



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Diseño de una Red de Instrumentos sísmicos para medición de  
Intensidades Sísmicas, Trujillo 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Sánchez Trujillo, Dante Alexis (ORCID: 0000-0001-5543-1551)

**ASESORES:**

Dr. Valdivieso Velarde, Alan Yordan (ORCID: 0000-0002-8179-2809)

Mg. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme perseverancia para poder cumplir las metas que me propuse en la vida y cumplir con éxito cada una de ellas. A mis padres por todo el apoyo que me dieron y nunca dejarme solo, por sus consejos y palabras de aliento que siempre me dieron, fueron de gran apoyo y me ayudaron a salir adelante.

A Silvia que siempre creyó en mí, y me ayudo en cada paso que di en este largo camino.

A mis amigos que siempre nos apoyamos en nuestra formación profesional, por todos los gratos momentos que pasamos en el transcurso de la carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todos mis docentes los cuales me ayudaron en mi formación profesional, por sus consejos y conocimientos brindados a lo largo de mi vida universitaria, los cuales fueron de gran aporte para poder seguir adelante con mis metas propuestas.

Estaré siempre agradecido con todas las personas que de una u otra manera intervinieron en mi formación académica, gracias a sus consejos los cuales me ayudaron a afrontar los obstáculos y poder cumplir con mi meta.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Alan Yordan Valdivieso Velarde, el cual en su función de asesor de tesis brindo su apoyo y motivación para la elaboración de este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT .....	V
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	11
2.1. Tipo y Diseño de investigación.....	11
2.2. Operacionalización de variables .....	11
2.3. Población, muestra y muestreo.....	13
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	14
2.5. Procedimiento. ....	14
2.6. Métodos de análisis de datos.....	15
2.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS.....	16
V. DISCUSION.....	23
VI. CONCLUSIONES.....	25
VII. RECOMENDACIONES.....	26
REFERENCIAS .....	27
ANEXOS.....	29

## RESUMEN

Históricamente, en el año 1619 se dio un terremoto de magnitud aproximada 7.0 que afectó a la ciudad de Trujillo, se desconoce el epicentro puesto que en esa época se tomó registro de la percepción de la población y el impacto que éste causó; como consecuencia destruyó la ciudad de Trujillo, posterior a esto se tuvo otras actividades sísmicas que afectaron a la ciudad, pero no de consecuencias tan graves como la anterior; se sabe que existe una reincidencia sísmica aproximadamente de 500 años.

Debido al desinterés en este tema es que se propone el diseño de una red para medir intensidades sísmicas, planteando como base el estudio de la interacción suelo-sismo y su posterior análisis para los diversos requerimientos de la carrera. El presente estudio comprende la zonificación sísmica de Trujillo, criterios para ubicar los lugares donde colocar los instrumentos sísmicos, para este caso el Acelerógrafo es el instrumento a ser colocado, requisitos para el sistema de redes interconectadas y el diseño del módulo para asegurar el acelerógrafo.

Palabras clave: instrumentos sísmicos, intensidad sísmica, acelerógrafo.

## **ABSTRACT**

Historically, in the year 1619 there was an earthquake of approximately 7.0 magnitude that affected the city of Trujillo, the epicenter is unknown since at that time a record was taken of the perception of the population and the impact caused; As a result it destroyed the city of Trujillo, after this there were other seismic activities that affected the city, but not as serious as the previous one; it is known that there is a seismic recidivism of approximately 500 years.

Due to the lack of interest in this topic, the design of a network to measure seismic intensities is proposed, based on the study of soil-earthquake interaction and its subsequent analysis for the different requirements of the race. The present study includes the seismic zoning of Trujillo, criteria for locating the places to place the seismic instruments, for this case the Accelerometer is the instrument to be placed, requirements for the system of interconnected networks and the design of the module to ensure the accelerograph.

Keywords: seismic instruments, seismic intensity, accelerograph.

## I. INTRODUCCIÓN

El planeta en su litósfera está compuesto por diversas placas que interactúan constantemente debido a la liberación del calor en el centro de la tierra , a la dinámica de estas placas y su composición estructural se le denomina tectónica de placas, este continuo movimiento de las placas genera los eventos sísmicos y se presenta en el llamado cinturón de fuego al cual nuestro país pertenece, esto ocasiona fallas y hasta colapso de construcciones ; para prevenir en su mayoría esto es que se debe realizar estudios acerca de magnitudes y su impacto en la ciudad de Trujillo, para así desarrollar nuevos métodos constructivos que reduzcan el impacto sísmico de las obras civiles, con el fin de obtener un equilibrio entre el aspecto económico y la calidad.

Esta ciudad se encuentra ubicada en una zona de vulnerabilidad sísmica alta (RNE E 030), problema al que el ingeniero civil enfrenta con el diseño adecuado de estructuras en las obras que se realizan, teniendo en cuenta los factores de calidad y economía. Es en estos aspectos que muchas veces se omite los estudios de aceleración del suelo para lograr un correcto diseño estructural; para lograr esto se necesita de un monitoreo constante de las actividades sísmicas, por ello es por lo que una red de monitoreo es de suma necesidad.

Los suelos son el más viejo material de construcción y el más complejo. Su variedad es enorme y sus propiedades, variables en el tiempo y en el espacio, son difíciles de entender y de medir (Juárez, 2005), un gran problema que afronta el ingeniero civil es el comportamiento del suelo frente a eventos sísmicos, según la zonificación en trujillo un sismo afecta de forma diferente a la ciudad, debido a esto es que el diseño de edificaciones varia.

El aumento de los sismos reportados en los últimos años se debe al aumento de estaciones sísmicas instaladas en el territorio peruano, las cuales permiten reportar sismos de magnitudes mayores a 3.0 (IGP, 2018), esto conlleva a un mayor conocimiento acerca del comportamiento del suelo frente a distintos tipos de eventos sísmicos, siendo ya conocido que todos los sismos no tienen las mismas magnitudes y que tienden a incrementar debido al silencio sísmico en el que nos encontramos.

## II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se tienen toman algunas fuentes en el ámbito nacional; Ortiz (2010) en su trabajo “Proyecto de medida de distribución de intensidades sísmicas en la ciudad de Tacna, a través de la instalación de sismoscopios”. Tuvo como objetivo medir la distribución de las intensidades sísmicas en diferentes puntos de la ciudad de Tacna mediante el uso de sismoscopios, tomando como muestra los movimientos sísmicos en la región de Tacna. Llegando a concluir que el uso de una red es apto y fiable para la medición de intensidades sísmicas.

Así también, Silva (2017) en su tesis “Diseño de una nueva Red Sísmica Nacional con la utilización del mayor potencial de las telecomunicaciones en el Perú”. Tuvo como objetivo mejorar la información sísmica que posibilite el monitoreo rápido y eficaz de los eventos sísmicos, así como también el aspecto económico. Tomo como muestra las estaciones sísmicas en el Perú, llegando a la conclusión de que la instalación de sismógrafos debe ser en lugares de bajo ruido, los costos de utilizar tendidos de red para transmisión de señal sísmica actualmente están reducidos al simplificarse todo gracias a la internet.

Castillo (1994) en su tema de tesis “Peligro sísmico en el Perú”, tuvo como objetivo determinar el peligro sísmico en el Perú, considerando la data de sismos pasados y las propiedades de las tectónicas asociadas a la actividad sísmica. Uso como muestra el registro histórico del proyecto SISRA, del cual llega a la conclusión que existe un alto peligro y recurrencia de eventos sísmicos en el Perú; de esta investigación se enfatiza el hecho de que en 1619 ocurre un sismo en Trujillo que destruye la ciudad, siendo históricamente el único evento

fuerte que se produjo en esta zona, por lo tanto, se desconoce un margen de tiempo exacto para estimar el tiempo de recurrencia.

Investigando acerca del tema en otros países, tenemos a Singaicho (2009), en su trabajo “Mapa de intensidades sísmicas del Ecuador, criterios estructurales para optimizar la estimación de intensidades”. Tuvo como objetivo clasificar los terremotos de mayor importancia de Ecuador a una nueva escala de intensidades eliminando la subjetividad. Tomo como muestra el Catálogo de Intensidades Sísmicas del Ecuador, obteniendo como conclusión la importancia de crear un registro sobre intensidades sísmicas radica en que por ciudad los tipos de suelos no son los mismos, sufren variaciones y debido a los registros de intensidades por parte de las personas, estos no tienden a tener una magnitud estable, por lo cual no se sabría exactamente las máximas intensidades que sufriría dicho sitio para una recurrencia.

De esta misma forma, en México, Godínez (2016) en su tesis “Análisis de Registros Sísmicos en Roca en la Red Acelerográfica de la ciudad de Oaxaca”. Tuvo como objetivo analizar los datos obtenidos por los acelerogramas en las estaciones OXIG y OXLC tomando como muestra los registros históricos de ambas estaciones, llegando a concluir que la red acelerográfica de ciudad de Oaxaca es insuficiente en cuanto a acelerógrafos instalados teniendo en cuenta el crecimiento urbano y la cobertura. El servicio sismológico nacional se crea en 1910, instalando equipos de registro de la actividad sísmica en algunos estados, no es sino hasta 1957 que un temblor de magnitud 7.9 hizo que se realice un mejoramiento de la red para el registro sísmico

Las ondas sísmicas transmiten parte de la energía que se libera en las placas al interactuar en su constante dinámica, se presentan inicialmente dos tipos: ondas internas y ondas superficiales. Las ondas internas se propagan por las zonas profundas de la tierra y son de dos clases: ondas P (primarias) y ondas S (Secundarias), cuando se produce un evento sísmico son estos tipos de ondas el objeto de estudio. (Herráiz, 1997)

Otro aspecto para evaluar una actividad sísmica es el campo próximo, que se define como la zona que rodea a la fuente sísmica situada a una distancia más pequeña que la longitud de la fractura, parámetro que se relaciona directamente con el tamaño del sismo. La importancia de la distancia a la fuente sísmica, puesto que históricamente el desarrollo de la sismología se dio en estudios a distancias largas, caso contrario que ocurre para el interés del ingeniero civil, puesto que la atención es a los efectos no solo de grandes terremotos, sino a los sismos de menor magnitud, todo ello para conocer las características de vibración que se producen en las estructuras (Herráiz, 1997).

Para localizar un terremoto se necesita conocer ciertos criterios como son la hora, sitio del inicio de la ruptura y la ubicación de la falla. Para realizar el cálculo de estos parámetros partimos de la lectura en el tiempo que llega la onda, la información obtenida se refiere al sitio y el instante de inicio del sismo. La intensidad sísmica se mide tanto para personas, como para estructuras, teniendo para esto la percepción de las personas y para estructuras el daño que reciben estas (Herráiz, 1997).



**Figura 1.** Distribución de máximas intensidades sísmicas en el Perú

**Fuente:** Conceptos Básicos de sismología para Ingenieros (Alva et al., 1984)

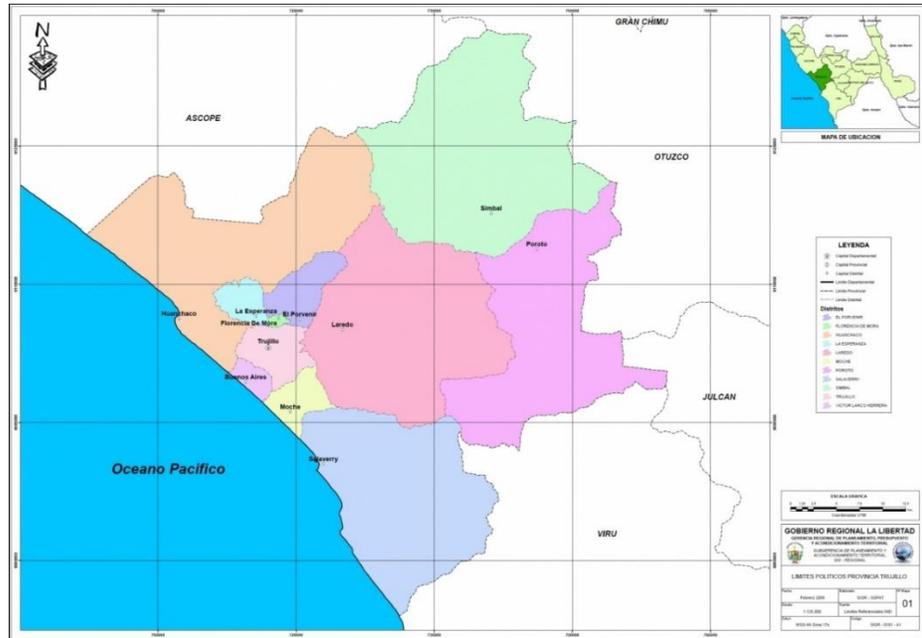
La magnitud es la energía liberada medida solo mediante aparatos sísmicos, aspecto que a su vez no depende del lugar, puesto que es energía lo que se transmite por la tierra y que es captado a través de estos instrumentos (Herráiz, 1997).

Para ubicar el acelerógrafo se utiliza ciertos criterios, entre los cuales se encuentran:

La microzonificación sísmica de una ciudad involucra el uso de conocimiento referente a la evaluación del riesgo sísmico, microzonificación geotécnica, planificación urbana, responsabilidad gubernamental, defensa civil, edificaciones existentes de uso vital, entre otros.

El citado autor nos menciona algunos aspectos de los que se compone una microzonificación, para nuestro estudio tomaremos en cuenta

microzonificación geotécnica, edificaciones existentes de uso vital, ruido sísmico, población acumulada (Lujan, 2011).



**Figura 2.** Mapa del distrito de Trujillo  
**Fuente:** Gobierno Regional La Libertad.

Otros criterios a tener en cuenta:

Sabbione (2004) Estudiando un mapa se pueden tener ubicaciones ideales, a menudo remotas, las que pueden ser severamente cuestionadas por consideraciones prácticas. Las más importantes que se deben tener en cuenta son:

La citada autora nos brinda unas pautas a tomar en cuenta a la hora de escoger el lugar donde se construirá la caseta; estos son:

Ruido; las estaciones deben estar alejadas del ruido vehicular pesado (solo tránsito de vehículos ligeros).

Seguridad; debe contar en caso de no ser con vigilancia, una zona monitoreada por serenazgo o policía.

Acceso; debe contar con facilidad de ingreso para el mantenimiento adecuado (acceso de vehículo para mantenimiento, reparación, etc.).

Clima; se debe evitar climas con condiciones de humedad altas, fríos o calores extremos

Topografía; evitar la topografía compleja o con muchas pendientes.

El acelerógrafo es un instrumento para medir las aceleraciones que provocan las ondas sísmicas en el suelo al ocurrir el evento sísmico; esta medición se hace a través del movimiento fuerte del suelo y los ordena en al menos tres ejes, dos horizontales y uno vertical.



**Figura 3.** Acelerógrafo ETNA

**Fuente:** KINEMATRICS (fabricante).

Acercas del módulo para resguardar al instrumento de medición debe ser una infraestructura adecuada para afrontar los eventos sísmicos de forma óptima, con seguridad para proteger el instrumento y con dimensiones adecuadas para la puesta en funcionamiento teniendo además espacio adecuado para el tránsito, almacenamiento de data y equipos complementarios.

Esta Investigación se justifica en realizar un estudio para el diseño de una red de acelerógrafos ya que hasta ahora no se cuenta con dicha red, resultando así en el desconocimiento de los ingenieros, autoridades y la población en general acerca de la sismicidad en Trujillo. Esto conlleva a una propuesta de diseño de red de monitoreo que cumpla con los requerimientos técnicos necesarios establecidos en la norma técnica peruana.

El trabajo de investigación se formula a partir del deseo de conocer la interacción suelo-edificaciones frente a los sismos, debido a que los sismos registrados desde que se tiene conocimiento son medidos por la percepción de la población, lo que nos da una escala no medible. Se analizará los estratos del suelo a través del método de análisis documental y posterior diseño de una estación.

Se tomó como hipótesis que el diseño de una red de monitoreo mejorará las construcciones en los aspectos económicos y de calidad; también será un gran aporte de conocimiento para tener un registro histórico acerca de la reacción de los distintos tipos de suelos ante una magnitud de un evento sísmico.

El objetivo general es diseñar una red de medidores sísmicos para obtener la distribución de las intensidades de los movimientos sísmicos en diferentes zonas según los tipos de suelo de la ciudad de Trujillo

Los objetivos específicos planteados son:

- Realizar estudios de suelos en las zonas determinadas de Trujillo.
- Determinar los puntos ideales para los instrumentos.
- Diseñar los módulos para la red de medidores.

- Establecer un sistema para la obtención y publicación de los registros obtenidos.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

La presente investigación se realiza mediante diseño no experimental, transversal de los cuales se escoge el descriptivo simple, como se muestra a continuación:

G ————— O

G: Población de Trujillo

O: Zonificación, criterios de ubicación (modulo), diseño de modulo, sistema de datos.

#### 3.2. Operacionalización de variables

##### 3.2.1. Variables.

- Zonificación.
- Criterios de ubicación.
- Diseño de modulo
- Sistema de Datos.

### 3.2.2. Matriz de operacionalización.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Zonificación	Clasificar los diversos tipos de suelo y agruparlos en zonas.	Se determino a través de estudio geotécnico de suelos	En unidades: Kg/cm <sup>2</sup>	Cuantitativa de razón
Criterios de Ubicación (modulo)	Determinar el lugar preciso donde instalar el instrumento	Se aplico una ficha de observación de campo	Apto No apto	Cualitativa ordinal
Modulo para instrumento sísmico	Diseño para mantener adecuadamente el funcionamiento del instrumento.	Se diseño un modelo cumpliendo el RNE	En unidades: m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> kilogramos	Cuantitativa de razón
Sistema de datos	Software para la utilización y difusión correcta de los datos obtenidos.	Se almacena, procesa y publica los datos a través de internet (página web, app, etc.)	En unidades: Megabytes	Cuantitativa de razón

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

La población abarca a todas las viviendas existentes de la ciudad de Trujillo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

#### 3.3.2. Muestra

La muestra se ubica en base a la zonificación, los criterios de ubicación y teniendo en cuenta otros factores como son:

- Sitios Arqueológicos.
- Instituciones del estado.
- Centros de Formación y/o educación.
- Urbanizaciones y/o residenciales.

#### 3.3.3. Muestreo

Una vez establecido la zonificación, usamos la guía de campo para establecer los sitios de muestreo, que son:

- Museo de sitio Chan Chan (zona 1).
- Hospital Víctor Lazarte Echeagaray (zona 2).
- Villa del contador (zona 3).
- Universidad Cesar Vallejo (zona 4).

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

#### 3.4.1. Técnicas.

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos será el análisis documental mediante estudios brindados por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) y el Instituto Geofísico del Perú (IGP).

#### 3.4.2. Instrumentos.

Guía de observación que servirá para analizar la ubicación de los centros de monitoreo.

En el levantamiento topográfico se utilizarán los equipos: estación total, prismas, GPS y wincha.

Para el estudio de mecánica de suelos se utilizarán instrumentos de laboratorio como: hornos, tamices, bandejas, espátulas, copa de Casagrande y balanzas, así como también se utilizará equipos computarizados para el procesamiento de datos.

### 3.5. Procedimiento.

Se realizó la inspección a los lugares establecidos en la zonificación ubicados en la ciudad de Trujillo, tomando en cuenta los criterios preestablecidos en el anexo 1 se decide elegir los puntos para establecer los módulos.

### 3.6. Métodos de análisis de datos.

Para el análisis de datos, con la metodología descrita se hará uso de:

Hojas de cálculos (MS EXCEL), que se emplearán para la evaluación según parámetros descritos, para determinar la ubicación.

El Reglamento Nacional de Edificaciones y las normas vigentes como es el caso de la norma técnica peruana E 030, se empleará durante todo el proceso de análisis y la verificación de los parámetros de control.

### 3.7. Aspectos éticos.

Con el permiso de la Universidad Cesar Vallejo, me comprometo a realizar una investigación con datos y resultados veraces, que cumplan con lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

## IV. RESULTADOS

### Zonificación:

Realizados los estudios microzonificación sísmica de Trujillo (estudios de mecánica de suelos para fines de cimentación), se obtuvo una clasificación de cuatro tipos de suelos en Trujillo, los cuales se detallan a continuación:

#### ZONA I:

Presenta una capa superficial de relleno de 0.10 m. a 0.30 m. de espesor. Continúa arena pobremente graduada (SP) o arena pobremente graduada con limos (SP-SM), con cierta presencia de gravas de  $\frac{1}{2}$  "a  $\frac{3}{4}$ ", su compacidad varía de suelta a media, de poca a regular humedad. No se nota presencia del NAF hasta la profundidad explorada de 4 m. a 5 m. La Capacidad admisible para esta zona varía de 0.914 a 1.099 Kg/cm<sup>2</sup>, para un Df = 0.90 m.

#### ZONA II:

Presenta una capa superficial de relleno de 0.40 m. de espesor. Continúa arena pobremente graduada (SP), poca humedad y semidensa, hasta 1.60 m. de profundidad. Luego se encuentra grava pobremente graduada (GP), de compacidad media a compacta, regular humedad. No se nota la presencia del NAF a la profundidad explorada. La capacidad admisible para esta zona es de 1.10 a 1.328 Kg/cm<sup>2</sup>, para Df = 1.00 m., considerando la cimentación en el material gravoso.

#### ZONA III:

Presenta una capa superficial de relleno de 0.40 m. de espesor. Luego continua arena arcillosa (SC) de regular humedad, de compacidad media hasta la profundidad de 1.30 m. A continuación, se nota arcilla de baja plasticidad (CL), de consistencia media, regular humedad y con cierta presencia de gravas de  $\frac{3}{4}$ " de

diámetro. En las urbanizaciones de Santa María IV y V Etapa, Los Laureles, Las Casuarinas, San Vicente, Villa Contadores, se nota presencia del NAF a 1.20 m. de profundidad.

La capacidad admisible para las urbanizaciones UPAO, El Galeno, Ingeniería y Belén, varía de 1.039 a 1.232 Kg/cm<sup>2</sup>, para un Df= 0.90 m. La capacidad admisible para las urbanizaciones Santa María y Las Casuarinas, varía de 0.794 a 0.939 Kg/cm<sup>2</sup>, para un Df= 0.90 m.

#### ZONA IV:

Presenta una capa superficial de relleno de 0.30 m. de espesor. Continúa arena pobremente graduada (SP) con cierta presencia de gravas de ½", de compacidad suelta a media. A continuación, se nota arena limosa (SM) de compacidad media, de poca a regular con cierta presencia de gravas de ¾" de diámetro. La capacidad admisible para esta zona varía de 0.939 a 1.129 Kg/cm<sup>2</sup>, para un Df=0.90 m.

Aplicando los resultados de zonificación al plano de Trujillo, obtenemos:

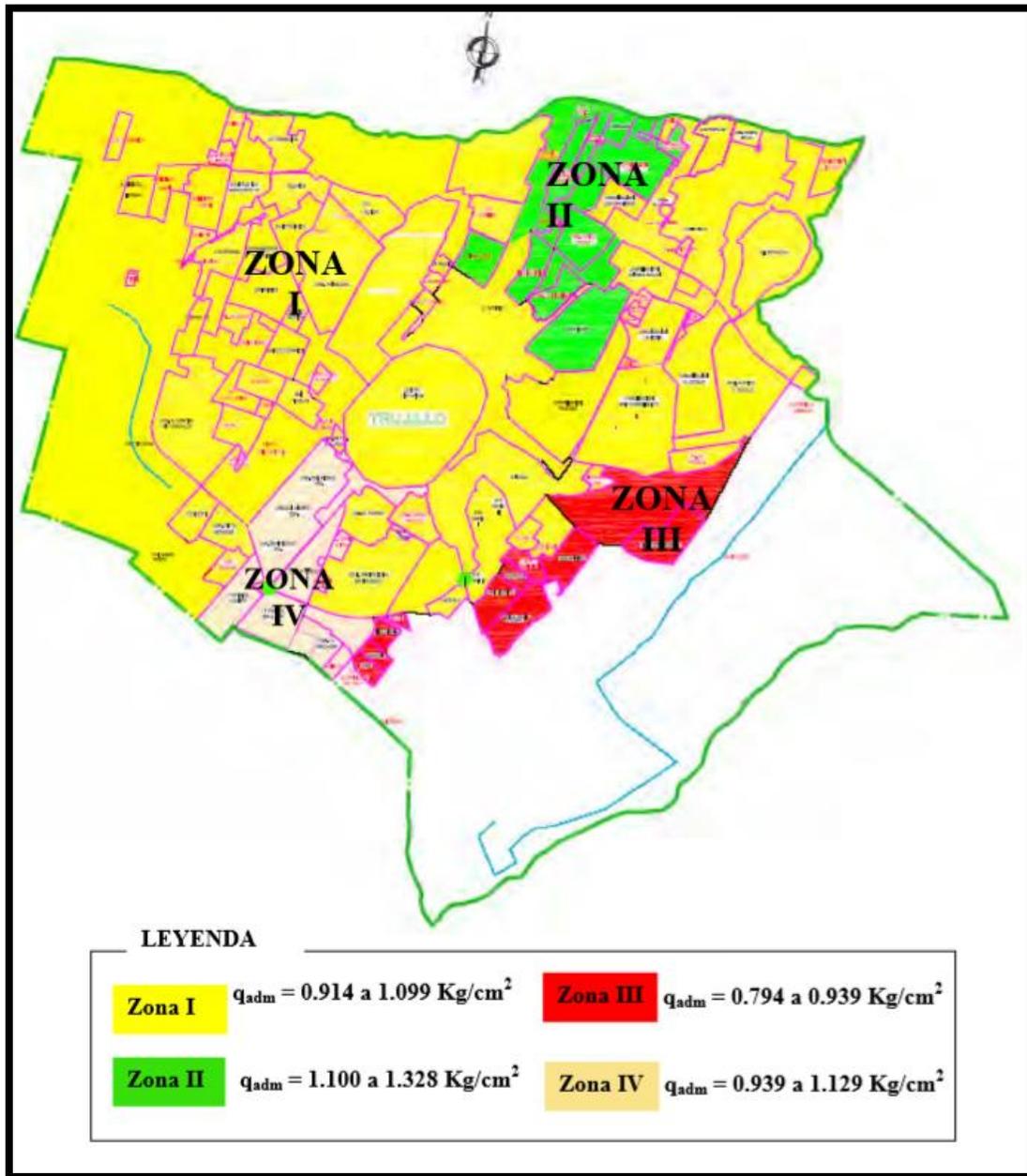


Figura 4. Mapa Zonificación de Trujillo.

## **Criterios de Ubicación (Estación)**

Las zonas propuestas para la colocación cumplen con los requisitos mencionados; en las ubicaciones propuestas hay seguridad, la disponibilidad de energía eléctrica es fluida, son sitios de fácil acceso y el tránsito vehicular ligero es bajo y de poca influencia en las mediciones (ver anexo 1).

Además de los requisitos básicos se tomó en cuenta que dichos sitios estén dentro de:

- Sitios Arqueológicos: Se eligió el museo de sitio Chan Chan (713088.0072978634 m, 9104151.90828489 m, 17, Sur) por ser el museo más representativo de la ciudad y contar con un patrimonio cultural de incalculable valor.
- Edificación fundamental: Se eligió el Hospital Víctor Lazarte Echegaray (719065.7362253352 m, 9104132.901466392 m, 17, Sur) debido a que es una infraestructura de alta importancia tanto por el objetivo de salvaguardar las vidas de los ciudadanos como por el hecho de estar incluido como estructuras resistentes a eventos sísmicos de gran magnitud (RNE 030); otro aspecto es evaluar su desempeño estructural teniendo en cuenta su tiempo de vida y las modificaciones que este recibe.
- Urbanizaciones y/o residenciales: Dentro de la zona 3 se procedió a localizar un lugar que cumpla con los requisitos antes señalados, para lo cual la Villa de Contadores (719643.120180126 m, 9101951.77684817 m, 17, Sur) fue elegida.
- Centros de Formación y/o educación: Se eligió la Universidad Cesar Vallejo (715537.0198157881 m, 9100855.37345798 m, 17, Sur) ya que está dentro de la zona 4 y forma a profesionales en el campo de la ingeniería civil; es debido a esto que la estación UCV será la **Estación Principal**, donde se recopilen los datos obtenidos de otras estaciones y se estudien, procesen y difundan para el conocimiento de los interesados.

Todo esto obedece a que los registros típicos en un acelerógrafo son en suelo rocoso, método mediante el cual se obtienen una toma limpia de datos para registrar la intensidad exacta; este proyecto abarca tomar registros directamente de los tipos

de suelo e investigar su interacción suelo-intensidad y como esta afecta a las edificaciones.

## Estación para instrumento sísmico

Para el diseño estructural se tomó como base el reglamento nacional de edificaciones (RNE 030), según el reglamento estipula que el módulo planteado no está dentro de sus criterios para estructuras en el aspecto para edificaciones antisísmicas debido a que la estructura es muy atípica en su diseño; es por esto que se propone un predimensionado y estructurado tomando en cuenta efectos de irregularidad como:

Irregularidad en Planta

Irregularidad en Altura

Frente a esta problemática se optó por usar medidas simétricas para así contrarrestarlas, obteniendo las siguientes medidas:

Dimensiones del proyecto (Largo-Ancho):

4.00 m x 4.00 m

Dimensiones de Columna:

0.25m x 0.25 m

4 $\phi$  1"

Estribos: 1 $\phi$  3/8" @ 0.05m 3 $\phi$  3/8" @ 0.10 m resto 1 $\phi$  3/8" @ 0.20 m

Dimensiones de viga:

Ancho – 0.25 m

Peralte – 0.35 m

4 $\phi$  5/8"

Estribos: 1 $\phi$  3/8" @ 0.05m 3 $\phi$  3/8" @ 0.10 m resto 1 $\phi$  3/8" @ 0.20 m

Losa: se usó una losa aligerada en dos sentidos para asegurar la integridad de los equipos y del investigador ante un evento sísmico, teniendo como resultado

h = 0.20 m

1 $\phi$  3/8" @0.40m acero negativo

1 $\phi$  1/2" @0.40m acero positivo

Cimentación: debido a los estudios de suelo previamente realizados y obteniendo de ellos las capacidades portantes respectivas de cada zona y con el metrado de cargas del diseño es que se procedió a realizar el cálculo de cimentación, teniendo como resultado:

Df = 1.70 m

T = 0.90 m

S = 0.90 m

1φ 5/8" @0.40m en dirección longitudinal

1φ 5/8" @0.40m en dirección transversal

### **Sistema de datos**

Para la recopilación de información se usa una computadora que almacene los datos y los suba a la red (servidor); el servicio de internet es necesario, para lo cual se requiere de una línea no menor de 20 mbs que puede ser proporcionada por los distintos operadores actuales.

Las especificaciones para el servidor deben ser como mínimo:

- ✓ Procesador i3 9100F 3.6 Ghz – 6.0 mb
- ✓ Placa Madre Gigabyte B360M – DS3H
- ✓ Ram Crucial Ballistix Sport 8 Gb / 2666 DDR 4
- ✓ SSD. M2 solido Kingston 240 GB
- ✓ Videocard GeForce GTX 1050 Zotac 4 GB DDR 5
- ✓ Case Cooler Master CMP500 / Fuente 600w.

## V. DISCUSIÓN

El diseño de una red es indispensable para mitigar posibles fallas en las estructuras debido al desconocimiento de la interacción suelo-sismo, como nos explica Ortiz (2010) un aumento de estaciones en una zona nos permite información fiable y medible del comportamiento del suelo antes estos eventos, lo cual permitiría mejorar en gran medida el diseño de una estructura.

La importancia de obtener los registros de los sismos es importante, así como también la de recopilar en una base de datos para su estudio y difusión, Silva (2017) da un alcance sobre un proyecto piloto para obtener información de estaciones alejadas, lo cual en el tiempo de ese proyecto representaba una fuerte cantidad de dinero; es en estos tiempos que la tecnología nos brinda equipos de vanguardia en conectividad, con sistemas de redes inalámbricas, permitiendo recibir información en microsegundos a distancias lejanas.

Históricamente, el país ha sido afectado por sismos desde tiempos remotos, la ciudad de Trujillo no está a salvo de esto, por eso Castillo (1994) en su investigación se encontró que en 1619 Trujillo sufrió un evento sísmico que destruyó toda la ciudad, se entiende que en esos tiempos los sistemas constructivos eran primitivos, pero el silencio sísmico que se presenta solo nos indica que otro sismo de gran magnitud nos tocará y para lo cual debemos preparar buenas cimentaciones y estructuras, tal como Singaicho (2009) propuso para establecer un registro histórico, recopilando toda la data obtenida de las estaciones a las que tuvo acceso.

Godínez (2016) en su estudio propone aumentar la cantidad de estaciones acelerográficas por cuanto estas son insuficientes frente al incremento poblacional y urbanístico que presenta la ciudad de Oaxaca, México. Esto es comparable al actual crecimiento poblacional de la ciudad de Trujillo que en el último censo (INEI) se encuentra en el 1%, estando dentro del rango intermedio lo cual se refleja en una demanda constructiva y adquisitiva de inmuebles para los distintos sectores que operan en la ciudad, como consecuencia no hay estudio correcto de las nuevas áreas poblacionales, lo que representa un peligro para la población.

La estructura para garantizar la seguridad del instrumento frente a sismos y/o robo, así como el correcto funcionamiento sin exposición a agentes externos es de suma importancia y las fuentes consultadas no abordan este tema, por lo cual se propone un diseño de estructura con requisitos mínimos para afrontar estos eventos.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Existe desinformación acerca del tema, se debe diseñar la red para monitorear la actividad sísmica en la ciudad y tener edificaciones que resistan estos eventos.
2. Los estudios de zonificación separan en 4 tipos de suelos predominantes a la ciudad de Trujillo.
3. Se determinaron los puntos ideales tomando en cuenta el anexo 1 y bajo el criterio de 1 estación en cada tipo de suelo, ubicando en distintos tipos de edificación.
4. Se diseñó el módulo para la red, tomando el suelo más desfavorable.
5. Se estableció el sistema para recopilación de información y almacenamiento óptimo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar el diseño de la red para estudiar la interacción suelo-sismo.
2. Las ubicaciones de cada módulo son tentativas respecto a la zonificación, criterios de ubicación, etc.; se deben respetar estos parámetros, aunque no sean los mismos puntos que las ubicaciones.
3. El diseño del módulo de la red se debe aplicar pese a que la norma no lo estipula.
4. El diseño presentado es tentativo con especificaciones mínima recomendables y tomando en cuenta el suelo de la zona desfavorable, al realizar el diseño se deberá tener en cuenta los reajustes pertinentes que puedan suceder en campo.
5. Se deberá tener en cuenta los permisos correspondientes para la ejecución del presente, debido a que están en distintos tipos de edificación (museo, hospital, zona residencial, universidad, etc).

## REFERENCIAS

- GODINEZ Laguna, Marco. Análisis de Registros Sísmicos en Roca en la Red Acelerográfica de la Ciudad de Oaxaca. Tesis (Titulo de Ingeniero Civil). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería, 2016. 86 pp.
- SINGUACHO Armas, Juan. Mapa de máximas intensidades sísmicas del Ecuador, criterios estructurales para mejorar la estimación de intensidades. Tesis (Titulo de Ingeniero Civil). Quito: Escuela politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, 2009. 95 pp.
- ORTIZ Salas, Carmen. Proyecto piloto de medida de distribución de las intensidades sísmicas en la ciudad de Tacna mediante la instalación de sismoscopios. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería civil, 2010. 77 pp.
- SILVA Sáenz, Omar. Diseño de una nueva Red Sísmica Nacional con la utilización del mayor potencial de las telecomunicaciones en el Perú. Tesis (Titulo de Ingeniero Electrónico). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 1989. 128 pp.
- CASTILLO Aedo, Jorge. Peligro sísmico en el Perú. Tesis (Titulo de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil, 1994. 95 pp.
- GAMARRA Rivera, Carlos. Nuevas fuentes sismogénicas para la evaluación del peligro sísmico y generación de espectros de peligro uniforme en el Perú. Tesis (Titulo de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil, 2009. 105 pp.
- DUQUE Escobar, Gonzalo. Mecánica de Suelos I Laboratorio. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2002. 175 pp.
- HERRAIZ, Miguel. Conceptos básicos de sismología para ingenieros. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1997. 128 pp.
- ALVA Hurtado, Jorge. Diseño de Cimentaciones. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia ICG, 2007. 227 pp.
- LOMNITZ, Cinna. El próximo sismo en la ciudad de México. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 2005. 24pp. ISBN: 970-32-2082-7.
- JUÁREZ Badillo, Eulalio. Mecánica de suelos. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 2005. 644 pp. ISBN: 968-18-0069-9.

- Utilización de métodos experimentales y de simulación numérica para el estudio de la microzonificación sísmica del distrito de Trujillo [en línea]. Trujillo: UNT, 2018 [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2018]. Disponible en <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2105/2005> ISSN: 2306-2002.
- Normas Legales (Perú) Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE 030).
- Instituto Geofísico del Perú (Reportes sísmicos anuales). Disponible en: <https://portal.igp.gob.pe/boletines-sismicos>
- Instituto Geofísico del Perú (Información acelerométrica). Disponible en: <https://bndg.igp.gob.pe/informacion/acelerometrica>

# ANEXOS

## Anexos 1: Fichas de observación de campo:

<b>FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO</b>	
 <p><b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b></p> <p>Escuela profesional de Ingeniería Civil</p>	<p>CRITERIOS DE UBICACIÓN PARA INSTRUMENTO DE MEDICION SISMICA</p>
<p><b>TESIS: Diseño de una Red de Instrumentos para medición de Intensidades Sísmicas, Trujillo 2018</b></p>	
<p><b>Ubicación:</b></p> 	<p><b>1.- Seguridad:</b></p> <p>Hay vigilancia <input type="checkbox"/></p> <p>No hay vigilancia <input type="checkbox"/></p>
	<p><b>2.- Energía Eléctrica:</b></p> <p>Disponibilidad <input type="checkbox"/></p> <p>No disponible <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Registro Fotográfico:</b></p> 	<p><b>3.- Accesibilidad:</b></p> <p>Fácil Acceso <input type="checkbox"/></p> <p>Difícil Acceso <input type="checkbox"/></p>
	<p><b>4.- Tránsito Vehicular:</b></p> <p>Vehículos Ligeros <input type="checkbox"/></p> <p>Vehículos pesados <input type="checkbox"/></p>

FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO



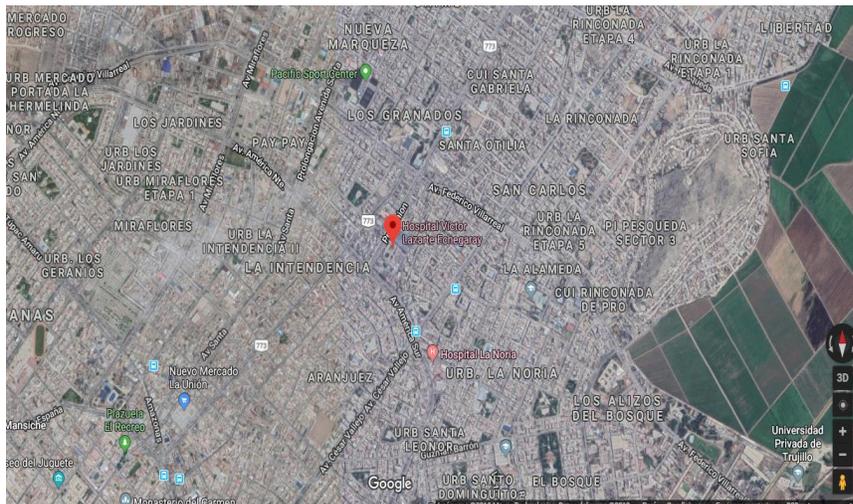
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Escuela profesional de Ingeniería Civil

TESIS: Diseño de una Red de Instrumentos para medición de Intensidades Sísmicas, Trujillo 2018

CRITERIOS DE UBICACIÓN PARA INSTRUMENTO DE MEDICION SIMICA

Ubicación:



1.- Seguridad:

Hay vigilancia

No hay vigilancia

2.- Energía Eléctrica:

Disponibilidad

No disponible

Registro Fotográfico:



3.- Accesibilidad:

Fácil Acceso

Difícil Acceso

4.- Tránsito Vehicular:

Vehículos Ligeros

Vehículos pesados

FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO



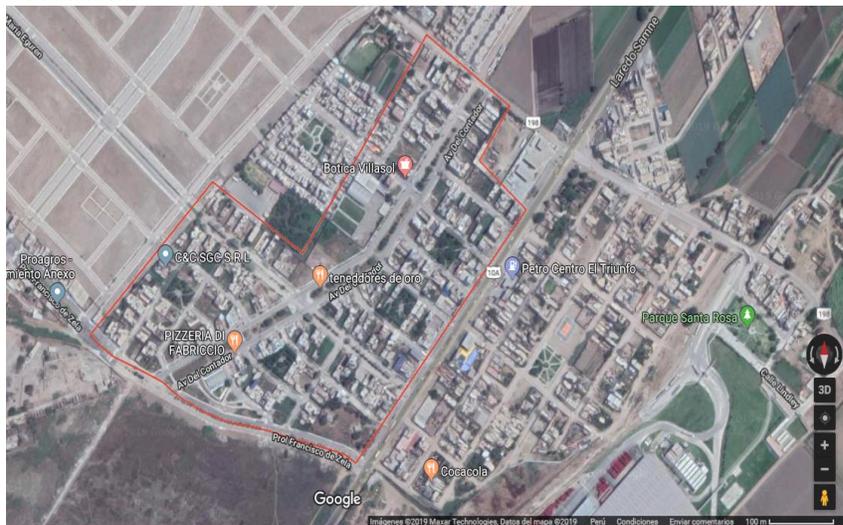
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Escuela profesional de Ingeniería Civil

TESIS: Diseño de una Red de Instrumentos para medición de Intensidades Sísmicas, Trujillo 2018

CRITERIOS DE UBICACIÓN PARA INSTRUMENTO DE MEDICION SISMICA

Ubicación:



1.- Seguridad:

Hay vigilancia

No hay vigilancia

2.- Energía Eléctrica:

Disponibilidad

No disponible

Registro Fotográfico:



3.- Accesibilidad:

Fácil Acceso

Difícil Acceso

4.- Tránsito Vehicular:

Vehículos Ligeros

Vehículos pesados

FICHA DE OBSERVACION DE CAMPO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Escuela profesional de Ingeniería Civil

CRITERIOS DE UBICACIÓN  
PARA INSTRUMENTO DE  
MEDICION SISMICA

TESIS: Diseño de una Red de Instrumentos para medición de  
Intensidades Sísmicas, Trujillo 2018

Ubicación:



1.- Seguridad:

Hay vigilancia

No hay vigilancia

2.- Energía Eléctrica:

Disponibilidad

No disponible

Registro Fotográfico:



3.- Accesibilidad:

Fácil Acceso

Difícil Acceso

4.- Tránsito Vehicular:

Vehículos Ligeros

Vehículos pesados

## Anexos 2: Predimensionado de Elementos Estructurales

### PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

numero de niveles = 1

Área tributaria = 4.00 m<sup>2</sup>

	<b>P</b>	<b>n</b>
columna de esquina	1.50PG	0.20

<b>Carga</b>	<b>Unidad</b>	<b>Peso. Unit.</b>	<b>Col (ton)</b>
Aligerado	kg/m <sup>2</sup>	380	1.52
acabados	kg/m <sup>2</sup>	100	0.40
tabiquería	kg/m <sup>2</sup>	150	0.60
vigas principales	kg/m <sup>2</sup>	100	0.40
sobrecarga	kg/m <sup>2</sup>	300	1.20
Peso total en cada columna en (ton)			4.12

Las columnas se predimensionan con

$$bt = P/(n \cdot f'c)$$

PG (peso total de cargas de gravedad)

n (valor depende del tipo de columna)

f'c (resistencia del concreto del elemento)

bt (área de la sección de la columna)

PG (ton)	X	P = x*PG	n	f'c(kg/m <sup>2</sup> )	bt(cm <sup>2</sup> )
4.12	1.50	6.18	0.20	210.00	147.14

Asumir un lado de la columna b en cm,

<b>b' (cm)</b>	<b>t (cm)</b>	<b>t' (cm)</b>
25.00	5.89	25.00

Uniformizando las columnas, asumimos 0.25x0.25m

Acero en Columna (Código ACI)

$$A_{st} = 0.03A_g$$

$$A_g = 18.75 \text{ cm}^2$$

usar:  $4\phi 1''$

estribos usar:  $1\phi 3/8'' @ 0.05\text{m}$   $3\phi 3/8'' @ 0.10 \text{ m}$  resto  $1\phi 3/8'' @ 0.20 \text{ m}$

### PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

peso aligerado =	380.00 kg/m <sup>2</sup>	}		
peso acabado =	100.00 kg/m <sup>2</sup>			
peso tabiquería =	150.00 kg/m <sup>2</sup>	}		WD
s/c =	200.00 kg/m <sup>2</sup>			

$$W_u = 1.4 \text{ WD} + 1.7 \text{ WL} = 1.22 \text{ tn/m}^2$$

$$\beta = 4/\sqrt{W_u} = 11.45$$

$$B = 3.80 \text{ m}$$

### VIGA DE BORDE

$$B' = 2.00 \text{ m}$$

$$L_n = 3.80 \text{ m}$$

$$\text{espesor de muro} = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{altura de muro} = 4.00 \text{ m}$$

$$\delta \text{ ladrillo} = 1.80 \text{ tn/m}^3$$

$$P = 1.08 \text{ tn/m}$$

$$\text{peso aligerado} = 380.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{peso acabado} = 100.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{peso tabiquería} = 150.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{s/c} = 200.00 \text{ kg/m}^2$$

---


$$W = 0.83 \text{ kg/m}^2$$

$$h = L_n/\beta$$

Bad = P/W, P (peso de muro en ton/m)

W = Pp. Alig. + P. acab. + P.tab. + S/C

$$b = B^*/20$$

$$B^* = B' + Bad = 2.00 \text{ m} + 1.31 \text{ m} = 3.31 \text{ m}$$

por lo tanto:

$$b = 0.17 \text{ m}$$

$$h = 0.34 \text{ m}$$

para zona de alto riesgo sísmico

$$b^*(h^3) = b^\circ * (h^\circ)^3$$

$$b^\circ = 0.25 \text{ m}$$

$$h^\circ = 0.30 \text{ m} \quad \text{asumimos}$$

luego:

$$h^\circ = 0.35 \text{ m}$$

Usar: 0.25 x 0.35 m<sup>2</sup>

Acero en Viga (Código ACI)

$$A_{st} = 0.75 \rho b$$

$$\rho = \beta_1 * 0.85 (f'_c/f_y) (6000 / (6000 + f_y))$$

$$A_{st} = 10.65 \text{ cm}^2$$

usar: 4φ 5/8"

estribos usar: 1φ 3/8" @ 0.05m 3φ 3/8" @ 0.10 m resto 1φ 3/8" @ 0.20 m

## DISEÑO DE LOSA EN DOS SENTIDOS

RNE 060 CAPITULO 13

asumimos  $h = 0.20\text{m}$

Cálculo de  $W_u$

peso aligerado =	380.00 kg/m <sup>2</sup>
peso acabado =	100.00 kg/m <sup>2</sup>
peso tabiquería =	150.00 kg/m <sup>2</sup>
s/c =	200.00 kg/m <sup>2</sup>
1.4 WD =	3.53 KN/m <sup>2</sup>
1.7 WL =	1.36 KN/m <sup>2</sup>
$W_u = 1.4 WD + 1.7 WL =$	4.89 KN/m <sup>2</sup>

$L =$  4.00 m

Coeficientes para momentos negativos

$M_u = 0.045 * W_u * (L^2) =$  3.52

Coeficientes para momentos positivos debido a carga muerta

$M_u = 0.018 * WD * (L^2) =$  1.02

Coeficientes para momentos positivos debido a carga viva

$M_u = 0.027 * WL * (L^2) =$  0.59

CALCULO DE ACERO

$A_s = (3.01 * M_u / dt) * (4/3)$

$A_s(-) =$  40.22 mm

$A_s(+) =$  88.28 mm

Se requiere:

1φ 3/8" @0.40m

acero negativo

1φ 1/2" @0.40m

acero positivo