

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas de una provincia peruana con riesgo sísmico

Rogelio S. Acuña García

rogelioac17@hotmail.com

Universidad Cesar Vallejo

ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-8814-998X>

Resumen

El objetivo fundamental del desarrollo sostenible (ODS) es tener la satisfacción del derecho a una vivienda digna que tiene relación con la capacidad que tiene nuestro sistema de vivienda de responder a las necesidades residenciales de la sociedad. En esta investigación el objetivo es evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de una provincia peruana con riesgo sísmico. Para la evaluación se aplicó el método de modelamiento estructural mediante el programa sísmico SAP 2000. Se evaluó 1 vivienda en una provincia peruana con riesgo sísmico, encontrando que la estructura presenta distorsiones mayores en su eje X en relación a la permitida por el Reglamento Nacional de Edificaciones con el apoyo del software SAP 2000. Posterior a ello se procesó la información recolectada y se logró determinar que la vivienda presenta diferencias constructivas y estructurales en ambos ejes considerando necesario que los propietarios realicen construcciones futuras priorizando estudios geológicos para el correcto diseño de infraestructuras para la prevención de daños estructurales y pérdidas humanas.

Palabras clave: edificación, modelamiento, SAP 2000, vulnerabilidad, diseño

Abstract

The fundamental objective of sustainable development (SDG) is to have the satisfaction of the right to decent housing that is related to the capacity of our housing system to respond to the residential needs of society. In this research, the objective is to evaluate the seismic vulnerability of self-built houses in a Peruvian province with seismic risk. For the evaluation, the structural modeling method was applied through the SAP 2000 seismic program. Buildings with the support of SAP 2000 software. After that, the information collected was processed and it was determined that the house presents constructive and structural differences in both axes considering It is necessary that the owners carry out future constructions prioritizing geological studies for the correct design of infrastructures for the prevention of structural damage and human losses.

keywords: building, modeling, SAP 2000, vulnerability, design

1. Introducción

La vulnerabilidad sísmica es un aspecto fundamental en el desarrollo de las grandes ciudades, analizar ello dependerá la prolongación de vida de todas las generaciones, sin embargo, la realidad en la que nos encontramos inmersos actualmente es deficiente; por

ejemplo, en Sudamérica de acuerdo se han manifestado que presentan distintos niveles de amenazas sísmicas. pues los niveles de vulnerabilidad que el 83 % de su población, se encuentran habitando en zonas intermedias y altas de inseguridad. [1] En Latinoamérica unos 60 millones de personas habitan en edificaciones que no cuentan con tipos de construcciones y materiales óptimos. Ante un posible evento de un fenómeno natural; desencadenaría derrumbes de las frágiles estructuras y posibles pérdidas humanas. [2] En Lima exactamente en el distrito de Breña se demuestra que la precariedad de los sistemas de construcción usados, no cumple con lo concerniente según el reglamento, por lo que, ante un eventual sismo las consecuencias serían catastróficas para la ciudad. [3] Según un análisis de la realidad nacional, el 80 % de unidades edificativas de la población peruana contienen proceso y asesoría técnica deficiente, de ello el 50 por ciento son altamente endeblés a un sismo de alta vehemencia. El 90 por ciento es la cifra que llegan en las zonas sub urbanas de la urbe. Los porcentajes son elocuentes, dado que los estudios son claros y determinantes respecto a los tipos de construcciones precarias y las fatales consecuencias que las investigaciones han proyectado. [4] El litoral de la costa peruana pertenece al anillo de fuego del Pacífico, por ello esta parte está compuesto por la placa de Nazca y sudamericana es denominada de alta actividad tectónica y sísmica. Uno del infortunado evento más crítico por la magnitud y la inmensa pérdida de vidas humanas sucedió el fin de mes de mayo de 1970 perjudicó a Ancash, La Libertad y Lima norte. Chimbote pertenece a la zonificación denominada Zona 4, por ello es preciso el análisis de fragilidad sísmica en sus edificaciones. [5] Según [6] en su exploración Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones de la Provincia de Piura, determinó que la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la urbanización Enrique López Albújar y Nueva Sullana tienen un índice de fragilidad por sismo alta y media en sus diferentes zonas de estudio. Las edificaciones de Chimbote presentan una vulnerabilidad sísmica son altos, debido a muchos factores, es así como lo mencionan [7] las viviendas del distrito de Chimbote que tienen muchos años de construcción se realizaron sin la el mínimo conocimiento de los diseños sismorresistentes, teniendo elementos estructurales con características de fisuras, rajadas entre otras patologías. Las construcciones de las viviendas de los peruanos tienen un incierto ya que en su mayoría presentan fallas, Los peruanos consideran un entorno inexperto a sus construcciones para la zona costera. El estudio de fragilidad sísmica y obras de carácter especial en nuestro país son una característica latente, puesto que Perú pertenece a las zonas con mayor presencia de sensación sísmica. Es aquí que cerca del 80 % de energía global se libera. Sin embargo, en la actualidad se realizan simulacros, para evitar ante un suceso inesperado las estructuras tengan la capacidad de resistir un movimiento y soportar gran magnitud, proponiéndose una mejora aplicable en la Norma Técnica Sismo Resistente Esta investigación busca brindar un aporte de conocimiento al campo de la ingeniería civil; generando intercambios de conocimientos y debates acerca de la aplicación del análisis de vulnerabilidad sísmica en edificaciones, incluyendo parámetros de zonificación sísmica siendo de carácter importante en la construcción de nuevas edificaciones. En Chimbote como menciona [8] no se ha registrado en los últimos años sismos de gran magnitud, según la localización que presenta tiene una gran posibilidad de suceder fenómenos sobrenaturales por lo que el tesista se hizo las siguientes preguntas: ¿La ciudadanía está capacitada para reaccionar ante un suceso sobrenatural?, ¿Qué consecuencias traería?, por consiguiente la moderación socioeconómica de la población es alarmante, tomando como una alternativa de solución el el reforzamiento

de las estructuras de las vivienda. Las viviendas de la avenida Camino Real Manzana 20, en la actualidad son usadas para comercio en un 100 %, que corresponde al mercado La Victoria. A simple vista, es perceptible que su suelo presenta salitre y las edificaciones corresponden a construcciones del año 1980 aproximadamente. Los muros de las estructuras presentan fisuras medianas, húmedas y las paredes tarrajeadas al ser pintados duran poco. La zona territorial descrita, por las características mencionadas son altamente riesgosas, en tanto que abarcan el conocido llamado Cinturón de Fuego a lo largo de todo el litoral del Pacífico. Se debe considerar que la zona actual de vivienda y comercio, en la década de los 50 y 60 fueron pantanosos y de suelo salitroso. Tomando en cuenta estos antecedentes, en primer lugar, se encontró que se recurre a diversos enfoques que incurren algunas desventajas siguientes: requieren de trabajos de campos de mucho dinero, el uso de herramientas de cálculo sofisticadas y para su práctica teniendo en cuenta que las bases son la cuantificación de ondas sísmicas y el comportamiento estructural de las edificaciones. Por lo tanto, para el autor de este artículo se hizo necesario el desarrollo de un procedimiento que tomara en cuenta variables importantes retomándolo mejor de los trabajos realizados. En este propósito resultado de importancia revisar el trabajo de Antonio y Gerardo (2010) que está enfocado en el modelamiento estructural con SAP 2000 para determinar la vulnerabilidad sísmica de la bocatoma Chavimochic, cumpliendo con los atributos ya mencionados. El objetivo de esta investigación es evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de Camino real del distrito de Chimbote.

2. Desarrollo

El estudio y desarrollo se realizó con el fin de entender y conocer una situación actual de la vivienda estudiada. Se empezó con el reconocimiento de zonas más antiguas en Chimbote, clasificando a las zonas de acuerdo a su densidad poblacional y la cantidad de años de surgimiento que tienen. Luego de ello se procedió a la definición del lugar de estudio, identificando parámetros constructivos que nos permitan observar; si la edificación presenta grietas u algún tipo de daño perceptible en su estructura; posteriormente se tomaron medidas de distribución en planta de ambientes, identificando uno por uno las medidas, anotando los datos como se encuentran en la realidad. Se realizó la toma de medidas en todos los niveles de la estructura, para posteriormente realizar la representación en planta, todo esto nos ayudará luego para el ingreso de datos en el programa SAP 2000.

El estudio se realizó en tres frentes:

2.1 Identificación de parámetros de zona

Para realizar el diagnóstico en la vivienda se consideraron a partir de todo el desarrollo que se encuentra estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E030 Diseño sismo resistente:

2.2 Ensayos de laboratorio

En relación a los estudios realizados para la mecánica de suelos, se evaluaron las siguientes características fundamentales obedeciendo a la norma E050, a fin de determinar las exigencias sísmicas de diseño sismo resistente.

Z	0.45
U	1.00
C	2.50
S	1.10
R	3.00
P	225.075

Tabla 1: VALORES ASUMIDOS PARA LA EDIFICACIÓN

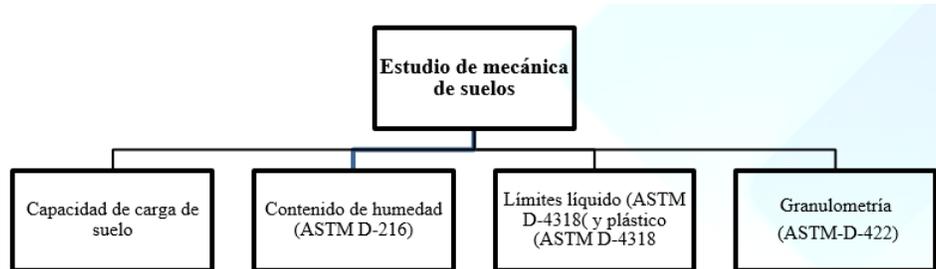


Figura 1: Estudios de mecánica de suelos realizados en la edificación.

2.3 Métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica

El método que se utilizó corresponde al método SAP 2000.

2.4 Análisis estático y dinámico según norma E.030

Después de haberse realizado el análisis del estudio de mecánica de suelos a según los datos de los parámetros sísmicos, se realizó un análisis sísmico; es decir, una análisis estático y dinámico. En el análisis estático se realizó el trabajo como un primer parámetro la norma E030. En el análisis dinámico después de realizado el análisis estático se procedió a realizar los cálculos de los modos de vibración, desplazamientos, los que fueron obtenidos con el programa software SAP 2000.

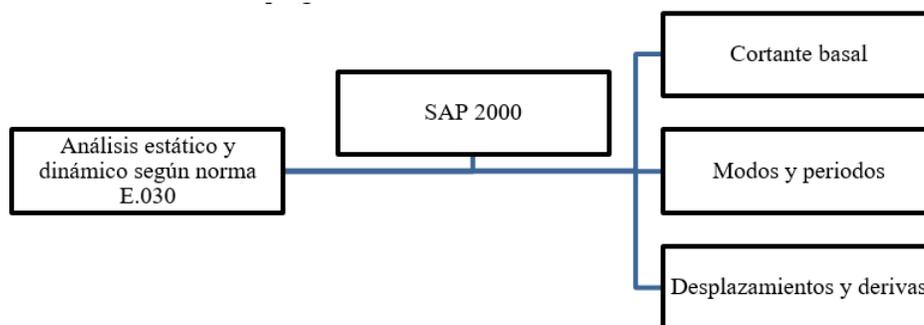


Figura 2: Proceso realizado para análisis estático y dinámico según norma E.030.

2.5 Parámetro de evaluación de vulnerabilidad sísmica

A continuación, se detalla los límites de distorsión máximo para entre piso según la norma de diseño sismo resistente.

Concreto	armado 0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Tabla 2: LÍMITES PARA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO

3. Metodología

La metodología de investigación fue de tipo no experimental, aplicada y temporal; la evaluación de la edificación se realizó mediante el muestreo estadístico dirigido a conveniencia por el investigador, la investigación se centró en el análisis de la edificación de la vivienda del pueblo joven. Para la obtención de datos importantes para la investigación se realizó: estudios de laboratorios, para determinar la capacidad de soporte del suelo, estudios de determinación del tipo de suelo, lo que son propiedades físicas y mecánicas de la tierra para posterior a ello mediante parámetros de zonificación sísmica poder realizar un análisis sísmico y estático.

4. Resultados

Periodo fundamental de vibración

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (1)$$

Donde tenemos que: $h_n = 9.60$ m, siendo la altura total de la edificación $C_T = 60$, para edificios de albañilería y todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros que presenten ductilidad limitada.

$$T = \frac{9,60}{60} \quad (2)$$

$$T = 0,16s \quad (3)$$

Factor de amplificación sísmica Se tiene que:

$$T < T_p, C = 2,50 \quad (4)$$

$$T_p < T < T_l, C = 2,5x(T_p/T) \quad (5)$$

$$T < T_l, C = 2,5x((T_p \times T_l)/T \times T) \quad (6)$$

PERIODOS "Tp" y "TL" Perfil de Suelo				
	S0	S1	S2	S3
Tp (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Tabla 3: Tipología de suelo de investigación para vivienda evaluada.

C – Edificaciones comunes	Edificaciones comunes, tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1.0
---------------------------	---	-----

Tabla 4: Categoría de edificación y factor de uso para vivienda evaluada

A partir de ellos se identifica según el estudio de suelo planteado y desarrollado, se extra la información del tipo de suelo, categorizándolo como suelo blando S3.

A partir de ello determinó, a partir de la clasificación de suelo tipo S3,

$$Tp = 1,00 \quad (7)$$

$$Tl = 1,60 \quad (8)$$

$$C = 2,50 \quad (9)$$

5. Categoría de la edificación y factor de uso

A la edificación le corresponde de acuerdo a su categorización "C" Edificaciones comunes, un factor "U" = 1.00.

Le corresponde un factor "S", 1.10.

6. Cálculo de coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R)

$$R = R_o x I_a x I_p \quad (10)$$

Estructurales regulares, son las que presentan en la configuración o distribución a cargas laterales, no presentan irregularidades; para estos casos el factor I_a o I_P será igual a 1.0

PERIODOS "Tp" y "TL" Perfil de Suelo				
	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla 5: Factor de suelo "S" uso para vivienda evaluada.

Sistemas Estructurales	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_o
Acero:	
Pórticos Especiales Residentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Residentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Residentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	8
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por esfuerzos admisible)	7

Tabla 6: Cálculo de coeficiente de reducción de fuerza sísmica(R)

Factores de zona "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Tabla 7: Factor de zona "Z" para zona evaluada

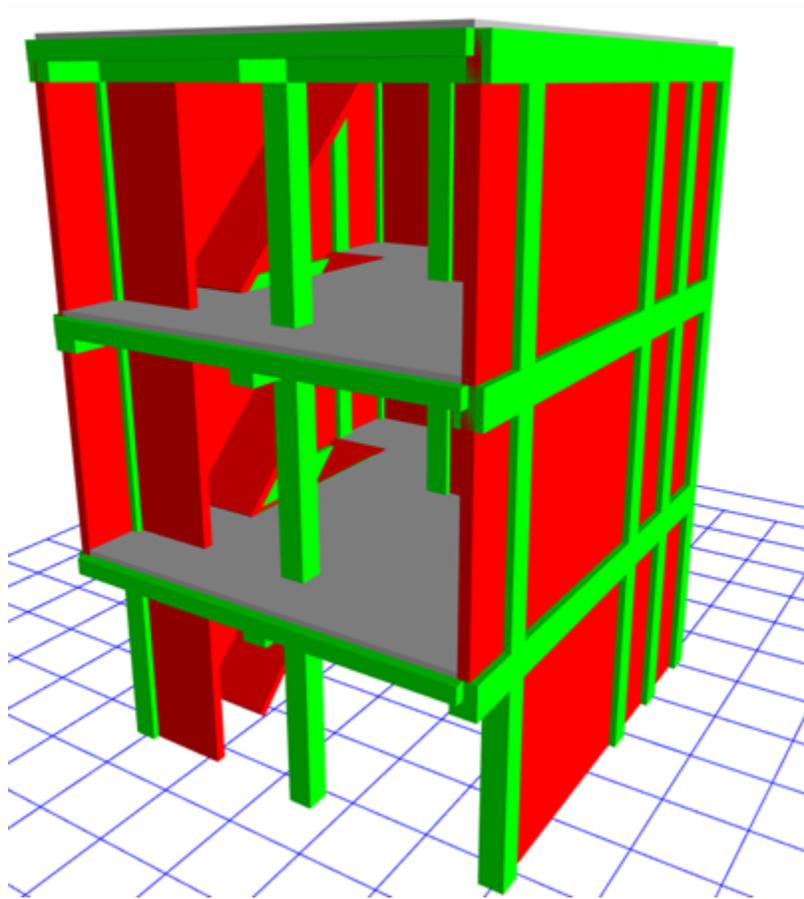


Figura 3: Elevación principal de vivienda

7. Cortante basal (Cortante de Piso para edificación)

$$V = (Z.U.C.S)/R_xP \quad (11)$$

$$V = (0,45 \cdot x1,00 \cdot x2,50 \cdot x1,10) / 3,00 \cdot x225,075 \quad (12)$$

$$V = 92,843Tn \quad (13)$$

8. Análisis estático y dinámico

- En relación a la distorsión máxima permisible en el eje X del primer piso.
- En relación a la distorsión máxima permisible en el eje X del segundo piso.
- En relación a la distorsión máxima permisible en el eje X del tercer piso.
- En relación a la distorsión máxima permisible del eje Y del primer piso.
- En relación a la distorsión máxima permisible del eje Y del segundo piso.
- En relación a la distorsión máxima permisible del eje Y del tercer piso.

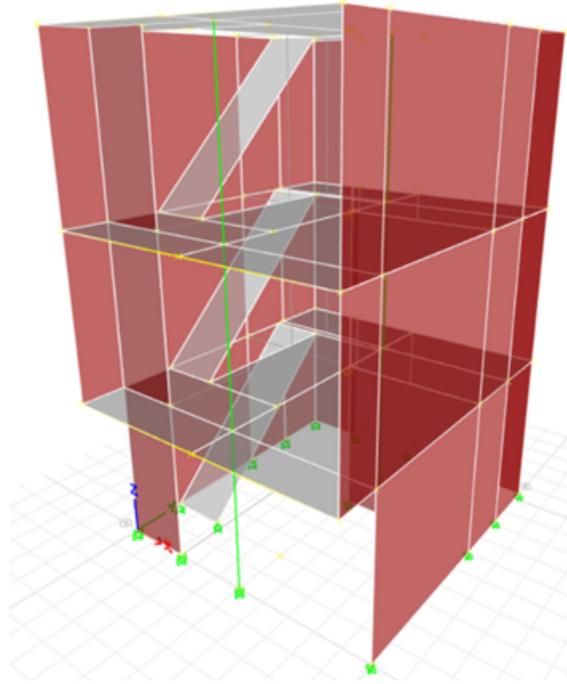


Figura 4: Elevación principal de vivienda 3D en SAP 2000

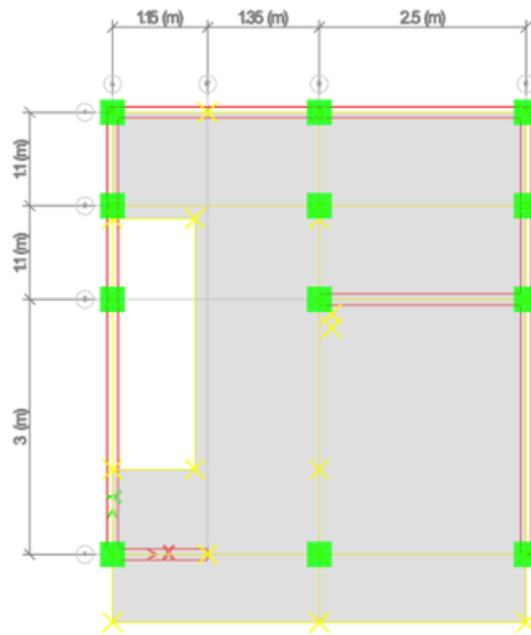


Figura 5: Planta principal distribución de ejes de vivienda.



Figura 6: Distorsión del eje X en primer piso.



Figura 7: Distorsión del eje X en segundo piso.



Figura 8: Distorsión del eje X en tercer piso.



Figura 9: Distorsión del eje Y en primer piso.

9. Conclusiones

- La distorsión del eje x en el primer piso representa un 102.86% en relación a la distorsión máxima permisible (0.007).



Figura 10: Distorsión del eje Y en segundo piso.



Figura 11: Distorsión del eje Y en tercer piso.

Nivel	F(Tn)	V(Tn)
3	114432.80	19339.15
2	114432.80	19339.15
1	114432.80	19339.15

Tabla 8: Fuerza basal por pisos de la edificación

- La distorsión del eje x en el segundo piso representa un 152.86 % en relación a la distorsión máxima permisible (0.007).
- La distorsión del eje x en el tercer piso representa un 133.63 % en relación a la distorsión máxima permisible (0.007).
- La distorsión del eje Y en todos los pisos no representan factores significativos de distorsión en la edificación.
- Se determinó que la edificación presenta vulnerabilidad sísmica media alta ante un evento sísmico debido a que las distorsiones máximas permisibles para concreto armado tanto estático como dinámicamente. Dado que se realizó un análisis completo por cada planta y nivel de la edificación.
- Según el análisis estático, se determina que la estructura es medianamente vulnerable debido a que cumple con la distorsión normada en todos sus ejes.

- Por otro lado, según el análisis dinámico, se concluye en que la estructura es vulnerable sísmicamente en los parámetros establecidos de distorsión en el eje X por ello, este desplazamiento alterará el desarrollo en una proyección de planta futura.
- El modelo ha sido analizado para las cargas establecidos para una edificación de categoría “C”
- La desplazamientos y derivas de entrepisos cumplen los valores establecidos por la Norma E-030 Diseño Sismo resistente; sin embargo, estos se presentan en el límite.
- En relación a las derivas máximas en el eje X, las distorsiones máximas permisibles exceden.
- El modelo presenta irregularidades significativas en el eje X, dato que es comprobado por la acumulación de la masa participativa en el noveno modo de vibración.

Referencias

Instituto Distrital de gestión de riesgos y cambio climático. “Vulnerabilidad sísmica en Latinoamérica”

Banco internacional de desarrollo de Latinoamérica. “Edificaciones deficientes”

Instituto Nacional de Defensa Civil. “Últimos sismos registrados”

Cámara Peruana de la Construcción. “Edificaciones Vulnerables en Perú

Reglamento Nacional de Edificaciones. Alcances generales.

Quiroga, A (2019) Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones de la Provincia de Piura

Vásquez, E (2017) Evaluación y propuesta de solución ante la vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería en los pueblos jóvenes Florida Baja y Florida Alta.

ABANTO, Sarita CÁRDENAS, Deysi. Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti - Petrini en las instituciones educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2016. 214pp