

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando  
la metodología FEMA 154 en el Pabellón de  
Administración de la UNAM Moquegua 2021**

Gianfranco Fabio Jibaja Lupaca

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Moquegua, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Felipe Néstor Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Roberto Carlos Castillo Velarde  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 21 de Octubre de 2023

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO LA METODOLOGÍA FEMA 154 EN EL PABELLÓN DE ADMINISTRACIÓN DE LA UNAM MOQUEGUA 2021”**, perteneciente al/la/los/las estudiante(s) **Bach. GIANFRANCO FABIO JIBAJA LUPACA**, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma “Tumitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 10) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



---

Mg. Roberto Carlos Castillo Velarde  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. Nº 67840

Mg. Roberto Carlos Castillo Velarde  
Asesor de tesis

Cc.  
Facultad  
Oficina de Grados y Títulos  
Interesado(a)

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, GIANFRANCO FABIO JIBAJA LUPACA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 70282463, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA 2021", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

15 de agosto de 2022.



---

GIANFRANCO FABIO JIBAJA LUPACA

DNI. No. 70282463

Cc.  
Facultad  
Oficina de Grados y Títulos  
Interesado(a)

# “EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO LA METODOLOGÍA FEMA 154 EN EL PABELLÓN DE ADMINISTRACIÓN DE LA UNAM MOQUEGUA 2021”

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
3	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todos mis amigos y conocidos por compartir sus conocimientos y  
buenos deseos para conmigo.

Agradezco también a mi asesor, Ing. Roberto Castillo Velarde, por otorgarme  
su tiempo y sus consejos desde el principio hasta el final de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

A Fernanda,  
mi único y gran amor.

A mis padres,  
por darme sus consejos y su apoyo  
que me sirvieron cuando sentía que no podía continuar  
y que había perdido el camino que me tracé.

A mis maestros,  
personas sabias que confiaron en mis capacidades  
y no dudaron en compartirme su experiencia y sabiduría.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	18
1.1.1. Planteamiento del problema.....	19
1.2. Objetivos.....	19
1.3. Justificación e importancia .....	20
1.4. Hipótesis.....	20
1.5. Variables.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO .....	19
2.1 Antecedentes del problema .....	19
2.1. Bases teóricas .....	23
2.1.1. Vulnerabilidad sísmica.....	23
2.1.2. Metodologías para estimar la vulnerabilidad o fragilidad sísmica .....	23
2.2. Método FEMA-154.....	25

2.2.1. Evaluación por la metodología FEMA-154.....	25
2.2.2. Procedimiento de inspección visual rápida.....	25
2.3. Definición de términos básicos.....	26
2.3.1. Actividad sísmica en el Perú.....	26
2.3.2. Actividad sísmica en Moquegua.....	28
2.3.3. Escala de Richter.....	31
2.3.4. Escala de Mercalli.....	31
2.3.5. Vulnerabilidad sísmica de estructuras.....	32
2.3.7. Forma y tamaño de la edificación.....	34
2.3.8. Masa.....	38
2.3.9. Tipo y ubicación de elementos no estructurales.....	38
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	40
3.1. Métodos y alcance de la investigación.....	40
3.1.1. Localización.....	40
3.2. Diseño de la investigación.....	41
Nivel de investigación: explicativo.....	41
3.3. Población y muestra.....	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. Generalidades.....	43
4.1. Procedimiento de inspección rápida (PIVR).....	44
4.1.1. Formato de recolección de datos.....	44
4.1.2. Adquisición y revisión de datos de construcción previos al campo.....	47
4.1.3. Datos generales de la edificación.....	48

4.1.4. Esquema en planta y elevación .....	49
4.1.5. Fotografía referencial.....	49
4.1.6. Tipo de suelo.....	50
4.1.7. Sistema estructural .....	52
4.1.8. Irregularidad vertical.....	52
4.1.9. Irregularidad en planta .....	53
4.2. Interpretación del puntaje final .....	53
4.3. Análisis sísmico lineal .....	54
4.3.1. Alcances.....	54
4.3.2. Cargas.....	55
4.3.3. Procedimientos.....	55
4.3.4. Parámetros de diseño .....	55
4.3.7. Modelo de la edificación.....	59
4.3.8. Resultados del análisis sísmico lineal .....	60
4.4. Reforzamiento de la edificación .....	62
5.1. Resultado de las generalidades .....	63
5.2. Resultado del procedimiento de inspección rápida (PIVR).....	63
5.3. Resultado de la interpretación del puntaje final.....	63
5.4. Resultado del análisis sísmico lineal.....	64
5.5. Resultado del reforzamiento de la edificación.....	64
CONCLUSIONES .....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Escala de Richter.....	31
<b>Tabla 2:</b> Escala de Mercalli.....	31
<b>Tabla 3:</b> Determinación de la región sísmica.....	45
<b>Tabla 4:</b> Parámetros de clasificación del suelo.....	51
<b>Tabla 5:</b> Sobrecarga para el área de administración.....	55
<b>Tabla 6:</b> Drift en el eje X.....	61
<b>Tabla 7:</b> Drift en el eje Y.....	61
<b>Tabla 8:</b> Límites para la distorsión del entrepiso.....	61
<b>Tabla 9:</b> Drift reforzado en el eje X.....	62
<b>Tabla 10:</b> Drift reforzado en el eje Y.....	63

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N.º 1:</b> Puntajes para el bloque 01.....	54
<b>Gráfico N.º 2:</b> Curva generada por el espectro de diseño.....	57

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N.º 1:</b> Círculo de Fuego del Pacífico .....	27
<b>Figura N.º 2:</b> Mapa de sismos ocurridos en el Perú .....	28
<b>Figura N.º 3:</b> Placa de Nasca y placas tectónicas en el mundo .....	30
<b>Figura N.º 4:</b> Fenómeno de subducción en la placa de Nasca.....	30
<b>Figura N.º 5:</b> Abertura en diafragmas .....	34
<b>Figura N.º 6:</b> Irregularidad de simétrica en planta .....	34
<b>Figura N.º 7:</b> Irregularidad de diafragmas.....	35
<b>Figura N.º 8:</b> Irregularidad de rigidez .....	35
<b>Figura N.º 9:</b> Irregularidad en planta.....	35
<b>Figura N.º 10:</b> Discontinuidad vertical.....	36
<b>Figura N.º 11:</b> Discontinuidad de rigidez en altura .....	36
<b>Figura N.º 12:</b> Proporción de muros.....	36
<b>Figura N.º 13:</b> Irregularidad en altura, cambio abrupto de rigidez .....	37
<b>Figura N.º 14:</b> Irregularidades en altura .....	38
<b>Figura N.º 15:</b> Irregularidad de rigidez .....	39
<b>Figura N.º 16:</b> Mapa de la Región Moquegua.....	41
<b>Figura N.º 17:</b> Matriz de análisis de la vulnerabilidad sísmica de un edificio .....	43
<b>Figura N.º 18:</b> Formato de recolección de datos para región de sismicidad alta .....	46
<b>Figura N.º 19:</b> Ensayo de Esclerómetro en columna piso 1 ESC (1 - 5).....	47
<b>Figura N.º 20:</b> Ensayo de Esclerómetro en columna piso 1 ESC (6 - 10).....	47
<b>Figura N.º 21:</b> Ensayo de Esclerómetro en columna piso 2 ESC (11 - 15).....	47
<b>Figura N.º 22:</b> Ensayo de Esclerómetro en columna piso 2 ESC (16 - 20).....	47
<b>Figura N.º 23:</b> Ensayos de compresión axial a pilas .....	48
<b>Figura N.º 24:</b> Ensayos de compresión axial a pilas NTP 299.605.....	48
<b>Figura N.º 25:</b> Recolección de datos generales bloque 01 .....	49
<b>Figura N.º 26:</b> Esquema en planta y elevación bloque 01 .....	49
<b>Figura N.º 27:</b> Fotografía referencial, vista isométrica y frontal .....	50

<b>Figura N.º 28:</b> Tipo de suelo .....	51
<b>Figura N.º 29:</b> Sistema estructural.....	52
<b>Figura N.º 30:</b> Ejemplos de irregularidad vertical.....	52
<b>Figura N.º 31:</b> Ejemplos de irregularidad en planta .....	53
<b>Figura N.º 32:</b> Puntajes para el bloque 01 .....	53
<b>Figura N.º 33:</b> Resistencia de vigas y columnas .....	56
<b>Figura N.º 34:</b> Resistencia a la compresión axial.....	56
<b>Figura N.º 35:</b> Espectro de diseño .....	58
<b>Figura N.º 36:</b> Pabellón de administración en la UNAM.....	59
<b>Figura N.º 37:</b> Pabellón de administración en la UNAM en el software ETABS.....	59
<b>Figura N.º 38:</b> Diafragma rígido por nivel de la edificación.....	60
<b>Figura N.º 39:</b> Edificación deformada.....	60
<b>Figura N.º 40:</b> Edificación reforzada con placas de 0.25 m (color gris) .....	62
<b>Figura N.º 41:</b> Edificación reforzada con columnas de 0.50 m x 0.50 m (color celeste) .....	62

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	69
<b>ANEXO B.</b> PABELLÓN EXISTENTE .....	70
<b>ANEXO C.</b> PABELLÓN REFORZADO .....	71
<b>ANEXO D.</b> PANEL FOTOGRÁFICO .....	72
<b>ANEXO E.</b> ENSAYO DE ESCLERÓMETRO .....	77
<b>ANEXO F.</b> ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL .....	81
<b>ANEXO G.</b> ENSAYO DE COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO .....	82
<b>ANEXO H.</b> CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE MÁQUINA DE COMPRESIÓN AXIAL ELECTRO-HIDRÁULICA .....	83
<b>ANEXO I.</b> CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTO DE PESAJE DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO .....	85
<b>ANEXO J.</b> CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE VERNIER DIGITAL .....	90

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la fragilidad sísmica aplicando la metodología FEMA 154 en el pabellón de Administración de la UNAM, Moquegua, 2021. Este consiste en un método práctico para estimar la vulnerabilidad sísmica de una edificación, considerando las características sísmicas, el tipo de suelo y las irregularidades propias de la edificación, aplicando la metodología FEMA 154.

La investigación tuvo la finalidad de mostrar los beneficios del método FEMA 154 al momento de valorar la vulnerabilidad sísmica de una edificación. Durante la ejecución de este trabajo, se aplicaron los formatos establecidos en el FEMA 154, el cual describe el comportamiento de una edificación por medio de la ley causa - efecto, donde el sismo es la causa y el efecto es el daño. En ese sentido, la vulnerabilidad de una edificación está relacionada directamente con el diseño estructural, los procesos constructivos y la eficacia de los materiales directos de construcción para la determinación del nivel de fragilidad de una edificación (baja, media y alta).

Así, se definió el manejo de los formatos establecidos por el FEMA 154, aplicando las tablas y figuras especificadas en esta normativa según las hipótesis planteadas en el presente trabajo investigativo.

Finalmente, se determinó como resultado que la utilización del metodología FEMA 154 es una técnica óptima para establecer la fragilidad sísmica de una edificación, ya que en el presente proyecto de investigación se realizó el análisis lineal cuantitativo donde se comprobó que la edificación no tenía un buen comportamiento sísmico, por lo que se tuvieron que reforzar algunos elementos estructurales verticales para garantizar la seguridad estructural de la edificación.

**Palabras clave:** Evaluación, FEMA 154, vulnerabilidad, sísmica.

## ABSTRACT

The objective of this research project was to evaluate the seismic vulnerability applying the FEMA 154 methodology in the administration pavilion of the UNAM Moquegua 2021. Which consists of a practical method to estimate the seismic vulnerability of a building considering the seismic characteristics, type of floor and irregularities of the building applying the FEMA 154 methodology.

This research was developed in order to show the benefits of the FEMA 154 methodology when evaluating the seismic vulnerability of a building. During the development of this research, the formats established in FEMA 154 were applied, which describes the behavior of a building through the cause-effect law, where the earthquake is the cause and the effect is the damage. Where the vulnerability of a building is directly related to the structural design, construction processes and quality of construction materials. To determine the degree of vulnerability of a building (low, medium and high)

The handling of the formats established by FEMA 154 was defined, applying the tables and figures specified in this regulation according to the hypotheses raised in this research project.

Finally, it was determined as a result that the application of the FEMA 154 methodology is an approximate optimal method to determine the seismic vulnerability of a building, since in this research project the quantitative linear analysis was carried out where it was found that the building did not have good seismic behavior, so some vertical structural elements had to be reinforced to guarantee the structural safety of the building.

**Key Words:** Assessment, FEMA 154, vulnerability, seismic.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo investigativo que lleva por título “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando la metodología FEMA 154 en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021” se efectuó con la finalidad de proporcionar información sobre la fragilidad sísmica de la infraestructura del pabellón de administración de la UNAM Moquegua, para, de esta manera, diagnosticar y recomendar el reforzamiento de la edificación para proteger la integridad de sus habitantes.

En el primer capítulo, se planifica, formula, secciona y justifica la razón de los problemas presentados en el presente trabajo investigativo, además, se plantean los objetivos y las hipótesis del estudio y, consiguientemente, se detallan las variables.

En el segundo capítulo, se hace referencia a los antecedentes (internacional, nacional y regional), se definen las bases teóricas, se mencionan los métodos utilizados y conceptos básicos sobre vulnerabilidad sísmica, aplicando la metodología FEMA 154.

En el capítulo tercero, se menciona la metodología investigativa en la que se realiza una evaluación de vulnerabilidad sísmica utilizando la metodología FEMA 154 por medio de técnicas y herramientas de recopilación de datos.

En el cuarto capítulo, se dan a conocer los resultados de la evaluación de la fragilidad sísmica aplicando el método FEMA 154 en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021, con sus respectivas tablas y gráficos.

Finalmente, se muestran las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos del estudio.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

Cada año, en todo el mundo, distintos observatorios sísmicos determinan los subparámetros centrales de una gran cantidad de sismos cuyos epicentros se ubican en la zona sísmica de cada país y el porcentaje de edificaciones construidas actualmente con materiales frágiles o no dúctiles como la mampostería, sigue siendo mayor que el hormigón armado y el acero, un porcentaje que es más prominente en los países en desarrollo. El Perú es una nacionalidad con un índice muy elevado para suscitarse temas sísmicos, sobre todo en la región Moquegua donde se encuentra una de las zonas de mayor riesgo debido al fenómeno de subducción que se produce en su subsuelo el cual ha causado la mayor cantidad de terremotos ocurridos en la costa sur del Perú (Muñoz, 2006).

La norma peruana de diseño sismorresistente cataloga a las universidades como edificaciones esenciales, debido a que después de un eventual fenómeno sísmico estas edificaciones esenciales deben de seguir funcionando. Por eso, tanto el diseño estructural como la apreciación de la vulnerabilidad sísmica deben efectuarse con especial cuidado.

La presente investigación, como parte de los problemas, pretende identificar, verificar y proponer el método correcto para la evaluación de la sismicidad en edificaciones esenciales, para lo cual analizará la fragilidad sísmica aplicando el método FEMA 154 en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021. Como objetivo principal, se tiene el de realizar la adecuada estimación de la vulnerabilidad sísmica en construcciones primarias en la región de Moquegua. En cuanto a la justificación y la importancia del presente estudio investigativo, estas se basan en las exigencias de la norma de diseño sismorresistente E.030, así como los requisitos establecidos en el FEMA 154, considerándose, de tal forma, a la Región Moquegua uno de los lugares altamente sísmicos según los reportes del IGP y sobre todo por el último terremoto ocurrido el 23 de junio de 2001 en la zona sur del país.

### ***1.1.1. Planteamiento del problema***

#### **Problema general**

¿En qué medida la evaluación de la vulnerabilidad sísmica tiene relación con la metodología FEMA 154 en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021?

#### **Los problemas específicos**

- ✓ ¿En qué medida la vulnerabilidad sísmica es significativa en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021?
- ✓ ¿En qué medida es posible verificar la condición estructural en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021?
- ✓ ¿En qué medida es posible establecer un inventario actual de los errores estructurales y constructivos algunas alternativas de remediación inmediata de mayor incidencia en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021?

### **1.2. Objetivos**

#### **Objetivo general:**

Determinar en qué medida la evaluación de la vulnerabilidad sísmica tiene relación con la metodología FEMA 154 en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.

#### **Los objetivos específicos**

- ✓ Determinar en qué medida la vulnerabilidad sísmica es significativa en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.
- ✓ Determinar en qué medida es posible verificar la condición estructural en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.
- ✓ Determinar en qué medida es posible establecer un inventario actual de los errores estructurales y constructivos algunas alternativas de remediación inmediata de mayor incidencia en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.

### **1.3. Justificación e importancia**

#### **Justificación metodológica**

Realizar estos estudios no solo implica realizar la fragilidad estructural, también nos permite ver la fragilidad no estructural y funcional de tales edificaciones esenciales, según la denominación que le da la norma de diseño sismorresistente, con el fin de revisar su comportamiento estructural y, si el caso lo amerita, mejorar su comportamiento estructural y operativo.

#### **Justificación práctica**

Se busca mejorar y optimizar la metodología por medio de evaluar la vulnerabilidad sísmica de los edificios en la Región Moquegua 2021 para que este estudio pueda ser tomado en cuenta en futuras investigaciones y diseños de este tipo de edificaciones.

#### **Justificación social**

A nivel social, se evitará que haya víctimas ante un nuevo evento sísmico debido a las deficiencias constructivas y de diseño que no hayan sido contempladas anteriormente en las normativas de diseño sismorresistente actuales.

### **1.4. Hipótesis**

#### **Hipótesis general**

Aplicando la metodología FEMA 154, se obtendrán mayores parámetros de identificación de la vulnerabilidad sísmica en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.

### **Hipótesis específicas**

- ✓ Aplicando la metodología FEMA 154 tendremos mayores parámetros de identificación referente a la vulnerabilidad sísmica en edificaciones de la Región Moquegua 2021.
- ✓ Aplicando la metodología FEMA 154 se podrá verificar la condición estructural en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.
- ✓ Aplicando la metodología FEMA 154 es posible establecer un inventario actual de los errores estructurales y constructivos algunas alternativas de remediación inmediata de mayor incidencia en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.

### **1.5. Variables**

#### **Variables dependientes:**

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

#### **Variables independientes:**

Metodología FEMA en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

Se consideraron investigaciones relacionadas con la vulnerabilidad o fragilidad sísmica, a fin de tener mayores alcances respecto de los trabajos similares.

##### **Antecedentes internacionales**

Gutiérrez (2018), en su trabajo *“Fragilidad sísmica en estructuras de edificaciones en Santiago de Cali”* realizado en las zonas de mayor amenaza sísmica de Colombia, específicamente en construcciones de clínicas consideradas potencialmente vulnerables. El objeto de este estudio es dar a conocer las principales características de vulnerabilidad a las que se encuentran expuestas las construcciones. El análisis efectuado es útil para entender el reforzamiento estructural de las instalaciones y garantizar su operatividad en bienestar de la zona urbana y rural que por proyección pueda ser dañada. Finalmente, en la investigación desarrollada se evidenció la existencia de una variedad de bibliografía, la cual esta relacionada con el tema de vulnerabilidad sísmica sean artículos, investigaciones y otro tipo de trabajos.

Leal (2017), en su trabajo *“Vulnerabilidad de viviendas según tipos de materiales utilizados en Jocotepec, Ciudad de Jalisco”*, tuvo como objetivo diagnosticar el riesgo de colapso de cada edificación en Jocotepec. Por ejemplo, un defecto geológico es una fuente de un tipo de material de construcción y una propuesta para reducir la fragilidad estructural. A partir de los resultados de la evaluación general, cada método muestra que, en gran medida, los edificios son altamente vulnerables, lo que se atribuye al uso de sistemas de mampostería no confinados y mal reforzados para cada casa típica de la ciudad, sin utilizar un diseño sísmico o una construcción adecuada.

Yamin (2015), en su estudio *“Riesgo de sismicidad de construcciones en términos de pérdidas económicas mediante integración de costos de reparación de componentes”* desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, para optar el grado de doctor, tuvo la finalidad de evaluar el riesgo sísmico, planteando una metodológica consistente y rigurosa para evaluar pérdidas por intensidad de la acción sísmica. Los resultados se conocen por medio de funciones de fragilidad específica por tipología constructiva llevando una correlación entre las pérdidas económicas respecto de la incertidumbre con el grado de intensidad. Finalmente, estos análisis permitieron estipular el grado de sensibilidad de cada uno de los parámetros relevantes del modelo de evaluación de pérdidas económicas.

Aldunate (2009), en su investigación *“Vulnerabilidad sísmica en edificios chilenos de hormigón armado”* efectuado en la Universidad de Chile para optar al título de Ing. Civil realiza la continuación de un libro denominado *“Desarrollo sísmico en edificios diseñados con la norma sísmica chilena”*. El objeto de la investigación es adherir los resultados de la aplicación del perfil biosísmico con las conclusiones de los estudios de la vulnerabilidad implícita para la cual, en vez de utilizar una muestra heterogénea, se hace el uso en un conjunto de construcciones típicas de diferente tipología. En este estudio, se estimó el paraje de desempeño de cada edificio con la que se ha obtenido el elemento de seguridad por medio de la metodología inverso. Finalmente, se concluye que los edificios extremadamente rígidos son más vulnerables sísmicamente que los flexibles siendo un factor explícito en el diseño de los edificios interpuesto por la norma chilena respecto a sismos.

Guillén (2005), en su investigación titulada *“Vulnerabilidad sísmica de edificaciones por muestreo estadístico”*, tuvo el objetivo de contribuir con la reducción de pérdidas humanas y materiales por una posible falla de edificaciones producto de un movimiento sísmico, con resultados que dan como propuesta un método para evaluar la sensibilidad sísmica, la que ha sido aplicada en dos poblaciones diferentes. Se dan a conocer, asimismo, las dos técnicas de las cuales sus resultados son discutidos. Es vital mencionar que también se determina los valores del índice de fragilidad para cada edificación, dato estadístico que aproxima las características estructurales de las viviendas inferidas. Finalmente, las conclusiones se dan a conocer, así como las líneas de investigación a seguir para futuras investigaciones.

## **Antecedentes nacionales**

Gómez y Loayza (2014) desarrollaron la investigación "*Estudio de vulnerabilidad habitacional ante terremotos del Centro Regional de Salud de Ayacucho*", la cual tiene como objeto estimar la fragilidad sísmica y el índice de daños del Centro de Salud Ayacucho, ante eventos sísmicos a través de un análisis cualitativo. En los resultados, tomando como referencia las tres aceleraciones, se calculó el índice de daño de todos los centros de salud evaluados. Se observó que no todos los centros de salud sufrieron daños a una aceleración de 0.10g; mientras que, para una aceleración de 0.32g, la Centros Conchopata y Santa Elena Health Care El centro está seriamente dañado y necesita reparación El Centro de Salud Belén está seriamente dañado. Se recomienda demolerlo. La aceleración final es de 0.37g. Todos los centros están dañados y los costos de reparación son altos. También se recomienda expulsar y, posteriormente, demoler.

Choqueza y Molluni (2018), en su estudio "*Vulnerabilidad sísmica de edificios públicos de hormigón armado en áreas urbanas de la provincia de Ocuvi de Lampa, Departamento de Puno – 2017*", evaluaron la vulnerabilidad sísmica de edificios públicos urbanos de hormigón armado en el distrito de Ocuvi a diversos efectos sísmicos. Como resultado, se concluyó que el 88,89 % de las construcciones públicas de hormigón armado en la zona centro del distrito de Ocuvi excedieron la corriente máxima admisible E.030 y se determinó el límite de demolición tipo sándwich en 0,007 para obtener una estructura adecuada, volumen y rigidez lateral.

Arévalo (2020) recibió el título de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, sustentando su investigación "*Vulnerabilidad sísmica en edificios de San José, distrito San Martín de Porres*", su propósito fue determinar el nivel existente de la vulnerabilidad sísmica en el AA.HH. San José, según el edificio RNE. Como resultado del análisis de vulnerabilidad y el comportamiento sísmico, al estimar el peligro sísmico en el rango alto y determinar un valor superior a la deriva máxima requerida en E, es posible diagnosticar el deslizamiento de todos los edificios en caso de un terremoto severo aplicando un estándar de diseño sísmico. La mayoría de los edificios tienen problemas de construcción comunes entre sí.

Noel (2019), para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad San Martín de Porres, Lima, presentó la investigación "*Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica utilizando técnicas italianas para determinar el riesgo sísmico en viviendas precarias (adobe) en el sitio de Virreyes del Rímac*", con el

objeto de evaluar la variabilidad sísmica utilizando el método italiano para la obtención del riesgo sísmico en las edificaciones de adobe de la quinta los Virreyes del Rímac. Como resultado de la evaluación de vulnerabilidad sísmica, se determinó que el total de las edificaciones de la quinta Los Virreyes del Rímac tienen un riesgo sísmico medio, ya que poseen una vulnerabilidad sísmica media y un riesgo y/o peligro sísmico mínimo.

Soto (2018), para obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Privada del Norte de Cajamarca, desarrolló el siguiente estudio: *“Comparación de los métodos de FEMA 154, HIROSAWA y DEMANDARESISTENCIA”* y buscó seleccionar una técnica más conservadora para valorar la inestabilidad sísmica de la estructura educativa Baños del Inca. Como resultado de la comparación de los métodos de FEMA 154, HIROSAWA y DEMANDARESISTENCIA, el método más conservador para evaluar la vulnerabilidad sísmica es el método DEMANDARESISTENCIA, por lo que este método es una fórmula para comparar la resistencia a esfuerzos de las edificaciones. Por ello, se rechaza la hipótesis planteada, entendiéndose también que la obtención de resultados más conservadores se debe a las pruebas y modelaciones sísmicas realizadas.

Santos (2019), para lograr la obtención del título profesional de ingeniería civil de la Universidad Continental, Huancayo, desarrolló el estudio *“Vulnerabilidad sísmica de casas construidas en la Región de Chilca en el año 2017”* para identificar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas construidas en la Región de Chilca. En consecuencia, según INDECI, el 54 % de las viviendas tiene vulnerabilidad sísmica muy alta, el 38 % tiene vulnerabilidad sísmica alta y el 8 % tiene vulnerabilidad sísmica moderada.

Granados (2019), obtuvo el título de ingeniero civil de la UCV, Lima, *“Fragilidad Sísmica de Viviendas construidas de Dos Pisos en el Distrito de Comas - 2018”*, con la finalidad de obtener el grado de 13 viviendas con un máximo de dos pisos. En una muestra representativa, se efectuó el análisis sísmico de la vulnerabilidad de casas construidas con mampostería cerrada. Los resultados determinaron que el 54 % de las casas de investigación exhibían una alta fragilidad sísmica producto de aspectos que influyen, como la densidad de pared insuficiente, la inestabilidad de la pared no estructural y la baja calidad de la artesanía y el material.

Por otro lado, el 38 % de estas casas cuentan vulnerabilidad media y el 8 % tienen vulnerabilidad baja.

Asencio (2018) logró el título de ingeniero en la carrera de ingeniería civil de la Universidad Nacional Santa, Nuevo Chimbote, "*Vulnerabilidad Sísmica de Casa Autoconstruida PJ*" en el Sector 1° de Mayo I - Nuevo Chimbote, el cual "tiene el propósito de analizar la fragilidad sísmica de casas autoconstruidas PJ", en el Tramo 1-Nuevo Chimbote, Por lo tanto, se determinó con la técnica AIS para el diagnóstico de vulnerabilidad estructural de vivienda PJ Primero de Mayo Sector I que está adaptado a la norma E.0030, E.060 y E. 070.

## **2.1. Bases teóricas**

### **2.1.1. Vulnerabilidad sísmica**

Las edificaciones sufren daños en cada sismo y la fragilidad sísmica es un principio en la estructura debido al comportamiento del mismo mediante la ley de acción y reacción, teniendo la siguiente relación sismo (causa) – daño (efecto). El estudio de la fragilidad sísmica está definido por el tipo de daño que se pretende evaluar y la escala de amenaza existente. El daño que se le puede ocasionar una estructura dependiendo de la afectación sísmica y de la capacidad sismorresistente que tiene esta ante un acontecimiento sísmico. La vulnerabilidad de una edificación está relacionada directamente con el diseño estructural, procesos constructivos y calidad de los materiales de construcción. Para la determinación del grado de vulnerabilidad de una edificación (baja, media y alta) es necesario evaluar todas las características antes mencionadas. (Safina, 2002).

### **2.1.2. Metodologías para estimar la vulnerabilidad o fragilidad sísmica**

- **Metodología de análisis estadístico:** Este método nos permite realizar un análisis estadístico de las edificaciones, como el proceso constructivo tipos de bienes y características de diseño.
- **Metodología mecánica:** En este método, se evalúan propiedades en las estructuras como resistencia, ductilidad y derivas, ya que dichas propiedades nos dan a conocer el comportamiento variado de las estructuras.

- **Metodología en base al juicio de expertos:** En este método, todos los factores que controlan la respuesta sísmica de un edificio se evalúan cualitativa y cuantitativamente. Entonces, estas definiciones consisten en:

*Técnica Cuantitativa:* Plasman posibilidades de afectación en daño o relaciones determinísticas las cuales mantienen cuantificados en procesos numerales.

*Técnicas Cualitativas:* se refiere a describir cualitativamente por intermedio de términos sobre fragilidad mínima, intermedia alta o análogas.

- **Metodología empírica:** Este método se caracteriza por tener un índice de subjetividad alto. Basado en la práctica con respecto del comportamiento sísmico de las edificaciones según el tipo de configuración estructural y materiales empleados en la construcción. Este método se usa cuando se tiene poca información o para evaluaciones preliminares. *Los métodos empíricos* están compuestos por *Método de clasificación y método de puntuación de inspección*.

- **Metodología de clasificación:** En esta metodología, las edificaciones son catalogadas según sus características en *clases de vulnerabilidad*, comparando el desempeño sísmico que han adoptado estructuras similares en sismos de igual o mayor magnitud ocurridos anteriormente. Este método solo se utiliza en evaluaciones preliminares por ser bastante subjetivo.

- **Metodología de inspección y puntaje:** En este método, se identifican, asignando valores numéricos a las deficiencias sísmicas en una estructura, estos valores de acuerdo con la importancia de la edificación nos permiten determinar el *índice de vulnerabilidad*. Este método, al ser bastante subjetivo, se aplica a construcciones que se localizan en lugares de sismicidad elevada, lo cual permite una evaluación previa orientativa para clasificar a cada edificación con respecto al nivel de vulnerabilidad sísmica. En regiones que cuenten con una sismicidad moderada, esta metodología puede considerarse representativa y suficiente como para referirnos al nivel de daño esperado. Es necesario complementar esta metodología con una técnica analítica o experimental en construcciones que muestren una vulnerabilidad relevante y según su uso son catalogadas como importantes.

- **Metodología analítica o teórica:** Este método evalúa la resistencia de las estructuras a los movimientos sísmicos del terreno, utilizando como base modelos mecánicos de respuesta estructural e involucrando como datos las características mecánicas de las estructuras. Este método es bastante laborioso y

costoso, debido a que se necesita de un estudio más cuidadoso y sofisticado en la estimación de la eficacia de la investigación y de los modelos efectuados.

- **Métodos experimentales:** En este método, se realizan ensayos dinámicos mediante ensayos de campo para determinar las propiedades de la estructura, con el objetivo de conocer la dinámica y otras propiedades básicas de una estructura, incluidos aspectos como las interacciones suelo-estructura, caída no estructural, entre otros elementos en arquitectura. Los resultados de este método permiten estimar el impacto de los sismos en las edificaciones y su estado actual.

## **2.2. Método FEMA-154**

Es una metodología aplicada constantemente en los EE.UU., conocida por sus siglas “Rapid Visual Screening of Buildings for potential Seismic Hazards”, de características cualitativas. La metodología mencionada respecto del conocimiento de si se reforzara o no la construcción se estima mediante un índice.

Para la metodología, se emplea un indicador como puntuación que agrupa criterios por intermedio de una evaluación que nos permite identificar (Quispe y Mamani, 2021).

### ***2.2.1. Evaluación por la metodología FEMA-154***

Es básicamente una corrida de datos relacionados a puntajes expuestos por el software FEMA sobre la base del tipo de estructura y depende de los parámetros tanto que estas hayan cumplido o no cumplido por lo se puede se creciente o decreciente el factor determinante considerado como un coeficiente establecido por un puntaje básico o el puntaje S, en caso alguna medida no es ejecutable básicamente no se cuenta en el cálculo definitivo, pero, si el puntaje S es  $\leq$  a 2, la construcción necesaria de una verificación más completa por un especialista en estructuras, ya que estaría dentro del rango vulnerable.

Concluyendo si la puntuación final  $\geq$  a 2 no necesitaría de un estudio más complejo, detallado ya que no se encontraría en el rango de vulnerabilidad (Quispe y Mamani, 2021).

### ***2.2.2. Procedimiento de inspección visual rápida***

La conducta regular en este método parte desde el método de verificación y calificación diseñado el cual no incluye la implementación de la realización de

procesamiento de datos de estudios estructurales. La técnica es cualitativa y la evaluación final indica, sobre el edificio antes del evento del terremoto, la extensión del daño al edificio y su afectar, su usabilidad. El tiempo requerido para el juicio de inspección es de 15 a 30 minutos por edificio. Los sistemas estructurales se pueden identificar fácilmente, desde 30 minutos hasta 1 hora, cuando los sistemas estructurales no se pueden identificar a simple vista, y Ingrese al entorno para una mejor vista (FEMA, 2002).

Para emplear este método, se debe considerar lo siguiente:

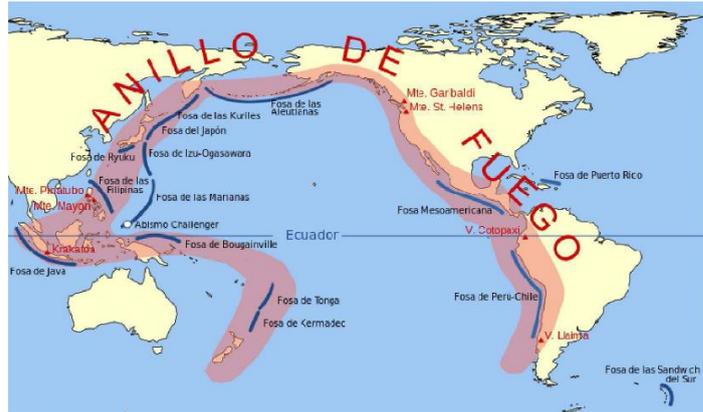
- Elaborar presupuestos y estimaciones de coste.
- Efectuar un levantamiento información del sitio (visita preliminar).
- Llenar correctamente el formulario.
- Divisar la información disponible sean planos arquitectónicos y estructurales.
- Visitar la página web para verificar la información del sitio, el tipo de ocupación, sistema estructural, área y año de cimentación, entre otros.
- Seleccionar y efectuar la identificación de modificadores de puntuación estructural tales como: número de plantas, fecha de diseño, irregularidad vertical, planta y Tipo de suelo.
- Computar la puntuación final S.
- Establecer si una construcción tiene el mejor rango de vulnerabilidad al coste determinado en la tabla de valoración, o si se requiere para evaluar detallado.

Para esto, se necesita de la ubicación, identificación habitacional, rango de niveles, año de edificación, perímetro, data básica personal de quien realizará la evaluación, derecho de uso, estructuras de elevación, resistencia a carga lateral (Quispe y Mamani, 2021).

## **2.3. Definición de términos básicos**

### ***2.3.1. Actividad sísmica en el Perú***

La actividad sísmica en Perú se debe en gran parte a la colisión de la Placa de Nazca con el borde occidental de la Placa Sudamericana. Los terremotos generalmente ocurren debido a la interacción de placas y son más numerosos en las zonas de subducción. Perú está situado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, la región donde ocurre la mayor actividad sísmica en la Tierra.



**Figura N.º 1:** Círculo de Fuego del Pacífico

**Fuente:** <http://www.wikipedia.org>

Uno de los terremotos más destructivos en la historia del Perú se produjo en el mes de mayo en el año de 1970. El terremoto más grande se produjo en al año 1746 donde de 3000 viviendas en la ciudad solo quedaron 25 viviendas después de ocurrido el sismo. En el año 1940, ocurrió otro terremoto de 8.2 grados en la escala de Richter en el cual fallecieron 179 habitantes y dejó 3500 heridos. En el puerto del Callao, después del sismo, ocurrió un tsunami donde, de un total de 4000 personas, solo sobrevivieron 200 personas.



**Figura N.º 2:** Mapa de sismos ocurridos en el Perú

**Fuente:** Centro de Estudios y Prevención de Desastres

### 2.3.2. Actividad sísmica en Moquegua

El Instituto de Geofísico del Perú (IGP) refiere que la ciudad de Moquegua experimentó movimiento físico de magnitud leve, con dieciocho (18) sismos entre enero y marzo de 2021. Los sismos en Moquegua han sido de mediana magnitud (3 a 4 grados en la escala de Richter). Para el analista y especialista geofísico del IGUNSA

de Arequipa, Sr. Víctor Aguilar, indica que se espera un gran terremoto en las ciudades del sur del Perú y en las ciudades del norte de Chile y, en su análisis, menciona que las zonas más vulnerables en el distrito de Moquegua son la del San Francisco, El Siglo y el distrito de San Antonio.

En los últimos años, en el distrito de Moquegua han aumentado los movimientos telúricos de consideración, como se detalla a continuación:

- 23 de junio del 2001 (Terremoto)

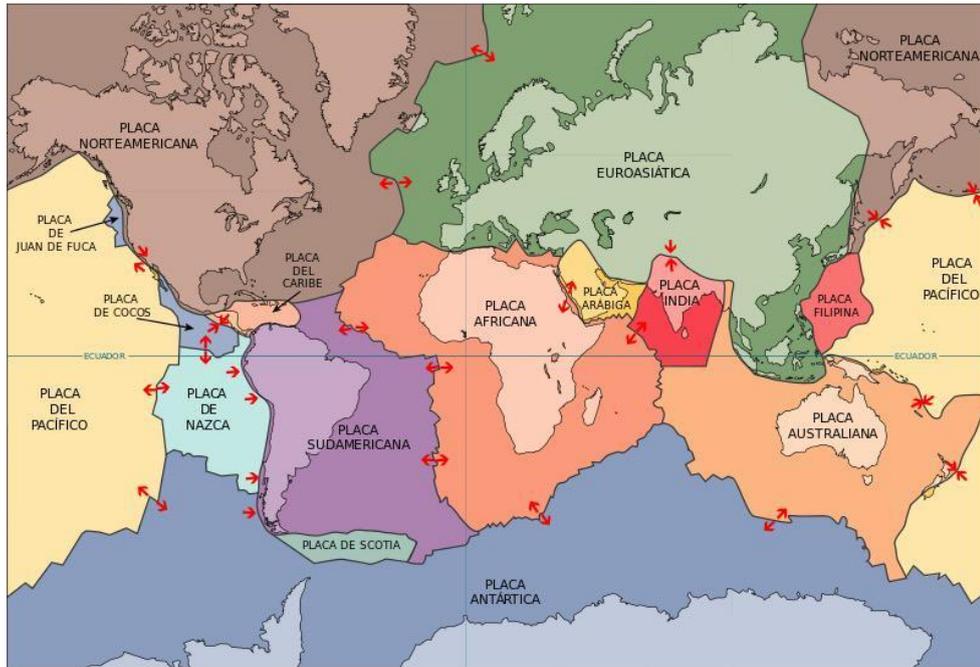
El epicentro fue 82 km al NW de la localidad de Ocoña. La información fue obtenida de las estaciones sísmicas de la RSN-IGP distribuidas alrededor del área en donde se produjeron los mayores daños (Figura). Los parámetros hipo centrales del sismo son:

Tiempo de origen : 15h 33m 34.12s (Hora Perú)  
Latitud sur : -16.20°  
Longitud oeste : -73.75°  
Profundidad : 82 km  
Magnitud : 7.9 Ms (6.9Mb, IGP)

- 26 de agosto del 2003 (Sismo)

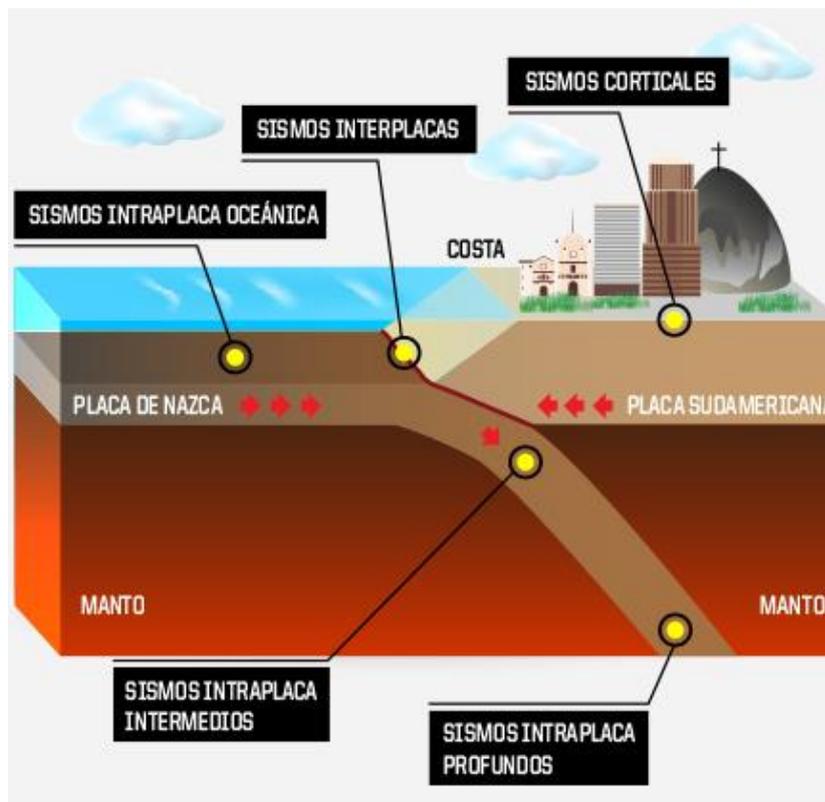
El epicentro fue a 31 km al SO del distrito de Moquegua. Los datos fueron obtenidos utilizando información de estaciones sísmicas de la RSN-IGP distribuidas alrededor del área en donde se produjeron los mayores daños (Figura 3). Los parámetros hipo centrales del sismo son:

Tiempo de origen : 16h 11m 34.91s (Hora local)  
Latitud sur : -17.36°  
Longitud oeste : -71.14°  
Profundidad : 31 km  
Magnitud : 5.8 ML (5.6Mb, NEIC)



**Figura N.º 3:** Placa de Nasca y placas tectónicas en el mundo

**Fuente:** [www.hablemosdevolcanes.com](http://www.hablemosdevolcanes.com)



**Figura N.º 4:** Fenómeno de subducción en la placa de Nasca

**Fuente:** [www.Google.com](http://www.Google.com)

### 2.3.3. Escala de Richter

Denominada así en honor al sismólogo estadounidense Charles Francis Richter. Es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para medir y asignar valores a los diferentes eventos sísmicos.

**Tabla 1**

*Escala de Richter*

Escala de Richter	
Menos de 3.9	Generalmente son imperceptibles, pero es registrado.
3.9 – 4.9	Perceptibles a menudo, pero con poco daño.
5.0 – 5.9	Causa daños leves en las edificaciones.
6.0 - 6.9	Inflige graves daños a las zonas pobladas.
7.0 - 7.9	Causa serios daños en las edificaciones. Gran terremoto.
8.0 o mayor	Devastación en varios kilómetros alrededor.

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.3.4. Escala de Mercalli

En honor al sacerdote y físico italiano Giuseppe Mercalli. Es una escala de doce grados el cual indica los datos en números romanos. Es útil para evaluar los daños causados a las diferentes estructuras debido a la intensidad de los terremotos.

**Tabla 2**

*Escala de Mercalli*

G R A D O	DESCRIPCIÓN
I	Muy débil, es sentido por un número muy pequeño de personas especialmente en condiciones favorables.
II	Débil, percibido por un mínimo de personas, <b>los objetos pueden balancearse ligeramente en el aire</b> , especialmente en los pisos superiores de los <b>edificios</b> .
III	Leve, sentido dentro del edificio, especialmente en los pisos superiores, se siente suave y claro. Los vehículos estacionados pueden moverse levemente y las vibraciones son similares a las causadas por vehículos pequeños que pasan.

- 
- IV** Moderado, sentido por los individuos en los interiores de los edificios, por pocas personas en el exterior. vibración en los vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Semejante al paso de un camión grande.
  - V** No muy resistente, se palpó casi toda el área, se rompió alguna vajilla o vidrio de ventana, muy pocos aplastamientos y rajaduras, caída de objetos inestables. Se han observado alteraciones en árboles, postes de electricidad y otros objetos altos. Se detuvieron desde el reloj de péndulo.
  - VI** Fuerte, en todo el país. Los muebles pesados pueden cambiar de posición debido al movimiento del edificio y causar daños menores a las casas construidas con materiales livianos.
  - VI** Muy fuerte, sentido por todos. Daños sin importancia en edificaciones bien diseñadas y construidas. Daños moderados en edificaciones bien construidas. Daños considerables en edificaciones mal construidas. Sentido por vehículos en movimiento.
  - VI** Destructivo, daños destructivos y menores a estructuras bien diseñadas, daños graves a edificios comunes que pueden colapsar y daños mayores a estructuras construidas débilmente. Las paredes se caen de las vigas del techo y los muebles pesados se derrumban.
  - IX** Muy destructivo, causando daños considerables a la estructura bien diseñada; los residentes entraron en pánico, el robusto edificio sufrió graves daños y se derrumbó parcialmente. El edificio se levantó de los cimientos, había evidentes grietas en el suelo y la tubería subterránea colapsó debido al movimiento de la tierra.
  - X** Desastroso, es devastador y destruye la mayoría de las estructuras bien construidas. Las estructuras de mampostería y marcos están destruidas en sus cimientos. Grietas considerables en el suelo. Las vías del tren son sinuosas. Importante estructura de deslizamiento que contiene líquidos.
  - XI** Muy desastroso, casi ninguna estructura de madera o piedra queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
  - XI** Catastrófico, destrucción total. Imposible mantenerse en pie. Revueltas de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares).
- 

**Fuente:** Elaboración propia

### **2.3.5. Vulnerabilidad sísmica de estructuras**

Se define a la fragilidad sísmica o vulnerabilidad sísmica de estructuras como la predisposición que tienen las edificaciones a sufrir daño ante un evento sísmico, de una estructura o un pliego de estructuras y está conexas con las características físicas y estructurales de cada construcción (Barbat, 1998).

Los aspectos geométricos, constructivos y de diseño estructural tienen la mayor influencia en la vulnerabilidad sísmica. Por ello, evaluar el impacto sísmico que se tendrá sobre una estructura llega a ser un trabajo complejo debido a que las particularidades de la construcción nos apartan un sinnúmero de variables (Navia y Barrera, 2007).

La vulnerabilidad sísmica o vulnerabilidad es una característica de una estructura y un reflejo de su comportamiento ante un fenómeno sísmico descrito por las leyes de causalidad, donde la causa es el fenómeno sísmico y el resultado es el daño que el fenómeno puede causar sobre edificios. El estudio de vulnerabilidad que se pretende realizar debe estar relacionado con el tipo de daño a evaluar (Navia y Barrera, 2007).

#### - **Vulnerabilidad estructural**

Las vulnerabilidades estructurales son la sensibilidad a los eventos sísmicos según la OPS (2000), esto debido a que los diversos elementos estructurales que componen un edificio, como losas, vigas, columnas y cimientos, pueden ser levantados.

Los medios más efectivos para proporcionar seguridad a una edificación ante un fenómeno sísmico son la redundancia estructural y redundancia, los sismos generalmente generan daño en edificaciones que tienen poca ductilidad y resistencia (OPS, 2000).

La unión viga-columna (nudos) que está presente en toda estructura es, generalmente, uno de los puntos más críticos, ya que ante un mal diseño y cuando es sometida a movimientos sísmicos, es este nudo donde se forman las rotulas plásticas y provocan el mayor daño o colapso a una estructura (OPS, 2000).

#### - **Vulnerabilidad no estructural**

Los elementos no estructurales también sufren deformaciones cuando la estructura principal se deforma producto de un sismo, dicha deformación es determinada por el desplazamiento lateral de entrepiso o deriva. Estos elementos no estructurales pueden ser las divisiones o algún elemento no estructural que esté conectado de piso a piso en una edificación (OPS, 2000).

### **2.3.6. Configuración estructura**

Está conceptualizada por los siguientes aspectos:

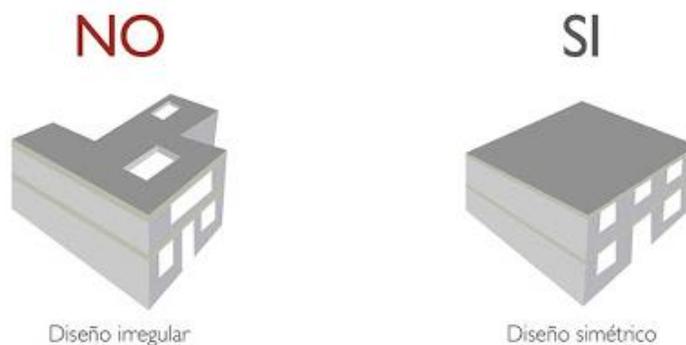
- Forma y tamaño de la edificación.

- Estructuración.
- Masa.
- Tipología y establecimiento de elementos no estructurales (especialmente la tabiquería).

### 2.3.7. Forma y tamaño de la edificación

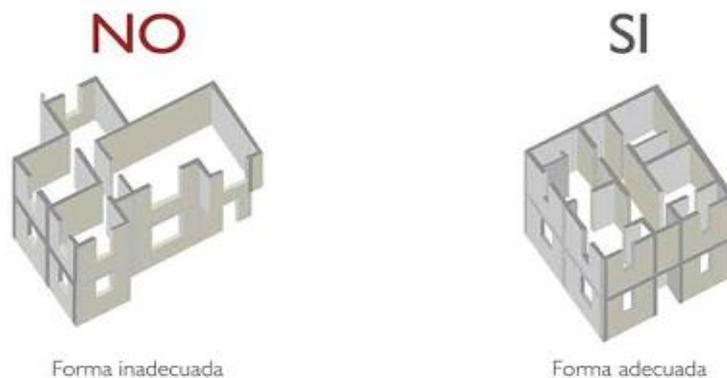
Se deben elegir formas simples y simétricas ya que estructuras simples son las que mejor se comportan mejor durante un eventual fenómeno sísmico y esto se debe a la regularidad que presentan en su forma arquitectónica lo que hace fácil el poder predecir e idealizar el comportamiento de estas estructuras (Blanco, 1994).

La simetría en las dos direcciones de la estructura es recomendable ya que, con ello, evitaremos los efectos torsionales (Blanco, 1994).



**Figura N.º 5:** Abertura en diafragmas

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/k6F8v4TjXbBhe7jGA>



**Figura N.º 6:** Irregularidad de simétrica en planta

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/GMLPv7NTMzY1URCM6>



Losas diferentes en cada piso



Losas iguales en todos los pisos

**Figura N.º 7: Irregularidad de diafragmas**

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/CaVHG9MnFvcrwfy8>



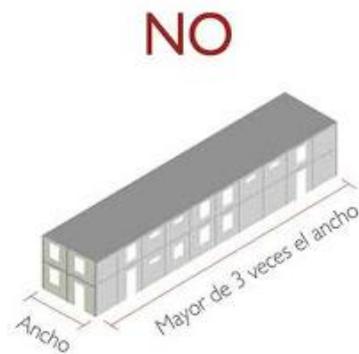
Pocos muros confinados  
en la dirección corta de la casa



Muchos muros confinados  
en las dos direcciones

**Figura N.º 8: Irregularidad de rigidez**

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/o5aPK9ihzZVjASRu8>



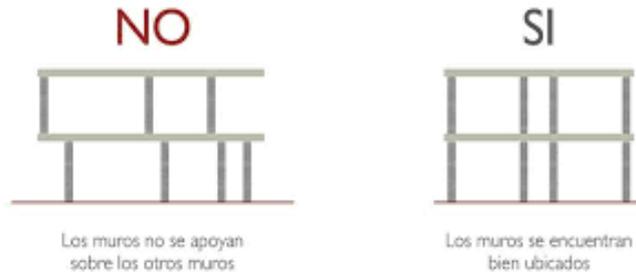
Dimensiones mal  
proporcionadas



Dimensiones correctamente  
proporcionadas

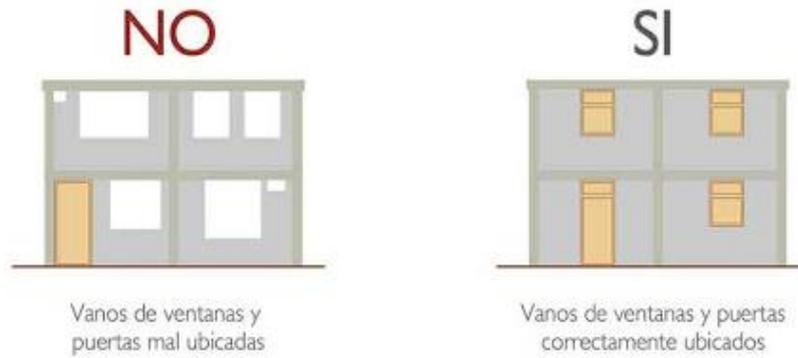
**Figura N.º 9: Irregularidad en planta**

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/xkYYVTVfYrbeHwcA9>



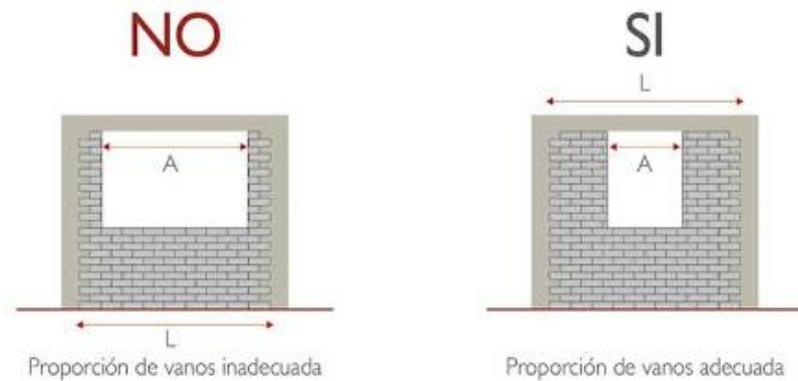
**Figura N.º 10: Discontinuidad vertical**

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/8SZ9soACqGH4cCwQ6>



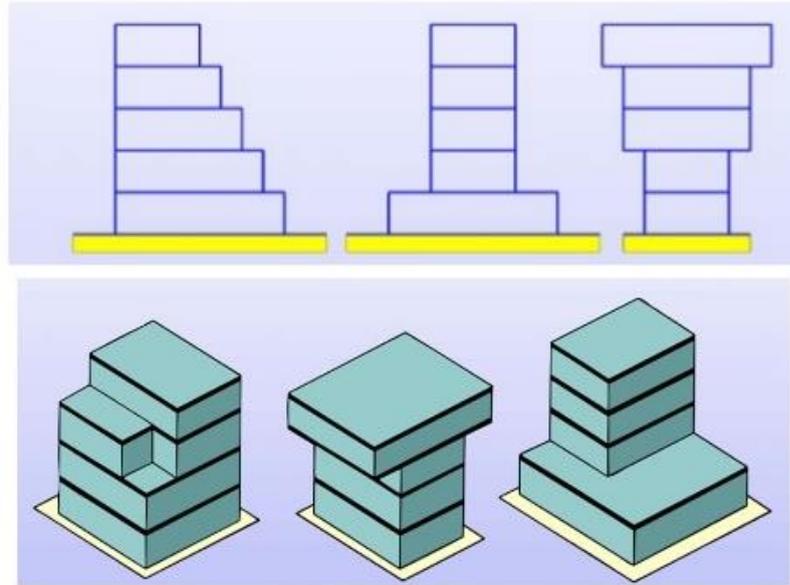
**Figura N.º 11: Discontinuidad de rigidez en altura**

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/KH53rBhTS2H6Jx2D6>



**Figura N.º 12: Proporción de muros**

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/ADS2vCkuB7CYMSKr7>

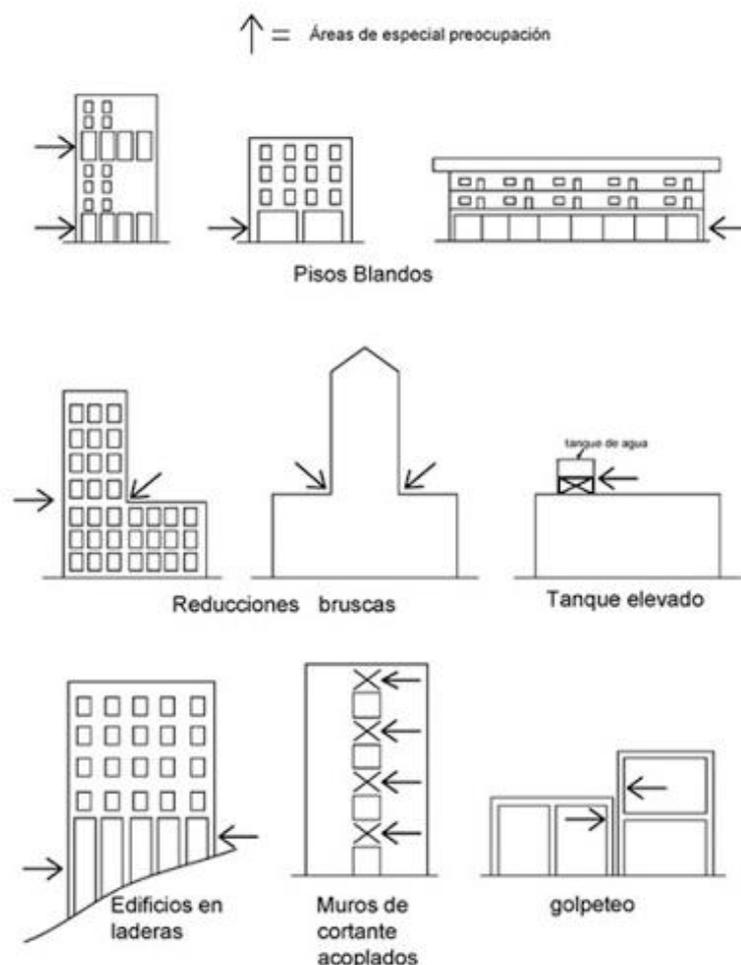


**Figura N.º 13:** Irregularidad en altura, cambio abrupto de rigidez

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/QtZowWw41USQDw1a7>

### **Estructuración**

La estructura debe realizarse de forma que la transmisión de esfuerzos horizontales y verticales a la cimentación sea uniforme y directa, evitando discontinuidades. Se consideran discontinuidades las interrupciones en muros, aberturas en muros, perforaciones en tabiques horizontales antes de llegar a la cimentación. Deben evitarse los cambios repentinos de resistencia y rigidez que afecten a los pórticos, muros de corte o tabiques rígidos. Veremos ejemplos de transiciones de rigidez en "pisos blandos", cuando los pisos inferiores son menos rígidos que los pisos superiores, y lo mismo ocurre con las columnas cortas. La ubicación de los elementos estructurales debe ser lo más simétricos posibles, para que se trate de hacer coincidir el eje de rigidez con el centro de las masas, para evitar el efecto de torsión en las edificaciones.



**Figura N.º 14:** Irregularidades en altura

**Fuente:** <https://images.app.goo.gl/HmNHBSVLsBkXAtpz8>

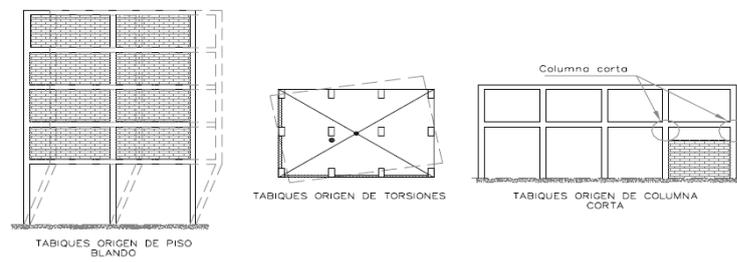
### 2.3.8. Masa

La fuerza de inercia generada por el terremoto es directamente proporcional a la masa, por lo que, para minimizar la masa, el plano y la elevación deben estar distribuidos uniformemente para evitar la concentración de masa, especialmente en edificios de gran altura.

### 2.3.9. Tipo y ubicación de elementos no estructurales

El principal efecto positivo es contribuir con una mayor amortiguación dinámica, ya que al agrietarse ayudan a disipar la energía sísmica, reduciendo, así, los elementos resistentes. Los elementos no estructurales, como muros de mampostería y escaleras, interfieren con las fuerzas inerciales provocadas por los terremotos, porque actúan como elementos resistiendo fuerzas laterales y producen

cambios en la distribución de la rigidez, que pueden provocar deformaciones en la edificación.



**Figura N.º 15:** Irregularidad de rigidez

**Fuente:** Introducción al análisis sísmico, Universidad Pedro Ruiz Gallo.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. Métodos y alcance de la investigación**

Conforme con la metodología de trabajo es NO EXPERIMENTAL – TRANSVERSAL – EXPLICATIVO.

#### **3.1.1. Localización**

La presente investigación se realizó en las oficinas de Administración de la Universidad Nacional de Moquegua, en la provincia de Mariscal Nieto en la región Moquegua – Perú.

El departamento de Moquegua se encuentra ubicado en el sur del Perú entre las latitudes 15° 17' y 17° 23' sur. El límite norte es con las provincias de Arequipa y Puno, al este se encuentra Puno y Tacna, al sur Tacna y al oeste el Océano Pacífico y Arequipa.



**Figura N.º 16:** Mapa de la Región Moquegua

**Fuente:** <https://www.perutravels.net/images/hotel-peru/moqueguamap2.jpg>

### 3.2. Diseño de la investigación

Conforme con la metodología de trabajo es NO EXPERIMENTAL – TRANSVERSAL – EXPLICATIVO.

#### Nivel de investigación: explicativo

La investigación actual es explicativa por la analogía causal (causa – efecto) entre las variables independientes que refiere a las edificaciones esenciales y la variable dependiente que refiere a la vulnerabilidad sísmica. Al describir los caracteres de las variables de estudio, inexorablemente se busca también explicar del porque las edificaciones esenciales conllevan a una vulnerabilidad sísmica.

### **3.3. Población y muestra**

La población y muestra son el conjunto de elementos que en teoría pueden visualizarse o medirse; incluso dependiendo de la investigación se denomina universo (Weiers, 2006).

Este criterio ha tomado en cuenta el investigador para la elección de la población y de la muestra.

#### **Población**

Según Polit y Hungler (1999), una cantidad poblacional es el conjunto completo de cosas, individuos o piezas asociados con un grupo particular bajo investigación.

La población trabajada en la investigación toma en cuenta a la ciudad universitaria de la UNAM Moquegua.

#### **Muestra**

“Una muestra es el subconjunto de la población encuestada de la que se recopilan datos, el subconjunto seleccionado es representativo de esa población y debe estar bien representado” (Hernández, 2006).

La muestra es el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Generalidades

#### A. Análisis de la vulnerabilidad sísmica de edificios con el método FEMA 154

Es importante señalar que existen dos tipos de análisis para estudiar la fragilidad de los edificios frente a un sismo: cualitativo y cuantitativo. El método cualitativo es una evaluación visual rápida y simple, y el método cuantitativo es más completo, ya que contiene todo del método cualitativo y un análisis más detallado de los elementos estructurales. Como se muestra en la siguiente matriz de análisis de la vulnerabilidad sísmica de un edificio.

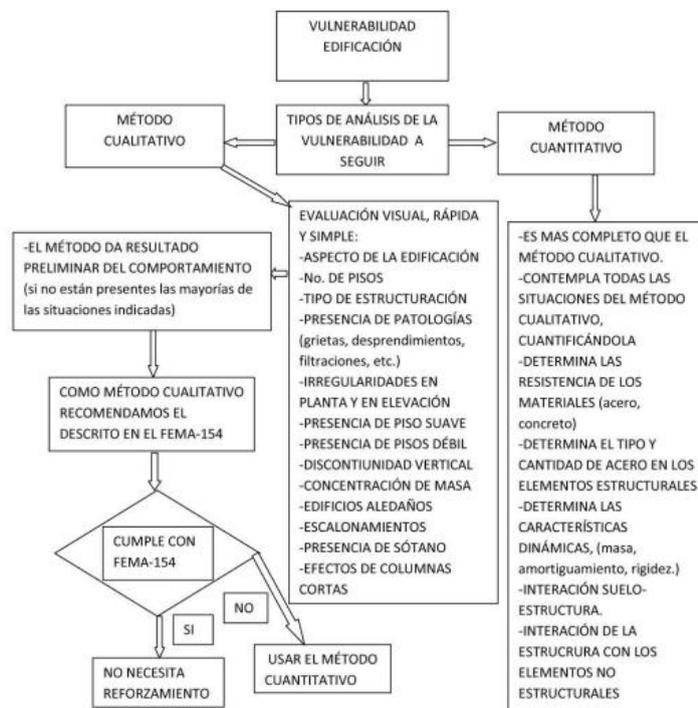


Figura N.º 17: Matriz de análisis de la vulnerabilidad sísmica de un edificio

Fuente: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87019757004.pdf>

El método definido por la Agencia Federal para la Dirección de Emergencias (FEMA), denominado como FEMA-154, es un método cualitativo cuya finalidad es la de determinar si la construcción necesita un reforzamiento. Este método se basa en un índice “S”; si se obtiene un índice menor o igual a dos ( $\leq 2$ ), se tiene que realizar un método más detallado, lo cual lleva al análisis de la edificación considerando realizar primero el análisis lineal, y si esta llega a cumplir no se necesitará realizar un reforzamiento a la estructura. Sin embargo, si la estructura no cumple, se necesitará realizar un estudio no lineal y si este cumple, no hay que reforzar, pero si no cumple, se tendrá que reforzar. Si se alcanza un índice de 2 o más ( $\geq 2$ ), no se requiere refuerzo. Los edificios con un índice de 2 tienen una probabilidad de colapso de 1 a 100.

Este método contempla un formato descriptivo para un edificio en donde se incluyen datos generales de la edificación, las fotografías, el esquema de planta y elevación, la ocupación, el tipo de suelo, las perturbaciones no estructurales, las notas elementales, las variaciones y la puntuación final "S". Para obtener el puntaje o índice “S”, se ejecutará con el respectivo procedimiento de inspección rápida conocida como PIVR

#### **4.1. Procedimiento de inspección rápida (PIVR)**

El procedimiento para realizar la inspección rápida, conocido con las iniciales PIVR, es un método fácil de utilizar ya que se basa en un puntaje dado según la inspección visual de la edificación sin tener que realizar un cálculo de análisis estructural.

La puntuación de estructura básica asignada indica la cantidad de daño que la estructura puede sufrir para reducir la serviciabilidad por completo. El daño a los edificios depende de su sistema de soporte, ya sea una estructura de madera, un marco de concreto, un sistema de acero o una estructura de albañilería.

Para el procedimiento de inspección rápida PIVR, se necesita lo siguiente:

- 1) Describir el sistema estructural del edificio.
- 2) Describir el comportamiento sísmico de la edificación frente a cargas laterales.

##### ***4.1.1. Formato de recolección de datos***

El procedimiento para usar el formato de recolecta de data es definir zonas sísmicas a la que está expuesta la edificación. Esto se puede hacer en zonas de carga sísmica alta, media o baja, como se muestra en el Anexo A.

Para identificar la zona sísmica y seleccionar el formato, se necesita conocer la región donde se encuentra la edificación y esto se puede determinar con la siguiente tabla 3. La edificación analizada en la presente tesis se ubica en el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua.

Para determinar la aceleración espectral a un periodo de 0.2 segundos y 1 segundo, se tiene:

$$\frac{S_a}{g} = \frac{ZUCS}{R}$$

$$Z = 0.45 ; U = 1.5 ; S = 1.05 ; R = 2.7$$

Para un periodo de 0.2 segundos C=2.5.

Para un periodo de 1 segundo C=1.5.

Para un periodo de 0.2 segundos la aceleración espectral será:

$$S_a = \frac{0.45 * 1.5 * 1.05 * 2.5}{2.7} = 0.656 g$$

Para un periodo de 1 segundo la aceleración espectral será:

$$S_a = \frac{0.45 * 1.5 * 1.05 * 1.5}{2.7} = 0.394 g$$

Para utilizar la tabla a estos valores de les multiplica por 2/3

Para un periodo de 0.2 segundos será 0.438 g.

Para un periodo de 1 segundo será 0.263 g.

Por lo que pertenece a una región sísmica ALTA.

**Tabla 3**

*Determinación de la región sísmica*

Región sísmica	RESPUESTA DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL	
	PERIODO	
	Corto (0.2 segundos)	Largo (1.0 segundo)
Baja	Menos que 0.167 g	Menos que 0.067 g
Moderada	Mayor o igual a 0.167 g pero menor que 0.50 g	Mayor o igual a 0.067 g pero menor que 0.20 g
Alta	Mayor o igual a 0.50 g	Mayor o igual a 0.20 g

Fuente: FEMA 154 (2002)

Se utilizará el siguiente formato de recolección de datos para una región sísmica

ALTA:

Este documento es una adaptación de la versión original publicada por la agencia FEMA, para su uso académico sin fines de lucro  
FEMA 154 - Hoja de recolección de datos

ALTA  
Sismicidad

Esquema						Dirección:											
						Otras referencias						Año de construcción:					
						Número de pisos:						Fecha:					
						Área de piso (m2):						Nombre de edificio:					
						Uso:						Fotografía Referencial					
Escala:																	
Ocupación						Tipo de Suelo						Fallos no estructurales					
Asamblea	Gubernamental	Oficinas	Número de personas			A	B	C	D	E	F	Revestimiento					
Comercial	Historica	Residencial	0-10	11-100		Roca	Prome	Muy	Suelo	Suelo	Suelo	Parapeto					
Serv. de emergencia	Industrial	Educacionales	101-1000	1000+		Dura	dío	Denso	Rigido	Blando	Pobre	Otros					
PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																	
Tipo de Edificación	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMINF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMINF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM		
Puntaje Basico	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80		
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A			
Gran Altura (Mas de 7 pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A		
Irregularidad Vertical	-0.25	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00		
Irregularidad de Planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50		
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20		
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A		
Suelo Tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40		
Suelo Tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60		
Suelo Tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80		
Puntaje Final, S																	
Comentarios													Requiere Evaluación Detallada				
													YES NO				

\*Estimado, subjetivo o datos poco confiables  
DNK: No se sabe

BR: con arriostres  
FD: diagrama flexible  
LM: metal ligero

MR: pórtico momento resistente  
RC: concreto reforzado  
RD: diagrama rígido

SW: pared de corte  
TU: Tilt Up  
URM INF: relleno de albañilería no reforzada

Figura N.º 18: Formato de recolección de datos para región de sismicidad alta

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Adquisición y revisión de datos de construcción previos al campo

La información sobre el sistema estructural, la resistencia y el tipo de sistema se obtuvo de ensayos previos que se realizaron al pabellón de administración. Los ensayos para medir la resistencia a compresión  $f'c$  de las columnas y vigas del pabellón se hicieron con dos tipos de ensayos:

- Ensayo de esclerómetro, según el NTP 399.181 ASTM C 805
- Ensayos de compresión de núcleos de concreto ASTM C42/ASTM C39

Con los siguientes resultados:

ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Dirección de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-1	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	25	24	22	26	24	27	25	26	24	24	0	0	0	0	0	24.7	1900	134		
2	ESC-2	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	22	25	24	26	24	27	25	26	24	24	0	0	0	0	0	24.7	1900	134		
3	ESC-3	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	25	26	25	26	24	27	25	26	24	24	0	0	0	0	0	25.2	2100	148		
4	ESC-4	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	22	24	24	23	24	22	26	24	26	24	0	0	0	0	0	23.9	1700	119		
5	ESC-5	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	24	24	24	26	24	26	25	26	24	26	0	0	0	0	0	24.9	1950	137		

Figura N.º 19: Ensayo de Esclerómetro en columna piso 1 ESC (1 - 5)

Fuente: Elaboración propia

ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Dirección de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-6	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	26	24	22	25	26	24	24	26	26	24	0	0	0	0	0	24.7	1430	101		
2	ESC-7	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	26	25	25	26	26	25	25	25	26	0	0	0	0	0	0	25.5	1480	104		
3	ESC-8	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	27	25	27	26	25	27	26	26	25	27	0	0	0	0	0	26.1	1500	105		
4	ESC-9	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	25	26	26	24	25	25	25	26	26	26	0	0	0	0	0	25.4	1470	103		
5	ESC-10	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	24	25	26	24	24	26	26	24	25	27	0	0	0	0	0	25.1	1460	103		

Figura N.º 20: Ensayo de Esclerómetro en columna piso 1 ESC (6 - 10)

Fuente: Elaboración propia

ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Dirección de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-11	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	24	22	22	22	24	22	24	22	22	24	0	0	0	0	0	22.8	1150	81		
2	ESC-12	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	22	24	22	24	22	23	24	24	22	22	0	0	0	0	0	22.9	1560	110		
3	ESC-13	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	22	23	22	24	24	24	24	24	23	24	0	0	0	0	0	23.4	1600	112		
4	ESC-14	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	24	22	22	22	24	22	24	22	23	24	0	0	0	0	0	22.9	1560	110		
5	ESC-15	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	24	24	22	24	24	23	24	23	22	24	0	0	0	0	0	23.4	1600	112		

Figura N.º 21: Ensayo de Esclerómetro en columna piso 2 ESC (11 - 15)

Fuente: Elaboración propia

ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Dirección de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-16	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	28	25	26	24	24	23	24	25	24	0	0	0	0	0	24.7	1430	101		
2	ESC-17	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	26	25	26	24	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	24.7	1430	101		
3	ESC-18	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	26	24	25	22	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	24.3	1420	100		
4	ESC-19	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	26	25	26	24	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	24.7	1430	101		
5	ESC-20	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	27	25	27	24	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	24.9	1450	102		

Figura N.º 22: Ensayo de Esclerómetro en columna piso 2 ESC (16 - 20)

Fuente: Elaboración propia

También se realizaron ensayos de compresión axial a pilas de ladrillos de arcilla (Maxx), según la NTP 399.605, obteniendo los siguientes resultados.

N° PROBETA	DESCRIPCION		FECHA		DIAMETRO		AREA (cm <sup>2</sup> )	FUERZA (KN)	FUERZA (Kg)	COMPRESION Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Altura del testigo en (cm)	L/D	Coeficiente de correccion por esbeltez	COMPRESION CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )
	CÓDIGO	DESCRIPCION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	(cm)	(pulg)								
1	D1	COLUMNA PRIMER PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	18.070	1843	92	10.10	2.00	1.00	92
2	D2	COLUMNA PRIMER PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	19.840	2023	101	10.10	2.00	1.00	101
3	D3	VIGA LOSA PRIMER PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	25.930	2644	132	10.10	2.00	1.00	132
4	D4	COLUMNA SEGUNDO PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	16.700	1703	85	10.10	2.00	1.00	85
5	D5	COLUMNA SEGUNDO PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	22.390	2283	114	10.10	2.00	1.00	114
6	D6	VIGA LOSA SEGUNDO PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	18.860	1923	96	10.10	2.00	1.00	96

**Figura N.º 23:** Ensayos de compresión axial a pilas

**Fuente:** Elaboración propia

También se realizaron ensayos de compresión axial a pilas de ladrillos de arcilla (Maxx), según la NTP 399.605, obteniendo los siguientes resultados.

Muestra	Largo(cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Esbeltes	Area Bruta(cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F' m kg/cm <sup>2</sup>	Factor Correccion	F'm corregido kg/cm <sup>2</sup>
LADRILLO DE ARCILLA (MAXX)	23.92	14.00	34.2	2.44	334.88	23536.68	70.28	0.791	55.59
LADRILLO DE ARCILLA (MAXX)	23.85	13.89	34.5	2.48	331.28	22731.86	68.62	0.797	54.69
LADRILLO DE ARCILLA (MAXX)	23.81	13.85	33.98	2.45	329.77	23266.19	70.55	0.794	56.02

**Figura N.º 24:** Ensayos de compresión axial a pilas NTP 299.605

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1.3. Datos generales de la edificación

Teniendo ya seleccionado un formato de alta sismicidad, se procede a realizar la recolección de datos generales que implica: la dirección, otras preferencias, número de pisos, año de construcción, área de piso, fecha, nombre del edificio y uso. La edificación que está siendo analizada tiene tres bloques, cada bloque es analizada con el mismo procedimiento, la figura 18 muestra los datos generales para el bloque 01.

<b>Dirección:</b> Moquegua/Mariscal Nieto	
<b>Otras referencias:</b> Cerca al centro de la ciudad	
<b>Número de pisos:</b> 2	<b>Año de construcción:</b> 1950
<b>Área de piso (m2):</b> 283	<b>Fecha:</b> 07/09/2021
<b>Nombre de edificio:</b> Bloque 01	
<b>Uso:</b> Universidad	

**Figura N.º 25:** Recolección de datos generales bloque 01

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.1.4. Esquema en planta y elevación**

Para obtener un bosquejo de la distribución de los ambientes del pabellón de Administración, se hizo un levantamiento arquitectónico tomando las dimensiones de ambientes así como el espesor de muros, el bosquejo en planta y elevación se muestra para la verificación de la existencia de irregularidad que hay en la edificación. Como en la siguiente imagen que muestra el esquema del bloque 01.



**Figura N.º 26:** Esquema en planta y elevación bloque 01

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.1.5. Fotografía referencial**

La fotografía referencial es importante ya que da una evidencia más real al lector para una mejor idea de la edificación a evaluar esta puede estar tomada en diferentes vistas frontal o lateral. Como muestra la imagen en la figura 21 para el bloque 01.



**Figura N.º 27:** Fotografía referencial, vista isométrica y frontal

**Fuente:** Elaboración propia

#### ***4.1.6. Tipo de suelo***

Para identificar el prototipo de suelo, se utiliza la tabla 4. Para la edificación de dos pisos, se asume el tipo de suelo D, que corresponde a un suelo rígido.

**Tabla 4**

*Parámetros de clasificación del suelo*

Parámetros de clasificación de suelos				
Tipo	Velocidad de onda de corte en los primeros 30 m	Numero de golpes estándar	Resistencia al corte no drenado sobre los primeros 300m	
				Vs[m/s]
<b>A</b>	<i>Roca dura</i>	VS>1520		
<b>B</b>	<i>Roca</i>	760<Vs<1520		
<b>C</b>	<i>Rocas blandas y suelos muy densos</i>	366<Vs<760	N>50	Su>9760
<b>D</b>	<i>Suelo rígido</i>	183<Vs<366	15<N<50	4880<Su<9760
<b>E</b>	<i>Suelo blando</i>	Vs<183	N<15	Su<4880
		Presencia de más de 30m de suelo blando, IP>20, W>40%		Su<2440
<b>F</b>	<i>Suelo pobre</i>	Estos suelos requieren evaluaciones específicas del sitio. En esta categoría se encuentran: a) Suelos propensos a daños potenciales o colapso cuando se someten a cargas sísmicas, como suelos licuados, arcillas muy sensibles, suelos poco cohesivos. b) Alta turba o arcilla orgánica, h > 3 metros de altura turba o arcilla orgánica c) Arcillas de muy alta plasticidad (h>7.5 metros con IP> 75) d) Más de 36 metros de arcillas blandas o medianamente rígidas.		

**Fuente:** FEMA 154 (2002)

En la figura 28, se muestra en el sector seleccionado el tipo de suelo correspondiente al D.

Tipo de Suelo					
A	B	C	D	E	F
Roca	Prome	Muy	Suelo	Suelo	Suelo
Dura	dio	Denso	Rígido	Blando	Pobre

**Figura N.º 28:** Tipo de suelo

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1.7. Sistema estructural

En cuanto a la elección del sistema estructural, en la edificación actual bajo análisis se considera la categoría C3 para edificaciones de hormigón armado con muros de mampostería. Este edificio C3 de grado base 1.60 tiene las siguientes características:

- Las columnas y vigas de concreto son tan gruesas como las paredes y se pueden exponer para exhibirlas.
- La albañilería es visible entre las ventanas.
- Algunas partes sólidas en la pared se colocan verticalmente.
- Las paredes de los paneles tienden a doblarse y desviarse del plano cuando se someten a fuertes fuerzas perpendiculares al plano.
- La mampostería en contorno a las columnas o vigas suele estar mal asegurada y saldrá fácilmente.

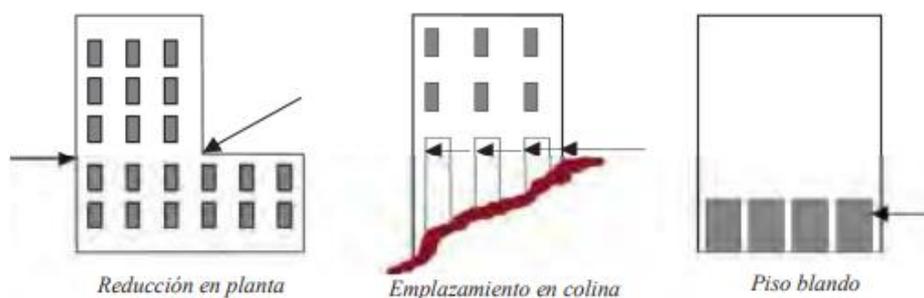
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"																
Tipo de Edificación	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMINF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMINF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	
Puntaje Básico	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80	

**Figura N.º 29:** Sistema estructural

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.1.8. Irregularidad vertical

La irregularidad según FEMA 154 se puede identificar considerando la figura 22 en esta se observa tres formas de irregularidad vertical: Además de los planos de planta, las pendientes y la contracción del suelo blando, se pueden considerar áreas con la mayor probabilidad de falla. Sin embargo, en la edificación que se está analizando no se encuentra una irregularidad vertical por lo que no se considera ninguna puntuación.



**Figura N.º 30:** Ejemplos de irregularidad vertical

**Fuente:** FEMA 154 (2002)

#### 4.1.9. Irregularidad en planta

Las anomalías del plano incluyen formas como E, L, T, U o cruces, como se puede ver en la Figura 31.

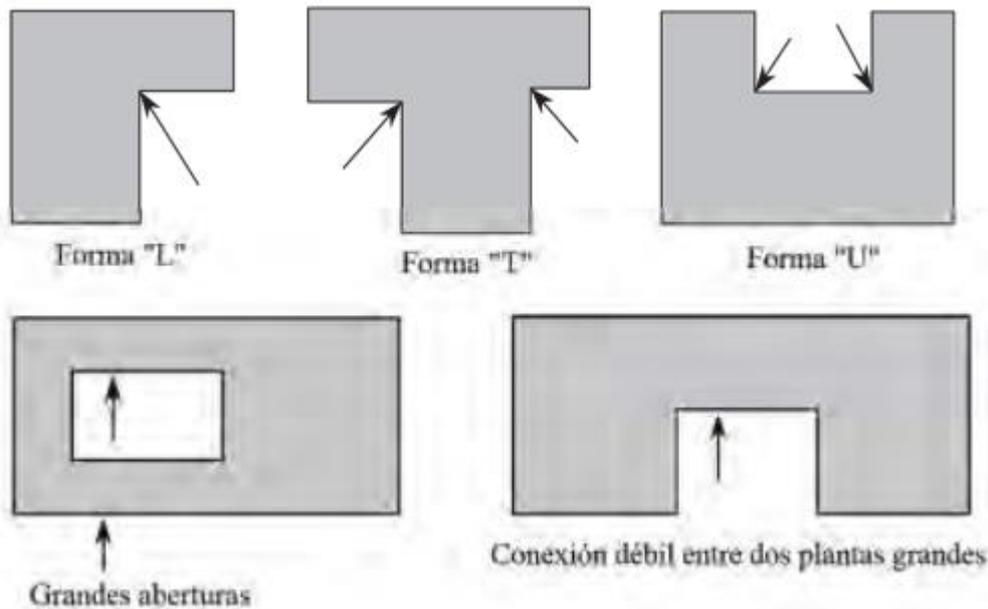


Figura N.º 31: Ejemplos de irregularidad en planta

Fuente: FEMA 154 (2002)

Para la edificación que se está analizando, se considera una irregularidad en planta tipo L por lo que para el bloque 0, por lo que se considera una puntuación de -0.50 como se muestra en la figura 32.

Tipo de Edificación	PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"														
	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMINF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMINF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Puntaje Básico	4.40	3.80	2.80	3.00	3.20	2.80	2.00	2.50	2.80	1.60	2.60	2.40	2.80	2.80	1.80
Media Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.20	0.40	N/A	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	N/A	0.20	0.40	0.40	N/A
Gran Altura (Mas de 7 pisos)	N/A	N/A	0.60	0.80	N/A	0.80	0.80	0.60	0.80	0.30	N/A	0.40	N/A	0.60	N/A
Irregularidad Vertical	-0.25	-2.00	-1.00	-1.50	N/A	-1.00	-1.00	-1.50	-1.00	-1.00	N/A	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
Irregularidad de Planta	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
Sin criterio sísmico	N/A	-1.00	-1.00	-0.80	-0.60	-0.80	-0.20	-1.20	-1.00	-0.20	-0.80	-0.80	-1.00	-0.80	-0.20
Con criterio sísmico mejorado	2.40	2.40	1.40	1.40	N/A	1.60	N/A	1.40	2.40	N/A	2.40	N/A	2.80	2.60	N/A
Suelo Tipo C	N/A	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
Suelo Tipo D	N/A	-0.80	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.40	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60
Suelo Tipo E	N/A	-0.80	-1.20	-1.20	-1.00	-1.20	-0.80	-1.20	-0.80	-0.80	-0.40	-1.20	-0.40	-0.60	-0.80

Figura N.º 32: Puntajes para el bloque 01

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Interpretación del puntaje final

El puntaje final "S" significa que existe una probabilidad de  $10^S$  A si, por ejemplo, para el edificio de bloque 01 y bloque 03 que se analizando tiene una puntuación de  $S=0.70$  lo que quiere decir es que hay una probabilidad de 1 en  $10^{0.7}$ ,

que el edificio pueda colapsar ante una acción sísmica. Esto se puede apreciar en la siguiente figura 24.

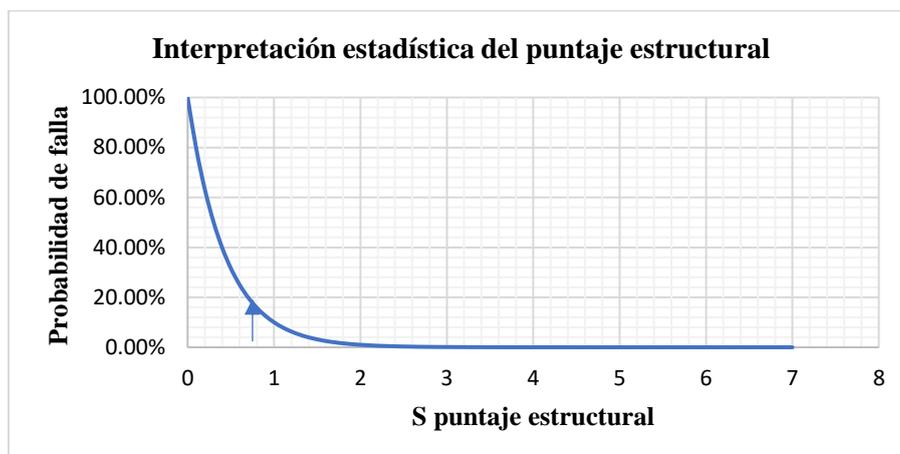


Gráfico N.º 1: Puntajes para el bloque 01

Fuente: Elaboración propia

Según una calificación de  $S = 0.70$ , el estándar FEMA 154 indica que el edificio bajo investigación es vulnerable. Por lo tanto, es recomendable realizar el análisis sísmico lineal especificado en la Ley Nacional de Normas de Construcción, especialmente las normas de diseño sísmico E. 030.

### 4.3. Análisis Sísmico Lineal

#### 4.3.1. Alcances

El análisis estructural actual se efectúa mediante la aplicación de metodologías analíticas, cuyo propósito es determinar el comportamiento estructural del edificio objeto de esta investigación ante diversos esfuerzos de carga (como el esfuerzo sísmico y el esfuerzo gravitacional). Para la realización de esta investigación, se han considerado las siguientes normas técnicas contenidas en el Código Nacional de la Edificación sobre las siguientes Normas Técnicas de Edificación:

- NTE-020. Cargas.
- NTE-030. Diseño Sismo Resistente.
- NTE-050. Suelos y Cimentaciones.
- Norma Técnica de Edificación E-060. Concreto Armado
- Norma Técnica de Edificación E-070. Albañilería.

### 4.3.2. Cargas

#### A. Cargas de gravedad

Los valores de la carga muerta, como el peso propio, son estimados internamente por el programa ETABS, mientras que los valores para la carga viva están estipulados en la norma de Cargas E.020.

**Tabla 5**

*Sobrecarga para el área de Administración*

<b>Oficinas (*)</b>	
Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250) ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)

**Fuente:** Elaboración propia

Adicionalmente, se considera 100 Kg/m<sup>2</sup> como carga muerta.

#### B. Cargas sísmicas

Las edificaciones objeto de este documento están catalogadas como A2, según las normas de diseño sísmico y las estimaciones de peso sísmico son las siguientes:

- Se considera el total de la carga muerta.
- Se considera el 50 % del peso vivo.

### 4.3.3. Procedimientos

El análisis estructural se ha efectuado por métodos convencionales utilizando el software ETABS, desarrollando procedimientos matriciales para obtener resultados como esfuerzos y desplazamientos, los que a su vez determinan la estabilidad de una edificación.

### 4.3.4. Parámetros de diseño

Para el modelamiento de la estructura, se ha utilizado los siguientes parámetros de diseño:

- Para la resistencia a la compresión de vigas y columnas, se ha tomado la media aritmética de los ensayos de esclerometría y compresión de núcleos de concreto, el cual fue  $f'c = 103.33 \text{ kg/cm}^2$ .

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  tonf-s<sup>3</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  tonf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  tonf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

**Figura N.º 33:** Resistencia de vigas y columnas

**Fuente:** Elaboración propia

- Para la resistencia a la compresión axial de los muros de albañilería confinada se ha tomado la media aritmética de los ensayos de compresión axial de pilas de ladrillos de arcilla (maxx) el cual fue  $f'c = 54 \text{ kg/cm}^2$ .

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  tonf-s<sup>3</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  tonf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  tonf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

**Figura N.º 34:** Resistencia a la compresión axial

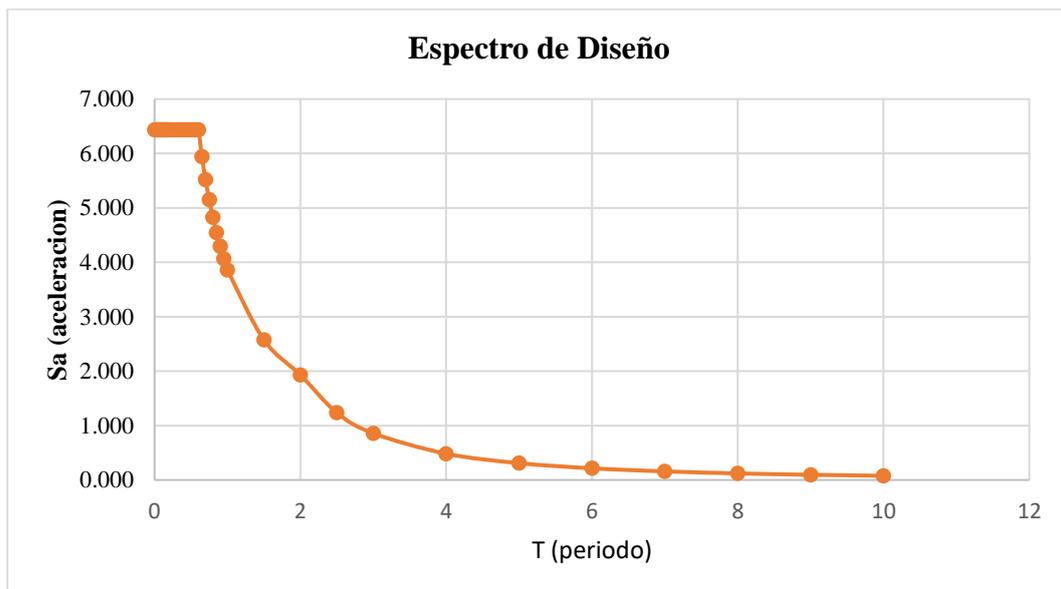
**Fuente:** Elaboración propia

- Para el modelado de las vigas, columnas y muros de albañilería, se tomaron las medidas obtenidas en el levantamiento arquitectónico las cuales son:
  - Columnas de concreto: 25x25cm.
  - Vigas de concreto: 25x50cm.
  - Espesor de muros: 25cm.
  - Espesor de losa maciza: 20cm.

#### 4.3.5. *Parámetros sísmicos*

Los parámetros sísmicos empleados se localizan estipulados en la norma de Diseño Sismorresistente E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### 4.3.6. *Espectro de Diseño*



**Gráfico N.º 2:** Curva generada por el espectro de diseño

**Fuente:** Elaboración propia

### ESPECTRO DE DISEÑO R.N.E. E 0.30

Distrito: Moquegua	Z = 0.45
Provincia: Mariscal Nieto	U = 1.5
Departamento: Moquegua	S = 1.05
Categoría A2	T <sub>p</sub> = 0.6
ZONA: Z4	T <sub>l</sub> = 2
Perfil de Suelo: S2	R <sub>o</sub> = 3
Sistema Estructural: Albañilería Confinada	R = 2.70
Verificación de Irregularidad en Planta (I <sub>p</sub> ): 0.9	h <sub>n</sub> = 6.85
Irregularidad : Irregularidad en Altura (I <sub>a</sub> ): 1	C <sub>t</sub> = 60
	T = 0.11
	C = 2.5
	V = 0.656

T	S <sub>a</sub>
0	6.438
0.02	6.438
0.04	6.438
0.06	6.438
0.08	6.438
0.1	6.438
0.12	6.438
0.14	6.438
0.16	6.438
0.18	6.438
0.2	6.438
0.25	6.438
0.3	6.438
0.35	6.438
0.4	6.438
0.45	6.438
0.5	6.438
0.55	6.438
0.6	6.438
0.65	5.943
0.7	5.518
0.75	5.150
0.8	4.828
0.85	4.544
0.9	4.292
0.95	4.066
1	3.863
1.5	2.575
2	1.931
2.5	1.236
3	0.858
4	0.483
5	0.309
6	0.215
7	0.158
8	0.121
9	0.095
10	0.077

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

$$\frac{S_a}{R} = \frac{ZUCS}{R}$$



**Figura N.º 35:** Espectro de diseño

**Fuente:** Elaboración propia

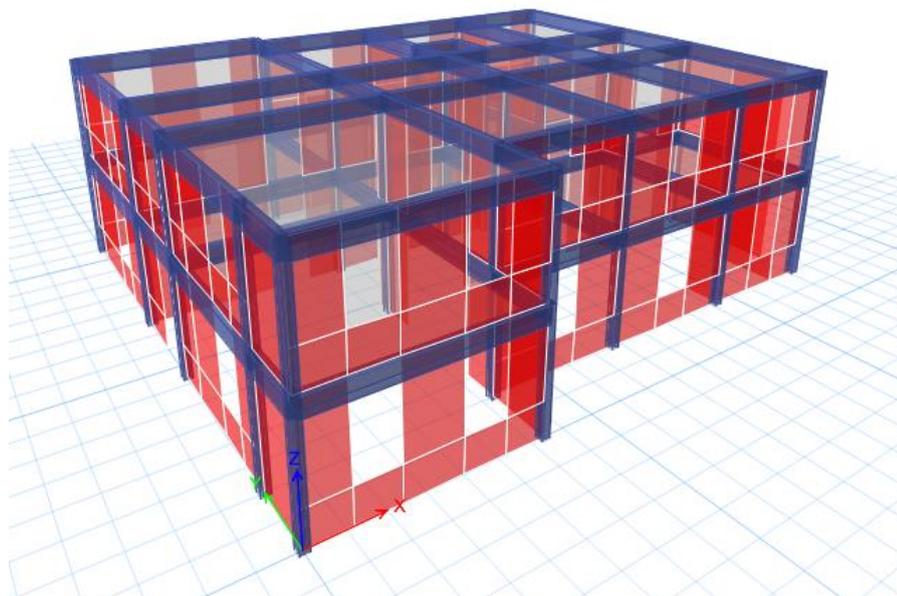
#### 4.3.7. Modelo de la edificación

Para realizar el modelo de la edificación, se tuvo que acudir al pabellón de Administración de la UNAM y realizar un levantamiento arquitectónico de este, con los permisos necesarios del decano de la facultad.



**Figura N.º 36:** Pabellón de Administración en la UNAM

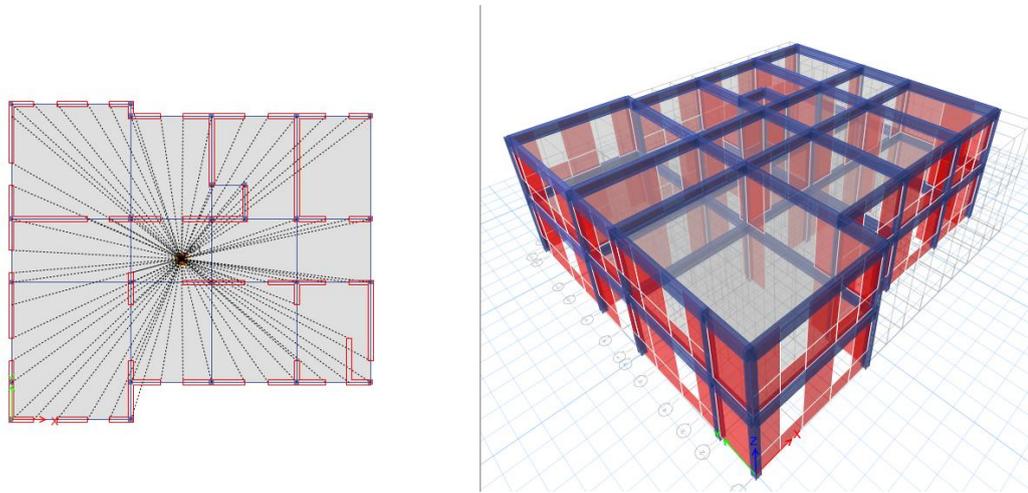
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura N.º 37:** Pabellón de Administración en la UNAM en el software ETABS

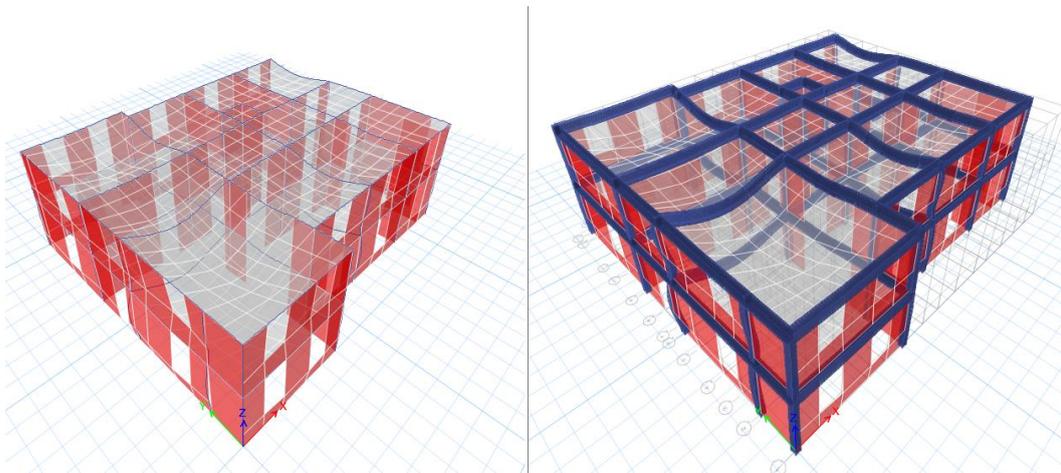
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.3.8. Resultados del análisis sísmico lineal



**Figura N.º 38:** Diafragma rígido por nivel de la edificación

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura N.º 39:** Edificación deformada

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 6***Drift en el eje X*

<b>TABLE: Story Drifts</b>			
<b>Story</b>	<b>Load Case/Combo</b>	<b>Direction</b>	<b>Drift</b>
Story2	DESP XX Max	X	0.002402
Story1	DESP XX Max	X	0.003548
Máxima distorsión angular elástica			0.0035
Distorsión angular inelástica (irregular)			0.0096

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 7***Drift en el eje Y*

<b>TABLE: Story Drifts</b>			
<b>Story</b>	<b>Load Case/Combo</b>	<b>Direction</b>	<b>Drift</b>
Story2	DESP YY Max	Y	0.004401
Story1	DESP YY Max	Y	0.004946
Máxima distorsión angular elástica			0.0049
Distorsión angular inelástica (irregular)			0.0134

**Fuente:** Elaboración propia

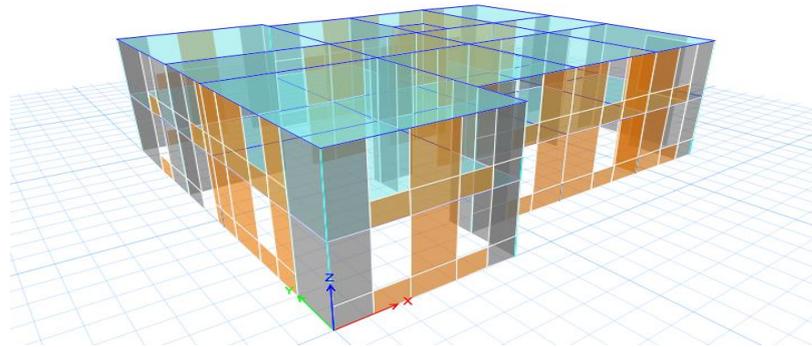
Los valores obtenidos en el análisis sísmico, tanto para el eje X como para el eje Y, son elevados sobre los máximos permitidos en la medida de Diseño Sismorresistente E.030, según la figura siguiente, por lo tanto, la edificación necesita reforzamiento en sus elementos verticales.

**Tabla 8***Límites para la distorsión del entrepiso*

<b>Límites para la distorsión del entre piso</b>	
<b>Material predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i/h_{ei}</math>)</b>
Concreto armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

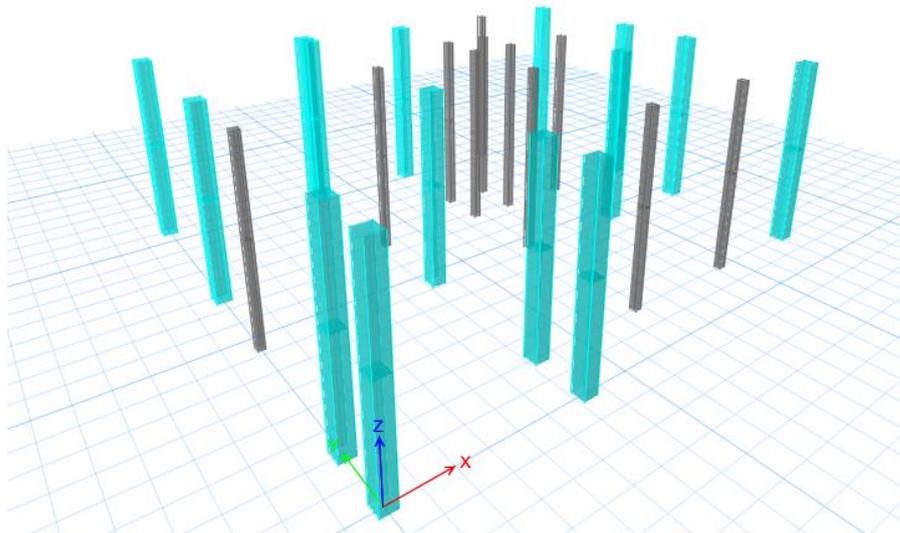
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4. Reforzamiento de la edificación



**Figura N.º 40:** Edificación reforzada con placas de 0.25m (color gris)

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura N.º 41:** Edificación reforzada con columnas de 0.50m x 0.50m (color celeste)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 9**

*Drift reforzado en el eje X*

TABLE: Story Drifts			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story2	DESP XX Max	X	0.001625
Story1	DESP XX Max	X	0.00138
máxima distorsión angular elástica			0.0016
distorsión angular inelástica (irregular)			0.0044

**Fuente:** Elaboración propia

OK → La distorsión angular inelástica es inferior a 0.005

**Tabla 10***Drift reforzado en el eje Y*

<b>TABLE: Story Drifts</b>			
<b>Story</b>	<b>Load Case/Combo</b>	<b>Direction</b>	<b>Drift</b>
Story2	DESP YY Max	Y	0.001797
Story1	DESP YY Max	Y	0.001368
Máxima distorsión angular elástica			0.0018
Distorsión angular inelástica (irregular)			0.0049

**Fuente:** Elaboración propia

OK → La distorsión angular inelástica es inferior a 0.005

### 5.1. Resultado de las generalidades

En la figura 17, se puede la matriz de la vulnerabilidad sísmica de un edificio definido por el FEMA 154, el cual determina si una edificación necesita reforzamiento, para lo cual primero aplica el método cualitativo que se basa en la obtención de un índice “S”, donde si se obtiene un índice mayor o igual a dos ( $\geq 2$ ) no necesita reforzamiento, pero si se obtiene un índice menor o igual a dos ( $\leq 2$ ), se tiene que aplicar el método cuantitativo, lo cual lleva a realizar un análisis lineal donde se determinara si la estructura necesita o no reforzamiento mediante el análisis lineal.

### 5.2. Resultado del procedimiento de inspección rápida (PIVR)

La Figura 18, muestra el formato de adquisición de datos recomendado por FEMA 154 en áreas de actividad sísmica baja, media y alta. Cuando se selecciona el formato de alta sísmica, se realiza la recopilación de datos generales, incluida la dirección, otros parámetros, piso, año de construcción, área de piso, fecha, nombre del edificio y ubicación de uso. En la tabla 4, se identifica el tipo de suelo; seguidamente, se procede a identificar el sistema estructural del edificio dependiendo del tipo de edificación y a determinar las irregularidades en planta y elevación, tomando como referencia las figuras 24 y figura 25 recomendado por el FEMA 154.

### 5.3. Resultado de la interpretación del puntaje final

En la figura 27, se observa el puntaje final obtenido para  $S=0.7$ , que quiere decir que hay una probabilidad de 1 en  $10^{0.7}$  de que el edificio pueda colapsar ante una

acción sísmica para lo cual el FEMA 154 hace entender que la edificación en estudio es vulnerable, por lo que se recomienda realizar un análisis sísmico lineal.

#### **5.4. Resultado del análisis sísmico lineal**

En la figura 28, se aprecia las cargas vivas aplicadas para el análisis de la edificación. En la figura 29, se observa la curva generada aplicando los parámetros sísmicos en el espectro de diseño. En la figura 30, se aprecia la obtención de la tabla de periodos versus aceleración espectral, considerando los parámetros sísmicos especificados en la norma E.030 de Diseño Sismorresistente correspondiente al Reglamento Nacional de Edificaciones. En la tabla 5, se observa la distorsión angular inelástica correspondiente al eje x, para lo cual tenemos un valor de 0.0096 el cual nos indica que es superior al recomendado. En la figura 35, para edificaciones de albañilería por lo cual se recomienda el reforzamiento en el sentido x. En la tabla 6, se observa la distorsión angular inelástica correspondiente al eje y, para lo cual tenemos un valor de 0.0134 que nos indica que es superior al recomendado. En la figura 35, para edificaciones de albañilería por lo cual se recomienda el reforzamiento en el sentido y.

#### **5.5. Resultado del reforzamiento de la edificación**

En la figura 36, se aprecia la edificación reforzada con placas de 25cm de espesor (color gris) y, en la figura 37, se aprecia la edificación reforzada con columnas de 50 cm x 50 cm (color celeste). En la tabla 7, se observa la distorsión angular inelástica correspondiente al eje x, para lo cual tenemos un valor de 0.0044 que nos indica que es inferior al recomendado. En la figura 35, para edificaciones de albañilería por lo cual nuestro edificio tiene un excelente desempeño sísmico en el sentido x. En la tabla 8, se observa la distorsión angular inelástica correspondiente al eje y, para lo cual tenemos un valor de 0.0049 que nos indica que es inferior al recomendado. En la figura 35, para edificaciones de albañilería, por lo cual nuestra edificación tiene un buen comportamiento sísmico en el sentido “y”.

## CONCLUSIONES

Evaluación de vulnerabilidad sísmica utilizando la metodología FEMA 154 en el Pabellón de Administración de la UNAM Moquegua, año 2021.

**Objetivo general.** Se determinó que la metodología FEMA 154 tiene una medida práctica para determinar la vulnerabilidad sísmica aplicando los formatos establecidos para estimar la vulnerabilidad de una edificación en el FEMA 154, para el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021.

**Objetivo específico 1.** Se determinó que la medida de la vulnerabilidad sísmica es significativa luego de la obtención del puntaje final obtenido  $S=0.7$  lo que quiere decir es que hay una probabilidad de 1 en  $10^{0.7}$  en que el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021 pueda colapsar.

**Objetivo específico 2.** Se determinó que sí es posible verificar la condición estructural en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021, por lo expuesto en la tabla 6 y 7, donde se determina que la edificación no tiene un buen comportamiento sísmico.

**Objetivo específico 3.** Se determinó que sí es posible establecer un inventario actual de los errores estructurales y constructivos, algunas alternativas de remediación inmediata de mayor incidencia en el pabellón de Administración de la UNAM Moquegua 2021. Según lo expuesto en las figuras 36 y 37, se puede establecer un inventario de los elementos de la estructura como columnas y placas reforzadas, las cuales nos garantizan que la estructura tenga un buen rendimiento sísmico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aldunate Barzelatto, J. G. *Vulnerabilidad sísmica de edificios chilenos de hormigón armado*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. 2009.
2. Barbat Alex H. *El riesgo sísmico en el diseño de edificios*, (3.<sup>a</sup> edición). Madrid: Calidad Siderúrgica. 1998.
3. Bernal Torres, C. A. *Metodología de la investigación*. México: Editorial Pearson. 2006.
4. Capítulo peruano ACI *Norma de Construcciones en Concreto Estructural y Comentarios (ACI 318-14)*. 2014.
5. FEMA. *Detección visual rápida de edificios para posibles peligros sísmicos, edición 2º, Marzo 2002, La agencia federal para el manejo de emergencias (FEMA)*. 2002.
6. Flores de los Santos, R. A. *Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima*. Tesis de Pregrado. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2002.
7. Guillén López, L. *Vulnerabilidad Sísmica de edificaciones por muestreo estadístico*. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana. 2005.
8. Gutiérrez Acosta, J. A. *Fragilidad sísmica en estructuras de edificaciones indispensables en Santiago de Cali*. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. 2018.
9. Instituto Nacional de Estadística e Informática *Ica resultados definitivos*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>. 2017.
10. Kuroiwa, J. *Reducción de desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima: PNUD. 2002.
11. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería. Lima: Macro. 2018.
12. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado. Lima: Macro. 2018.
13. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica Peruana E.050 Suelos. Lima: Macro. 2018.
14. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente. Lima: Macro. 2018.

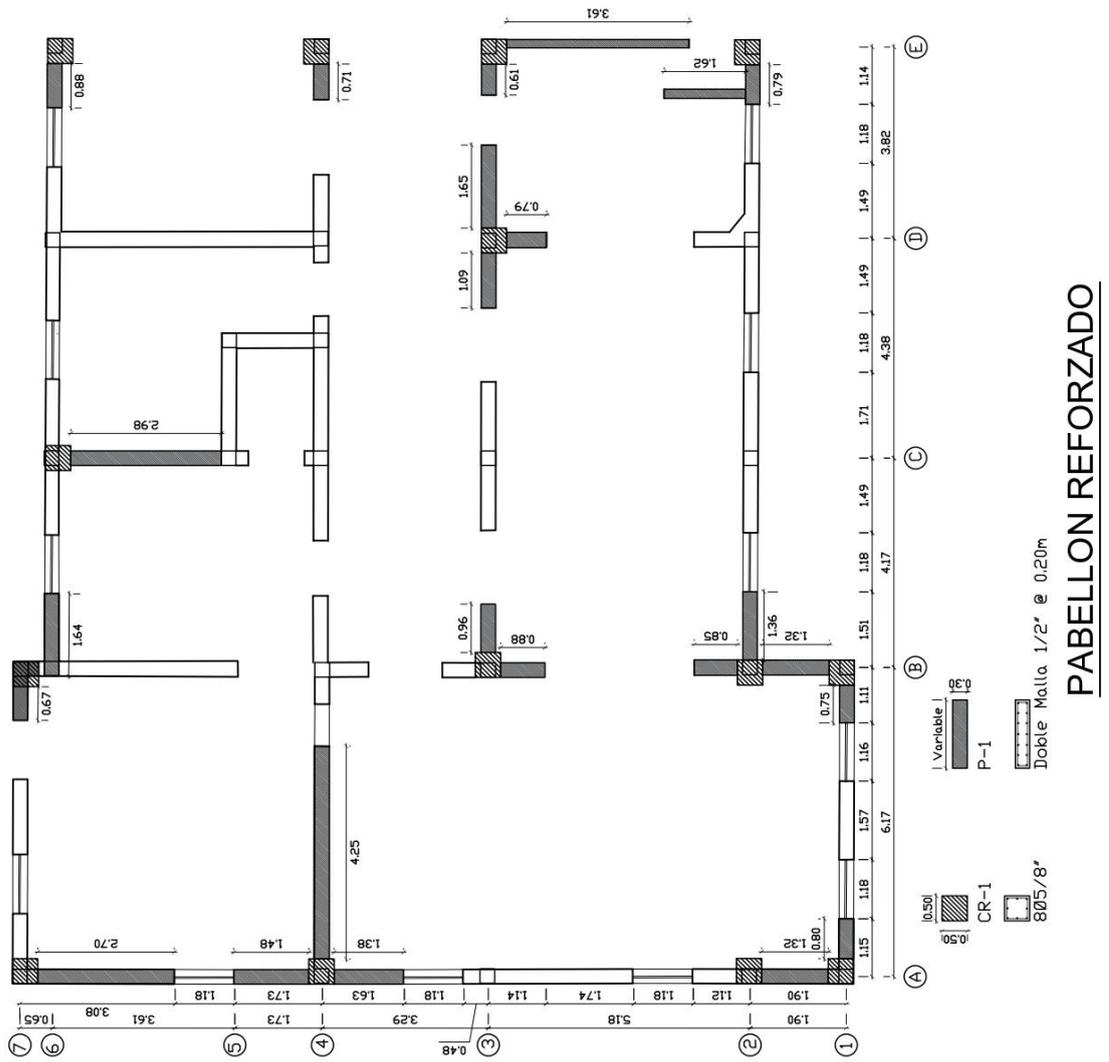
15. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica Peruana E.020 Cargas. Lima: Macro. 2018.
16. Mosqueira, M. &, Tarque, N. *Recomendaciones Técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa Peruana*. Tesis de Magíster en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2005.
17. Muñoz E. E. *Estimación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación indispensable mediante confiabilidad estructural*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. 2006.
18. Namakforoosh, M. N. *Metodología de la investigación*, LIMUSA S.A., México. 2005.
19. Navia y Barrera. *Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica en viviendas de interés social de uno y dos pisos construidas con mampostería estructural en la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad de la Salle. 2007.
20. OPS – Organización Panamericana de la Salud. “*Fundamentos para la mitigación de desastres en establecimientos de salud*”. Programa de preparativos para situaciones de emergencia y coordinación del socorro en casos de desastre. Washington, D.C. Estados Unidos. 2000.
21. Pérez Ramírez, S. *El uso y construcción de la vivienda en el espacio popular*. Gaceta de Antropología, México. 1999.
22. San Bartolomé A. *Construcciones de albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural*. Lima: Fondo Editorial PUCP. 1998.
23. Quispe Chipana, G. L., & Mamani Gallegos, J. E. *Evaluación sísmica visual rápida por el método FEMA 154 de ls pabellones del capus Capanique 1 de la Universidad Privada de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna. 2021.
24. Yamin Lacouture, L. E. *Riesgo sísmico de edificaciones en términos de pérdidas económicas mediante integración de costos de reparación de componentes*. Barcelona: Universidad Politecnica de Cataluña. 2015.

# **ANEXOS**





## ANEXO C. PABELLÓN REFORZADO



**Figura B 2:** Plano de pabellón reforzado

## ANEXO D. PANEL FOTOGRÁFICO



FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. RUC: 20447454379  
Celular: 953-696282  
Correo electronico: fpaucart@gmail.com  
CIP N° 44210

### **FEDERICO PAUCAR TITO EIRL**

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA 2021

BACH. GIANFRANCO JIABA JUPACA

#### **PANEL FOTOGRAFICO EC. 1**



<p>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.</p> <p><i>Federico Pascual Paucar Tito</i> ING CIVIL Reg. CIP 44210</p> <p>PROFESIONAL RESPONSABLE FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL REGISTRO CIP N°44210</p>	<p>RUC 20447454379 fpaucart@gmail.com</p>
<p>CALLE GRAU 127 - 1 MOQUEGUA, A° INDUSTRIAL N°712 AREQUIPA REG CONSULTOR C2506 ASOCIADO A LA SOCIEDAD PERUANA DE GEOTECNIA CEL 953692383 fpaucart@gmail</p>	

**Figura D 1.** Evaluación efectuada a las estructuras del pabellón de Administración de la UNAM



FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. RUC: 20447454379  
Celular: 953-696282 / RPM: 172383  
Correo electrónico: fpaucart@gmail.com  
CIP N° 44210

**FEDERICO PAUCAR TITO EIRL**

**EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA 2021**

BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA

**PANEL FOTOGRAFICO EC-2**



<p>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS FEDERICO PAUCAR TITO EIRL</p> <p><i>Federico Pascual Paucar Tito</i> ING CIVIL Reg. CIP 44210</p> <p>PROFESIONAL RESPONSABLE FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL REGISTRO CIP N°44210</p>	<p>RUC 20447454379 fpaucart@gmail.com</p>
<p>CALLE GRAU 127 - 1 MOQUEGUA, Av. INDUSTRIAL N°112 AREQUIPA REG CONSULTOR C2506 ASOCIADO A LA SOCIEDAD PERUANA DE GEOTECNIA CEL953692383 fpaucart@gmail</p>	

**Figura D 2.** Evaluación efectuada a las estructuras del pabellón de Administración de la UNAM



FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. RUC: 20447454379  
Celular: 953-696282 / RPAE: 172383  
Correo electrónico: fpaucart@gmail.com  
CIP N° 44210

**FEDERICO PAUCAR TITO EIRL**

**EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA 2021**

BACH. GIANFRANCO JIABA LU PACA

**PANEL FOTOGRAFICO D3**



<p>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.</p> <p>Federico Pascual Paucar Tito ING CIVIL Reg. CIP 44210</p> <p>PROFESIONAL RESPONSABLE FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL. REGISTRO CIP N°44210</p>	<p>RUC 20447454379 fpaucart@gmail.com</p>
<p>CALLE GRAU 127 - 1 MOQUEGUA, Av. INDUSTRIAL N°712 AREQUIPA REG CONSULTOR C2506 ASOCIADO A LA SOCIEDAD PERUANA DE GEOTECNIA CEL693692383 fpaucart@gmail</p>	

**Figura D 3.** Evaluación efectuada a las estructuras del pabellón de Administración de la UNAM



FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. RUC: 20447454379  
Celular: 953-696282 / RPN: 172383  
Correo electrónico: fpaucart@gmail.com  
CIP N° 44210

**FEDERICO PAUCAR TITO EIRL**

**EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA 2021**

BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA

**PANEL FOTOGRAFICO D<sub>4</sub>**



<p>LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. ..... Federico Pascual Paucar Tito ING CIVIL Reg. CIP 44210</p> <p>PROFESIONAL RESPONSABLE FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL REGISTRO CIP N°44210</p>	<p>RUC 20447454379 fpaucart@gmail.com</p>
<p>CALLE GRAU 127 - 1 MOQUEGUA, Av. INDUSTRIAL N° 712 AREQUIPA REG CONSULTOR C2306 ASOCIADO A LA SOCIEDAD PERUANA DE GEOTECNIA CEL953692383 fpaucart@gmail</p>	

**Figura D 4.** Evaluación efectuada a las estructuras del pabellón de Administración de la UNAM

## ANEXO E. ENSAYO DE ESCLERÓMETRO



RUC 20447454379 FAX 053-461257  
 REGISTRO DE CONSULTOR C-2506  
 Calle Grau N° 127 Moquegua  
 CEL 953692383  
 fpaucart@gmail.com  
 Av. Industrial N° 712 APIMA Arequipa

# LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

ESTUDIOS GEOTECNICOS  
 STANDAR TESTING PENETRATION STP  
 COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA  
 CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO  
 PROCTOR  
 ANALISIS QUIMICO DE SUELOS  
 ESCLEROMETRIA  
 COMPRESION DE PROBETAS  
 COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.  
 DINAMIC PROBING PENETRATION DPL  
 ENSAYO EN ROCAS  
 ENSAYO EN PILOTES  
 PERFORACION DIAMANTINA

**TESIS** : EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA  
**SOLICITA** : BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA  
**FECHA** : ENERO 2021

RESULTADO DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO																NORMA TECNICA							
NTP 399.181 ASTM C 805																							
REFERENCIA DEL ESCLEROMETRO MARCA PROCEQ S.A. SWITZERLAND																							
CERTIFICATE ACCURACY-CALIBRACION																							
ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Dirección de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia a kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-16	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	28	25	26	24	24	23	24	25	24	0	0	0	0	0	0	24.7	1430	101	
2	ESC-17	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	26	25	26	24	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	0	24.7	1430	101	
3	ESC-18	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	26	24	25	22	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	0	24.3	1420	100	
4	ESC-19	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	26	25	26	24	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	0	24.7	1430	101	
5	ESC-20	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 2	VERTICAL	24	27	25	27	24	25	24	24	25	24	0	0	0	0	0	0	24.9	1450	102	

OBSERVACIONES:

vertical  
horizontal

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Federico Pascual Paucar Tito  
ING CIVIL Reg. CIP 44210  
PROFESIONAL RESPONSABLE

FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL REGISTRO CIP N°44210

RUC 20447454379  
fpaucart@gmail.com  
CALLE GRAU N°127 MOQUEGUA  
AV INDUSTRIAL N° 712 APIMA AREQUIPA

Cel 953692383 rpm

**Figura E 1:** Resultado de ensayo de Esclerómetro ESC (16 – 20)



RUC 20447454379 FAX 053-461257  
 REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506  
 Calle Grau N° 127 Moquegua  
 CEL 953692383  
 fpaucart@gmail.com  
 Av. Industrial N° 712 APIMA Arequipa

# LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

ESTUDIOS GEOTECNICOS  
 STANDARD TESTING PENETRATION STP  
 COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA  
 CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO  
 PROCTOR  
 ANALISIS QUIMICO DE SUELOS  
 ESCLEROMETRIA  
 COMPRESION DE PROBETAS  
 COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.  
 DINAMIC PROBING PENETRATION DPL  
 ENSAYO EN ROCAS  
 ENSAYO EN PILOTES  
 PERFORACION DIAMANTINA

**TESIS** : EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA  
**SOLICITA** : BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA  
**FECHA** : ENERO 2021

RESULTADO DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO																	NORMA TECNICA						
REFERENCIA DEL ESCLEROMETRO																	NTP 399.181 ASTM C 805						
CERTIFICATE ACCURACY-CALIBRACION																	MARCA PROCEQ S.A. SWITZERLAND						
ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Direccion de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-11	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	24	22	22	22	24	22	24	22	22	24	0	0	0	0	0	22.8	1150	81		
2	ESC-12	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	22	24	22	24	22	23	24	24	22	22	0	0	0	0	0	22.9	1560	110		
3	ESC-13	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	22	23	22	24	24	24	24	24	23	24	0	0	0	0	0	23.4	1600	112		
4	ESC-14	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	24	22	22	22	24	22	24	22	23	24	0	0	0	0	0	22.9	1560	110		
5	ESC-15	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 2	HORIZONTAL	24	24	22	24	24	23	24	23	22	24	0	0	0	0	0	23.4	1600	112		

OBSERVACIONES:

vertical  
horizontal

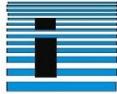
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO  
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

Federico Pascual Paucar Tito  
ING. CIVIL Reg. CP-44210

PROFESIONAL RESPONSABLE  
FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL REGISTRO CIP N°44210

RUC 20447454379  
fpaucart@gmail.com  
CALLE GRAU N°127 MOQUEGUA  
AV INDUSTRIAL N° 712 APIMA AREQUIPA  
Cel 953692383 rpm

**Figura E 2:** Resultado de ensayo de Esclerómetro ESC (11 – 15)



RUC 20447454379 FAX 053-461257  
 REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506  
 Calle Grau N° 127 Moquegua  
 CEL 953692383  
 fpaucart@gmail.com  
 Av. Industrial N° 712 APIMA Arequipa

# LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

ESTUDIOS GEOTECNICOS  
 STANDARD TESTING PENETRATION STP  
 COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA  
 CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO  
 PROCTOR  
 ANALISIS QUIMICO DE SUELOS  
 ESCLEROMETRIA  
 COMPRESION DE PROBETAS  
 COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.  
 DINAMIC PROBING PENETRATION DPL  
 ENSAYO EN ROCAS  
 ENSAYO EN PILOTES  
 PERFORACION DIAMANTINA

**TESIS** : EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA  
**SOLICITA** : BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA  
**FECHA** : ENERO 2021

RESULTADO DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO																	NORMA TECNICA						
REFERENCIA DEL ESCLEROMETRO																	NTP 399.181 ASTM C 805						
CERTIFICATE ACCURACY-CALIBRACION																	MARCA PROCEQ S.A. SWITZERLAND						
ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	DIRECCION DE aplicaci3n del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-6	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	26	24	22	25	26	24	24	26	26	24	0	0	0	0	0	24.7	1430	101		
2	ESC-7	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	26	25	25	26	26	26	25	25	25	26	0	0	0	0	0	25.5	1480	104		
3	ESC-8	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	27	25	27	26	25	27	26	26	25	27	0	0	0	0	0	26.1	1500	105		
4	ESC-9	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	25	26	26	24	25	25	25	26	26	26	0	0	0	0	0	25.4	1470	103		
5	ESC-10	ESCLEROMETRO EN VIGA PISO 1	VERTICAL	24	25	26	24	24	26	26	24	25	27	0	0	0	0	0	25.1	1460	103		

OBSERVACIONES:

vertical  
horizontal

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO  
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

FEDERICO PAUCAR TITO  
ING. CIVIL Reg. CIP 44210

PROFESIONAL RESPONSABLE

FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL REGISTRO CIP N°44210

RUC 20447454379  
fpaucart@gmail.com  
CALLE GRAU N°127 MOQUEGUA  
AV INDUSTRIAL N° 712 APIMA AREQUIPA

Cel 953692383 rpm

**Figura E 3:** Evaluación efectuada a las estructuras ESC (6 – 10)



RUC 20447454379  
 REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506  
 Calle Grau Nº 127 Moquegua  
 CEL 953692383  
 fpaucart@gmail.com  
 Av. Industrial Nº 712 APIMA Arequipa

## LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

ESTUDIOS GEOTECNICOS  
 STANDAR TESTING PENETRATION STP  
 COMPRESION INSITU/PLACA DE CARGA  
 CBR EN LABORATORIO/EN CAMPO  
 PROCTOR  
 ANALISIS QUIMICO DE SUELOS  
 ESCLEROMETRIA  
 COMPRESION DE PROBETAS  
 COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.  
 DYNAMIC PROBING PENETRATION DPL  
 ENSAYO EN ROCAS  
 ENSAYO EN PILOTES  
 PERFORACION DIAMANTINA

**TESIS** : EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA  
**SOLICITA** : BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA  
**FECHA** : ENERO 2021

RESULTADO DE ENSAYO DE ESCLEROMETRO																	NORMA TECNICA						
REFERENCIA DEL ESCLEROMETRO																	NTP 399.181 ASTM C 805						
CERTIFICATE ACCURACY-CALIBRACION																	MARCA PROCEQ S.A. SWITZERLAND						
ITEM	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	Dirección de aplicación del martillo	VALORES OBTENIDOS INDICE DE REBOTE																PROMEDIO INDICE DE REBOTE	TABLA esclerometro PSI	Resistencia kg/cm2	OBS.
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	ESC-1	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	25	24	22	26	24	27	25	26	24	24	0	0	0	0	0	24.7	1900	134		
2	ESC-2	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	22	25	24	26	24	27	25	26	24	24	0	0	0	0	0	24.7	1900	134		
3	ESC-3	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	25	26	25	26	24	27	25	26	24	24	0	0	0	0	0	25.2	2100	148		
4	ESC-4	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	22	24	24	23	24	22	26	24	26	24	0	0	0	0	0	23.9	1700	119		
5	ESC-5	ESCLEROMETRO EN COLUMNA PISO 1	HORIZONTAL	24	24	24	26	24	26	25	26	24	26	0	0	0	0	0	24.9	1950	137		
OBSERVACIONES:																							
PROFESIONAL RESPONSABLE FEDERICO PAUCAR TITO INGENIERO CIVIL, REGISTRO CIP-1144210				RUC 20447454379 fpaucart@gmail.com CALLE GRAU Nº 127 MOQUEGUA AV INDUSTRIAL Nº 712 APIMA AREQUIPA Cel 953692383 rpm																			

**Figura E 4:** Ensayo de Esclerómetro ESC (1 – 5)

## ANEXO F. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL



### LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES FEDERICO PAUCAR EIRL

RUC 20447454379 CEL 953692383 fpaucart@gmail.com  
REGISTRO DE CONSULTOR C- 2506  
AV INDUSTRIAL 714 AREQUIPA, JR GRAU 127 MOQUEGUA

ESTUDIOS GEOTECNICOS
STANDARD TESTING PENETRATION STP
COMPRESION INSTITUPLACA DE CARGA
CER EN LABORATORIO EN CAMPO
PROCTOR
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS
ESCLEROMETRIA
COMPRESION DE PROBETAS
COMPRESION DIAGONAL EN MURETE ALB.
DYNAMIC PROBING PENETRATION DPL
ENSAYO EN ROCAS
ENSAYO EN PROTES
PERFORACION DIAMANTINA

### ENSAYO DE COMPRESION AXIAL (PILAS) NTP 399.605

**TESIS** : EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA 2021

**SOLICITA** : BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

**FECHA** : ENERO 2021

**MUESTRA** : LADRILLO DE ARCILLA (MAXX)

<b>CELDA E.I.R.L. N° CMC-038-2021</b>
CERTIFICADO CALIBRACION:
2021

Muestra	Largo(cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Esbeltes	Area Bruta(cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F <sub>m</sub> kg/cm <sup>2</sup>	Factor Correccion	F <sub>m</sub> corregido kg/cm <sup>2</sup>
LADRILLO DE ARCILLA (MAXX)	23.92	14.00	34.2	2.44	334.88	23536.68	70.28	0.791	55.59
LADRILLO DE ARCILLA (MAXX)	23.85	13.89	34.5	2.48	331.28	22731.86	68.62	0.797	54.69
LADRILLO DE ARCILLA (MAXX)	23.81	13.85	33.98	2.45	329.77	23266.19	70.55	0.794	56.02

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
		f <sub>b</sub>	f <sub>m</sub>	v <sub>m</sub>
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
Silice-cal	Dedalo	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
		4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

FACTORES DE CORRECCIÓN DE f <sub>m</sub> ' POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO  
FEDERICO PAUCAR EIRL  
Federico Pascual Paucar Tito  
ING CIVIL Reg. CIP 44210

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(\*\*) El valor f<sub>b</sub> se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de f<sub>c</sub> = 13,72 MPa (140 kg/cm<sup>2</sup>). El valor f<sub>m</sub> ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

Observaciones:

**Figura F 1:** Ensayo de compresión Axial (Pilas) NTP 399.605

# ANEXO G. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO



RUC: 20447454379  
 REGISTRO DE CONSULTOR C-2506  
 Calle Grau N° 127 Moquegua  
 CEL: 953692383  
 fpaucart@gmail.com  
 Av. Industrial N° 712 APIMA Arequipa

**LABORATORIO GEOTÉCNICO E INVESTIGACIÓN DE MATERIALES**  
**FEDERICO PAUCAR TITO EIRL**

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS  
 ESTADIA TESTEADO INSTRUMENTAL, ETP  
 COMPRESIÓN INSTALADA DE CARGA  
 CBR EN LABORATORIO EN CAMPO  
 PROCTOR  
 ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS  
 ESCALOMETRÍA  
 COMPRESIÓN DE PROBETAS  
 COMPRESIÓN DIAGONAL EN MAQUETA ALB.  
 DINÁMICO PROBADO PENETRACIÓN DCP  
 ENSAYO EN POCAS  
 ENSAYO EN PILOTES  
 PERFORACIÓN DIAMANTINA

## ENSAYO DE COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO ASTM C42 / ASTM C39

**TESIS** : EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA APLICANDO LA METODOLOGIA FEMA  
 154 EN EL PABELLON DE ADMINISTRACION DE LA UNAM MOQUEGUA 2021

**SOLICITA** : BACH. GIANFRANCO JIBAJA LUPACA

**UBICACION** : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA MARISCAL NIETO, DEPARTAMENTO DE MOQUEGUA

**FECHA** : 15/01/2021

**MUESTRA** : EXTRACCION DE NUCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO - DIAMANTINO

<b>CERTIFICADO CALIBRACION:</b>
CMC-038-2021
Metodo calibración: ASTM E 74-18 Método B
Máquina de compresión axial electro-hidráulica con lector digital, ARSOU GROUP S.A.C.

N° PROBETA	DESCRIPCION		FECHA		DIAMETRO		ÁREA (cm²)	FUERZA (KN)	FUERZA (kg)	COMPRESION $f_c$ (kg/cm²)	Altura del testigo en (cm)	LD	Coeficiente de correccion por esbeltez	COMPRESION CORREGIDA (kg/cm²)
	CÓDIGO	DESCRIPCION	EDAD	FECHA DE ENSAYO	(cm)	(pulg)								
1	D1	COLUMNA PRIMER PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	18.070	1843	92	10.10	2.00	1.00	92
2	D2	COLUMNA PRIMER PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	19.840	2023	101	10.10	2.00	1.00	101
3	D3	VIGA LOSA PRIMER PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	25.930	2644	132	10.10	2.00	1.00	132
4	D4	COLUMNA SEGUNDO PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	16.700	1703	85	10.10	2.00	1.00	85
5	D5	COLUMNA SEGUNDO PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	22.390	2283	114	10.10	2.00	1.00	114
6	D6	VIGA LOSA SEGUNDO PISO	MAYOR DE 30 AÑOS	15/01/2021	5.05	1.99	20.03	18.860	1923	96	10.10	2.00	1.00	96

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO  
 FEDERICO PAUCAR TITO EIRL  
 Federico Pascual Paucar Tito  
 ING CIVIL Reg. CIP 44210

Ing Responsable

RUC: 20447454379 Av. Industrial N° 712 AGP fpaucart@gmail.com 953692383

**Figura G 1:** Ensayo de compresión de núcleos de concreto ASTM C42/ASTM C39

## ANEXO H. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA MAQUINA DE COMPRESIÓN AXIAL ELECTRO-HIDRÁULICA



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-013-2021

**Peticionario** : FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.  
**Atención** : Ing. Federico Paucar Tito  
**Lugar de calibración** : Laboratorio de Ensayos. Calle Migel Grau N° 127-1 - Moquegua  
**Tipo de equipo** : Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica  
**Capacidad del equipo** : 2000 kN (446,667 lbf. ó 204 TN)  
**División de escala** : 0,01 kN (0 - 1000kN)  
**Marca** : ARSOU GROUP S.A.C.  
**Modelo** : STYE-2000 DIGITAL  
**N° de serie del equipo** : 2005751  
**Tipo panel** : Digital LM-02  
**Código interno** : No Indica.  
**Procedencia** : CHINA  
**Método de calibración** : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"  
**Temp.(°C) y H.R.(%) inicial** : 25.1 °C / 65%  
**Temp.(°C) y H.R.(%) final** : 25.1 °C / 65%  
**Patrón de referencia** : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820  
**Número de páginas** : 2  
**Fecha de calibración** : 2021-01-21

Este certificado de verificación sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.  
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-01-22	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84288

CMC-013-2021

Página 1 de 2

Av. Circunvalación s/n Mz. B Lt. 1 Urb. Praderas de Huachipa Lurigancho - Chosica Telf.: (01) 540 7661 e-mail: servicios@celda.com.pe

**Figura H 1:** Certificado de calibración CMC-013-2021

**Resultados de medición**

Dirección de Carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso (kN)	2° ascenso (kN)	3° ascenso (kN)			
0	0	0	0	0	0	0	0.1
5	100	99.83	99.71	100.17	99.90	0.1	0.1
10	200	200.27	199.27	200.75	200.10	0.0	0.1
15	300	300.95	300.44	300.20	300.53	-0.2	0.1
20	400	401.05	400.60	401.64	401.10	-0.3	0.1
30	600	600.32	599.67	600.36	600.12	0.0	0.1
40	800	800.58	800.44	801.46	800.83	-0.1	0.1
50	1000	1001.27	1000.43	1001.38	1001.03	-0.1	0.1
60	1200	1201.07	1200.53	1201.43	1201.01	-0.1	0.1
80	1600	1601.15	1600.17	1600.57	1600.63	0.0	0.1
100	2000	1998.36	1999.10	1998.21	1998.56	0.1	0.1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2 y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado.



**Figura H 2.** Resultados de medición entre dirección y compresión

# ANEXO I. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO DE PESAJE DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LC - 002**



ISO / IEC 17025

**LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.**  
*Calibration Laboratory LO JUSTO S.A.C.*

**DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL**  
*Document With Official Value*

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
*Calibration Certificate*

<p><b>Laboratorio de Masa</b> <i>Mass Laboratory</i></p>	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td><b>Código del Certificado</b> <i>Certificate code</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>IB-791-2020</b></td> </tr> </table> <p style="text-align: right; font-size: small;">1 de 5</p>	<b>Código del Certificado</b> <i>Certificate code</i>	<b>IB-791-2020</b>
<b>Código del Certificado</b> <i>Certificate code</i>			
<b>IB-791-2020</b>			

---

<p><b>Fecha de calibración:</b> <i>Calibration Date:</i></p> <p><b>Instrumento calibrado:</b> <i>Calibrated instrument:</i></p> <p><b>Marca:</b> <i>Brand:</i></p> <p><b>Modelo:</b> <i>Model:</i></p> <p><b>Número de serie:</b> <i>Serial number:</i></p> <p><b>Identificación:</b> <i>Identification:</i></p> <p><b>Solicitante:</b> <i>Applicant:</i></p> <p><b>Dirección solicitante:</b> <i>Applicant address:</i></p> <p><b>Expediente:</b> <i>Expedient</i></p>	<p>2020-11-30</p> <p>Instrumento de pesaje de funcionamiento no automatico</p> <p>Fertow Peru</p> <p>No indica</p> <p>No indica</p> <p>No indica</p> <p>FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.</p> <p>Calle Miguel Grau N° 127 Int. 1, Moquegua - Mariscal Nieto - Moquegua</p> <p>E2205-3793A-2020</p>	<p>Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son validos solo para el instrumento calibrado.</p> <p><i>The data in this certificate refers to the time and conditions in which the measurements were made and are valid only for the calibrated instrument.</i></p> <p>LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de LO JUSTO S.A.C.</p> <p><i>LO JUSTO S.A.C. is not responsible for the damages that may be caused by the incorrect or inadequate use of this instrument, nor for incorrect or improper interpretations of this document. This calibration certificate cannot be partially or totally reproduced without the written approval of LO JUSTO S.A.C.</i></p> <p>El Certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General, Gerente Operaciones, Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C y Supervisor de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.</p> <p><i>The Calibration Certificate is not valid without the signature of the General Manager, Operations Manager, Operations Supervisor of LO JUSTO S.A.C and Laboratory Supervisor. The document has a watermark and security</i></p>
---	--	--

---

<p><b>Revisado:</b> <i>Reviewed:</i></p> <div style="text-align: center;">   <b>Amilcar Machaca Ancasi</b>                  Supervisor de laboratorio  <i>Laboratory supervisor</i> </div>	<p style="text-align: right;">Arequipa, 30 de Noviembre de 2020 <i>Arequipa, November 30, 2020</i></p> <div style="text-align: center;">   <b>José Luis Rosales Sanvetra</b>                  Supervisor de Operaciones LO JUSTO S.A.C.                  LO JUSTO S.A.C.  <i>Operations Supervisor LO JUSTO S.A.C.</i> </div>
--	---

FT02-INRE / CB-B
Ed. 02

A 151371

**Figura I 1:** Certificado de calibración

**LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.**  
Calibration laboratory of LO JUSTO S.A.C.

**Código del Certificado**

Certificate code

**IB-791-2020**

2 de 5

**Instrumento calibrado**

Calibrated instrument

Capacidad máxima Maximum capacity	Tipo Type	Clase de exactitud Accuracy class	Calibrado hasta Calibrated to	División de escala Scale division
30 kg	Electrónica	III	30,000 kg	1 g

**Lugar de calibración**

Calibration place:

Laboratorio de Masa de LO JUSTO S.A.C.

**Procedimiento de medida**

Measurement procedure:

PC-001. Procedimiento Para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII. Método de Comparación Directa Contra Cargas Aplicadas de Valor Conocido (Pesas Patrón). Ed. 1. 2019.

Dirección de Metrología - INACAL. Lima - Perú.

PC-001. Procedure for the Calibration of Class III and Class IIII Non-Automatic Operating Weighing Instruments. Direct Comparison Method Against Applied Loads of Known Value (Standard Weights). Ed. 1. 2019. Metrology Directorate - INACAL. Lima Peru.

**Instrumentos empleados**

Instruments used:

Instrumentos auxiliares: termómetro e higrómetro con certificados de calibración: TE-1088-2020; TE-1092-2020

Auxiliary instruments: thermometer and hygrometer with calibration certificates: TE-1088-2020; TE-1092-2020

Instrumentos patrones:

Standard instruments:

Patrón utilizado Pattern used	Identificación Identification	Valor nominal Nominal value	Certificado de calibración Calibration certificate
Pesa de trabajo	LM-I-013	20 kg	IP-288-2020
Pesa de trabajo	LM-I-019	10 kg	IP-287-2020
Pesas de trabajo	LM-I-023 al LM-I-026	1 kg a 5 kg	IP-059-2020
Juego de pesas	LM-I-005	10 mg a 500 g	IP-301-2020
--	--	--	--
--	--	--	--

**Incertidumbre de calibración**

Calibration uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición".

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

The expanded measurement uncertainty reported in this calibration certificate results from multiplying the combined standard uncertainty by the coverage factor  $k = 2$  so that the coverage probability corresponds approximately to a 95% confidence level. Uncertainty was determined according to the "Guide for the expression of uncertainty in measurement". The expanded measurement uncertainty was calculated from the uncertainty components of the influencing factors in the calibration. The estimated uncertainty does not include an estimate of long-term variations.

LO JUSTO S.A.C.  
2020-11-30

**Figura I 2: Instrumento calibrado**

**LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.**  
*Calibration laboratory of LO JUSTO S.A.C.*

**Código del Certificado**

*Certificate code*

**IB-791-2020**

3 de 5

**Notas y aclaraciones:**

*Notes and clarifications:*

Se ha asumido un valor de  $1,0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  como coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura para la calibración.

*A value of  $1.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  has been assumed as the drift coefficient of the balance for temperature variation for calibration.*

Se ha colocado etiquetas de color blanco brillante: N° 71895 y N° 006106 con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en señal de haber realizado la calibración.

*Bright white labels have been placed: N° 71895 and N° 006106 with the logo of LO JUSTO S.A.C. as a sign of having carried out the calibration.*

El intervalo de variación de temperatura en el lugar de ubicación de la balanza fue considerado de acuerdo a la variación de temperatura registrada durante la calibración.

*The temperature variation interval at the location of the balance was considered according to the temperature variation registered during the calibration.*

Solo para efectos de cálculo el valor de división de escala de verificación ( $e = 5 \text{ g}$ ) fue considerado de acuerdo a las especificaciones técnicas de los puntos 3.1.2, 3.2 y 3.4.2 de la Norma Metrología Peruana: NMP 003 2009 2ª Edición.

*For calculation purposes only the verification scale division value ( $e = 5 \text{ g}$ ) it was considered according to the technical specifications of points 3.1.2, 3.2 and 3.4.2 of the Peruvian Metrological Standard: NMP 003 2009 2nd Edition.*

Antes de la calibración se realizó ajustes respectivos al instrumento de pesaje hecho por el personal encargado.

**RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE**

*Results before adjustment*

Masa convencional <i>Mass conventional</i>	Indicación del instrumento <i>Instrument indication</i>	Error inicial <i>Initial error</i>	Error inicial <i>Initial error</i>	Tipo de ajuste realizado <i>Type of adjustment made</i>	Ajuste se realizó con pesa <i>Adjustment was performed with weight</i>
( kg )	( kg )	( kg )	( % )		
5,000	5,002	0,002	0,04000	Excentricidad <i>Eccentricity</i>	Interno del instrumento <i>Internal of the instrument</i>
10,000	10,004	0,004	0,04000	Linealidad <i>Linearity</i>	Del solicitante <i>From applicant</i>
15,000	15,005	0,005	0,03333	Span	Externa al cliente* <i>External to the client*</i>
30,000	30,008	0,008	0,02667	Ninguno <i>None</i>	Ninguno <i>None</i>

\* Propiedad de LO JUSTO S.A.C.

\*\* Property of LO JUSTO S.A.C.

**INSPECCION VISUAL**

*Visual inspection*

Prueba <i>Test</i>	Resultado <i>Result</i>	Prueba <i>Test</i>	Resultado <i>Result</i>	Prueba <i>Test</i>	Resultado <i>Result</i>	Prueba <i>Test</i>	Resultado <i>Result</i>
Ajuste de cero <i>Zero adjustment</i>	Tiene <i>Have</i>	Plataforma <i>Platform</i>	Tiene <i>Have</i>	Escala <i>Layover</i>	No tiene <i>Does not have</i>	Nivelación <i>Leveling</i>	Tiene <i>Have</i>
Oscilación libre <i>Free swing</i>	Tiene <i>Have</i>	Sistema de traba <i>Locking system</i>	No tiene <i>Does not have</i>	Cursor <i>Cursor</i>	No tiene <i>Does not have</i>		

LO JUSTO S.A.C.  
2020-11-30

Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
 lojusto@lojusto.com / www.lojusto.com

ISO / IEC 17025

A 151373

**Figura I 3:** Resultados antes del ajuste

**LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.**  
Calibration laboratory of LO JUSTO S.A.C.

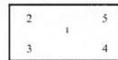
**Código del Certificado**  
Certificate code  
**IB-791-2020**

4 de 5

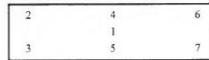
**RESULTADOS DE LA CALIBRACION**  
Calibration results

**ENSAYO DE EXCENRICIDAD**  
Eccentricity test

Posición de las cargas / Position of the loads



**Sí**  
Yes



**No**  
No



**No**  
No

Inicial Initial		Final Final	
23,4 °C	38 %	23,4 °C	38 %

Posición de la carga Load position	Determinación de E <sub>0</sub> Determination of E <sub>0</sub>				Determinación de error corregido E <sub>c</sub> Determination of Corrected Error E <sub>c</sub>					
	Carga mínima* Minimum load	I (kg)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L Load L	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	emp (±g)
1	0,010 kg	0,010	0,6	-0,1	10,000 kg	10,001	0,5	1,0	1,1	10,0
2		0,010	0,6	-0,1		10,001	0,5	1,0	1,1	10,0
3		0,010	0,5	0,0		10,000	0,2	0,3	0,3	10,0
4		0,010	0,5	0,0		10,001	0,5	1,0	1,0	10,0
5		0,010	0,5	0,0		10,002	0,1	2,4	2,4	10,0
--		--	--	--		--	--	--	--	--
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

\* Valor entre 0e y 10e  
Value between 0e and 10e

$$E = I + \%d \cdot \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_0$$

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**  
Repeatability test

Inicial Initial		Final Final	
23,2 °C	38 %	23,3 °C	37 %

Medición Measurement	Carga L <sub>1</sub> : Load L <sub>1</sub> 15,000 kg			Carga L <sub>2</sub> : Load L <sub>2</sub> 30,000 kg		
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)
1	15,000	0,6	-0,1	29,999	0,5	-1,0
2	15,000	0,6	-0,1	29,999	0,5	-1,0
3	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,8	-0,3
4	15,001	0,9	0,6	30,000	0,8	-0,3
5	15,000	0,9	-0,4	30,000	0,9	-0,4
6	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,8	-0,3
7	15,000	0,6	-0,1	29,999	0,4	-0,9
8	15,001	0,9	0,6	29,999	0,4	-0,9
9	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,8	-0,3
10	15,001	0,9	0,6	29,999	0,3	-0,8

$$E = I + \%d \cdot \Delta L - L$$

Carga / Load (kg)	Emás-Emin (g)	emp (±g)
15,000	1,0	15,0
30,000	0,7	15,0

LO JUSTO S.A.C.  
2020-11-30

Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
lojusto@lojusto.com / www.lojusto.com

ISO / IEC 17025

A 151374

Figura I 4: Ensayo de excentricidad

**LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.**  
Calibration laboratory of LO JUSTO S.A.C.

**Código del Certificado**  
Certificate code  
**IB-791-2020**

5 de 5

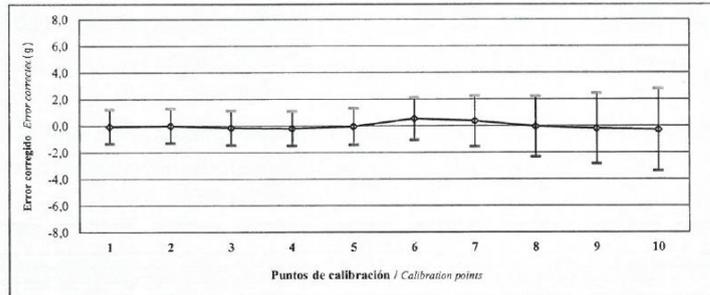
**ENSAYO DE PESAJE**  
Weighing test

Inicial Initial		Final Final	
23,4 °C	38 %	23,2 °C	38 %

Carga / Load L ( kg )	Carga creciente / Increasing load				Carga decreciente / Decreasing load				emp ( ± g )
	I ( kg )	ΔL ( g )	E ( g )	Ec ( g )	I ( kg )	ΔL ( g )	E ( g )	Ec ( g )	
0	* 0,010	0,010	0,6	-0,1					
1	0,020	0,020	0,6	-0,1	0,020	0,7	-0,2	-0,1	5,0
2	0,050	0,050	0,5	0,0	0,050	0,7	-0,2	-0,1	5,0
3	0,100	0,100	0,8	-0,3	0,100	0,7	-0,2	-0,1	5,0
4	1,000	1,000	0,8	-0,3	1,000	0,8	-0,3	-0,2	5,0
5	5,000	5,000	0,5	0,0	5,000	0,8	-0,3	-0,2	10,0
6	10,000	10,000	0,2	0,3	10,001	0,9	0,6	0,7	10,0
7	15,000	15,000	0,8	-0,3	15,001	0,7	0,8	0,9	15,0
8	20,000	20,000	0,5	0,0	20,000	0,8	-0,3	-0,2	15,0
9	25,000	25,000	0,8	-0,3	25,000	0,8	-0,3	-0,2	15,0
10	30,000	30,000	0,9	-0,4	30,000	0,9	-0,4	-0,3	15,0

\* Carga para determinar E<sub>0</sub>      E = I + ½ d - ΔL - L      Ec = E - E<sub>0</sub>  
Load to determine E<sub>0</sub>

**Gráfico de errores con su incertidumbre para cada punto de medición en el ensayo de pesaje**  
Graph of errors with their uncertainty for each measurement point in the weighing test



Fórmula para corregir la lectura indicada por el instrumento:  
Formula to correct the reading indicated by the instrument:

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000000685 \cdot R \quad ; \quad |R| = \text{kg}$$

Fórmula para encontrar la incertidumbre expandida con un nivel de confianza aproximado del 95 %.  
Formula to find expanded uncertainty with a level of confidence of approximately 95%:

$$U_R = 2 \cdot (0,00000042 + 0,0000000217112047 \cdot R^2)^{1/2} \quad ; \quad |U_R| = \text{kg}$$

- I : Indicación del instrumento / Instrument indication
- E : Error encontrado / Error found
- E<sub>0</sub> : Error en cero / Error in zero
- Ec : Error Corregido / Error corrected
- L : Carga / Load
- ΔL : Carga adicional / Additional load
- d : División de escala real / Real scale division
- emp : Error máximo permitido / Maximum permissible error
- R : Lectura en uso de la balanza / In-use reading of the balance
- U<sub>R</sub> : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada / Expanded uncertainty of weighing result

Fin del documento  
End of document

LO JUSTO S.A.C.  
2020-11-30

**Figura I 5:** Ensayo de pesaje (gráfico de errores)

# ANEXO J. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE VERNIER DIGITAL



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.  
CALIDAD, PRECISIÓN Y EXACTITUD

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Longitud

<b>Código del certificado</b>
<b>ML - 742- 2020</b>

Pág. 1 de 3

**Número de Expediente:** E2205-3793A-2020  
*File number*

**Fecha de calibración:** 2020-11-23  
*Calibration Date*

**Solicitante:** FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.  
*Applicant*

**Dirección solicitante:** Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1,  
Mariscal Nieto - Moquegua.  
*Applicant address*

**Instrumento de medida:** Vernier Digital  
*Measuring instrument*

**Marca:** ACCUD  
*Manufacturer / Brand*

**Modelo:** 111-012-12  
*Model*

**Número de serie:** 170331157  
*Serial Number:*

**Identificación:** No indica  
*Internal code*

**Lugar de calibración:** Laboratorio de Longitud de  
LO JUSTO S.A.C.  
*Calibration Place*

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.

*This calibration certificate provides documentary evidence for the traceability to national standards, carried out by the units of measurement according to the international System of Units (SI)*

Este certificado no constituye una autorización legal para su uso en la certificación metroológica de terceras partes.

*This certificate does not constitute a legal authorization for the use thereof for the metrological certification of third parties.*

Es responsabilidad del usuario establecer la frecuencia de calibración de este instrumento. Esta declaración es aspecto auditable en el sistema de gestión en su empresa

*The user shall be responsible for establishing the calibration frequency of this instrument. This statement is an auditable aspect in the management system of his company*

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado.

*These results are only related to the item described in this certificate.*

**Fecha de emisión:** Arequipa, 23 de Noviembre de 2020

*Date of issue*

**Aprobado por:**  
*Approved by*

**José Luis Rosales Saavedra**  
Supervisor de Operaciones  
LO JUSTO S.A.C.



LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. is not responsible for the damages that may result from the incorrect or inadequate use of this instrument and for incorrect or undue interpretations of this document. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with written approval of LO JUSTO S.A.C.

Jr. Huánuco N° 204 - Semi Rural Pachacutec - Cerro Colorado - Arequipa - Perú  
lojusto@lojusto.com / www.lojusto.com

ISO / IEC 17025

S 087235

Figura J 1: Certificado de calibración

**Información del instrumento**

*Instrument Information*

**Intervalo de indicación** : 0 a 300 mm  
**Resolución:** : 0,01 mm  
**Procedencia:** : No indica  
 Etiqueta de Calibración N°: 71655

**Procedimiento de medida:** PC-012 Procedimiento de Calibración de Pie de Rey, Edición: 5

*Measurement procedure:*

**Instrumentos / Patrones empleados :**

*Instruments/Standard used :*

- Bloques planoparalelos, con certificado de calibración LLA-151-2020 y LLA-288-2020 emitido por el DM - INACAL
- Termohigrómetro marca ETI, con certificado de calibración emitido por LO JUSTO S.A.C., código del certificado de calibración TE-213-2020.
- Termómetro digital con sensor para superficies, con certificado de calibración TE-409-2020.

**Condiciones Ambientales**

*Environmental conditions*

- Temperatura Ambiente promedio : 20,8 °C ± 0,1 °C
- Humedad Relativa promedio : 32,7 % ± 0,1 %

**RESULTADOS DE CALIBRACIÓN**  
 RESULTS OF CALIBRATION

Valor Patrón mm	Indicación del instrumento de medida			Max. Error abs. encontrado mm
	Exterior mm	Interior mm	Profundidad mm	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50,00	50,00	50,00	50,00	0,00
100,00	100,00	100,00	100,00	0,00
200,00	200,00	200,00	200,00	0,00
300,00	300,00	300,00	300,00	0,00

La incertidumbre expandida es  $U = 20 \mu\text{m}$

LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. is not responsible for the damages that may result from the incorrect or inadequate use of this instrument and for incorrect or undue interpretations of this document. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with written approval of LO JUSTO S.A.C.

**Figura J 2:** Información del instrumento

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.

Código del certificado
ML - 742- 2020

Pág. 3 de 3

**Notas y aclaraciones:**

*Notes and clarifications:*

- La incertidumbre combinada se calcula considerando las contribuciones de los estándares, el procedimiento de calibración y la calibración del propio instrumento. El valor de incertidumbre corresponde a la incertidumbre combinada multiplicada por un factor de cobertura  $k = 2$  para un nivel de confianza de aproximadamente el 95%. La incertidumbre de la medición típica ha sido determinada por el documento: Guía de expresión de la incertidumbre de la medición, primera edición septiembre 2008.

*The combined uncertainty is calculated by considering the contributions the standards, the calibration procedure and calibration of the instrument itself. The uncertainty value corresponds to the combined uncertainty multiplied by a coverage factor  $k = 2$  for a confidence level of approximately 95%. The uncertainty of the typical measurement has been determined by Guide to the expression of uncertainty in measurement, First edition September 2008*

El periodo de validez de este certificado de calibración dependerá del uso y cuidado que se de a este instrumento.

Se colocó una etiqueta de color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. en el equipo y esta identificada con el N° 71655 .

- Responsable de la calibración : Huamán Checcaña Marleni

**\*\* FIN DEL DOCUMENTO \*\***

LO JUSTO S.A.C.  
2020-11-23

ISO / IEC 17025

S 087237

**Figura J 3:** Notas y aclaraciones del laboratorio