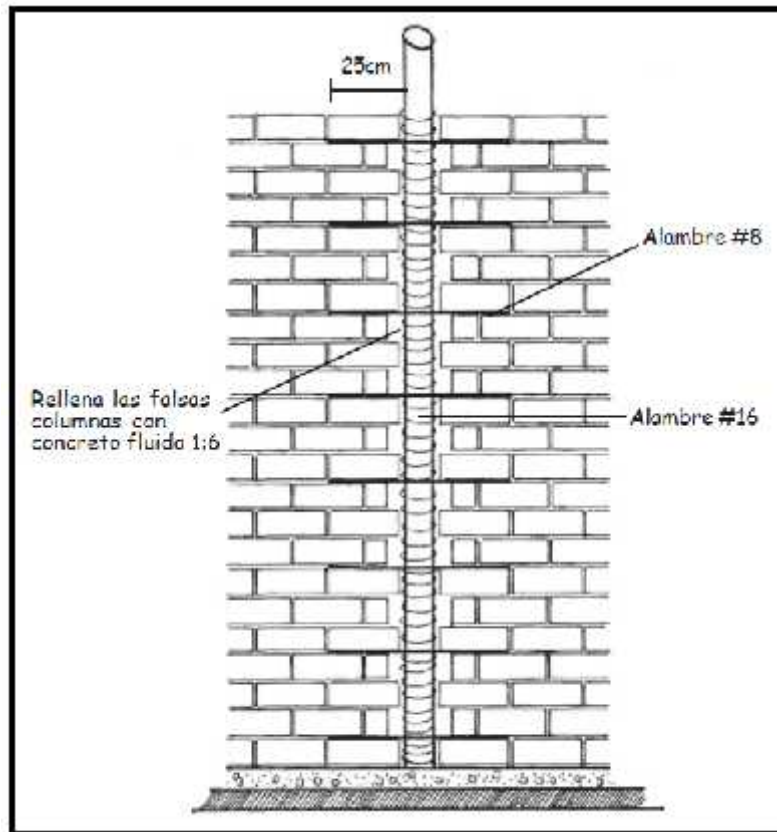


Figura 7.19: Muros portantes y no portantes
Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)

La tubería a empotrar debe tener un zuncho de alambre # 16 en toda su longitud. Luego de colocada la tubería se procede a encofrar y a llenar el espacio vacío con concreto fluido.

Los muros que forman parte de los elementos no estructurales, como los tabiques, deben de tener columnas de confinamiento de 15 x15 cm y llevarán como refuerzo vertical 2 varillas de $\varnothing 3/8$ ” y estribos en forma de “S” de $\varnothing 1/4$ ” colocados cada 20 cm.



7.8 Columnas de Confinamiento

Las columnas de confinamiento son elementos verticales de concreto armado que se construyen en los extremos de los muros. Las columnas dan mayor ductilidad y resistencia a los muros frente a la acción de las cargas sísmicas. Las columnas deben ubicarse a una distancia no mayor de 2 veces la altura del muro (Figura. 7.23) y los muros no deben tener una altura libre (de piso a techo) mayor a 2,40 m.

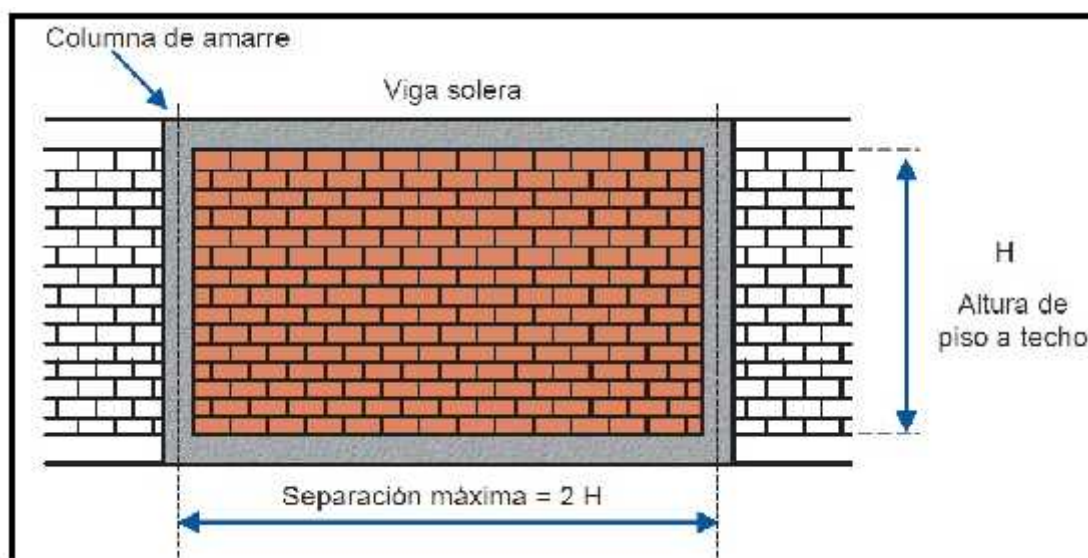


Figura 7.20: Distancia máxima entre columnas de confinamiento

Fuente: (Aceros Arequipa, 2010)

La sección mínima de concreto debe de ser el espesor del muro por 25 cm. La armadura mínima en las columnas de viviendas de hasta dos pisos es de 4 varillas de \varnothing 3/8". Los estribos están constituidos por varillas de \varnothing 1/4" espaciadas 1@5, 4@10 y el resto @25 cm en ambos extremos.

El armado de las canastillas de refuerzo de las columnas se va haciendo en paralelo con la excavación de las zanjas (Figura. 7.24). Los aceros de las columnas se anclan desde la cimentación y tienen un dobléz en cada varilla de 25 cm.



Figura 7.21: Armado de las columnas

La colocación de los estribos en toda la longitud de la columna empieza desde la cabeza de sobrecimiento hasta la losa, en este caso se tendrá que colocar estribos ubicados a 1@5, 4@10, resto @ 25 cm en cada extremo. En el caso las zonas de columna cimiento, columna sobrecimiento y columna viga, se colocarán estribos @15 cm. para facilitar el armado de la columna.

La longitud del gancho de los estribos será de 7 cm. Los ganchos deberán estar ubicados en forma alternada; es decir, que no deberán estar todos en un mismo lado de la columna.

El concreto para columnas tiene $f'c$ 175 kg/cm² de proporción en volumen de 1:2:4 (cemento: arena gruesa: piedra chancada) con adición de agua en volumen de 3/4. El tamaño máximo de la piedra chancada debe ser $\frac{3}{4}$ ". La armadura debe quedar perfectamente vertical y libre de óxido. El encofrado de las columnas (Fig. 7.26) se coloca cuando los muros ya están completamente construidos y se verifica la verticalidad con la plomada.



Figura 7.22: Encofrado de columnas

Previo al llenado con concreto, se humedecerá el encofrado. La primera lata de concreto deberá contener poca piedra chancada, de esta forma se evita que exista disgregación del concreto y cangrejas en la base de la columna. En todo momento se debe vibrar el concreto. Si no se cuenta con una vibradora se puede vibrar con una varilla larga de acero (Figura. 7.27), pero nunca deberán moverse los aceros de la columna. El proceso de vibrado es importante ya que evita que se produzcan cangrejas.

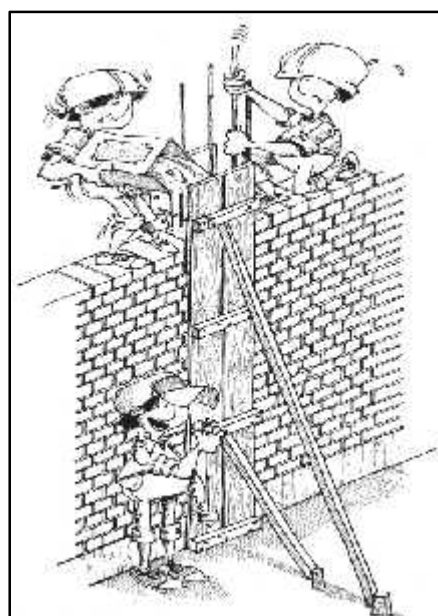


Figura 7.23: Llenado y Chuceado del concreto de columna

Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)



Los encofrados permanecerán en las columnas por 24 horas, luego podrán retirarse para comenzar el proceso de curado. Las columnas deben permanecer húmedas por un mínimo de 4 días. Para facilitar el proceso de curado se pueden colocar sacos de yute húmedos en las columnas, de esta forma se logra que el yute retenga el agua de curado y evita que el agua se evapore rápidamente.

7.8.1 Empalmes

En una misma sección no podrán ubicarse todos los empalmes de un elemento armado. Solo se pueden empalmar el 50% de varillas de acero en una sección y el otro 50% se debe empalmar en otra sección. De esta forma se logra que no exista una zona debilitada en el elemento estructural. Las dimensiones de empalme para cada diámetro de varilla se detallan en la (Cuadro 7.3) según RNE E. 070 artículo 11.5.

Cuadro 7.3. Longitud de traslape de acero

| Acero | Longitud de empalme L_p |
|-------|---------------------------|
| 3/8" | 45 cm. |
| 1/2" | 60 cm. |
| 5/8" | 75 cm |
| 3/4" | 85 cm |

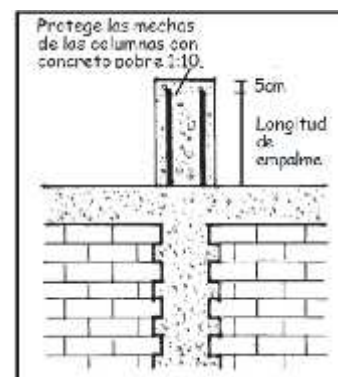
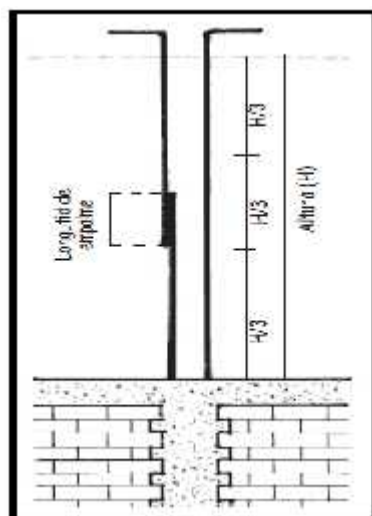


Figura 7.24: Zonas de empalme en columnas **Figura 7.25:** Protección de mechas para construir más pisos

Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)



7.9 Vigas de Confinamiento

Las vigas de confinamiento (vigas soleras) son los elementos estructurales horizontales de concreto armado construidos en la parte superior de los muros (Figura. 7.30), al igual que las columnas de confinamiento, sirven para darle mayor resistencia y ductilidad a los muros. La sección mínima en vigas es igual a la medida del espesor del muro a confinar por la altura de la losa. La armadura en vigas son por lo general son 4 varillas de $\varnothing 3/8$ ".



Figura 7.26: Viga de confinamiento

El armado de las vigas de confinamiento se realiza en paralelo con la construcción de los muros. Luego del desencofrado de las columnas, se empieza a colocar el refuerzo de las vigas sobre los muros.

Los estribos son rectangulares y cerrados. El acero a utilizar para estribos es de $\varnothing 1/4$ ". La distribución de los estribos en la viga es entre columnas; en este caso se tendrá que colocar estribos ubicados a 1@5, 4@10, y resto @ 25 cm en cada extremo (Fig. 7.31). La longitud del gancho de los estribos será de 7 cm. Los ganchos deberán estar ubicados en forma alternada; es decir, que no deberán estar todos en un mismo lado de la viga.



Los aceros inferiores (positivos) deben estar sobre dados de mortero (Fig. 7.32) de 3 cm. de lado y proporción 1:3. El recubrimiento de los aceros -tanto en vigas como en columnas de confinamiento- es de 2,5 cm. Los aceros de las vigas deben permanecer rectos en su recorrido.

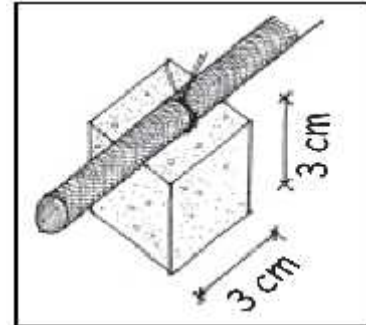
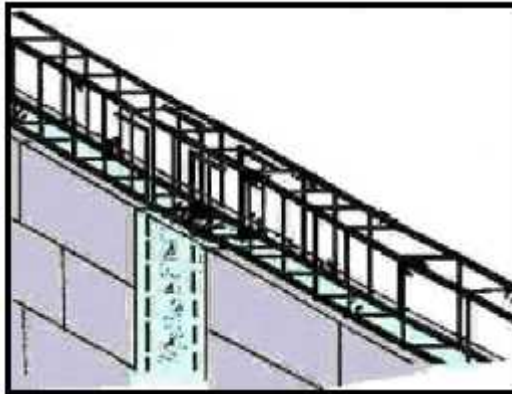


Figura 7.27: Estribos en vigas de confinamiento **Figura 7.28:** Cubos de mortero
Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)

El concreto a llenar en vigas de confinamiento es el mismo que para columnas de confinamiento. Las vigas se llenan conjuntamente con la losa aligerada. Nunca se llenarán las vigas por la mitad y dejando una junta horizontal, esto ocasiona un plano de falla no contemplado en el diseño de las vigas.

El encofrado para las vigas serán tablas amarradas con alambres y clavadas al muro. Cuando se llene la viga con concreto se tiene que vibrar y con un martillo de goma se golpea suavemente el encofrado de la cara exterior de la viga, esto evitará que se produzcan cangrejeras en las vigas.

Se debe tener cuidado en el llenado de las conexiones entre viga y columna (Figura. 7.33) ya que generalmente están congestionadas de acero. Para evitar cangrejeras en estas zonas lo recomendable es un adecuado vibrado del concreto. Las consideraciones para empalme de acero son las mismas que para columnas.



Figura 7.29: Conexión columna y viga de confinamiento

7.10 Losas Aligeradas

Las losas aligeradas son estructuras que tienen un comportamiento de diafragma rígido en los entresijos de las viviendas. Las losas unen a los muros por la parte superior y distribuyen el cortante sísmico hacia ellos.

Las losas aligeradas están conformadas por viguetas en forma de “T” espaciadas 40 cm. de eje a eje, y ladrillos de 30x30x15 cm (Fig. 7.34). Se dan estas dimensiones de ladrillo puesto que en el análisis de viviendas convencionales un espesor de losa de 20 cm es utilizado hasta luces libres de 4,5 m.

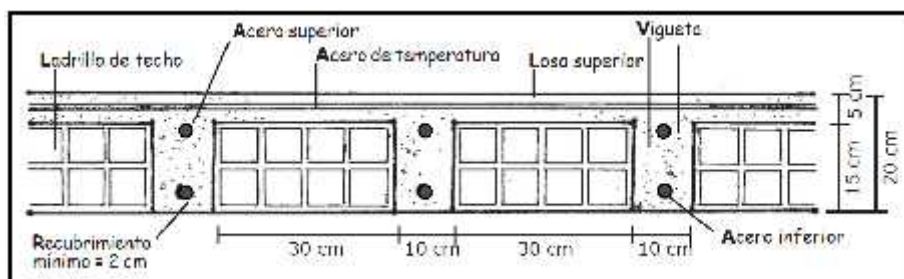


Figura 7.30: Sección transversal de una losa aligerada
Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)



El armado o sentido de colocación de las viguetas será en la dirección más corta del paño cubrir. El concreto para losa aligerada es de 175 kg/cm^2 , ello se logra con una proporción en volumen (cemento: arena gruesa: piedra chancada) de 1:2:4, con adición de agua en volumen de 3/4.

Es preferible que antes de construir el encofrado del techo (Figura. 7.35) se tenga construido el falso piso, de esta forma se logra tener una superficie nivelada que soportará adecuadamente el peso transmitido por los pies derechos. De no ser posible la construcción del falso piso, se tiene que nivelar y apisonar el suelo. Si no se apisona, el suelo puede deformarse por el peso y los pies derechos pueden desestabilizarse originando que la losa aligerada no quede perfectamente horizontal.



Figura 7.31: Encofrado de losa aligerada

Los centros de luz (cajas octogonales) tienen que ubicarse fuera de las viguetas, sino se estaría interrumpiendo el paso libre del refuerzo de vigueta (Figura. 7.36). Los ladrillos de techo deberán estar perfectamente alineados. Se deben eliminar aquellos ladrillos que estén rajados.



Figura 7.32 (a) Inadecuada ubicación de los centros de luz;
(b) Adecuada ubicación de los centros de luz

De igual forma que en vigas, los aceros positivos (inferiores) de las viguetas deben estar colocados sobre cubos de mortero de 2,5 cm de lado. De esta forma se mejora la horizontalidad del acero de refuerzo de la vigueta y el espesor de recubrimiento.

El refuerzo por temperatura, colocado en la losa de 5 cm por encima de los ladrillos, debe estar colocado perpendicularmente a las viguetas y espaciados a cada 25 cm. Este refuerzo consta de varillas de $\varnothing \frac{1}{4}$ " y debe estar colocado sobre cubos de mortero de 2,5 cm de lado.

En todo momento debe verificarse la horizontalidad de la losa y el alineamiento de los ladrillos. La ubicación de los servicios sanitarios por encima de la losa debe considerar que el recorrido de las tuberías de desagüe deben estar en el lugar de los ladrillos de techo, de esta manera no se interrumpe el recorrido de viguetas. En caso se necesite atravesar viguetas, se tendrá que construir doble vigueta en las zonas de interrupción por las tuberías o reemplazar con concreto las zonas por donde pasa la tubería. Las tuberías de luz pueden colocarse directamente sobre la superficie de los ladrillos.



Se tiene que humedecer con agua a los ladrillos antes de proceder al llenado de la losa. Además, se tiene que verificar que los pies derechos estén estables y no se hayan movido.

El proceso de llenado de las losas con concreto se realiza generalmente cada dos paños. Primero se llena con concreto a las vigas de confinamiento (de los paños a llenar), luego se llenan las viguetas, luego se llena con concreto la losa superior a los ladrillos y por último se procede a darle forma a la superficie con la regla (Figura 7.37).



Figura 7.33: Proceso de llenado de la losa aligerada

Es importante el vibrado en cada etapa del llenado, ya que de no hacerlo se pueden formar cangrejas en los elementos de concreto. Para el curado de la losa se forman cordones de arena (arroceras) sobre cada paño y luego se vierte agua sobre cada uno de ellas. El curado se realiza durante 7 días. Durante los 3 primeros días no se permitirá trabajo alguno sobre la losa. El encofrado debe permanecer mínimo durante 14 días después del llenado.

7.11 Vigas Peraltadas

Las vigas son elementos estructurales de concreto armado sometidos principalmente a flexión y corte (Figura. 7.38). A comparación de las vigas de



confinamiento, las vigas no se construyen sobre los muros, sino que tienen espacio libre debajo de ellas y se apoyan solo en sus extremos.

Las vigas se construyen cuando se necesitan elementos que soporten el peso de tabiques sobre la losa. Las vigas cuyas alturas son iguales al de la losa aligerada se denominan vigas chatas. Una característica de estas vigas es que su ancho es mayor a su altura y necesita más refuerzo que las vigas con mayor peralte.

Es recomendable tener vigas de peralte mayor al de la losa porque tienen un mejor comportamiento y un ahorro en el refuerzo de acero. El peralte de las vigas se predimensiona entre un 1/14 a 1/12 de la luz libre de la viga según RNE.



Figura 7.34: Viga peraltada

El concreto para vigas será de $f'c$ 175 kg/cm² cuya proporción en volumen (cemento: arena gruesa: piedra chancada) es 1:2:4, con adición de agua en volumen de 3/4.

Los estribos se colocan a partir del inicio de la luz libre y son aceros de $\varnothing 3/8$ " ubicados 1@5, 5@10 y resto a 25 cm en ambos extremos. La longitud del gancho debe ser como mínimo 6 cm y no deberá ubicarse todos en un mismo lado de la viga, sino que deberán ir en forma alternada.



Las dimensiones para los empalmes de acero para vigas se especifican en el (Cuadro 7.03). El acero superior de la viga debe empalmarse solo en el tramo central de la viga; en cambio, el acero inferior debe empalmarse solo en los extremos de la viga. El refuerzo de cada viga debe tener en sus extremos un dobléz de 15 cm y debe quedar dentro del núcleo de concreto de la columna. Cuando se necesite paralizar el llenado de la viga, la junta de construcción debe ubicarse tal como se muestra en la figura (Figura 7.39).

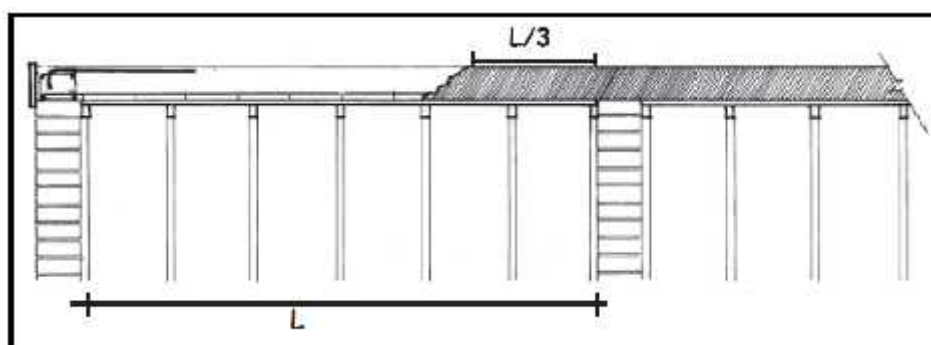


Figura 7.35 Junta de construcción para vigas y losas

Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)

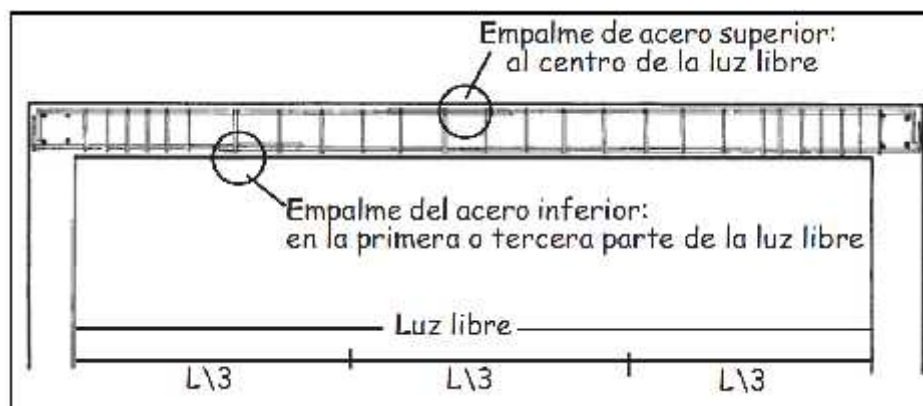


Figura 7.36 Ubicación de los empalmes

Fuente: (PUCP Y SENCICO, 2005)



CAPITULO VIII

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

- El método de índice de vulnerabilidad propuesto por Benedetti-Petrini, se puede adaptar a la zona de estudio, modificando ya sea las instrucciones de las clases, los pesos de cada clase, o agregando o quitando parámetros según la realidad de las estructuras de la zona; por consiguiente es un método que es posible adaptarlo a otras regiones.
- El estado patológico de la estructura juega un papel importante a la hora de realizar un análisis de vulnerabilidad, por tal razón al caracterizar y localizar detalladamente las enfermedades, tales como la presencia de humedad, eflorescencia, grietas, corrosión, picaduras y goteras, se establece un índice que determina el estado de conservación de la estructura.
- El 2% de las viviendas evaluadas se encuentran con un índice de vulnerabilidad baja entre (0 a 20%), el 46% con vulnerabilidad media entre (20% a 40%) y el 52% con vulnerabilidad alta entre (40% a 100%).
- Para el escenario de daño correspondiente a una intensidad VI, el 31% no sufrirían ningún daño (rango de daño entre 0–2.5), el 52% sufrirían daños ligeros (rango de daño entre 2.5–7.5), el 13% de las viviendas sufrirían un daño moderado (rango de daño entre 7.5–15) y el 4% sufrirían un daño considerable (rango de daño entre 15–30).
- Para el escenario de daño correspondiente a una intensidad VII, el 19% no sufrirían ningún daño (rango de daño entre 0–2.5), el 52% sufrirían daños ligeros (rango de daño entre 2.5–7.5), el 17% de las viviendas sufrirían un daño moderado (rango de



daño entre 7.5–15) y el 13% sufrirían un daño considerable (rango de daño entre 15–30).

- Para el escenario de daño correspondiente a una intensidad VIII, el 2% no sufrirían ningún daño (rango de daño entre 0–2.5), el 17% sufrirían daños ligeros (rango de daño entre 2.5–7.5), el 33% de las viviendas sufrirían un daño moderado (rango de daño entre 7.5–15), el 35% sufrirían un daño considerable (rango de daño entre 15–30) y el 13% sufrirían un daño fuerte (rango de daño entre 30–60).
- Para el escenario de daño correspondiente a una intensidad IX, se calcula que el 2% no sufrirían ningún daño (rango de daño entre 0–2.5), el 6% de las viviendas sufrirían un daño moderado (rango de daño entre 7.5–15), el 23% sufrirían un daño considerable (rango de daño entre 15–30), el 52% sufrirían un daño fuerte (rango de daño entre 30–60), el 15% sufrirían un daño severo (rango de daño entre 60–90) y el 2% sufrirían un colapso (rango de daño entre 90–100) en donde las viviendas están en ruinas o han sufrido el colapso.
- En viviendas autoconstruidas de albañilería pudo observarse una técnica constructiva que genera un mal comportamiento sísmico. En primer lugar se construyen las columnas para después levantar la albañilería y finalmente vaciar la losa de techo en conjunto con las vigas, por lo cual, los muros no se encuentran integrados a las columnas perdiéndose el comportamiento de albañilería confinada.
- La configuración de una planta es más importante, permite evitar la falla por vibración torsional causada por la falta de coincidencia, en planta, del centro de masas con el centro de rigidez y es donde descansa la mayor cantidad de cargas en un movimiento sísmico.



8.2 Recomendaciones

Luego de desarrollar la investigación correspondiente al presente trabajo de grado, se han analizado los resultados con el fin de mejorar las condiciones de vulnerabilidad de la Urbanización Bella Vista, por lo tanto se proponen las siguientes recomendaciones:

- Las viviendas estudiadas en este trabajo, el 52% de ellas arrojaron un índice de vulnerabilidad sísmica alto, por esta razón se recomienda realizar la rigidización de la estructura para ajustar esas viviendas a los parámetros exigidos por la norma E:070. Es necesario definir un confinamiento total de los muros, para que las cargas de la estructura y sismo sean soportadas y transmitidas al suelo portante a través de estructuras de concreto diseñadas para soportar estas cargas.
- Los tabiques de albañilería se deben reforzar con malla de acero para otorgar mayor ductilidad y resistencia al corte.
- Es de vital importancia hacer tomar conciencia a los pobladores y responsables de la construcción de las viviendas de interés social, que las viviendas económicas deben ser construidas con el mismo empeño y responsabilidad que cualquier otra edificación, puesto que estas van a cumplir la misma misión de las demás edificaciones de vivienda.
- Se debe desarrollar investigaciones aplicando la metodología cuantitativa para determinar la vulnerabilidad y el daño sísmico detallado de otro tipo de construcciones existentes como: instituciones educativas estatales - privadas, hospitales, hoteles, mercados y otros.



- Realizar un trabajo de capacitación para explicar a la población del peligro potencial con el cual están viviendo y las acciones que deberían aplicarse antes, durante y después de un sismo. Las entidades que llevarían a cabo esta capacitación serían la Municipalidad Provincial de Abancay, Gobierno Regional de Apurímac, INDECI.

- Se debe construir viviendas unifamiliares hasta una altura máxima de 6.10m, según nos indica en la zonificación de usos de suelo de la municipalidad de Abancay.

- La Municipalidad Provincial de Abancay, debe asumir la función de inspeccionar los numerosos autoconstrucciones que a diario se realizan en la ciudad, pues muchas de éstas no son supervisadas durante su ejecución, cometiéndose irregularidades en el proceso constructivo, lo que conlleva que la edificación sea muy vulnerable.



9 BIBLIOGRAFIA

1. Aceros Arequipa. (2010). Manual del Maestro Contratista. Lima.
2. Alba , L., & Hurtado , V. (2008). implementación del modelo de índice de vulnerabilidad ajustado a una edificación histórica con estructura de varios materiales. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander - Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas.
3. Alva, J. (2005). Banco de datos de mapas de isosistas en el Perú. Sección de posgrado, facultad de ingeniería civil, UNI, Lima - Perú.
4. Bolaños, A., & Monroy, O. (2004). Espectros de Peligro Sísmico Uniforme. Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Civil . Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
5. Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo Sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Barcelona: ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña.
6. Caballero, R. (2007). Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica por Medio del Método del Índice de Vulnerabilidad en las Estructuras Ubicadas en el Centro Histórico de la Ciudad de Sincelejo, Utilizando la Tecnología del Sistema de Información Geográfica. Tesis de Maestría. Sincelejo: Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil Fundación Universidad del Norte.
7. Cabrera, I. J. (s.f.). Civilgeeks.com. Recuperado el 26 de 11 de 2016, de Civilgeeks.com: <http://civilgeeks.com/2011/09/14/patrones-a-evitar-para-un-adecuado-diseno-sismorresistente%E2%80%A6columna-corta/>
8. Caicedo, C., Barbat, A. H., Canas, J. A., & Aaguilar, R. (1994). Vulnerabilidad Sísmica de Edificios. Barcelona: Editor A.H. Barbat.
9. Cochran, W. (1980). Técnicas de Muestreo. México: Compañía Editorial Continental S.A.



10. Duran, L. (2010). Terremoto en Haití: las causas persistentes de un desastre que no ha terminado. Nueva Sociedad 226, 13.
11. Espinal, E. (09 de 11 de 2010). Terremotos en el Perú. Recuperado el 24 de 11 de 2016, de blogsupc: <http://upc20102.blogspot.pe/>
12. Francisco, V., & Sánchez, R. (2001). Vulnerabilidad sísmica de construcciones de tierra en el distrito de San Juan de Lurigancho. Lima: Programa Científico PC - CISMID.
13. Flores, R (2002). Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima. Tesis de Grado en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.
14. Gorgas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2011). Estadística básica para estudiantes de ciencias. Madrid: Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera.
15. INDECI. (2006). Obtenido de Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2006:
http://www.indeci.gob.pe/compend_estad/2006/7_otras_estad/7.1_sismos/7.1.4_hist_sismos.pdf
16. INDECI-Abancay. (2007). Geología Regional. En R. Benavente Velasquez, Programa Ciudades Sostenibles - Mapa de Peligros de la Ciudad de Abancay (págs. 22-29). Abancay, Apurímac: Municipalidad Provincial de Abancay.
17. INGMET. (2013). Segundo Reporte de Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geo-hidrológicos en la Región Apurímac (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico). Abancay.
18. Llanos, L., & Vidal, L. (2003). Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica. Cali: Universidad del valle. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática.
19. Llerena, D. (25 de 09 de 2013). Mapa Tectónica. Obtenido de Colegio de Bachilleres del Estado de Baja California:
<https://docs.google.com/document/d/1Yf2XkiHmLze94Ba0wDcFGe0od51MRv4q-KPu2W9NGI8/edit>



20. Marin, F. (2012). Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de la Ciudad de Huánuco. Tesis de posgrado con Mención en Ingeniería Estructural. Huánuco: Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de ingeniería civil.
21. Mena, U. (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en zonas urbanas. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya, Departamento de Ingeniería del terreno, Cartográfica y Geofísica.
22. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (MVCS)
 - a. 2009 RNE. Norma Técnica de Edificaciones E.060 Concreto Armado.
 - b. 2006 RNE. Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería.
 - c. 2016 RNE. Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismorresistente.
23. Mosqueira, M & Tarque S. (2005). Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa Peruana. Tesis de magíster en Ingeniería civil. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú.
24. Ochoa , A. (2012). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la Determinación de Escenarios de Riesgo en el Balneario de Pucusana. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Geógrafo. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.
25. Orrego, J. (08 de 06 de 2010). Terremotos en Lima. Recuperado el 20 de 06 de 2016, de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/juanluisorrego/2010/06/08/terremotos-en-lima-1974/>
26. Peralta, H. (2002). Escenarios de vulnerabilidad y daño sísmico de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio. cali - Colombia: Proyecto de grado-Universidad del Valle.
27. Profesor en Línea. (s.f.). Desplazamiento de las Placas Tectónicas. Obtenido de Teoría de las Placas Tectónicas:
http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Placas_tectonicas_Teoria.htm



28. PUCP Y SENCICO. (2005). Construcción y Mantenimiento de Viviendas De Albañilería. Lima.
29. Rodríguez, S. (21 de 05 de 2008). Cómo Determinar el Tamaño de una Muestra aplicada a la investigación Archivística. Recuperado el 10 de 06 de 2016, de monografías: <http://www.monografias.com/trabajos60/tamano-muestra-archivistica/tamano-muestra-archivistica2.shtml>
30. San Bartolomé, Á. (2005). Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería. Lima: SENCICO.
31. San Bartolomé, Ángel (1998). Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural. Lima: Fondo Editorial PUCP.
32. Tavera, H., & Buforn, E. (1998). Sismicidad y sismotectónica de Perú. Física de la Tierra, 188.
33. UNI-CISMID (2011). Universidad Nacional de Ingeniería-Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. Evaluación del peligro sísmico en el distrito de Comas.
34. UNI-CISMID (2013). Laboratorio Geotécnico, Estudio de mecánica suelos con fines de cimentación, proyecto: mejoramiento de los servicios educativos del nivel inicial en el área urbana del distrito y provincia de Abancay - Apurímac.
35. Vera, M. (22 de 07 de 2007). 13 Mitos Antiguos Sobre Terremotos. Obtenido de MiGeo: <http://www.migeo.pe/2007/07/13-mitos-antiguos-sobre-terremotos.html>
36. Viciosa, M., & Rodríguez, Z. (13 de 03 de 2011). Los mayores terremotos de todos los tiempos. Recuperado el 24 de 11 de 2016, de el Mundo: <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/03/11/internacional/1299857579.html>
37. Villegas, L. (30 de 01 de 2016). Primeras teorías del origen de los Terremotos Basadas en Causas Naturales. Recuperado el 25 de 08 de 2016, de Geología: <http://seismicgeology14.blogspot.pe/2016/01/cuales-son-las-primeras-teorias-sobre.html>
38. Yopez, F., Barbat, A. H., & Canas, J. A. (1995). Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad. España: Monografías de Ingeniería Sísmica CIMNE IS-12.

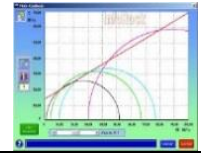


10 ANEXOS



ANEXO A

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (VIA SECA) - ASTM D421-58

PROYECTO: "VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS"
Ubicación: BELLAVISTA ALTA
Lugar: DISTRITO DE ABANCAI, PROVINCIA DE ABANCAI, REGION APURIMAC
Solicitante: TESISTAS
Fecha: 14 DE AGOSTO DEL 2016
Pozo N°: C - 01 Prof. 2.00 m. Muestra N°: M-2
Cálculos: ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO

Peso de la Muestra Seca

| | |
|---------|----|
| 1424.00 | gr |
| 1424.00 | gr |

| Tamiz | Diam(mm) | Peso Ret. | Peso Corr. | % Ret. | % Pasa |
|---------|----------|-----------|------------|--------|--------|
| 3" | 73.2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.4 | 113.00 | 113.29 | 7.96 | 92.04 |
| 3/4" | 19.05 | 19.00 | 19.29 | 1.35 | 90.69 |
| 1/2" | 12.7 | 76.00 | 76.29 | 5.36 | 85.33 |
| 3/8" | 9.53 | 69.00 | 69.29 | 4.87 | 80.47 |
| 1/4" | 6.35 | 117.00 | 117.29 | 8.24 | 72.23 |
| 4 | 4.75 | 68.00 | 68.29 | 4.80 | 67.44 |
| 10 | 1.9 | 176.00 | 176.29 | 12.38 | 55.06 |
| 20 | 0.84 | 130.00 | 130.29 | 9.15 | 45.91 |
| 30 | 0.59 | 34.00 | 34.29 | 2.41 | 43.50 |
| 40 | 0.45 | 28.00 | 28.29 | 1.99 | 41.51 |
| 60 | 0.25 | 34.00 | 34.29 | 2.41 | 39.11 |
| 100 | 0.15 | 35.00 | 35.29 | 2.48 | 36.63 |
| 200 | 0.075 | 75.00 | 75.29 | 5.29 | 31.34 |
| cazuela | 0 | 446.00 | 446.29 | 31.34 | 0.00 |
| | | 1420 | 1424.0 | 100 | |

D60 = 11.54
D30 = No Existe
D10 = No Existe

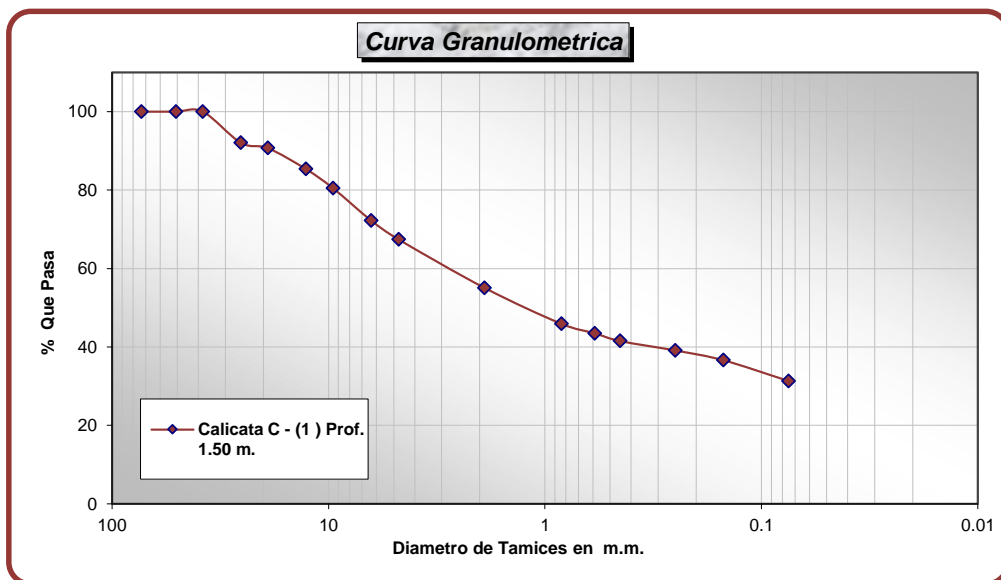
Cu = No Existe
Cc = No Existe

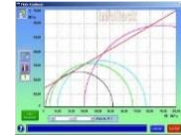
Material Perdido

| |
|----------|
| 4.00 gr. |
|----------|

Porcentaje de Perdida

| |
|--------|
| 0.28 % |
|--------|





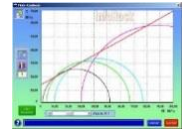
CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO: "VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS"
 Ubicación: **BELLAVISTA ALTA**
 Lugar: **DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, REGION APURIMAC**
 Solicitante: **TESISTAS**
 Fecha: **14 DE AGOSTO DEL 2016**
 Pozo Nº: **C - 01** Prof. **2.00 m.** Muestra Nº : **M-2**
 Cálculos: **ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO**

| ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Cápsula Nº | C-1 | C-2 | C-3 | C-4 |
| Peso suelo húmedo + cápsula | 67.15 | 69.88 | 69.28 | 70.05 |
| Peso suelo seco + cápsula | 64.95 | 67.45 | 66.93 | 67.58 |
| Peso del agua | 2.20 | 2.43 | 2.35 | 2.47 |
| Peso de la cápsula | 38.70 | 38.72 | 38.70 | 38.70 |
| Peso neto del suelo seco | 26.25 | 28.73 | 28.23 | 28.88 |
| % de Humedad | 8.38% | 8.46% | 8.32% | 8.55% |

W (%) = 8.43%

OBSERVACIONES : El contenido de humedad se determino de una muestra alterada.



LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM 423-66 Y ASTM D424-59

PROYECTO: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA LOCALIDAD DE VILCABAMBA, DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE GRAU-APURIMAC"

Ubicación: **BELLAVISTA ALTA**

Lugar: **DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, REGION APURIMAC**

Solicitante: **TESISTAS**

Fecha: **14 DE AGOSTO DEL 2016**

Pozo Nº: **C - 01**

Prof. **2.00 m.**

Muestra Nº :

M-2

Cálculos: **ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO**

LIMITE LIQUIDO

| Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nº de Cápsula | 7 | 8 | 9 | 4 |
| Caps.+ S. húmedo | 50.58 | 55.30 | 48.78 | 39.75 |
| Caps.+ S. seco | 45.38 | 49.63 | 44.43 | 36.93 |
| Agua | 5.20 | 5.67 | 4.35 | 2.82 |
| Peso Cápsula | 21.13 | 21.45 | 21.48 | 21.22 |
| Peso S. seco | 24.25 | 28.18 | 22.95 | 15.71 |
| % Humedad | 21.44 | 20.12 | 18.95 | 17.95 |
| Nº de golpes | 8 | 13 | 22 | 30 |

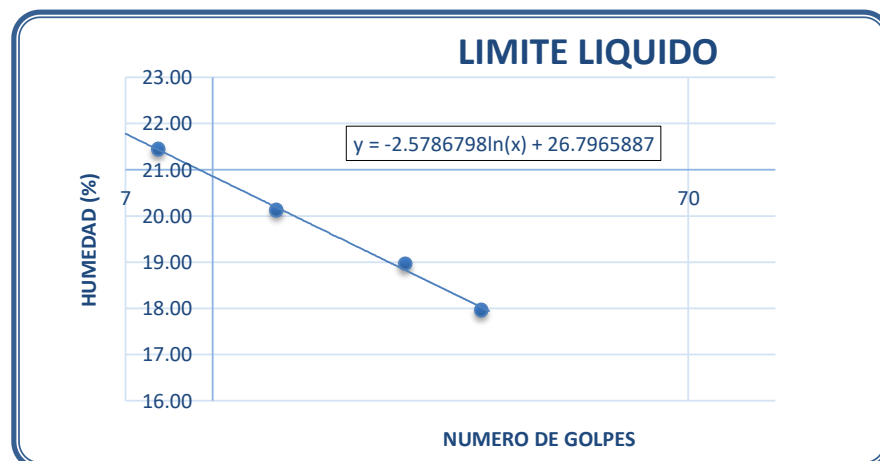
LIMITE PLÁSTICO

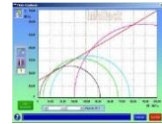
| Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nº de Cápsula | 9 | 23 | 11 | 12 |
| Caps.+ S. húmedo | 23.08 | 27.69 | 24.16 | 24.11 |
| Caps.+ S. seco | 22.82 | 26.87 | 23.75 | 23.69 |
| Agua | 0.26 | 0.82 | 0.41 | 0.42 |
| Peso Cápsula | 21.31 | 22.08 | 21.35 | 21.24 |
| Peso S. seco | 1.51 | 4.79 | 2.40 | 2.45 |
| % Humedad | 17.22 | 17.12 | 17.08 | 17.14 |

LIMITE LIQUIDO= **18.50 %**

LIMITE PLASTICO= **17.14 %**

INDICE DE PLASTICIDAD (%) = **1.36 %**



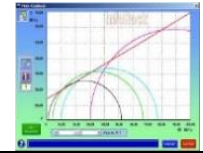


CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO 1971 Y SUCS

PROYECTO: "VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS"
 Ubicación: **BELLAVISTA ALTA**
 Lugar: **DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, REGION APURIMAC**
 Solicitante: **TESISTAS**
 Fecha: **14 DE AGOSTO DEL 2016**
 Pozo Nº: **C - 01** Prof. : **2.00 m.** Muestra Nº : **M-2**
 Cálculos: **ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO**

| ITEM | PROPIEDAD | RESULTADO DE ENSAYOS |
|----------------------|----------------------------|----------------------|
| 01.01 | % QUE PASA EL TAMIZ Nº4 | 67.44 |
| 01.02 | % QUE PASA EL TAMIZ Nº10 | 55.06 |
| 01.03 | % QUE PASA EL TAMIZ Nº40 | 41.51 |
| 01.04 | % QUE PASA EL TAMIZ Nº100 | 36.63 |
| 01.05 | % QUE PASA EL TAMIZ Nº200 | 31.34 |
| 01.06 | COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD | No Existe |
| 01.07 | COEFICIENTE DE CONCAVIDAD | No Existe |
| 01.08 | INDICE DE GRUPO (%) | 0 |
| 02.01 | LIMITE LIQUIDO (%) | 18.50 |
| 02.02 | LIMITE PLÁSTICO (%) | 17.14 |
| 02.02 | ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) | 1.36 |
| 03.01 | HUMEDAD NATURAL(%) | 8.43% |
| CLASIFICACIÓN AASHTO | | A-2-4 |
| CLASIFICACIÓN SUCS | | SM |

CONCLUSION: El suelo en análisis consiste en un suelo granular consistente en Grava Limosa, con presencia de arena y piedras medianas, de color marron rojizo oscuro



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (VIA SECA) - ASTM D421-58

PROYECTO: "VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS"
Ubicación: BELLAVISTA BAJA
Lugar: DISTRITO DE ABANCA Y, PROVINCIA DE ABANCA Y, REGION APURIMAC
Solicitante: TESISTAS
Fecha: 14 DE AGOSTO DEL 2016
Pozo N°: C - 01 Prof. 3.20 m. Muestra N°: M-2
Cálculos: ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO

Peso de la Muestra Seca

| |
|---------|
| 1773.00 |
| 1773.00 |

 gr

| Tamiz | Diam(mm) | Peso Ret. | Peso Corr. | % Ret. | % Pasa |
|---------|----------|-----------|------------|--------|--------|
| 3" | 73.2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 50.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.4 | 41.00 | 41.18 | 2.32 | 97.68 |
| 3/4" | 19.05 | 34.68 | 34.86 | 1.97 | 95.71 |
| 1/2" | 12.7 | 46.87 | 47.05 | 2.65 | 93.06 |
| 3/8" | 9.53 | 95.18 | 95.36 | 5.38 | 87.68 |
| 1/4" | 6.35 | 168.97 | 169.15 | 9.54 | 78.14 |
| 4 | 4.75 | 119.96 | 120.14 | 6.78 | 71.36 |
| 10 | 1.9 | 341.00 | 341.18 | 19.24 | 52.12 |
| 20 | 0.84 | 223.01 | 223.19 | 12.59 | 39.53 |
| 30 | 0.59 | 65.41 | 65.59 | 3.70 | 35.83 |
| 40 | 0.45 | 56.41 | 56.59 | 3.19 | 32.64 |
| 60 | 0.25 | 59.93 | 60.11 | 3.39 | 29.25 |
| 100 | 0.15 | 50.26 | 50.44 | 2.84 | 26.41 |
| 200 | 0.075 | 39.83 | 40.01 | 2.26 | 24.15 |
| cazuela | 0 | 428.00 | 428.18 | 24.15 | 0.00 |
| | | 1770.51 | 1773.0 | 100 | |

D60 = 14.72
D30 = 0.29
D10 = No Existe

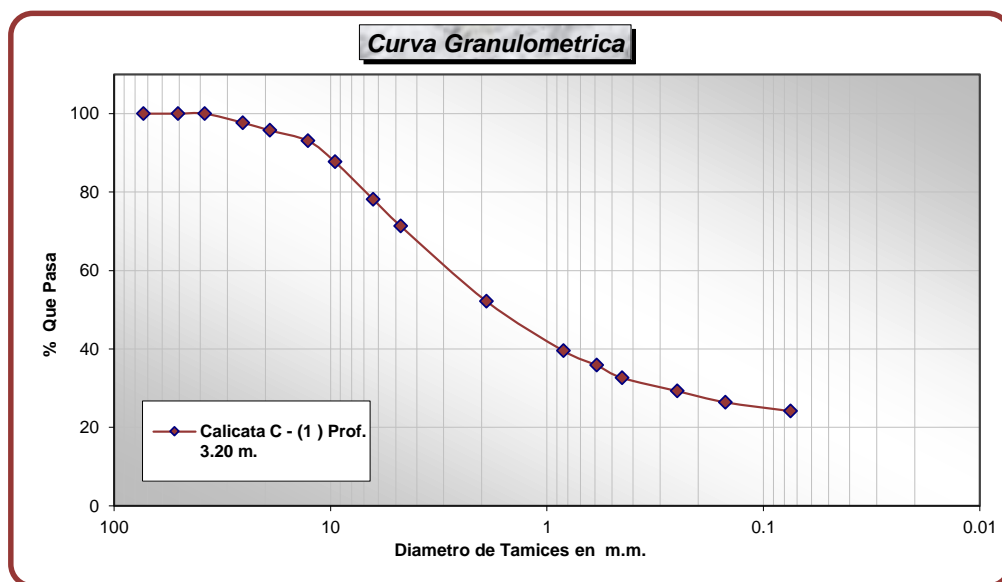
Cu = No Existe
Cc = No Existe

Material Perdido

| |
|----------|
| 2.49 gr. |
|----------|

Porcentaje de Perdida

| |
|--------|
| 0.14 % |
|--------|





CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO: "VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS"

Ubicación: **BELLAVISTA BAJA**

Lugar: **DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, REGION APURIMAC**

Solicitante: **TESISTAS**

Fecha: **14 DE AGOSTO DEL 2016**

Pozo Nº: **C - 01**

Prof. **3.20 m.**

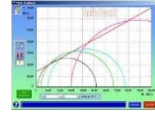
Muestra Nº : **M-2**

Cálculos: **ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO**

| ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Cápsula Nº | C-1 | C-2 | C-3 | C-4 |
| Peso suelo húmedo + cápsula | 67.10 | 69.84 | 69.32 | 69.85 |
| Peso suelo seco + cápsula | 64.98 | 67.49 | 67.02 | 67.52 |
| Peso del agua | 2.12 | 2.35 | 2.30 | 2.33 |
| Peso de la cápsula | 38.70 | 38.72 | 38.70 | 38.70 |
| Peso neto del suelo seco | 26.28 | 28.77 | 28.32 | 28.82 |
| % de Humedad | 8.07% | 8.17% | 8.12% | 8.08% |

W (%) = 8.11%

OBSERVACIONES : El contenido de humedad se determino de una muestra alterada.



LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM 423-66 Y ASTM D424-59

PROYECTO: "VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS"

Ubicación: **BELLAVISTA BAJA**

Lugar: **DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, REGION APURIMAC**

Solicitante: **TESISTAS**

Fecha: **14 DE AGOSTO DEL 2016**

Pozo N°: **C - 01**

Prof. **3.20 m.**

Muestra N° : **M-2**

Cálculos: **ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO**

LIMITE LIQUIDO

| Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| N° de Cápsula | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Caps.+ S. húmedo | 41.80 | 40.53 | 42.52 | 39.70 |
| Caps.+ S. seco | 37.97 | 37.13 | 38.91 | 36.64 |
| Agua | 3.83 | 3.40 | 3.61 | 3.06 |
| Peso Cápsula | 21.21 | 21.05 | 21.27 | 21.22 |
| Peso S. seco | 16.76 | 16.08 | 17.64 | 15.42 |
| % Humedad | 22.85 | 21.14 | 20.46 | 19.84 |
| N° de golpes | 17 | 31 | 56 | 65 |

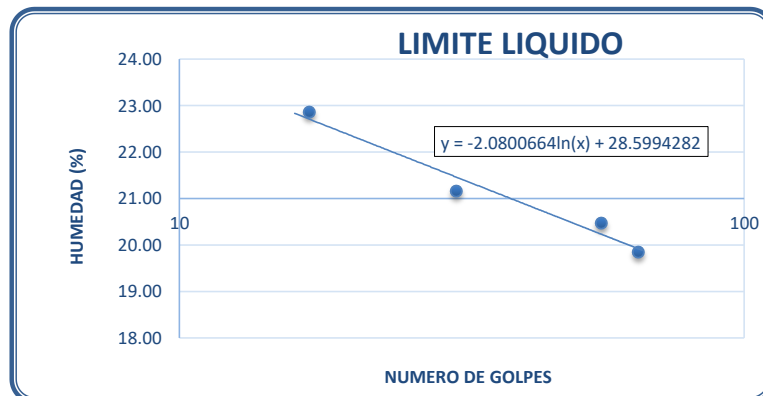
LIMITE PLÁSTICO

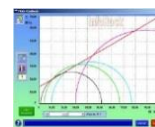
| Muestra | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| N° de Cápsula | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Caps.+ S. húmedo | 23.09 | 26.30 | 26.01 | 24.10 |
| Caps.+ S. seco | 22.82 | 25.68 | 25.41 | 23.68 |
| Agua | 0.27 | 0.62 | 0.60 | 0.42 |
| Peso Cápsula | 21.31 | 22.08 | 22.06 | 21.24 |
| Peso S. seco | 1.51 | 3.60 | 3.35 | 2.44 |
| % Humedad | 17.88 | 17.22 | 17.91 | 17.21 |

LIMITE LIQUIDO= **21.90 %**

LIMITE PLASTICO= **17.56 %**

INDICE DE PLASTICIDAD (%) = **4.35 %**





CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO 1971 Y SUCS

PROYECTO: "VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS"

Ubicación: **BELLAVISTA BAJA**

Lugar: **DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY, REGION APURIMAC**

Solicitante: **TESISTAS**

Fecha: **14 DE AGOSTO DEL 2016**

Pozo Nº: **C - 01**

Prof. : **3.20 m.**

Muestra Nº :

M-2

Cálculos: **ING. OSCAR ALBERTO MORON ROMERO**

| ITEM | PROPIEDAD | RESULTADO DE ENSAYOS |
|----------------------|----------------------------|----------------------|
| 01.01 | % QUE PASA EL TAMIZ N°4 | 71.36 |
| 01.02 | % QUE PASA EL TAMIZ N°10 | 52.12 |
| 01.03 | % QUE PASA EL TAMIZ N°40 | 32.64 |
| 01.04 | % QUE PASA EL TAMIZ N°100 | 26.41 |
| 01.05 | % QUE PASA EL TAMIZ N°200 | 24.15 |
| 01.06 | COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD | No Existe |
| 01.07 | COEFICIENTE DE CONCAVIDAD | No Existe |
| 01.08 | INDICE DE GRUPO (%) | 0 |
| 02.01 | LIMITE LIQUIDO (%) | 21.90 |
| 02.02 | LIMITE PLÁSTICO (%) | 17.56 |
| 02.02 | ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) | 4.35 |
| 03.01 | HUMEDAD NATURAL(%) | 8.11% |
| CLASIFICACIÓN AASHTO | | A-1-b |
| CLASIFICACIÓN SUCS | | SM-SC |

CONCLUSION: **El suelo en analisis consiste en un suelo granular consistente en Arena Limosa, Arcillosa, con presencia de Grava, de color marron rojizo oscuro**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D2216; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-259
Solicitante : CONSORCIO ABANCAY AVANZA
Proyecto : Mejoramiento de los Servicios Educativos del Nivel Inicial en el Área Urbana del Distrito y Provincia de Abancay - Apurímac
Ubicación : Dist. Abancay, Prov. Abancay, Dpto. Apurímac

Fecha : Octubre, 2013

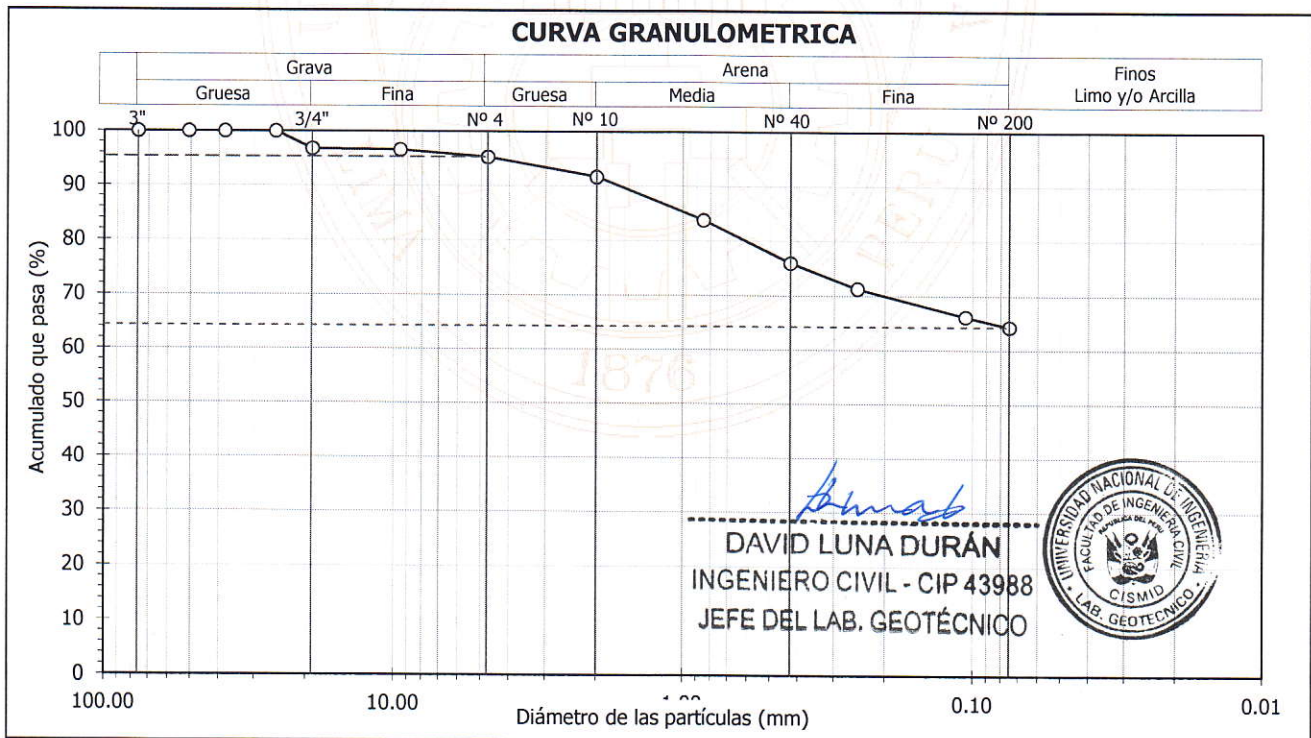
Sondaje : C - 1 // I.E.I. N° 145 Bellavista
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.30 - 1.10

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado - D422 | | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| ¾" | 19.050 | 96.8 |
| 3/8" | 9.525 | 96.6 |
| N° 4 | 4.750 | 95.3 |
| N° 10 | 2.000 | 91.7 |
| N° 20 | 0.850 | 83.8 |
| N° 40 | 0.425 | 76.0 |
| N° 60 | 0.250 | 71.3 |
| N° 140 | 0.106 | 66.2 |
| N° 200 | 0.075 | 64.3 |

| Contenido de humedad - D2216 | | |
|--|----------------------------------|----------|
| | (%) | 7.3 |
| Límites de consistencia | Límite Líquido | 38 |
| | Límite Plástico D4318 | 22 |
| | Índice de Plasticidad | 16 |
| Resultados de granulometría por tamizado | Límite de Contracción - D427 | --- |
| | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [N° 4 < ϕ < 3"] | (%) 4.7 |
| | Arena [N° 200 < ϕ < N° 4] | (%) 31.0 |
| | Finos [ϕ < N° 200] | (%) 64.3 |

| Clasificación - D3282 / D2487 | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-6 (9) | CL Arcilla delgada arenosa |



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D2216; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-259
Solicitante : CONSORCIO ABANCAY AVANZA
Proyecto : Mejoramiento de los Servicios Educativos del Nivel Inicial en el Área Urbana del Distrito y Provincia de Abancay - Apurímac
Ubicación : Dist. Abancay, Prov. Abancay, Dpto. Apurímac

Fecha : Octubre, 2013

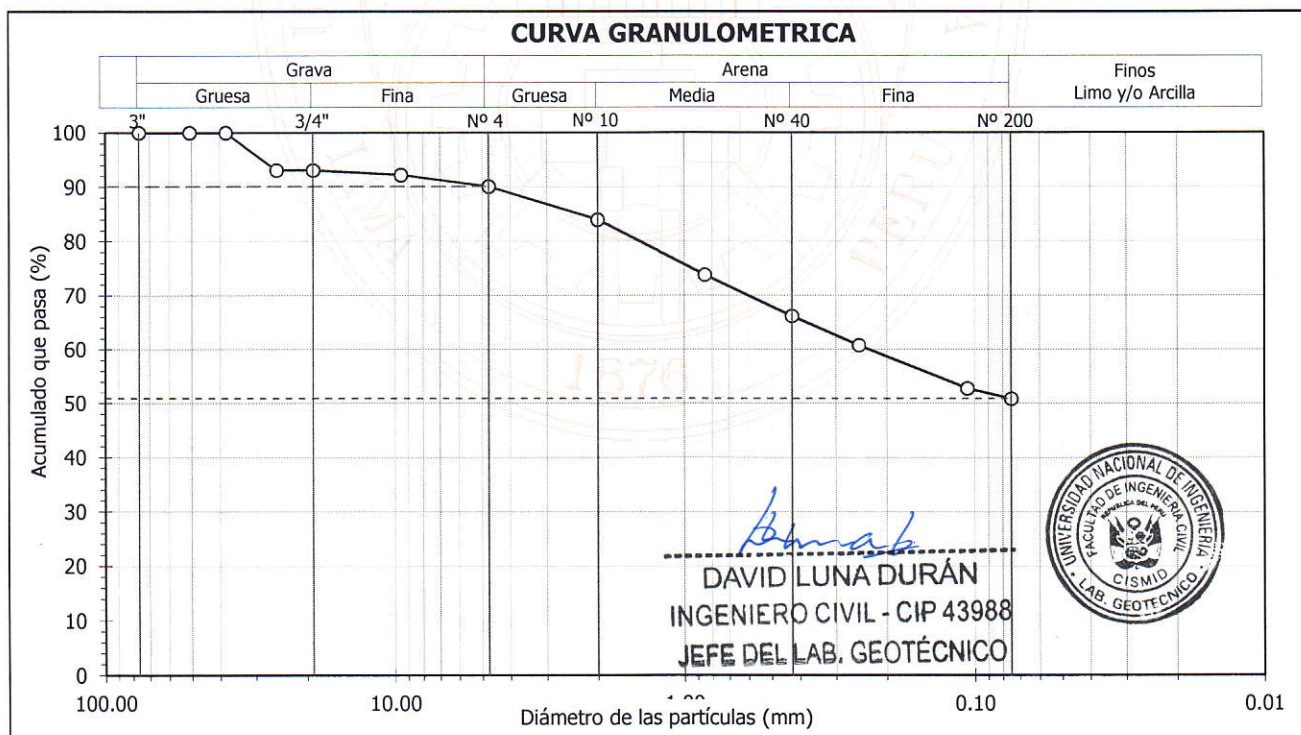
Sondaje : C - 1 // I.E.I. N° 145 Bellavista
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 1.10 - 3.00

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado - D422 | | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 93.1 |
| ¾" | 19.050 | 93.1 |
| 3/8" | 9.525 | 92.2 |
| N° 4 | 4.750 | 90.1 |
| N° 10 | 2.000 | 84.0 |
| N° 20 | 0.850 | 73.8 |
| N° 40 | 0.425 | 66.2 |
| N° 60 | 0.250 | 60.8 |
| N° 140 | 0.106 | 52.8 |
| N° 200 | 0.075 | 50.9 |

| Contenido de humedad - D2216 (%) | | 21.0 |
|--|--------------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 43 |
| | Límite Plástico D4318 (%) | 22 |
| | Índice de Plasticidad (%) | 21 |
| Resultados de granulometría por tamizado | Límite de Contracción - D427 (%) | --- |
| | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [N° 4 < ϕ < 3"] (%) | 9.9 |
| | Arena [N° 200 < ϕ < N° 4] (%) | 39.2 |
| | Finos [ϕ < N° 200] (%) | 50.9 |

| Clasificación - D3282 / D2487 | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-7-6 (7) | CL Arcilla delgada arenosa |



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D2216; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-259
Solicitante : CONSORCIO ABANCAY AVANZA
Proyecto : Mejoramiento de los Servicios Educativos del Nivel Inicial en el Área Urbana del Distrito y Provincia de Abancay - Apurímac
Ubicación : Dist. Abancay, Prov. Abancay, Dpto. Apurímac

Fecha : Octubre, 2013

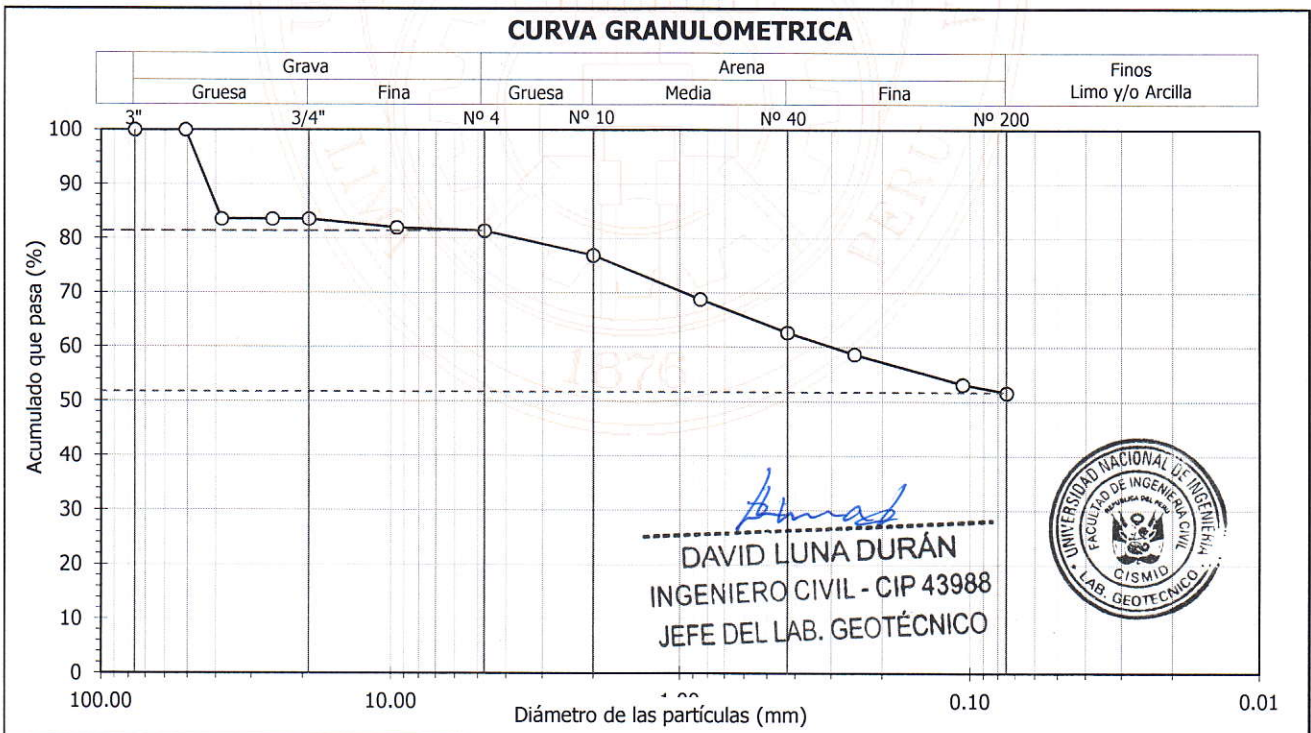
Sondaje : C - 2 // I.E.I. N° 145 Bellavista
Muestra : M - 1
Profundidad (m) : 0.30 - 1.10

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado - D422 | | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 83.6 |
| 1" | 25.400 | 83.6 |
| ¾" | 19.050 | 83.6 |
| 3/8" | 9.525 | 82.0 |
| N° 4 | 4.750 | 81.4 |
| N° 10 | 2.000 | 76.9 |
| N° 20 | 0.850 | 68.8 |
| N° 40 | 0.425 | 62.7 |
| N° 60 | 0.250 | 58.7 |
| N° 140 | 0.106 | 53.2 |
| N° 200 | 0.075 | 51.7 |

| Contenido de humedad - D2216 | | |
|--|----------------------------------|----------|
| | (%) | 14.4 |
| Límites de consistencia | Límite Líquido | 44 |
| | Límite Plástico D4318 | 23 |
| | Índice de Plasticidad | 21 |
| Resultados de granulometría por tamizado | Límite de Contracción - D427 | --- |
| | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [N° 4 < ϕ < 3"] | (%) 18.6 |
| | Arena [N° 200 < ϕ < N° 4] | (%) 29.7 |
| | Finos [ϕ < N° 200] | (%) 51.7 |

| Clasificación - D3282 / D2487 | |
|--|-----------|
| AASHTO | SUCS |
| A-7-6 (8) | CL |
| Arcilla delgada arenosa con grava | |



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D2216; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-259 Fecha : Octubre, 2013
Solicitante : CONSORCIO ABANCAY AVANZA
Proyecto : Mejoramiento de los Servicios Educativos del Nivel Inicial en el Área Urbana del Distrito y Provincia de Abancay - Apurímac
Ubicación : Dist. Abancay, Prov. Abancay, Dpto. Apurímac

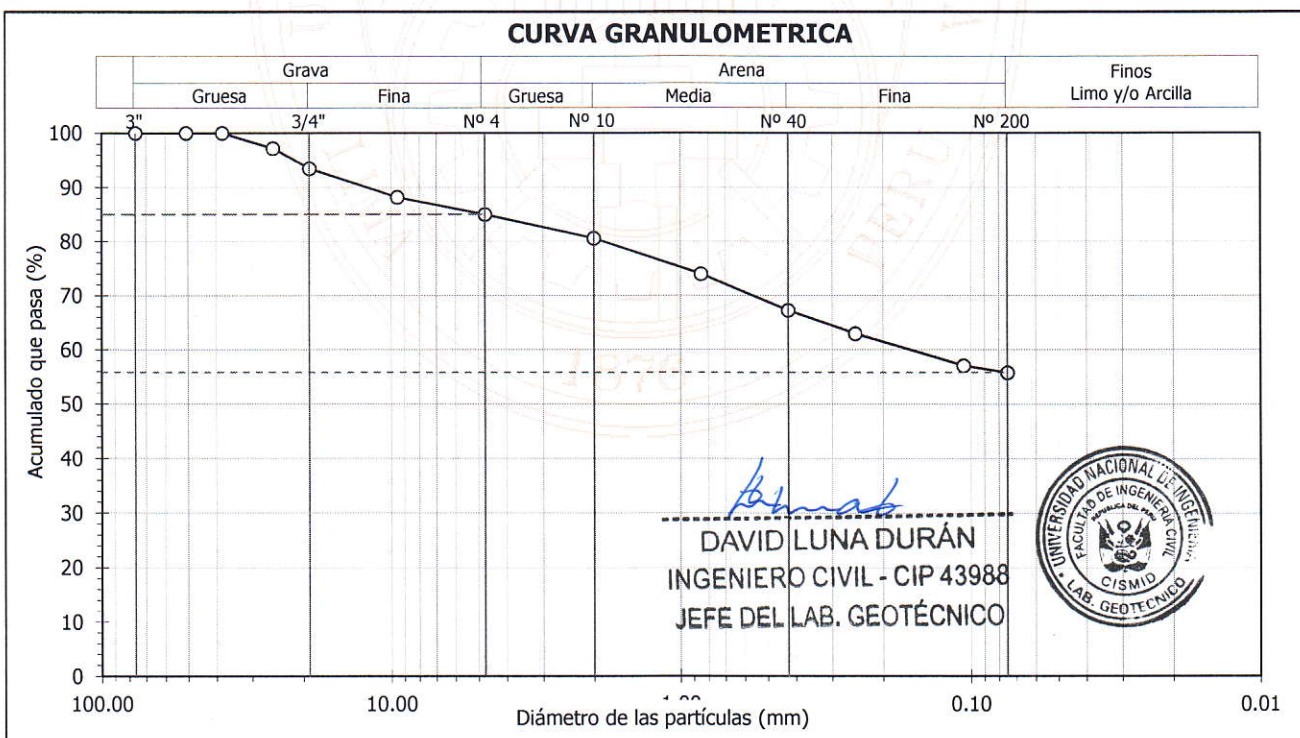
Sondaje : C - 2 // I.E.I. N° 145 Bellavista
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 1.10 - 3.00

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado - D422 | | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 97.2 |
| ¾" | 19.050 | 93.5 |
| 3/8" | 9.525 | 88.2 |
| N° 4 | 4.750 | 85.0 |
| N° 10 | 2.000 | 80.6 |
| N° 20 | 0.850 | 74.0 |
| N° 40 | 0.425 | 67.3 |
| N° 60 | 0.250 | 63.0 |
| N° 140 | 0.106 | 57.1 |
| N° 200 | 0.075 | 55.8 |

| Contenido de humedad - D2216 (%) | | |
|--|----------------------------------|----------|
| | | 5.5 |
| Límites de consistencia | Límite Líquido | (%) 42 |
| | Límite Plástico D4318 | (%) 24 |
| | Índice de Plasticidad | (%) 18 |
| Resultados de granulometría por tamizado | Límite de Contracción - D427 | (%) --- |
| | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [N° 4 < ϕ < 3"] | (%) 15.0 |
| | Arena [N° 200 < ϕ < N° 4] | (%) 29.2 |
| | Finos [ϕ < N° 200] | (%) 55.8 |

| Clasificación - D3282 / D2487 | |
|--|-----------|
| AASHTO | SUCS |
| A-7-6 (8) | CL |
| Arcilla delgada arenosa con grava | |



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID**



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D2216; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

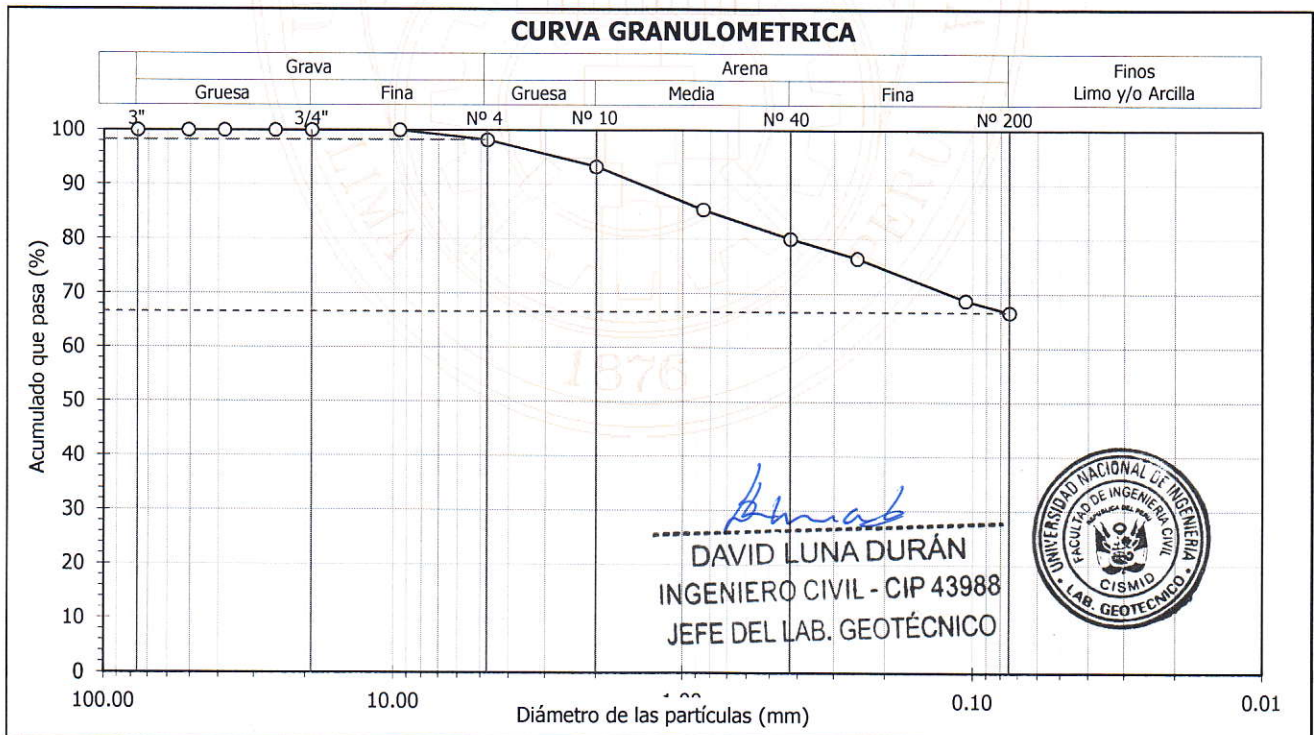
Informe : LG13-259 Fecha : Octubre, 2013
 Solicitante : CONSORCIO ABANCAY AVANZA
 Proyecto : Mejoramiento de los Servicios Educativos del Nivel Inicial en el Área Urbana del Distrito y Provincia de Abancay - Apurímac
 Ubicación : Dist. Abancay, Prov. Abancay, Dpto. Apurímac

Sondaje : C - 3 // I.E.I. N° 145 Bellavista Hoja : 1 de 1
 Muestra : M - 1
 Profundidad (m) : 0.30 - 1.10

| Granulometría por tamizado - D422 | | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 100.0 |
| ¾" | 19.050 | 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | 100.0 |
| N° 4 | 4.750 | 98.2 |
| N° 10 | 2.000 | 93.3 |
| N° 20 | 0.850 | 85.4 |
| N° 40 | 0.425 | 80.1 |
| N° 60 | 0.250 | 76.5 |
| N° 140 | 0.106 | 68.8 |
| N° 200 | 0.075 | 66.6 |

| Contenido de humedad - D2216 | | |
|--|----------------------------------|----------|
| | (%) | 11.7 |
| Límites de consistencia | Límite Líquido | (%) 38 |
| | Límite Plástico D4318 | (%) 24 |
| | Índice de Plasticidad | (%) 14 |
| | Límite de Contracción - D427 | (%) --- |
| Resultados de granulometría por tamizado | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [N° 4 < ϕ < 3"] | (%) 1.8 |
| | Arena [N° 200 < ϕ < N° 4] | (%) 31.6 |
| | Finos [ϕ < N° 200] | (%) 66.6 |

| Clasificación - D3282 / D2487 | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-6 (8) | CL Arcilla delgada arenosa |



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID**



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D2216; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

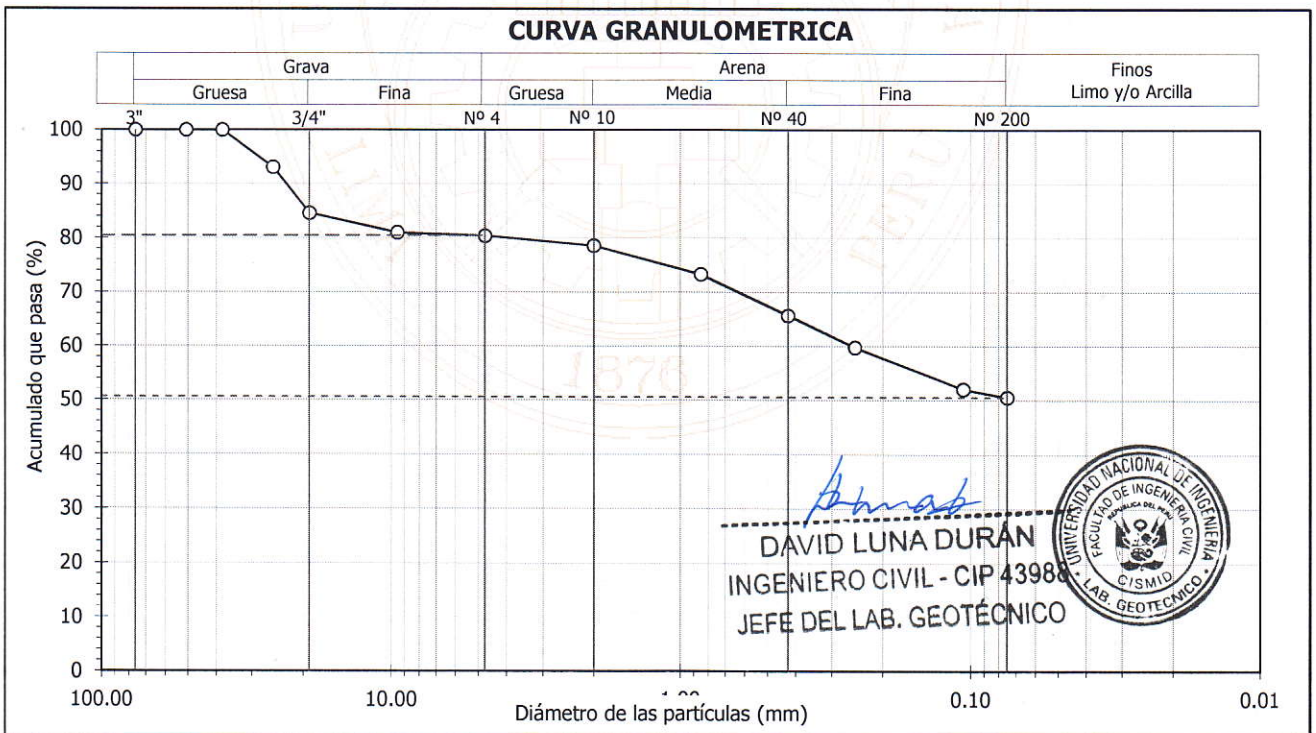
Informe : LG13-259 Fecha : Octubre, 2013
 Solicitante : CONSORCIO ABANCAY AVANZA
 Proyecto : Mejoramiento de los Servicios Educativos del Nivel Inicial en el Área Urbana del Distrito y Provincia de Abancay - Apurímac
 Ubicación : Dist. Abancay, Prov. Abancay, Dpto. Apurímac

Sondaje : C - 3 // I.E.I. N° 145 Bellavista Hoja : 1 de 1
 Muestra : M - 2
 Profundidad (m) : 1.10 - 2.20

| Granulometría por tamizado - D422 | | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 100.0 |
| 1" | 25.400 | 93.1 |
| ¾" | 19.050 | 84.6 |
| 3/8" | 9.525 | 81.0 |
| N° 4 | 4.750 | 80.4 |
| N° 10 | 2.000 | 78.6 |
| N° 20 | 0.850 | 73.3 |
| N° 40 | 0.425 | 65.7 |
| N° 60 | 0.250 | 59.8 |
| N° 140 | 0.106 | 52.1 |
| N° 200 | 0.075 | 50.6 |

| Contenido de humedad - D2216 | | (%) | 14.7 |
|--|----------------------------------|-----|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido | (%) | 39 |
| | Límite Plástico D4318 | (%) | 24 |
| | Índice de Plasticidad | (%) | 15 |
| Resultados de granulometría por tamizado | Límite de Contracción - D427 | (%) | --- |
| | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | | --- |
| | Grava [N° 4 < ϕ < 3"] | (%) | 19.6 |
| | Arena [N° 200 < ϕ < N° 4] | (%) | 29.8 |
| | Finos [ϕ < N° 200] | (%) | 50.6 |

| Clasificación - D3282 / D2487 | |
|--|-----------|
| AASHTO | SUCS |
| A-6 (5) | CL |
| Arcilla delgada arenosa con grava | |





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES - CISMID



LABORATORIO GEOTÉCNICO

ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FÍSICAS

(ASTM - D2216; D422; D4318; D427; D2487; D-3282)

Informe : LG13-259 Fecha : Octubre, 2013
Solicitante : CONSORCIO ABANCAY AVANZA
Proyecto : Mejoramiento de los Servicios Educativos del Nivel Inicial en el Área Urbana del Distrito y Provincia de Abancay - Apurímac
Ubicación : Dist. Abancay, Prov. Abancay, Dpto. Apurímac

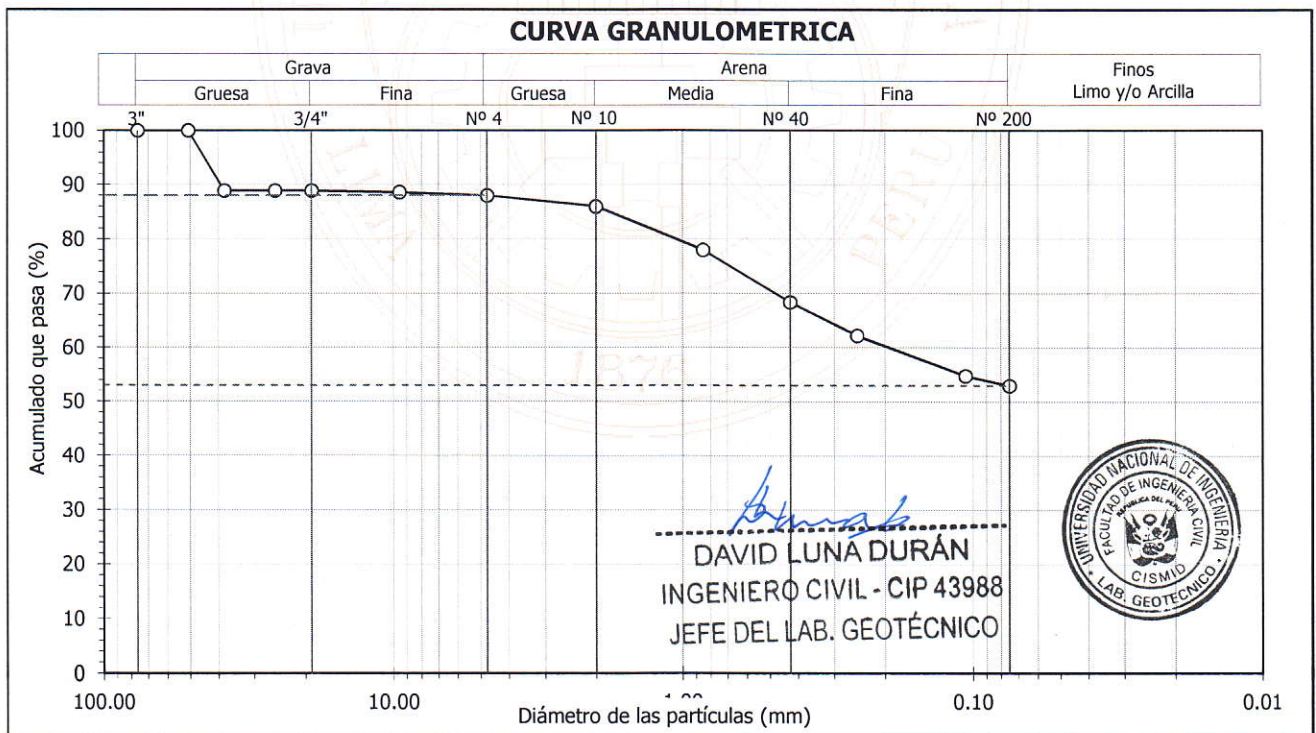
Sondaje : C - 3 // I.E.I. N° 145 Bellavista
Muestra : M - 3
Profundidad (m) : 2.20 - 3.00

Hoja : 1 de 1

| Granulometría por tamizado - D422 | | |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|
| Tamiz | Abertura (mm) | Acum. q' Pasa (%) |
| 3" | 76.200 | 100.0 |
| 2" | 50.800 | 100.0 |
| 1½" | 38.100 | 88.9 |
| 1" | 25.400 | 88.9 |
| ¾" | 19.050 | 88.9 |
| 3/8" | 9.525 | 88.6 |
| N° 4 | 4.750 | 88.0 |
| N° 10 | 2.000 | 86.0 |
| N° 20 | 0.850 | 78.0 |
| N° 40 | 0.425 | 68.4 |
| N° 60 | 0.250 | 62.2 |
| N° 140 | 0.106 | 54.8 |
| N° 200 | 0.075 | 53.0 |

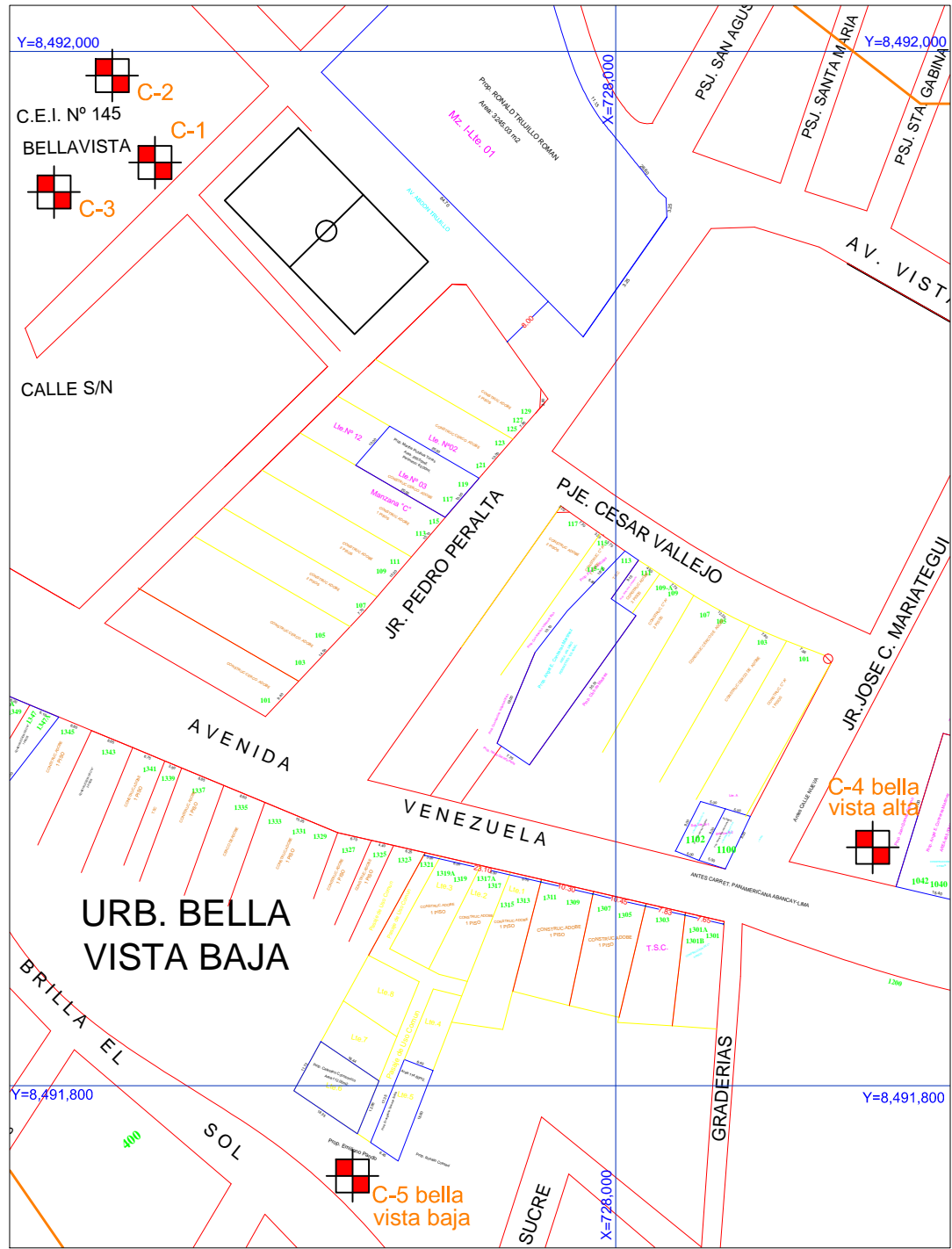
| Contenido de humedad - D2216 (%) | | 20.8 |
|--|--------------------------------------|------|
| Límites de consistencia | Límite Líquido (%) | 38 |
| | Límite Plástico D4318 (%) | 25 |
| | Índice de Plasticidad (%) | 13 |
| Resultados de granulometría por tamizado | Límite de Contracción - D427 (%) | --- |
| | Coefficiente de Uniformidad (Cu) | --- |
| | Coefficiente de Curvatura (Cc) | --- |
| | Grava [N° 4 < ϕ < 3"] (%) | 12.0 |
| | Arena [N° 200 < ϕ < N° 4] (%) | 35.0 |
| | Finos [ϕ < N° 200] (%) | 53.0 |

| Clasificación - D3282 / D2487 | |
|-------------------------------|------------------------|
| AASHTO | SUCS |
| A-6 (5) | ML Limo arenoso |



Observación : La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.

UBICACION DE CALICATAS



Y=8,492,000

Y=8,492,000

CALLE S/N

URB. BELLA VISTA BAJA

Y=8,491,800

Y=8,491,800

PANEL FOTOGRÁFICO - ESTUDIO DE SUELO



Foto A-1. La calicata Bella vista alta, extracción de muestra de suelo, se encuentra un suelo granular consistente en Grava Limosa, con presencia de arena y piedras medianas, de color marron rojizo oscuro (SM).



Foto A-2. La calicata Bella vista baja, extracción de muestra de suelo, se encuentra un suelo granular consistente en Arena Limosa, Arcillosa, con presencia de Grava, de color marron rojizo oscuro (SM-SC).



Foto A-3. Tamizado de la muestra de suelo



Foto A-4. Granulometría del suelo.

PANEL FOTOGRÁFICO – I.E.I. N° 145 BELLAVISTA



Foto A-5. La calicata C-1 fue ubicada en la margen izquierda del portón de ingreso a la institución Educativa I.E.I. N° 145 Bellavista



Foto A-6. En la Calicata C-1: De 0.00 a 0.30 m un estrato de Material orgánico limoso. De 0.30 a 1.10 m se encuentra un estrato de Arcilla delgada arenosa (CL). De 1.10 a 3.00 m se encuentra un estrato de Arcilla delgada arenosa (CL). El nivel freático se encuentra a una profundidad de 2.0 m.



Foto A-7. La calicata 02 se ubica en la parte frontal izquierda de las 02 aulas existentes en la Institución Educativa.



Foto A-8. En la Calicata C-2: De 0.00 a 0.30 m se encuentra un estrato de Material orgánico limoso. De 0.30 a 1.10 m se encuentra un estrato de Arcilla delgada arenosa con grava (CL). De 1.10 a 3.00 m se encuentra un estrato de Arcilla delgada arenosa con grava (CL). El nivel freático se encuentra a una profundidad 1.85 m.



Foto A-9. La calicata 03 se ubica en la parte frontal de un ambiente que se usa como almacén

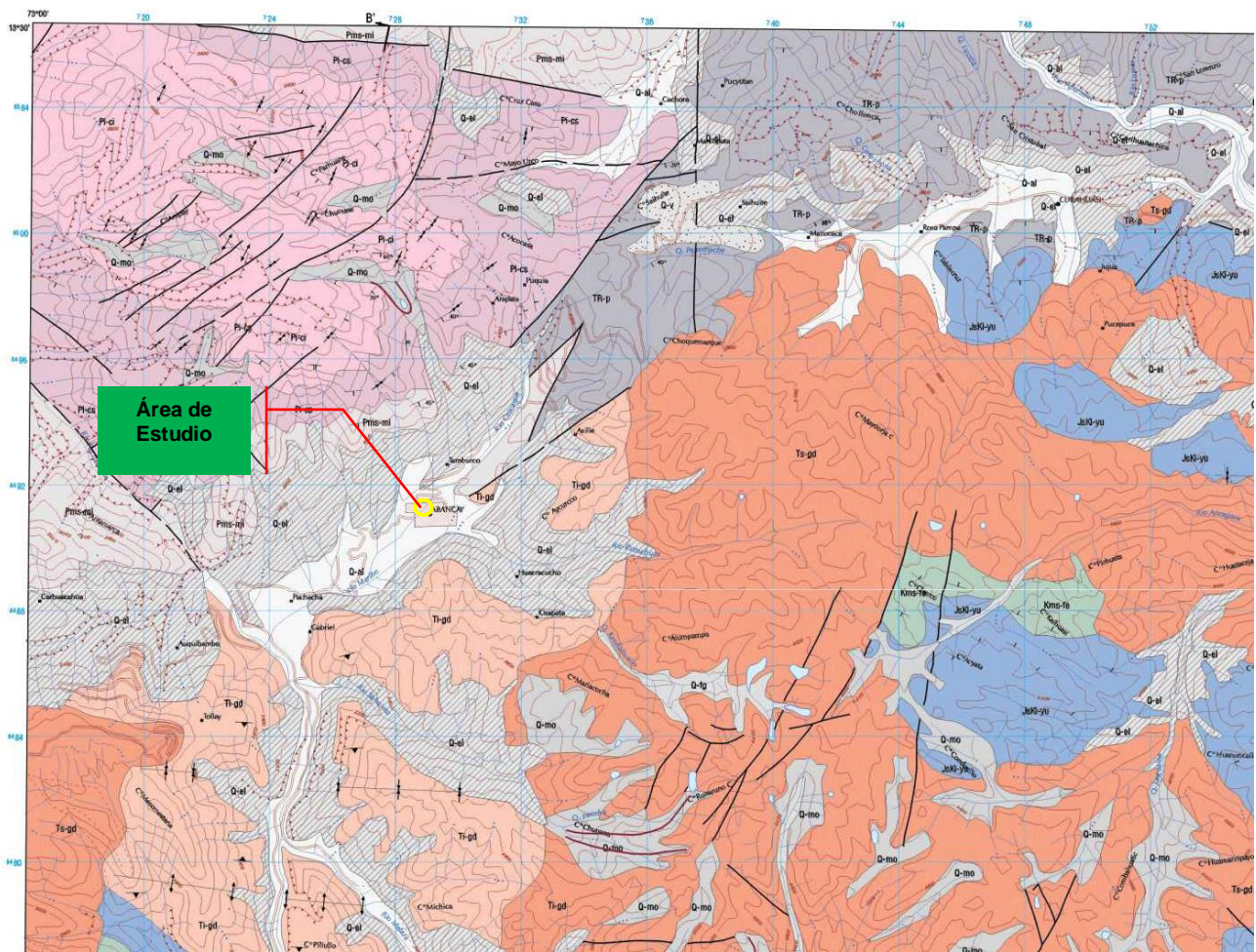


Foto A-10. En la Calicata C-3: De 0.00 a 0.30 m se encuentra un estrato de Material orgánico limoso. De 0.30 a 1.10 m se encuentra un estrato Arcilla delgada arenosa (CL). De 1.10 a 2.20 m se encuentra la Arcilla delgada arenosa con grava (CL). De 2.20 a 3.00 m se encuentra Limo Arenoso (ML). El nivel freático se encuentra a una profundidad de 2.20 m



ANEXO B

MAPA GEOLÓGICO DE ABANCAY



LEYENDA

| EDAD | FORMACIONES Y EVENTOS GEO-HISTORICO | ROCAS SED. Y VOLC. | ROCAS INTRUSIVAS |
|-------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|
| CUATERNARIO | Eluviones | Q-el | |
| | Aluviales | Q-al | |
| | Volcánicos | Q-v | |
| | Fluvioglaciales | Q-fg | |
| | Morrenicos | Q-mo | |
| TERCIARIO | DISCORDANCIA ANG | | Ts-gd Tl-gd |
| | Capas Rojas | Ks-tr | |
| MEZODIICO | EMERSON Y EROSION | Kme-le | |
| | Fin. Fernambuco | | |
| | Gpo. Yura | Jkly-yu | |
| | INFERIOR | Gpo. Pucará | TR-p |
| PALEODIICO | Gpo. Mita | Prms-mi | |
| | EMERSON | Ps-os | |
| | Gpo. Copacabana | Ps-cl | |



REPUBLICA DEL PERU
 MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
 INSTITUTO DE GEOLOGIA Y MINERIA
MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE ABANCAY
 DEPARTAMENTO DE APURIMAC
 Por: R. Marocco, M. Del Pino y H. Ferro
 ESCALA 1:100,000

1977
 VERSION DIGITAL, 1999

INDICE DE CUADRÁNGULOS

| | | |
|---------------------|-------------------|--------------------|
| 27-p | 27-q | Anta 27-r |
| Andahuaylas 28-p | Abancay 28-q | Cotabambas 28-r |
| Chalhuanca 29-p | Antabamba 29-q | Sto. Tomas 29-r |

Figura B-1: Mapa geológico de Abancay - Apurimac (INGEMMET).



ANEXO C

FORMATO DE CAMPO PARA EL ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS



No. Edificación _____ Fecha _____

Dirección _____

Observaciones

1. Organización del sistema resistente _____

2. Calidad del sistema resistente _____

3. Resistencia convencional _____

Número de pisos (**N**) _____

Área total cubierta (**At**) _____ m²

Área resistente sentido x, (**Ax**) _____ m²

sentido y, (**Ay**) _____ m²

Resist. cortante mampostería (**τk**) _____ ton/m²

Altura promedio de entrepisos (**h**) _____ m

Peso específico de la mampostería (**Pm**) _____ Ton/m³

peso por unidad de área diafragma (**Ps**) _____ (ton/m²)

4. Posición del edificio y cimentación _____

5. Diafragmas horizontales _____

6. Configuración en Planta _____

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \text{_____} \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \text{_____}$$

7. Configuración en elevación _____

± ΔA/A _____

± ΔM/M _____

8. Distancia máxima entre los muros _____

L/S _____

9. Tipo de cubierta _____

10. Elementos no estructurales _____

11. Estado de conservación _____



ANEXO D

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS



ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE LA VIVIENDA EN A.V VENEZUELA S/N.

1. Organización del sistema resistente

- A. Cumple con la norma E-070.
 - B. No cumple con al menos un requisito de la norma E – 070.
 - C. Presenta vigas y columnas que confinan solo parcialmente los muros portantes debido a deficiencias en el proceso constructivo.
 - D. Sin vigas y columnas de confinamiento o autoconstrucción sin ningún tipo de orientación técnica. Paredes ortogonales deficientemente conectadas.
- Para definir el grado A, B, C o D de la vivienda, se recorrió a la observación y visita en situ.



Foto D-1: Organización del sistema estructural -

La clasificación asignada a la vivienda es **(D)**. Sin vigas y columnas de confinamiento o autoconstrucción sin ningún tipo de orientación técnica.

2. Calidad del sistema resistente

- A: El sistema resistente del edificio presenta las siguientes tres características:
- Ladrillo de buena calidad con piezas homogéneas y de dimensiones constantes en toda el área del muro.
 - Adecuado trabazón (amarre) entre las unidades de albañilería.
 - Mortero de buena calidad con espesor entre 1 y 1.5 cm.
- B: El sistema resistente del edificio no presenta una de las características de la clase A.



C: El sistema resistente del edificio no presenta dos de las características de la clase A.

D: El sistema resistente no presenta ninguna de las características de la clase A.

De acuerdo con la visita de campo realizada se observó, bloquetas de concreto no homogéneas morteros mayores de 2 cm.

La clasificación asignada es **(D)**.



Foto D-1: Juntas mayores a 2 cm.

3. Resistencia convencional

- A) Edificio con $\alpha_m \geq 1$.
- B) Edificio con $0.6 \leq \alpha_m < 1$.
- C) Edificio con $0.4 \leq \alpha_m < 0.6$.
- D) Edificio con $\alpha_m < 0.4$.

Verificación de densidad de muro

Dirección x

| Muro | L | t | L.t |
|-----------|--------------|-----------|----------------|
| | m | m | m ² |
| x1 | 0,65 | 0,12 | 0,08 |
| x2 | 0,65 | 0,12 | 0,08 |
| x3 | 0,26 | 0,12 | 0,03 |
| Lx | 1,560 | Ax | 0,187 |



Dirección y

| Muro | L | t | L.t |
|-----------|--------------|-----------|--------------|
| | m | m | m2 |
| y1 | 4,90 | 0,40 | 1,96 |
| y2 | 4,90 | 0,12 | 0,59 |
| Ly | 9,800 | Ay | 2,548 |

Área en planta: Lx= Ly= Ap = 31,34

PARAMETROS SISMICOS

| | | |
|----|------|-------------------------|
| Z= | 0,25 | Zona |
| U= | 1 | categoría de edificio |
| C= | 2,5 | factor de amplificación |
| S= | 1,4 | suelos blando |
| R= | 3 | sistema estructural |
| N= | 3 | Nº de pisos |

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

EN DIRECCION X-X

0,0060 ≥ 0,0125 No cumple

EN DIRECCION Y-Y

0,0813 ≥ 0,0125 Cumple

CALCULO DE LA RESISTENCIA CONVENCIONAL

Calculo de coeficiente sísmico C

$$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k (1 + \gamma)}}$$

$$q = \frac{(A + B)h}{A_t} \cdot P_m + P_s$$



Datos:

| | |
|---|--------|
| N= número de pisos | : 3 |
| τ_k : resistencia a corte de los paneles de mampostería (ton/m ²) | : 5 |
| At = Área total construida en planta (m ²) | :31,34 |
| h = altura promedio de entrepisos (m) | : 3,10 |
| Pm = peso específico de la mampostería (ton/m ³) | : 4 |
| Ps = peso por unidad de área del diafragma (ton/m ²) | : 3,35 |
| C1= Coeficiente sísmico | : 0,2 |
| Ax, Ay = son las áreas totales de muros resistentes en la dirección X e Y (m ²) | |

CALCULOS

| | | |
|-----------|--------------|--------------|
| Lx | Ancho | Ax |
| 1,560 | 0,12 | 0,187 |
| Ly | Ancho | Ay |
| 9,800 | 0,40 | 2,548 |

$$A = \min(Ax, Ay) = 0,19$$

$$B = \max(Ax, Ay) = 2,55$$

$$a_0 = \frac{A}{A_t} = 0,01$$

$$\gamma = \frac{A}{B} = 0,07$$

$$q = \frac{(A + B)h}{A_t} \cdot P_m + P_s = 1,42$$

$$C = \frac{a_0 \cdot \tau_k}{q \cdot N} \sqrt{1 + \frac{q \cdot N}{1.5 \cdot a_0 \cdot \tau_k (1 + \gamma)}}$$

$$C = 0.08$$

$$\therefore \alpha_m = \frac{C}{C1} = 0.41$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, se tiene que la estructura clasificaría en este parámetro como **(C)**, puesto que el valor de α_m esta en el rango de $0.4 \leq \alpha_m < 0.6$.



4. Posición del edificio y de la cimentación

Para la clasificación de este parámetro se tienen en cuenta 3 aspectos muy importantes a la hora de seleccionar una opción, los cuales son:

- La consistencia y pendiente del terreno.
- La eventual ubicación de la cimentación a diferente cota.
- La presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

La vivienda esta cimentada sin proyecto aprobado ni asesoría técnica. Presencia de sales y humedad, con pendiente mayor al 30%, sobre suelo con características arcilla delgada, arena con grava y limo arena arcillosa clasificación según SUCS CL y ML estos estudios de suelos fueron realizados por la municipalidad de Abancay (Ciudades Sostenibles). La diferencia de las cotas de fundación es mayor a 1 metro. Presencia de empujes de tierra debido a un terraplén.



Foto D-3: Muro soportando el empuje lateral del terreno sin diseño para actuar bajo este efecto.



Foto D-4: Fundación en desnivel mayor a 1m.



Por las características de suelo, pendiente pronunciada y desnivel de columnas como se muestra en la fotografía, la clasificación asignada a la vivienda es (C).

5. Diafragmas horizontales

Para este parámetro se tienen en cuenta tres características muy importantes las cuales son:

- Ausencia de plano a desnivel.
- Deformabilidad despreciable en el plano del diafragma.
- Conexión eficiente entre el plano del diafragma y el panel.

Los elementos horizontales actúan distribuyendo las fuerzas laterales entre elementos resistentes verticales (muros resistentes al cortante). Un diafragma es un sistema estructural que amarra los muros de la estructura de manera que actúan como un conjunto. El entrepiso y la cubierta pueden considerarse como diafragmas cuando cumplan una serie de requisitos que garanticen su efectividad.

El diafragma, debido a la rigidez que tiene en su propio plano, distribuye las fuerzas sísmicas entre los diferentes muros, haciendo que el muro trabaje únicamente en su dirección longitudinal. Para que un diafragma sea efectivo debe ser suficientemente rígido y resistente y además debe estar adecuadamente amarrado a los elementos verticales que resisten las fuerzas. Los diafragmas los constituyen la viga de cimentación y la viga de amarre, conformando recuadros cerrados que a su vez forman los espacios de la vivienda.



Foto D-5: Diafragma del 1er nivel con madera, con losa aligerada en el 2do nivel y con conexión deficiente.

La calificación según las características observadas de la vivienda es **(D)**.

6. Configuración en planta $\beta_1 = a/L$:

- A. Edificio con $0.8 \leq \beta_1$ ó $\beta_2 \leq 0.1$
- B. Edificio con $0.6 \leq \beta_1 < 0.8$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con $0.4 \leq \beta_1 < 0.6$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $\beta_1 < 0.4$ ó $0.3 < \beta_2$

De acuerdo con las condicionales de forma se tiene el siguiente plano:

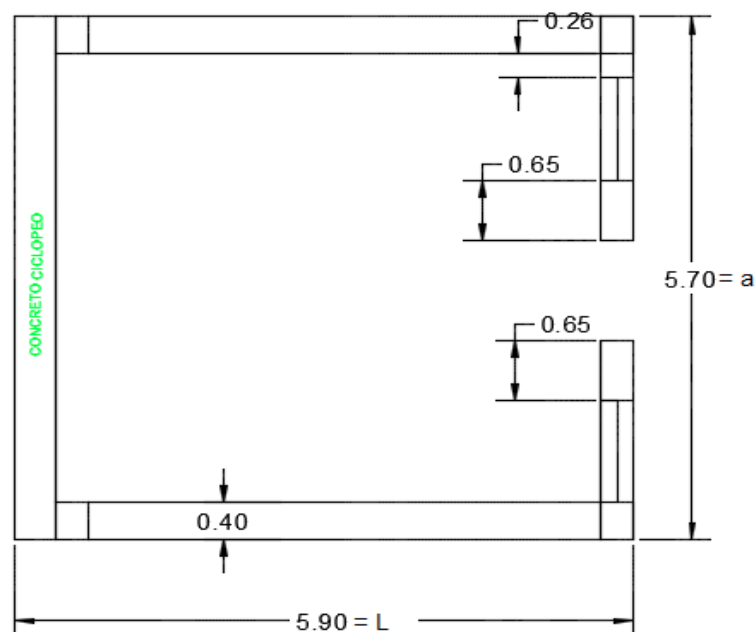


Foto D-6: Configuración en planta de la vivienda



| CONFIGURACIÓN EN PLANTA | LONGITUD (m) |
|-------------------------------------|--------------|
| a: ancho del edificio | 5.70 |
| L: largo del edificio | 5.90 |
| b: longitud de recorte del edificio | 0.00 |

$$\beta_1 = \frac{a}{L} \wedge \beta_2 = \frac{b}{L}$$

$$\therefore \boxed{\beta_1 = 0.97}$$

A partir del criterio que destaca el método trabajado, donde B1 se encuentra mayor que 0.8, la vivienda se clasifica como **(A)**, es decir de configuración en planta regular mas no ideal.

7. Configuración en elevación

Para este parámetro se analizan 3 aspectos muy importantes como lo son:

- Si son dos o más pisos se debe realizar la relación de áreas entre los dos pisos.
- Se debe verificar si hay porches y si es así, sacar el porcentaje con que cuenta este elemento con relación a toda el área en planta.
- Hay que medir si hay torretas es decir elevaciones que no tienen ningún fin estructural, como chimeneas, y compararlas con la altura total de la edificación.

De acuerdo con las condicionales de forma en altura se tiene que:

| Configuración en Elevación | |
|----------------------------------|----------------------|
| T: Distancia de la irregularidad | 0 |
| H: Altura total del Edificio | 3.10 m |
| A: Área del piso bajo | 31.34 m ² |
| ΔA: Cambio de área de pisos | 39,30 m ² |
| Área del porche | 0 |

| T/H | ΔA/A | Δporche |
|-----|------|---------|
| 0 | 26 % | 0 |

En este aspecto de la vivienda se cataloga de acuerdo cálculos anteriores como de clasificación **(C)**.



8. Distancia máxima entre los muros L/S

- A: Edificio con $L/S < 15$
- B: Edificio con $15 \leq L/S < 18$
- C: Edificio con $18 \leq L/S < 25$
- D: Edificio con $L/S \geq 25$

Datos:

| DISTANCIA ENTRE LOS MUROS | LONGITUD (m) |
|---|--------------|
| L: espaciamiento de los muros transversales | 4.90 |
| S: Espesor del muro maestro | 0.40 |

$$\frac{L}{S} = \frac{4.90}{0.40}$$

$$\therefore \beta_1 = 12.25$$

La relación entre la distancia entre los muros transversales y el espesor del muro maestro indica que es 12.25 y por lo tanto se encuentra menor que 15 y se clasifica como (A).

9. Tipo de cubierta

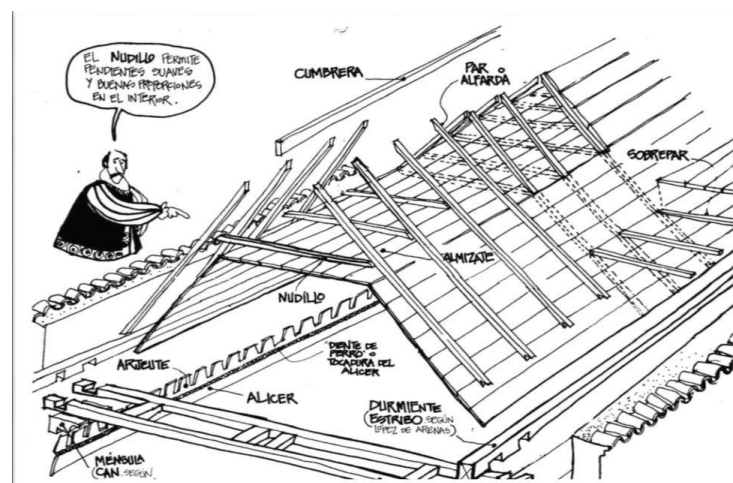


Foto D-7: Tipo de cubierta en forma de par y nudillo.
Fuente. (Covo, 1988)

Para este parámetro se precisó en 4 aspectos muy importantes, los cuales son: la estabilidad de la cubierta, si se encuentra bien sujeta a las paredes ortogonales, su pendiente y si posee viga cumbrera. En esta edificación se



observó que se maneja una cubierta que no es tipo “par y nudillo” si no comúnmente llamado por los albañiles techo de “media agua”, en la cual se observa tijerales y correas hecha de madera que no se encuentran bien sujetas a las paredes ortogonales. A partir de lo anterior se puede decir que la mejor forma de describir esta edificación es con la clasificación (C) debido a que a pesar de que posee una losa aligerada en el tercer nivel se puede observar la azotea con un techo de calamina que no está sujeta a las paredes ortogonales.



Foto D-8: Detalle de la cubierta de las viviendas.

10. Elementos no estructurales

- A. Edificación que no contenga elementos no estructurales mal conectados al sistema resistente.
- B. Edificación con balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.
- C. Edificación con balcones y parapetos mal conectada al sistema resistente. Elementos deteriorados debido a su antigüedad.
- D. Edificación que presenta tanques de agua o cualquier otro tipo de elemento en el techo, mal conectado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que se pueden desplomar en caso de un evento sísmico. Edificio con balcones contruidos posteriormente a la estructura principal y conectada a ésta de modo deficiente y en mal estado.



Este parámetro se basa en los elementos no estructurales que podrían hacer daño a las personas en caso de que ocurra algo. Para esto se deben comprobar que la edificación posea los siguientes aspectos:

- Elementos no estructurales bien conectados al sistema resistente.
- Edificación con balcones y parapetos bien conectados al sistema resistente.

La vivienda como se puede observar los muros no están bien conectados al sistema resistente, es por esto que se clasifica a la vivienda como **(C)**, por lo que presenta algunos elementos de pequeña dimensión como cornisas y parapetos que se puede observar con deficiente conexión a los muros.

11. Estado de conservación

En este parámetro, se califica de manera visual la presencia de desperfectos internos de la vivienda, así como posibles irregularidades debido a fallas en el proceso constructivo, así como también la antigüedad de la vivienda, ya que estos pueden arriesgar la capacidad del sistema resistente vertical y lateral.

Los tipos más comunes de deterioros que se encuentran, son los causados por el agua, el viento, el sol, los elementos vegetales, el suelo y los desastres naturales, el detalle para cada tipología se presenta a continuación:

La vivienda se clasifica como **(C)** por presenciar fisuras de 2 mm a 3mm en algunos muros, además se encuentran paredes sin unidades de albañilería y estado de conservación deteriorado.



Foto D-9: Fisuras en muros



RESUMEN DEL ANÁLISIS DE LA VIVIENDA EN A.V VENEZUELA S/N

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi |
|---|----------|---|----|----|---------------|
| | A | B | C | D | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1,00 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | | 45 | 0,25 |
| 3. Resistencia convencional. | | | 25 | | 1,50 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0,75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | | 45 | 1,00 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0,50 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1,00 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | 0 | | | | 0,25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1,00 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0,25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1,00 |
| TOTAL | | | | | 268,75 |

Cuadro D-1: Resultados de la vivienda evaluada

Para ubicarlo en una escala normalizada entre 0 y 100 se dividió entre 382,5 y se obtuvo:

$$IV = 268,75/382,5$$

$$IV = 71\%$$

Como el valor es mayor al 40%, entonces esta vivienda presenta un grado de vulnerabilidad sísmico alto. Con mayor probabilidad de falla total o que presentan daños muy severos en su estructuración, y requieren grandes reparaciones o necesita la demolición, pues presentan más de 70 % de daños en total, además de ocasionar heridos graves y peligro de muerte a sus ocupantes.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD DE LOS 48 VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS



RESULTADO DEL ANALISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 140 |

Cuadro D-2: Resultado de la vivienda N° 1



FOTO D-10: Se observa la fachada de la vivienda evaluada.



No. Edificación 02 Fecha Junio - 2016

Dirección S.R. LOS SANCES S/N

Observaciones

Las cajas ortogonales se encuentran en la viga, el ancho de viga es variado de 6 a 10 cm.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 64.13 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 3.25 m²
 sentido y, (Ay) 0.89 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.50 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{C}{C_1} = 1.16$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales B
 6. Configuración en Planta C

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{12.10}{530} = 0.40 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$$

7. Configuración en elevación A

$\pm \Delta A/A$ 0%

$\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D

L/S 5.07/0.15 = 33.80

9. Tipo de cubierta A
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANALISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 85 |

Cuadro D-3: Resultado de la vivienda N° 2



FOTO D-11: Se observa la fachada y falta de confinamiento de la vivienda evaluada.



RESULTADO DEL ANALISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 197.5 |

Cuadro D-4: Resultado de la vivienda N° 3



FOTO D-12: Se observa la fachada



No. Edificación 04 Fecha Junio - 2016

Dirección AV VISTA BLEGRE SAJ

Observaciones

Vivienda sin junta sísmica, balcones y parapetos mal conectados al sistema resistente, parapetos mal construidos q pueden desplomarse.

1. Organización del sistema resistente B
 2. Calidad del sistema resistente B
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 54.50 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.16 m²
 sentido y, (Ay) 2.23 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.40 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_s} = 1.42$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales B
 6. Configuración en Planta C

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{5}{10.50} = 0.50 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$$

7. Configuración en elevación A

$\pm \Delta A/A$ 3%

$\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S 4.76/0.12

9. Tipo de cubierta A
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|-----------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 85 |

Cuadro D-5: Resultado de la vivienda N° 4



FOTO D-13: Se observa la fachada, vivienda sin junta sísmica.



No. Edificación 05 Fecha Junio - 2016

Dirección AV VISTA ALEGRE 3/A

Observaciones

la vivienda esta construida sin vigas de amarre en el segundo nivel y columnas discontinuas.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 27.35 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.87 m²
 sentido y, (Ay) 1.48 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.50 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales B
 6. Configuración en Planta A

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.85}{5.64} = 0.86 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Configuración en elevación B

$\pm \Delta A/A$ 12%

$\pm \Delta M/M$ -

8. Distancia máxima entre los muros C
 L/S $2.92/0.12 = 24.33$

9. Tipo de cubierta A
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación D



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0.5 | 0 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | | 45 | 1 | 45 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 112.5 |

Cuadro D-6: Resultado de la vivienda N° 5



FOTO D-13: Se observa la vivienda con diferentes problemas en proceso de construcción.



No. Edificación 06 Fecha Junio - 2016
 Dirección J.R. ABDON TRUJILLO S/N

Observaciones
Vivienda ubicada en una pendiente pronunciada y con una fricción superficial.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente B
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 36.23 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.76 m²
 sentido y, (Ay) 1.44 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.30 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_d} = 1.89$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales B
 6. Configuración en Planta B

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.50}{8.01} = 0.60$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

7. Configuración en elevación B
 $\pm \Delta A/A$ 18%
 $\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S $\frac{4.13}{0.12} = 34.42$

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 117.5 |

Cuadro D-7: Resultado de la vivienda N° 6



FOTO D-14: Se observa la fachada de la vivienda.



No. Edificación 07 Fecha Junio - 2016
 Dirección S.R. ADOON TRUJILLO S/A

Observaciones
Vivienda con aceros expuesta a la intemperie, junta mayor a 2cm, y con una capa fricción superficial

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente G
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 31.23 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.27 m²
 sentido y, (Ay) 1.19 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.40 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = c/c_1 = 1.83$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales G
 6. Configuración en Planta C

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.03}{7.75} = 0.50$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

7. Configuración en elevación B
 $\pm \Delta A/A$ 15 %
 $\pm \Delta M/M$

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S 3.80/0.12 = 31.67

9. Tipo de cubierta G
 10. Elementos no estructurales G
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------------------------------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| | | | | | INDICE DE VULNERABILIDAD | 132.5 |

Cuadro D-8: Resultado de la vivienda N° 7



FOTO D-15: Se observa la fachada de vivienda y la falta de arriostre de muros.



No. Edificación 08 Fecha Junio - 2016
 Dirección Pro. VISTA ALEGRE S/N

Observaciones
No hay continuidad de muros de entrepisos, mano de obra deficiente y muros sin confinar

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente D
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 38.34 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 2.92 m²
 sentido y, (Ay) 1.37 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.50 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.79$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales D
 6. Configuración en Planta C

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{3.96}{0.14} = 28.29$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

7. Configuración en elevación C
 $\pm \Delta A/A$ 20%
 $\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros C
 L/S

9. Tipo de cubierta A
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación D



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------------------------------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| | | | | | INDICE DE VULNERABILIDAD | 152.5 |

Cuadro D-9: Resultado de la vivienda N° 8



FOTO D-16: Se observa la fachada de vivienda, con falta de continuidad de muros.



No. Edificación 09 Fecha Junio - 2016

Dirección PS3. SIN NOMBRE

Observaciones

Edificación con parapetos mal conectados al sistema resistente y juntas sísmicas.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente B
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 76.95 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 175 m²
 sentido y, (Ay) 3.31 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.65 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{C}{C_1} = 1.12$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta A

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{8.10}{9.50} = 0.90 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$$

7. Configuración en elevación C

$$\pm \Delta A/A \quad \underline{20\%}$$

$$\pm \Delta M/M \quad \underline{\quad}$$

8. Distancia máxima entre los muros D

$$L/S \quad \underline{3.93/0.14 = 28.07}$$

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 137.5 |

Cuadro D-10: Resultado de la vivienda N° 9



FOTO D-17: Se observa la fachada y asentado de muros con juntas variables (0-5cms)



No. Edificación 10 Fecha Junio-2016
 Dirección PSS- SIN NOMBRE

Observaciones
Vivienda sin junta sísmica, mano de obra deficiente y aceros expuestos a la intemperie.

1. Organización del sistema resistente G
 2. Calidad del sistema resistente G
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 8194 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 3.0 m²
 sentido y, (Ay) 3.82 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.70 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 αm = 1.08

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales G
 6. Configuración en Planta G

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{5.44}{12.40} = 0.40$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \frac{1.56}{12.40} = 0.10$

7. Configuración en elevación C
 ± ΔA/A 3%
 ± ΔM/M —

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S 5.33/0.14 = 38.07

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 162.5 |

Cuadro D-11: Resultado de la vivienda N° 10



FOTO D-18: Se observa la fachada, vivienda sin junta sísmica.



No. Edificación 11 Fecha Junio - 2016
 Dirección Jr. Manuel ROBLES S/M

Observaciones
vivienda con parapetos no conectados al sistema resistente.

- Organización del sistema resistente C
- Calidad del sistema resistente C
- Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 42.06 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 186 m²
 sentido y, (Ay) 1.80 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.80 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{C}{C_v} = 1.41$

- Posición del edificio y cimentación D
- Diafragmas horizontales C
- Configuración en Planta B

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{560}{751} = 0.70$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

- Configuración en elevación C
 $\pm \Delta A/A$ 28%
 $\pm \Delta M/M$ —
- Distancia máxima entre los muros D
L/S 6.10/0.14 = 43.57
- Tipo de cubierta C
- Elementos no estructurales C
- Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 177.5 |

Cuadro D-12: Resultado de la vivienda N° 11



FOTO D-19: Se observa la fachada, con fallencias constructivas.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 152.5 |

Cuadro D-13: Resultado de la vivienda N° 12.



FOTO D-20: Se observa la fachada de la vivienda.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 162.5 |

Cuadro D-14: Resultado de la vivienda N° 13.

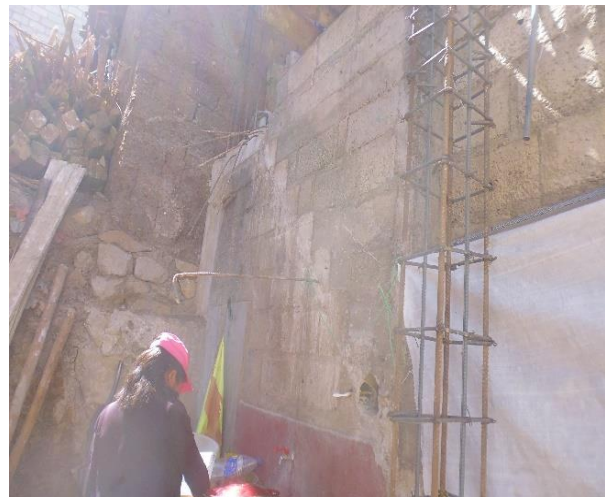


FOTO D-21: Se observa la fachada de la vivienda y el deterioro del muro.



No. Edificación 14 Fecha Junio - 2016
 Dirección SR JOSE C MARIATEGUI S/M
 Observaciones
Muros no conectados al sistema resistente y con
aceros expuestos a la intemperie.

1. Organización del sistema resistente D
 2. Calidad del sistema resistente D
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 51.36 m²
 Área resistente sentido x. (Ax) 2.77 m²
 sentido y. (Ay) 3.74 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.70 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.57$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta C

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{5.11}{10.05} = 0.50$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

7. Configuración en elevación A
 $\pm \Delta A/A$ 8%
 $\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S 4.81 / 0.14 = 34.36

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 162.5 |

Cuadro D-15: Resultado de la vivienda N° 14.



FOTO D-21: Se observa la fachada de la vivienda, losa en desnivel y errores arquitectónicos.



No. Edificación 15 Fecha Junio - 2016

Dirección AV VENEZUELA S/N

Observaciones

Vivienda ubicada en una pendiente pronunciada, no mantiene continuidad del ancho de la columna

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente D
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 51.10 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 3.15 m²
 sentido y, (Ay) 2.77 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.80 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{C}{CI} = 1.56$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales D
 6. Configuración en Planta B

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{7}{10.02} = 0.70 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \text{---}$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 37%

$\pm \Delta M/M$ ---

8. Distancia máxima entre los muros D

L/S 6.70/0.14 = 47.86

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales G
 11. Estado de conservación G



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 157.5 |

Cuadro D-16: Resultado de la vivienda N° 15.



FOTO D-22: Se observa la fachada de la vivienda, y empuje de tierra.



No. Edificación 16 Fecha Junio - 2016

Dirección AV VENEZUELA S/N

Observaciones

Techo de acceso colocado en la azotea azotea sin conexión al sistema resistente, muro deteriorado

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 29.79 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.18 m²
 sentido y, (Ay) 0.84 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.60 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{C}{C_1} = 1.22$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales B
 6. Configuración en Planta D

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{3.79}{13.60} = 0.30 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \frac{3.43}{13.60} = 0.30$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 32%

$\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D

L/S 7.58/6.14 = 59.14

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales D
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | | | 45 | 0.5 | 22.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 160 |

Cuadro D-17: Resultado de la vivienda N° 16.



FOTO D-23: Vivienda que carece de simetría en planta y con mano de obra deficiente.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0.5 | 0 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 150 |

Cuadro D-18: Resultado de la vivienda N° 17.



FOTO D-24: Se observa la fachada de la vivienda.



No. Edificación 18 Fecha Junio - 2016

Dirección Jr. JOSE DE LA MESA S/N

Observaciones

Vivienda construida con mampostería superficial.

1. Organización del sistema resistente B
 2. Calidad del sistema resistente B
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 54.50 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.62 m²
 sentido y, (Ay) 2.23 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.40 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.42$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta B

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{5}{10.50} = 0.50 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \text{---}$$

7. Configuración en elevación A

$$\pm \Delta A/A \quad \underline{3\%}$$

$$\pm \Delta M/M \quad \underline{\text{---}}$$

8. Distancia máxima entre los muros C

$$L/S \quad \underline{4.73/0.14 = 33.79}$$

9. Tipo de cubierta A
 10. Elementos no estructurales B
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|---|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 15 | | 0.25 | 3.75 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 15 | | 0.75 | 11.25 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 15 | | 0.25 | 3.75 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | 0 | | | 0.25 | 0 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 43.75 |

Cuadro D-19: Resultado de la vivienda N° 18.



FOTO D-25: Se observa la fachada de la vivienda, con estado de conservación buena.



No. Edificación 19 Fecha Junio - 2016

Dirección Sr JOSE A SUCRE S.M

Observaciones

vivienda construida sobre un relleno no controlado.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente B
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 28.25 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.96 m²
 sentido y, (Ay) 1.60 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entresijos (h) 28.25 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 2.53$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales A
 6. Configuración en Planta C

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{5.30}{12.10} = 0.40 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$$

7. Configuración en elevación D
 $\pm \Delta A/A$ 11%
 $\pm \Delta M/M$ —
 8. Distancia máxima entre los muros C
 LS $\frac{2.33}{0.14} = 16.64$
 9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales D
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 132.5 |

Cuadro D-20: Resultado de la vivienda N° 19.



FOTO D-26: Se observa la fachada de la vivienda, con deficiente distribución de masa.



No. Edificación 20 Fecha Junio - 2016
 Dirección AV BRILLA EL SOL

Observaciones
NO existe continuidad de muros, muros sin confinamiento.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 53.31 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.57 m²
 sentido y, (Ay) 2.66 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.55 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 0.83$

4. Posición del edificio y cimentación G
 5. Diafragmas horizontales G
 6. Configuración en Planta G

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.60}{11.30} = 0.40 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

7. Configuración en elevación A
 $\pm \Delta A/A$ 27%
 $\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S 4.30/0.14 = 30.71

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 127.5 |

Cuadro D-21: Resultado de la vivienda N° 20.



FOTO D-27: Se observa la fachada de la vivienda, con deficiente distribución en planta.



No. Edificación 21 Fecha Junio - 2016

Dirección AV. VENEZUELA S/M

Observaciones

viviendo soportando empuje lateral del suelo, no hay verticalidad de la vivienda.

1. Organización del sistema resistente D
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 64.53 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.58 m²
 sentido y, (Ay) 2.31 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.45 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 0.97$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales B
 6. Configuración en Planta D

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{2.63}{12.10} = 0.20 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 18%

$\pm \Delta M/M$

8. Distancia máxima entre los muros D

L/S 3.64/0.14 = 26.36

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales D
 11. Estado de conservación D



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|---------------------------------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | | | 45 | 0.5 | 22.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | | 45 | 1 | 45 |
| | INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | 227.5 |

Cuadro D-22: Resultado de la vivienda N° 21.



FOTO D-28: Se observa la fachada de la vivienda, con estado de conservación deficiente.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0.5 | 0 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 155 |

Cuadro D-23: Resultado de la vivienda N° 22.



FOTO D-29: Se observa la vivienda, con empuje de tierra, deficiencia en la distribución de masas.



No. Edificación 23 Fecha Junio - 2016

Dirección A.V. VENEZUELA S/N

Observaciones

Vivienda sin junta sísmica, presenta fisuras en muros parciales no conectadas al sistema resistente.

1. Organización del sistema resistente B
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional C

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 91.66 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.32 m²
 sentido y, (Ay) 5.54 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 3.50 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c_1}{c_2} = 0.46$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta B

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{8.04}{11.40} = 0.70 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 9%

$\pm \Delta M/M$

8. Distancia máxima entre los muros D

L/S 4.02/0.14 = 28.71

9. Tipo de cubierta A
 10. Elementos no estructurales B
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | | 25 | | 1.5 | 37.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 142.5 |

Cuadro D-24: Resultado de la vivienda N° 23.



FOTO D-30: Se observa la fachada de la vivienda.



No. Edificación 24 Fecha Junio - 2016

Dirección A.V VENEZUELA S/N

Observaciones

Muro deteriorado, sin junta sísmica y aceras expuestas a la intemperie.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 3850 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.46 m²
 sentido y, (Ay) 2.50 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.90 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.05$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta A

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{5.50}{7} = 0.8 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 11%

$\pm \Delta M/M$

8. Distancia máxima entre los muros C

L/S $\frac{2.50}{0.14} = 17.86$

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales D
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0.5 | 0 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 157.5 |

Cuadro D-25: Resultado de la vivienda N° 24.



FOTO D-31: Se observa la fachada de la vivienda, con deficiente estado de conservación.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 105 |

Cuadro D-26: Resultado de la vivienda N° 25.



FOTO D-32: Se observa la fachada de la vivienda, sin junta sísmica y muros sin arriostre.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | | | 45 | 1.5 | 67.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 237.5 |

Cuadro D-27: Resultado de la vivienda N° 26.



FOTO D-32: Se observa la fachada de la vivienda, sin junta sísmica y deficiente proceso constructivo.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|---|---------|------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 100 |

Cuadro D-28: Resultado de la vivienda N° 27.



FOTO D-33: Se observa la fachada de la vivienda, con presencia de empuje de tierra.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 205 |

Cuadro D-29: Resultado de la vivienda N° 28.



FOTO D-34: Se observa la vivienda, con deficiente proceso constructivo.



No. Edificación 29 Fecha Julio - 2016

Dirección AV VENEZUELA S/N

Observaciones

muro deteriorado, muro soportando empuje lateral del suelo y parapetos no confinados al sistema resistente

1. Organización del sistema resistente D
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 96.44 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 156 m²
 sentido y, (Ay) 2.09 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.55 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 0.94$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta D

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{8.77}{9.01} = 1 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \frac{4.35}{9.01} = 0.50$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 17%

$\pm \Delta M/M$ -

8. Distancia máxima entre los muros D

L/S 4.63/0.14 = 33.07

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | | 45 | 0.5 | 22.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 197.5 |

Cuadro D-30: Resultado de la vivienda N° 29.



FOTO D-35: Vivienda que carece de simetría en planta.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 132.5 |

Cuadro D-31: Resultado de la vivienda N° 30.



FOTO D-36: Se observa la fachada de la vivienda, con presencia de empuje de tierra y aceros expuestos y corroídos.



No. Edificación 31 Fecha Julio - 2016

Dirección A.V. BELLA EL SOL S/N

Observaciones

muro no conectado al sistema resistente, vivienda construida sobre cimientos no controlados, techo de la vivienda no conectado al sistema resistente.

1. Organización del sistema resistente B
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 4186 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.91 m²
 sentido y, (Ay) 2.15 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.60 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_j} = 1.11$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales B
 6. Configuración en Planta A

$$\rho_1 = \frac{a}{L} : \frac{5.75}{7.28} = 0.80 \quad \rho_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$$

7. Configuración en elevación C

$$\pm \Delta A/A \quad \underline{30\%}$$

$$\pm \Delta M/M \quad \underline{\quad}$$

8. Distancia máxima entre los muros D

$$L/S \quad \underline{5.84 / 0.14 = 24.33}$$

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0.5 | 0 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 107.5 |

Cuadro D-32: Resultado de la vivienda N° 31.



FOTO D-37: Se observa la fachada de la vivienda, con deficiente proceso constructivo.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | | | 45 | 1.5 | 67.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 172.5 |

Cuadro D-33: Resultado de la vivienda N° 32.



FOTO D-38: Se observa la fachada de la vivienda, con presencia de empuje de tierra.



No. Edificación 33 Fecha Julio - 2016

Dirección AV VENEZUELA 3/A

Observaciones

Muros con fisuras de 2 a 3mm, Techo no conectado al sistema resistente, muros combinado con bloqueta y adobe.

1. Organización del sistema resistente D
 2. Calidad del sistema resistente D
 3. Resistencia convencional C

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 31.34 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.19 m²
 sentido y, (Ay) 2.55 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 3.08 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 0.41$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales D
 6. Configuración en Planta A

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{550}{570} = 1.0$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 26%
 $\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros A

L/S $490/0.4 = 1225$

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|---------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | | 25 | | 1.5 | 67.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0.5 | 0 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | 0 | | | | 0.25 | 0 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 268.75 |

Cuadro D-34: Resultado de la vivienda N° 33.



FOTO D-39: Se observa la vivienda, con presencia de empuje de tierra, deficiencia en el proceso constructivo y mala utilización de materiales.



No. Edificación 34 Fecha Julio - 2016
 Dirección AV Venezuela N° 1262
 Observaciones Muros con fisuras de tamaño de 2 a 3mm, sin juntas sísmicas.

1. Organización del sistema resistente D
 2. Calidad del sistema resistente D
 3. Resistencia convencional A

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 65.41 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.55 m²
 sentido y, (Ay) 2.30 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.85 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta B

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{0.54}{10.14} = 0.60$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \text{---}$

7. Configuración en elevación A
 $\pm \Delta A/A$ 15%
 $\pm \Delta M/M$ ---

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S 4.92/0.14 = 35.14

9. Tipo de cubierta A
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación D



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | | 45 | 1 | 45 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 155 |

Cuadro D-35: Resultado de la vivienda N° 34



FOTO D-40: Se observa la fachada de la vivienda.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 147.5 |

Cuadro D-36: Resultado de la vivienda N° 35.



FOTO D-41: Se observa la fachada de la vivienda, con deficiente proceso constructivo.



No. Edificación 36 Fecha Julio - 2016
 Dirección AV VENEZUELA S/N

Observaciones
losa aligerada con fisuras mayor a 2mm, variación de
Áreas de construcción en cada piso, muro soportando el
empuje lateral del suelo.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 30.94 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.90 m²
 sentido y, (Ay) 2.03 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.70 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.25$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta C

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.10}{8} = 0.50$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\hspace{2cm}}$

7. Configuración en elevación B
 $\pm \Delta A/A$ 18%
 $\pm \Delta M/M$ \hspace{2cm}

8. Distancia máxima entre los muros D
 LIS 7.62 / 0.14 = 50.80

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 157.5 |

Cuadro D-37: Resultado de la vivienda N° 36.



FOTO D-42: Se observa la fachada de la vivienda.



No. Edificación 37 Fecha Julio - 2016

Dirección Jr LOS SAUCES S/N

Observaciones

Vivienda con asentamiento diferencial, muro con fisura mayor 3 mm, piso con fisuras, muros de Azotea sin confinamiento

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 4
 Área total cubierta (At) 137.60 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.83 m²
 sentido y, (Ay) 4.43 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.70 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 0.77$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta B

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{7.43}{11.23} = 0.70 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \frac{5.32}{11.23} = 0.5$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 2%

$\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D

$$L/S \quad \frac{12.40}{0.14} = 87.67$$

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales D
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 162.5 |

Cuadro D-38: Resultado de la vivienda N° 37.



FOTO D-43: Se observa la fachada y falta de simetría en planta de la vivienda.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|---|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 137.5 |

Cuadro D-39: Resultado de la vivienda N° 38.

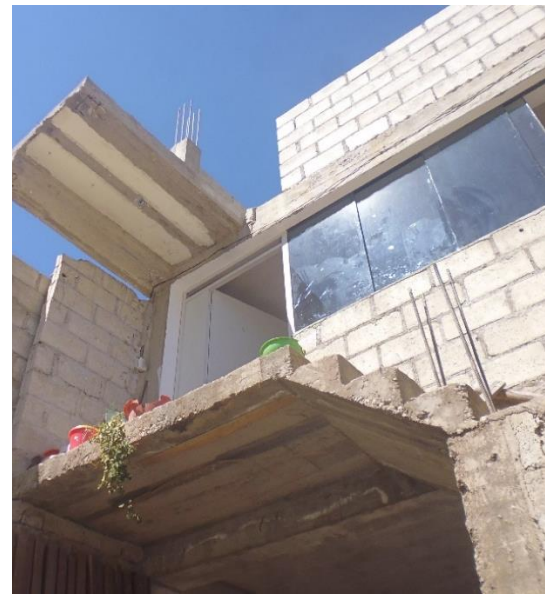


FOTO D-44: Se observa la fachada y deficiencia en la construcción de la vivienda.



No. Edificación 39 Fecha Julio - 2016

Dirección J.R LOS SAUCES

Observaciones

muro deteriorado, vivienda con muros de madera provisional y techo no conectado al sistema resistente.

1. Organización del sistema resistente D
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional C

Número de pisos (N) 1
 Área total cubierta (At) 28.66 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.07 m²
 sentido y, (Ay) 1.37 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.90 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{C}{C_1} = 2.87$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta B

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.30}{6.65} = 0.6$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad}$

7. Configuración en elevación B

$\pm \Delta A/A$ 15%

$\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros C

L/S $\frac{3.95}{0.14} = 28.21$

9. Tipo de cubierta D
 10. Elementos no estructurales B
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | | 25 | | 1.5 | 37.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 227.5 |

Cuadro D-40: Resultado de la vivienda N° 39.



FOTO D-45: Se observa la fachada y deficiente estado de conservación de la vivienda.



No. Edificación 40 Fecha Julio - 2016

Dirección PASEO BUENOS AIRES S/N

Observaciones

muros esbeltos, muros con fisuras, sin junta sísmica y techo liviano mal conectado al sistema resistente

1. Organización del sistema resistente D
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 48.45 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.72 m²
 sentido y, (Ay) 1.51 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.50 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{C_2}{C_1} = 1.65$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta C

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.31}{10.10} = 0.4 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \frac{0.83}{10.10} = 0.10$$

7. Configuración en elevación C

$$\pm \Delta A/A \quad \underline{27\%}$$

$$\pm \Delta M/M \quad \underline{-}$$

8. Distancia máxima entre los muros B

$$L/S \quad \underline{5.27/0.23 = 22.91}$$

9. Tipo de cubierta D
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 222.5 |

Cuadro D-41: Resultado de la vivienda N° 40.



FOTO D-46: Falta de simetría y deficiencia en la construcción de la vivienda.



No. Edificación 41 Fecha Julio - 2016

Dirección Jr. JOSE C. MARIATEGUI S/A

Observaciones

fisuras en el piso mayor a 2mm, vivienda construida en pendiente pronunciada, rampetas no continuas

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 38.86 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 1.88 m²
 sentido y, (Ay) 1.32 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.60 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.72$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta C

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{4.04}{9.62} = 0.4 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \text{---}$$

7. Configuración en elevación C

$\pm \Delta A/A$ 35%

$\pm \Delta M/M$ ---

8. Distancia máxima entre los muros D

L/S 3.80/0.14 = 27.14

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 187.5 |

Cuadro D-42: Resultado de la vivienda N° 41.



FOTO D-47: Falta de arriostre de los muros.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 177.5 |

Cuadro D-43: Resultado de la vivienda N° 42.



FOTO D-48: Falta de simetría y deficiencias en la construcción de la vivienda.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 167.5 |

Cuadro D-44: Resultado de la vivienda N° 43.



FOTO D-49: Deficiencias en la construcción de la vivienda.



No. Edificación 44 Fecha Julio - 2016

Dirección Pol. VISTA FLEGRE S/N

Observaciones

Muro soportando empuje lateral del suelo vivienda construida a la rivera del río, parapeto sin confinar

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente C
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 42.45 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 2.30 m²
 sentido y, (Ay) 2.35 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.80 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.55$

4. Posición del edificio y cimentación D
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta B

$$\beta_1 = \frac{a}{L} = \frac{5.46}{9.62} = 0.6 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} = \frac{—}{—}$$

7. Configuración en elevación B

$$\pm \Delta A/A \quad \underline{32\%}$$

$$\pm \Delta M/M \quad \underline{—}$$

8. Distancia máxima entre los muros C

$$L/S \quad \underline{3.13/0.14 = 22.36}$$

9. Tipo de cubierta B
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación C



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|----|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | 15 | | | 1 | 15 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 142.5 |

Cuadro D-45: Resultado de la vivienda N° 44.



FOTO D-50: Falta de simetría y deficiencias en la construcción de la vivienda.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 172.5 |

Cuadro D-46: Resultado de la vivienda N° 45.



FOTO D-51: Errores constructivos de la vivienda.



No. Edificación 46 Fecha Julio - 2016
 Dirección Procl. VISTA ALEGRE S/N

Observaciones
muro soportando empuje lateral del suelo, vigas y
columnas con concretas, vivienda combinada con
albanilería confinada y apuntalada.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente B
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 3
 Área total cubierta (At) 54.13 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 2.11 m²
 sentido y, (Ay) 3.33 m²
 Resist. cortante mampostería (rk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.50 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.36$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta B

$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{6}{10.78} = 0.6$ $\beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\hspace{2cm}}$

7. Configuración en elevación B
 $\pm \Delta A/A$ 7%
 $\pm \Delta M/M$ —

8. Distancia máxima entre los muros D
 L/S 5.75/0.14 = 41.14

9. Tipo de cubierta C
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | 5 | | | 0.25 | 1.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | 5 | | | 0.5 | 2.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 117.5 |

Cuadro D-47: Resultado de la vivienda N° 46.



FOTO D-52: Se observa la fachada de vivienda y empuje de tierra.



No. Edificación 49 Fecha Julio - 2016

Dirección Procl. VISTA ALEGRE S/M

Observaciones

Vivienda sin diafragma rígido, techo de tejas, cerca al río de San Luis.

1. Organización del sistema resistente C
 2. Calidad del sistema resistente D
 3. Resistencia convencional B

Número de pisos (N) 2
 Área total cubierta (At) 26.86 m²
 Área resistente sentido x, (Ax) 0.95 m²
 sentido y, (Ay) 1.44 m²
 Resist. cortante mampostería (τk) 15 ton/m²
 Altura promedio de entrepisos (h) 2.60 m
 Peso específico de la mampostería (Pm) 2 Ton/m³
 peso por unidad de área diafragma (Ps) 0.85 (ton/m²)
 $\alpha_m = \frac{c}{c_1} = 1.75$

4. Posición del edificio y cimentación C
 5. Diafragmas horizontales C
 6. Configuración en Planta C

$$\beta_1 = \frac{a}{L} : \frac{3.80}{7.07} = 0.50 \quad \beta_2 = \frac{b}{L} : \underline{\quad - \quad}$$

7. Configuración en elevación B

$$\pm \Delta A/A \quad \underline{19\%}$$

$$\pm \Delta M/M \quad \underline{-}$$

8. Distancia máxima entre los muros C

$$L/S \quad \underline{3.56/0.14 = 25.43}$$

9. Tipo de cubierta D
 10. Elementos no estructurales C
 11. Estado de conservación B



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | | 45 | 0.25 | 11.25 |
| 3. Resistencia convencional. | | 5 | | | 1.5 | 7.5 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | 25 | | 0.75 | 18.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | | | 25 | | 0.5 | 12.5 |
| 7. Configuración en elevación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | | | | 45 | 1 | 45 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | 5 | | | 1 | 5 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 152.5 |

Cuadro D-48: Resultado de la vivienda N° 47.



FOTO D-52: Se observa la fachada de la vivienda.



RESULTADO DEL ANÁLISIS DE INDICE DE VULNERABILIDAD

| Parámetros | Clase Ki | | | | Peso Wi | k*w |
|---|----------|---|----|----|---------|--------------|
| | A | B | C | D | | |
| 1. Organización del sistema resistente. | | | 20 | | 1 | 20 |
| 2. Calidad del sistema resistente. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 3. Resistencia convencional. | 0 | | | | 1.5 | 0 |
| 4. Posición del edificio y cimentación. | | | | 45 | 0.75 | 33.75 |
| 5. Diafragma horizontales. | | | 15 | | 1 | 15 |
| 6. Configuración en planta. | 0 | | | | 0.5 | 0 |
| 7. Configuración en elevación. | | | 25 | | 1 | 25 |
| 8. Distancia máxima entre los muros. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 9. Tipo de cubierta. | 0 | | | | 1 | 0 |
| 10. Elementos no estructurales. | | | 25 | | 0.25 | 6.25 |
| 11. Estado de conservación. | | | | 45 | 1 | 45 |
| INDICE DE VULNERABILIDAD | | | | | | 157.5 |

Cuadro D-49: Resultado de la vivienda N° 48.



FOTO D-53: Se observa la fachada de la vivienda.



ANEXO E

ESCALAS DE INTENSIDAD

| ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA (MM) | |
|---|---|
| Intensidad | Significa |
| I | La gente no siente el movimiento del suelo. |
| II | Poca gente puede notar el movimiento si están descansando y/o en los pisos superiores de edificios altos. |
| III | Mucha gente en los interiores siente el movimiento. Los objetos colgados oscilan de un lado a otro. La gente en el exterior no se puede dar cuenta que esta ocurriendo |
| IV | Mucha gente en los interiores siente el movimiento. Los objetos colgados se balancean. Los platos, las ventanas y las puertas se mueven. El terremoto parece como si un camión pesado golpeará los muros. Poca gente en el exterior puede sentir el movimiento. Los autos estacionados se balancean. |
| V | Casi toda la gente siente el movimiento. La gente que duerme se despierta. Las puertas se balancean. Los platos se rompen. Los cuadros en las paredes se mueven. Los objetos pequeños se mueven y vuelca. Los árboles pueden sacudirse. Los líquidos pueden derramarse de los contenedores abiertos. |
| VI | Todo el mundo siente el movimiento. La gente tiene problemas para caminar. Los objetos caen de los estantes. Los cuadros caen de los muros. Los muebles se mueven. El yeso de las paredes se puede agrietar. Los árboles y los arbustos se sacuden. Los edificios construidos inadecuadamente pueden dañarse ligeramente. |
| VII | La gente tiene dificultades para mantenerse en pie. Los conductores sienten que sus autos se sacuden. Algunos muebles se rompen. Los ladrillos sueltos de los edificios se caen. Los edificios bien construidos pueden dañarse ligeramente; los edificios construidos inadecuadamente pueden sufrir un daño considerable. |
| VIII | Los automovilistas tienen problemas para conducir. Las casas que no están bien cimentadas pueden levantarse. Las estructuras altas como son torres y chimeneas se pueden torcer y caer. Los edificios bien construidos pueden sufrir daños ligeros. Los edificios construidos inadecuadamente pueden sufrir un daño severo. Las ramas de los árboles pueden desgarrarse. Las colinas pueden deslizarse si el terreno está húmedo. Los niveles del agua en los pozos pueden cambiar. |
| IX | Los edificios bien construidos sufren un daño considerable. Las casas que no están bien cimentadas se desplazan. Algunas tuberías subterráneas se rompen. El suelo se agrieta. Los embalses sufren daños muy serios. |
| X | La mayoría de los edificios y sus cimentaciones se destruyen. Algunos puentes se destruyen. Las presas se dañan seriamente. Ocurren grandes deslizamientos de taludes. El agua salta de las orillas de los canales, ríos, lagos, etc. El suelo se agrieta en grandes áreas. Las vías de los trenes llegan a doblarse ligeramente. |
| XI | Muchos edificios colapsan. Algunos de los puentes se destruyen. Aparecen grandes grietas en el suelo. Las tuberías subterráneas se destruyen completamente. Las vías de los trenes se doblan de forma considerable. |
| XII | Casi todo se destruye. Los objetos son arrojados al aire. El suelo se mueve en forma de ondas o pliegues. Se pueden mover grandes cantidades de rocas. |

Cuadro E-1. Escala de Mercalli Modificada (MM).
Fuente: Mena 2002.

| ESCALA DE INTENSIDAD SÍSMICA JMA | |
|---|--|
| Intensidad | Significado |
| 0 | Imperceptible para las personas |
| 1 | Se siente por algunas personas en los edificios |
| 2 | Se siente por muchas personas en los edificios. Algunas personas se llegan a despertar |
| 3 | Se siente por la mayoría de las personas en los edificios. Algunas personas se despiertan |
| 4 | Mucha gente se asusta. Algunas personas tratan de escapar del peligro. La mayoría de las personas se despiertan. |
| 5- | La mayoría de las personas escapan del peligro. Algunas personas encuentran dificultad para moverse. |
| 5+ | En muchos casos, los muros de bloques de hormigón no reforzado colapsan y las lapidas se voltean. Muchos automovilistas se detienen debido a la dificultad para conducir, Ocasionalmente, maquinas expendedoras se caen. |
| 6- | En algunos edificios, las losetas de los muros y cristales de las ventanas se dañan y caen |
| 6+ | En muchos edificios, las losetas de las ventanas y los cristales de las ventanas se dañan y caen. La mayoría de los muros de bloques de hormigón no reforzado se |
| 7 | En la mayoría de los edificios, las losetas de los muros y los cristales de las ventanas se dañan y caen. En algunos casos, los muros de bloques de hormigón |

Cuadro E-2. Escala de intensidad sísmica JMA.
Fuente: Mena 2002.

| ESCALA DE INTENSIDAD SÍSMICA MSK | |
|---|---|
| Intensidad | Significado |
| I | No apreciable. La intensidad de las vibraciones esta bajo el nivel del limite de la sensibilidad; solo puede ser detectado por sismógrafos. |
| II | Escasamente apreciable. Las vibraciones solo la sienten personas individuales en descanso y en casa, especialmente en pisos superiores de edificios. |
| III | Débil. Sólo se percibe parcialmente. En los interiores lo perciben algunas personas. En el exterior se percibe sólo en circunstancias favorables. Las vibraciones se parecen al paso de un camión pequeño. Algunas personas pueden observar un balanceo de objetos. |
| IV | Observado fuertemente. El sismo se siente en el interior por mucha gente y en el exterior por algunos. Las personas se despiertan pero no se asustan. Las vibraciones son parecidas al paso de un camión grande. Las ventanas, puertas y platos se sacuden. Los pisos y muros crujen. Los muebles empiezan a moverse. Los objetos que cuelgan se balancean ligeramente. En los autos con motor apagado es posible percibirlo. |
| V | Despertarse. El sismo se siente en el interior por todos y en el exterior por muchos. Mucha gente se despierta. Los animales se ponen intranquilos. Los objetos que cuelgan se balancean considerablemente. Los cuadros chocan contra la pared. Los líquidos salpican. La sensación del movimiento es como si cayera un objeto pesado. Los edificios del tipo A, sufre un daño de grado 1. Algunas veces las corrientes cambian de flujo. |
| VI | Aterrador. Todas las personas lo perciben en los interiores y exteriores. Mucha gente se asusta y sale del edificio. Algunas personas pierden el equilibrio. Los animales huyen de los establos. Algunas veces los platos y cristales se rompen y los libros se caen. Muebles pesados pueden moverse. Los campanarios pueden llegar a sonar. Algunos edificios aislados del tipo B y muchos edificios del tipo A, pueden sufrir un daño de grado 1. En algunos casos el grosor de las grietas en suelo húmedo pueden superar el centímetro. |
| VII | Daño en edificios. Mucha gente se asusta y sale de los edificios. Mucha gente tiene dificultades para mantenerse en pie. Muchos edificios del tipo C sufre un daño de grado 1, muchos edificios del tipo B sufre un daño de grado 2. Muchos edificios de tipo A sufren un grado de daño 3 y algunos de grado 4. Grietas en los caminos y las tuberías se dañan en las uniones. Grietas en los muros de piedra. Se forman ondas en el agua y se enturbia el agua con la tierra del fondo. |
| VIII | Destrucción de los edificios. Se produce terror y pánico en toda la gente. Las personas conduciendo un auto, pueden perder el control. Los muebles pesados pueden llegar a caerse. Las lamparas con el balanceo pueden llegar a dañarse. Muchos edificios del tipo C sufren un daño de grado 2, algunos de grado 3. Muchos de los edificios del tipo B, sufren daño de grado 3 y muchos del tipo A sufren daño de grado 4. Algunos monumentos se mueven e inclinan. Se producen grietas de varios centímetros en las carreteras. El agua de los lagos se enturbia. En muchos casos cambia el flujo de los ríos. |
| IX | Daño general en los edificios. Pánico general, considerable daño en los muebles. Los animales huyen desorientados. Muchos edificios del tipo C sufren daño de grado 3 y algunos de grado 4. Muchos de los edificios del tipo B muestran daño de grado 4 y algunos de grado 5. Muchos de los edificios de tipo A sufren daño de grado 5. Los monumentos y las columnas se caen. Se producen daños considerables en las presas. Las tuberías se dañan considerablemente. Las líneas de ferrocarril se pueden doblan. El agua se enturbia totalmente, observándose la tierra y fango del fondo de los lagos. Grietas superiores a 10 cm en las carreteras. Se caen rocas y se producen grandes deslizamientos. |
| X | Destrucción general de los edificios. Muchos de los edificios de tipo C sufren un daño de grado 4, algunos de grado 5. Muchos edificios del tipo B sufren daño de grado 5; la mayoría de los edificios del tipo A, sufren destrucción total. Daño crítico en presas y diques, y daño severo en puentes. Las líneas de los ferrocarriles se doblan. Las líneas enterradas se dañan y rompen. El asfalto y pavimentos muestran ondas. En el terreno, se producen grietas considerables en algunos casos hasta de 1 m. Los deslizamientos son considerables. El agua de los canales, ríos, lagos, se agitan hasta mojar la tierra. |
| XI | Catástrofe. Severo daño en edificio bien construidos, puentes, presas y líneas de ferrocarril; las autopistas pueden quedar inservibles, las tuberías enterradas se destruyen completamente. El terreno cambia considerablemente, con grietas y fisuras muy grandes. |
| XII | Cambios en el paisaje. Prácticamente todas las estructuras enterradas y en la superficie se dañan o destruyen. La superficie de la tierra cambia radicalmente. Se observan grietas considerables con extensiones vertical y horizontal. Los ríos pueden llegar a embalsarse, los ríos cambian completamente el curso o trayectoria. |

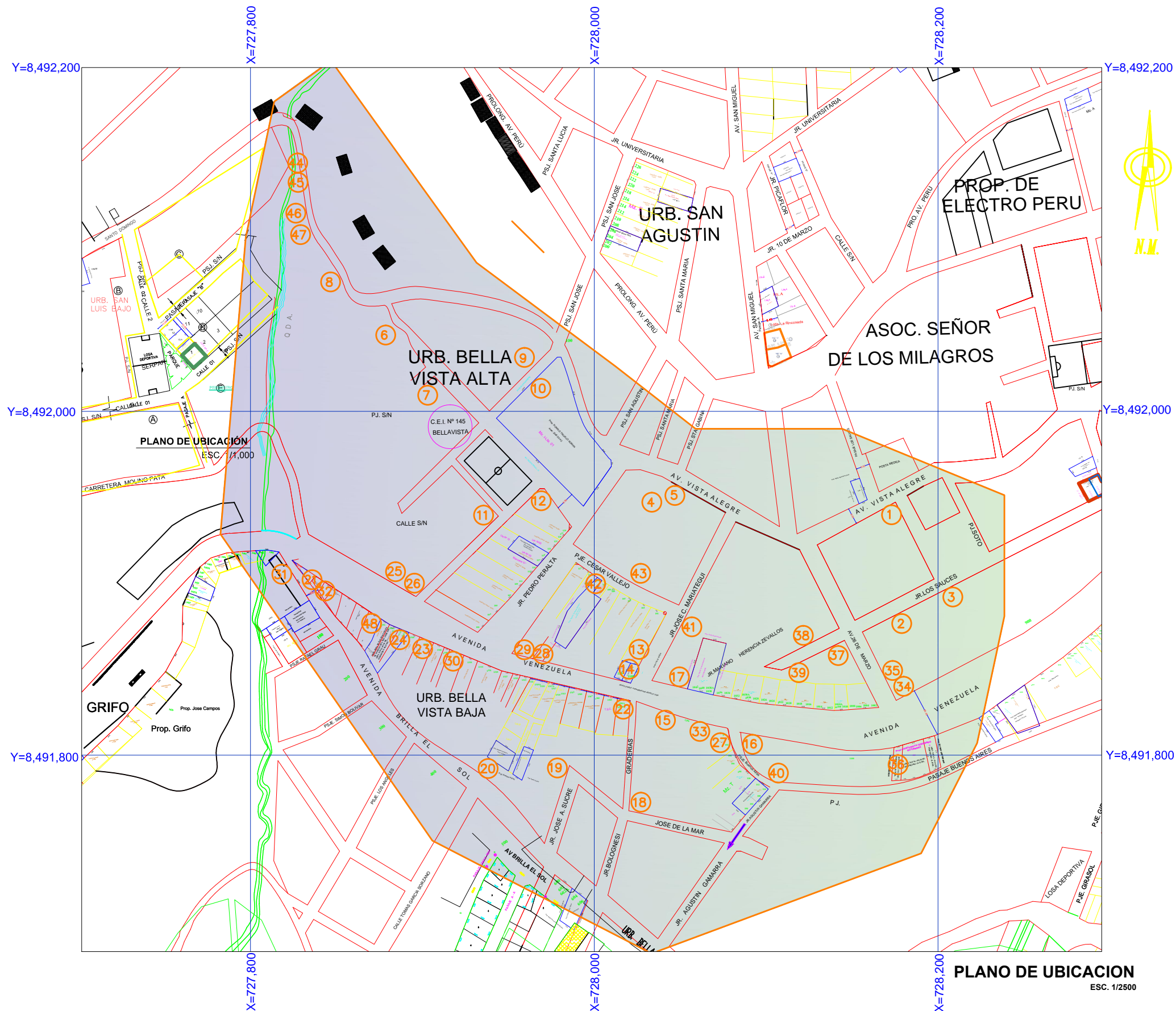
Cuadro E-3. Escala de intensidad sísmica MSK.
Fuente: Mena 2002.



ANEXO F

PLANOS

UBICACION DE VIVIENDAS EN LA ZONA DE ESTUDIO



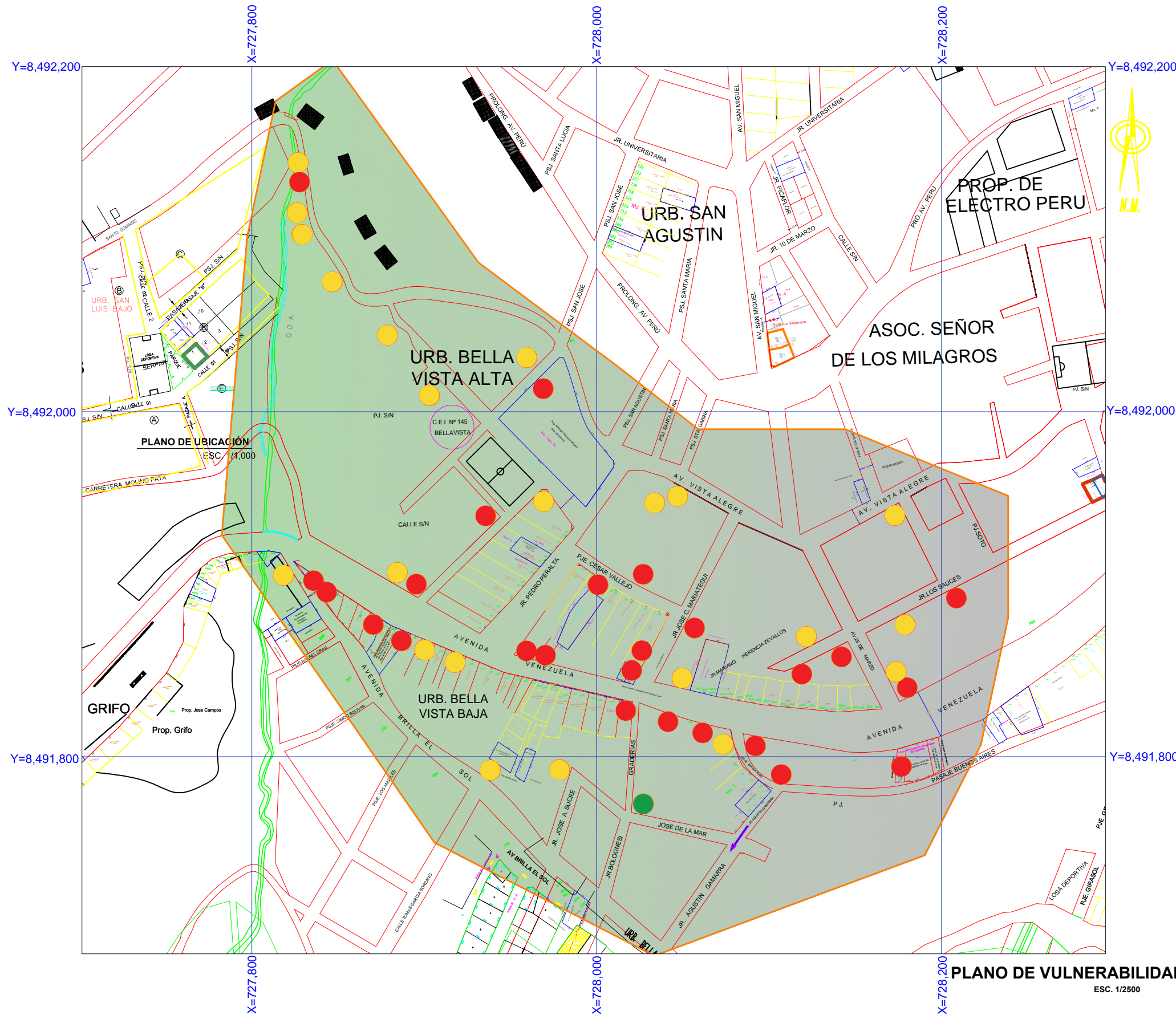
LEYENDA

○ VIVIENDAS EVALUADAS

| | |
|--|---|
|  UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES INGENIERÍA CIVIL | |
| TESIS: VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA URBANIZACION BELLA VISTA ABANCAY - APURIMAC | |
| PLANO: UBICACION DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS | |
| TESISTAS: BACH. MAXIMO HUARCAYA BACH. ALEX SANCHEZ CONTRERAS | ASESOR: ING. HUGO ACOSTA VALER |
| UBICACION LUGAR : Urb. BELLA VISTA DISTRITO : ABANCAY PROVINCIA : ABANCAY DEPARTAMENTO: APURIMAC | FECHA: MAYO 2017. ESCALA: INDICADA |
| LAMINA <h1 style="font-size: 2em;">L-01</h1> | |

PLANO DE UBICACION
ESC. 1/2500

VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS



GRADO DE VULNERABILIDAD

- Vulnerabilidad Baja
- Vulnerabilidad Media
- Vulnerabilidad Alta

Del total de viviendas evaluadas un 52% son de Vulnerabilidad Alta, el 46% con Vulnerabilidad media y solo el 2% con vulnerabilidad baja

| | |
|---|---|
| UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES INGENIERÍA CIVIL | |
| TESIS: VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN LA URBANIZACION BELLA VISTA ABANCAY - APURIMAC | |
| PLANO: VULNERABILIDAD SISMICA DE VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS | |
| TESISTAS: BACH. MAXIMO HUARCAYA BACH. ALEX SANCHEZ CONTRERAS | ASESOR: ING. HUGO ACOSTA VALER |
| UBICACION LUGAR : Urb. BELLA VISTA DISTRITO : ABANCAY PROVINCIA : ABANCAY DEPARTAMENTO: APURIMAC | FECHA: MAYO 2017. ESCALA: INDICADA |
| LAMINA L-02 | |

PLANO DE VULNERABILIDAD
ESC. 1/2500