

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley Nro. 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HUANCAMELICA**

**TESIS:**

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA CATEDRAL DEL  
DISTRITO DE HUANCAMELICA MEDIANTE EL CODIGO FEMA – 310.”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**ESTRUCTURA-CONCRETO**

**DISCIPLINA:**

**INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**BACH.: VILLAVICENCIO QUISPE, EDER BILY**

**HUANCAMELICA – PERU**

**2018**

## PRESENTACIÓN

El motivo por el cual surge esta idea de investigación titulada **“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA CATEDRAL DEL DISTRITO DE HUANCVELICA MEDIANTE EL CODIGO FEMA – 310.”** Es debido a que en la actualidad existen normas, código y reglamentos que como profesional te exigen a un diseño sismo resistente, mas no a la prevención y/o evaluación de edificaciones existentes y sobre todo que existe políticas muy conservadoras con respecto al mantenimiento de construcciones coloniales que representan nuestro patrimonio. Es por ello que mi persona hoy logra evaluar imparcialmente la vulnerabilidad de una edificación que data de más de 410 años de antigüedad mediante análisis mecánico en laboratorios y procesado en software contemporáneo.

EDER BILY VILLAVICENCIO QUISPE

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE CIVIL – HUANCVELICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

Huancavelica 2018

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Gracias a dios por permitir mi existencia dentro de una familia unida.

### **A MIS PADRES**

Pio Villavicencio Huamán y Teófila Quispe de la Cruz por la incondicionalidad que muestran ante todos sus hijos.

### **A MI FAMILIA**

Liz Karen Cabrera Zerpa mi pareja y a mis dos hijos Kael y Karen quienes son el motor y motivo de mis aspiraciones.

### **A MIS HERMANOS**

Dany, Noly, Laura, Susana, Emerson, Anderson y Yeny quienes siempre me apoyaron de alguna forma desde que empecé este proyecto personal de mi vida.

### **A MI SUEGROS.**

Emiliano y Mercedes por apoyo actual que me brindan para poder zanjar este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**

Por su inmedible aporte al desarrollo socio - cultural de la región de Huancavelica.

### **A LA PLANA DE DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA – ESCUELA PROFESIONAL DE CIVIL- HUANCVELICA.**

Por las enseñanzas que impartieron dentro de las aulas universitarias dejando así conocimientos amplios en los estudiantes que hoy nos sirven en el desarrollo profesional.

### **A MI ASESOR**

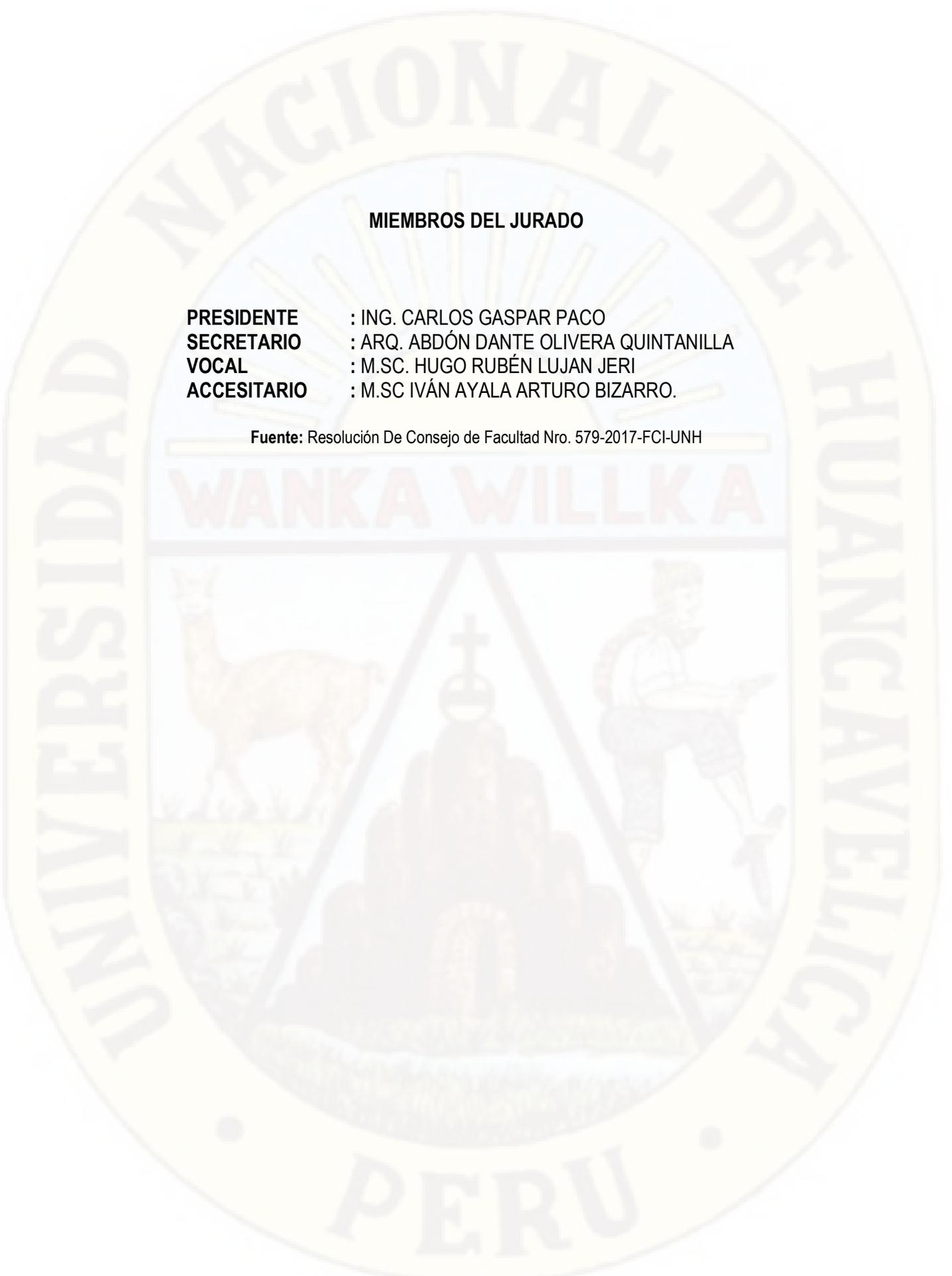
Ing. Omar Caballero Sánchez por la orientación, recomendaciones y asesoramiento en la ejecución de esta investigación.

### **PROFESIONALES DE LA EAPIC**

Al técnico Alfredo Mendosa por el apoyo y asesoramiento en el desarrollo de los ensayos dentro del laboratorio.

### **A MIS AMIGOS**

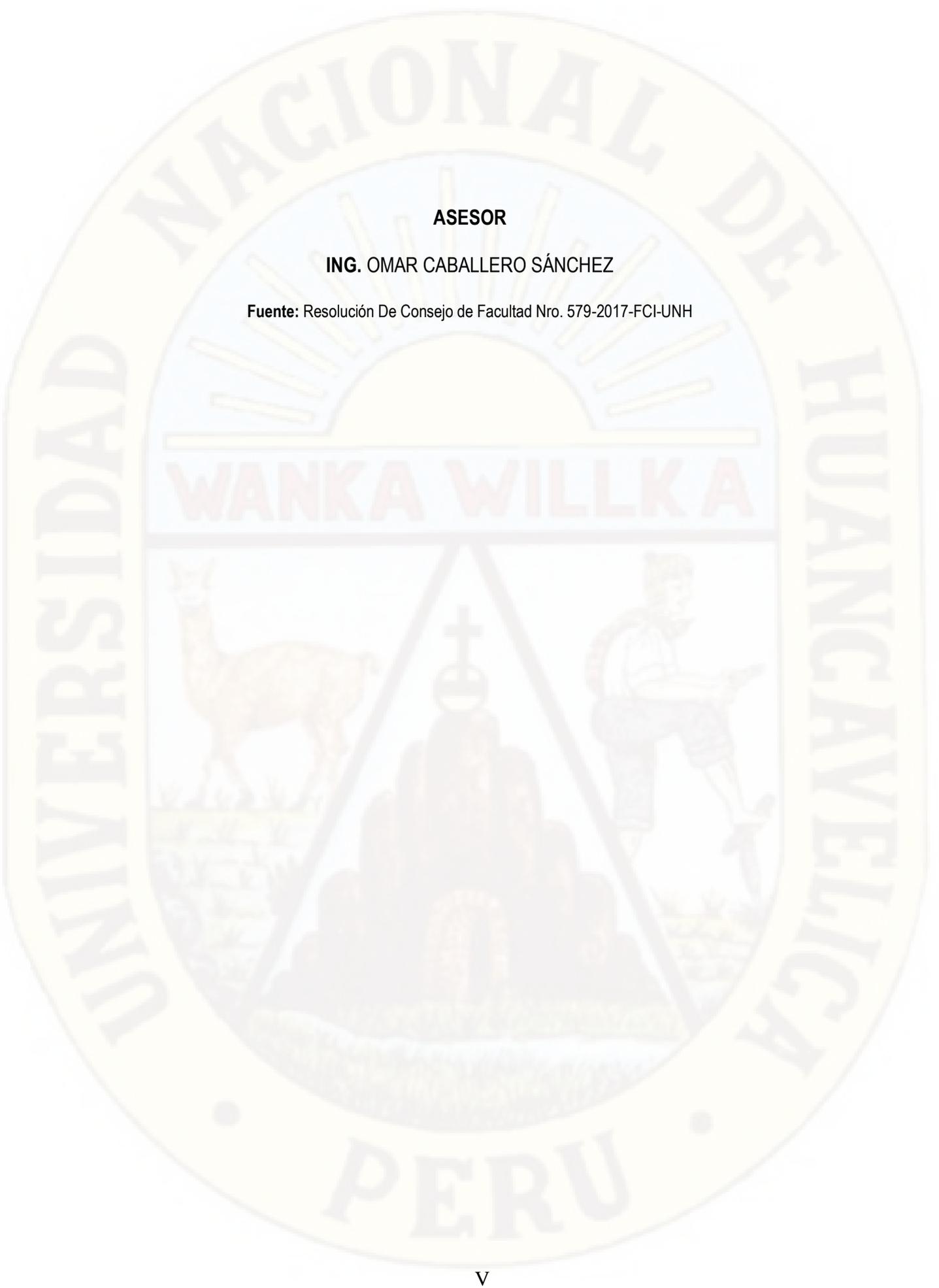
Milton, Gilmer, Ivan, Ausbel, Ruben y Marvin quienes hicieron que mi estadía en la universidad sea del todo ameno, responsable y sobre todo divertido.



**MIEMBROS DEL JURADO**

**PRESIDENTE** : ING. CARLOS GASPAR PACO  
**SECRETARIO** : ARQ. ABDÓN DANTE OLIVERA QUINTANILLA  
**VOCAL** : M.SC. HUGO RUBÉN LUJAN JERI  
**ACCESITARIO** : M.SC IVÁN AYALA ARTURO BIZARRO.

**Fuente:** Resolución De Consejo de Facultad Nro. 579-2017-FCI-UNH



**ASESOR**

**ING. OMAR CABALLERO SÁNCHEZ**

**Fuente:** Resolución De Consejo de Facultad Nro. 579-2017-FCI-UNH

## RESUMEN

En la presente investigación titulada “**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA CATEDRAL DEL DISTRITO DE HUANCVELICA MEDIANTE EL CÓDIGO FEMA – 310.**” Realice una evaluación sísmica normada y adecuada a nuestras condiciones locales, se realizó un diagnóstico minucioso de la estructura tales como:

Recopilación de datos históricos sobre la antigüedad de la edificación, modificaciones que haya sufrido y los mantenimientos que recibe periódicamente y/o rutinario si lo tuviera.

Además, se realizó un levantamiento topográfico con estación total, captando puntos de una forma detallada mediante su laser incorporado, para representarlo lo más similar a la realidad en los planos y modelo virtual.

Así mismo, para modelar una estructura hay que conocer las propiedades mecánicas del material con el que se construyó, tales como: Peso unitario, Resistencia a la Compresión, Módulo de Elasticidad y Coeficiente Poisson. Cuatro datos indispensables para proseguir con la evaluación, todo esto normado por el ASTM- C29, C39 y C469 respectivamente.

En consecuencia una vez obtenida esos datos importantes se prosigue con la modelación en el software SAP2000V2.0 que es un programas que analiza mediante el método numérico elementos finitos para obtener esfuerzos en los muros a causa de su peso, como también cortantes y momentos generados por una análisis estático según la norma E.030 en vigencia.

Para concluir se puede resumir que la iglesia catedral de Huancavelica resulta **VULNERABLE** y que representa un **PELIGRO PARA LA VIDA** de quienes la concurren no tanto por la antigüedad sino más bien por los materiales empleados en su construcción.

## **ABSTRAC**

In the present investigation titled "EVALUATION OF THE SEISMIC VULNERABILITY OF THE CATHEDRAL CHURCH OF THE DISTRICT OF HUANCVELICA THROUGH THE CODE FEMA - 310." Perform a standardized seismic assessment and appropriate to the same local conditions.

Compilation of historical data on the age of the building, the modifications that have been made and the maintenance carried out periodically.

In addition, a topographic survey was carried out with a total station, points were obtained in one way through the use of a built-in laser, to represent more reality in the plans and the virtual model.

Likewise, for the mode of a structure that has the mechanical properties of the material that was built, such as: Unit weight, Compression Resistance, Elasticity Module and Poisson Coefficient. Four indispensable data to continue with the evaluation, all this regulated by ASTM-C29, C39 and C469 respectively.

The information is based on the results of the data search in the software SAP2000V2.0 which is a program that analyzes by means of the numerical method elements to obtain results in the walls due to their weight, as well as shear and moments generated by an analysis static according to the E.030 standard in force.

To conclude it can be summarized that the cathedral church of Huancavelica is VULNERABLE and that it represents a DANGER FOR THE LIFE of those who collaborate not so much for the antiquity but rather for the materials used in its construction.

## ÍNDICE

<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
1. PROBLEMA .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3. OBJETIVOS .....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	4
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEORICO</b> .....	<b>6</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	6
2.2. BASES TEÓRICAS .....	10
2.3. HIPÓTESIS .....	35
2.4. VARIABLES DE ESTUDIO .....	35
2.5. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES .....	36
<b>CAPITULO III</b> .....	<b>37</b>
<b>3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>37</b>
3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO .....	37
3.1.1. AMBITO ESPACIAL .....	37

3.1.2.	ÁMBITO TEMPORAL.....	38
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	38
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.4.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.5.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.5.1.	Investigación No Experimental .....	39
3.5.2.	Diseño Transversal descriptivo .....	40
3.5.3.	Diseño Transversal Explicativo Causales.....	40
3.6.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	40
3.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	40
3.8.	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	41
3.9.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	43
	<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>106</b>
	<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>106</b>
4.1.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	106
4.2.	Discusión.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº 1 DERIVA CONTINENTAL SEGÚN WEGENER,.....	11
FIGURA Nº 2 CORTEZA DE LA TIERRA ESTRATIGRAFICA.....	11
FIGURA Nº 3 PLACAS TECTÓNICAS EN SU CONFIGURACIÓN ACTUAL, (TOMADO DE KELLER E.A.6; BASADO EN CHISTOPHERSON, R.W.7).....	14
FIGURA Nº 4 ACTIVIDAD SÍSMICA GLOBAL. OBSERVE QUE LA UBICACIÓN DE LOS EPICENTROS COINCIDE EN SU GRAN MAYORÍA CON LOS BORDES ENTRE PLACAS, (TOMADO DE KELLER E.A.6; BASADO EN HAMBLIN, W.K.8). ....	14
FIGURA Nº 5 TIPOS DE FALLAS TECTONICAS .....	17
FIGURA Nº 6: UBICACIÓN DEL FOCO DEL EPICENTRO Y DISTRIBUCION DE LAS ONDAS SISMICAS.....	18
FIGURA Nº 7 DEFORMACIONES PRODUCIDAS POR ONDAS CORPÓREAS: (A) ONDAS P, Y (B).....	19
FIGURA Nº 8 DEFORMACIONES PRODUCIDAS POR ONDAS SUPERFICIALES.....	21
FIGURA Nº 9 ZONAS SISMICA.....	26
FIGURA Nº 10 UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	38
FIGURA Nº 11 : ESTACION TOTAL .....	44
FIGURA Nº 12 UBICACIÓN DE LOS BMS. ....	45
FIGURA Nº 13 PRIMERA ESTACIÓN QUE HACE A LA VEZ DE BM1 FRENTE A LA IGLESIA .....	45
FIGURA Nº 14 REGISTRO DE PUNTOS CON LOS PRISMAS.....	46

FIGURA N° 15 REGISTRO DE PUNTOS DE LA FACHADA PRINCIPAL DE LA IGLESIA	
MEDIANTE EL LÁSER QUE TIENE EL EQUIPO.....	46
FIGURA N° 16 CAMBIO DE ESTACIÓN Y SE UBICA EL BM-02. ....	47
FIGURA N° 17 REGISTRO DE PUNTOS DEL LADO LATERAL DE LA IGLESIA.....	47
FIGURA N° 18 CAMBIO DE ESTACION Y UBICACIÓN DE BM-03.....	48
FIGURA N° 19 REGISTRO DE PUNTOS EN LA ESTACIÓN 03.....	48
FIGURA N° 20 CAMBIO DE ESTACIÓN Y REGISTRO DE PUNTOS DE LA PARTE INTERNA	
DE LA CATEDRAL MEDIANTE LASER.....	49
FIGURA N° 21 REGISTRO DE PUNTOS MEDIANTE LASER.....	49
FIGURA N° 22 CAMBIO DE ESTACIÓN Y SE CONTINÚA REGISTRANDO MÁS PUNTOS. ....	50
FIGURA N° 23 CAPTURA DE VISTAS FOTOGRÁFICA PARA MAYOR DETALLE.....	50
FIGURA N° 24 CAPTURA DE VISTAS FOTOGRÁFICA PARA MAYOR DETALLE.....	51
FIGURA N° 25 DETALLE INTERNO DE LAS CÚPULAS DE LAS TORRES.....	51
FIGURA N° 26 DETALLE INTERNO DEL CAMPANARIO, LAS MADERAS QUE SIRVEN DE	
PLATAFORMA, SE ENCUENTRA DETERIORADAS.....	52
FIGURA N° 27 DETALLE DEL 2 DO PISO CON MADERAS YA EN MAL ESTADO.....	52
FIGURA N° 28 REGISTRO MANUAL DE MEDIDAS DE OTROS AMBIENTES.....	53
FIGURA N° 29 REGISTRO MANUAL DE MEDIDAS DE OTROS AMBIENTES.....	53
FIGURA N° 30 CULMINACIÓN DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y DESPEDIDA DEL	
PRESBITERO CARLOS LÓPEZ BONIFACIO.....	54
FIGURA N° 31 ASTM – C29.....	70
FIGURA N° 32 ASTM –C29.....	71

FIGURA N° 33 ATM –C29 .....	71
FIGURA N° 34 ASTM –C29 .....	72
FIGURA N° 35 ASTM-C29 .....	72
FIGURA N° 36 ASTM –C29 .....	73
FIGURA N° 37 ASCTM-C29 .....	73
FIGURA N° 38 ASTM –C29 .....	74
FIGURA N° 39 ASTM –C29 .....	74
FIGURA N° 40 ASTM C39 .....	75
FIGURA N° 41 ASTM-C39 .....	76
FIGURA N° 42 ASTM –C39 .....	76
FIGURA N° 43 ASTM-C39 .....	77
FIGURA N° 44 ASTM –C39 .....	77
FIGURA N° 45 ASTM –C39 .....	78
FIGURA N° 46 ASTM C –C39 .....	78
FIGURA N° 47 ASTM-C39 .....	79
FIGURA N° 48 ASTM-C39 .....	79
FIGURA N° 49 ASTM-C39 .....	80
FIGURA N° 50 ASTM-C39 .....	80
FIGURA N° 51 ASTM-469 .....	81
FIGURA N° 52 ASTM-C469 .....	82
FIGURA N° 53 ASTM C-C469 .....	82
FIGURA N° 54 ASTM-C469 .....	83

FIGURA N° 55 ASTM-C469 .....	83
FIGURA N° 56 ASTM-C469 .....	84
FIGURA N° 57ASTM –C469 .....	84
FIGURA N° 58 ASTM-C469 .....	85
FIGURA N° 59 ASTM-C469 .....	85
FIGURA N° 60ASTM-C469 .....	86
FIGURA N° 61 ASTM-C469 .....	87
FIGURA N° 62 ASTM-C469 .....	88
FIGURA N° 63 ASTM-C469 .....	88
FIGURA N° 64 EL SOFTWARE QUE SE UTILIZÓ ES EL “AUTOCAD CIVIL 3D 2017” .....	89
FIGURA N° 65 SE IMPORTARON LOS PUNTOS CON LOS PARÁMETROS PENZ. ....	89
FIGURA N° 66 LUEGO SE EMPEZÓ A UNIR LOS PUNTOS TAL COMO SE MUESTRA EN LAS SIGUIENTES FIGURAS. ....	90
FIGURA N° 67 VISTA FRONTAL DE LA IGLESIA, CAD.....	90
FIGURA N° 68 FINALMENTE SE TRABAJÓ EN 2D PARA LA PRESENTACIÓN DE ARQUITECTÓNICA DE LOS PLANOS CORRESPONDIENTES ELEVACION PRINCIPAL D LA IGLESIA CATEDRAL .....	91
FIGURA N° 69 PLANTA Y ELEVACION LATERAL.....	91
FIGURA N° 70 PLANTA Y CORTE A-A .....	92
FIGURA N° 71 PLANTA Y CORTE B-B .....	92
FIGURA N° 72 SAP2000.V20 .....	103
FIGURA N° 73 CREACION DE LOS MATERIALES.....	103

FIGURA N° 74 CREACION DE LAS SECCIONES.....	104
FIGURA N° 75 DEFINICION DE TIPOS DE CARGA .....	104
FIGURA N° 76 COMBINACIONES DE CARGA.....	104
FIGURA N° 77 MODELAMIENTO DE LA IGLESIA CATEDRAL, SAP2000. ....	106
FIGURA N° 78 LINEA DE ENERGIA DE ESFUERZOS INTERNOS- PESO PROPIO .....	106
FIGURA N° 79 ANALISIS ESTATICO X-X, SAP2000 .....	107
FIGURA N° 80 ESFUERSOS D+L+0.7E, SAP2000.....	108
FIGURA N° 81 MOMENTOS EN EJE X-X, SAP2000.....	109
FIGURA N° 82 CORTANTES EN EL EJE X-X DEBIDO AL ANÁLISIS ESTÁTICO.....	109
FIGURA N° 83 PORTICOS EJE X-X ESFUERSO EN CARGAS D+L+0.7E, SAP2000.....	110
FIGURA N° 84 ESFUERSOS DE CORTE MÁXIMOS D+L+0.7E, SAP2000.....	110
FIGURA N° 85 PORTICOS EJE Y-Y ESFUERSO EN CARGAS D+L+0.7E, PERIODO Y-Y, SAP2000.....	111
FIGURA N° 86 DEFORMACION 3ER PISO, SAP.....	111
FIGURA N° 87 DEFORMACION DEL 2DO PISO, SAP2000.....	112
FIGURA N° 88 DEFORMACION DEL 1DO PISO, SAP2000.....	112
FIGURA N° 89 DEFORMACIONES EN PERIODO Y-Y 3ER PISO, SAP2000. ....	113
FIGURA N° 90 DEFORMACIONES EN PERIODO Y-Y 2 DO PISO, SAP2000.....	113
FIGURA N° 91 DEFORMACIONES EN PERIODO Y-Y 2 DO PISO, SAP2000.....	114

## INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 FUERZAS SISMICAS POR CADA PISO. ....	29
TABLA N° 2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES. ....	36
TABLA N° 3 COORDENADAS GLOBALES DE ESTACIONES.....	44
TABLA N° 4 RESULTADOS PESO UNITARIO. ....	95
TABLA N° 5 FACTORES DE L/D.....	96
TABLA N° 6 RESUMEN RESISTENCIA A LA COMPESION. ....	97
TABLA N° 7 RESUMEN DEL ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	102
TABLA N° 8 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO. ....	105
TABLA N° 9 DEOFRMACIONES DE LA IGLESIA CATEDRAL DE HUANCAVELICA.....	114

## INTRODUCCION

La iglesia catedral de Huancavelica se inició su construcción en el año 1572 y se terminó en 1608, el monumento consta de dos torres blancas de dos cuerpos, que termina en cúpula coronada con una cruz, la portada tallada en piedra roja, presenta dos columnas salomónicas con una serie de detalles del estilo churrigueresco, cuyos capiteles están adornados con rostros de inspiración indígena.

La vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral de Huancavelica, representa la predisposición intrínseca a sufrir un daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.

Ante ellos como tesista me enfoque en análisis de las propiedades mecánicas de los materiales con el que se construyó hace cientos de años, para luego someterles a ensayos que se encargan de arrojar datos importantísimos para evaluar su rigidez, elasticidad y resistencia a la compresión.

Y de este modo poder sacar conclusiones reales y tomar medidas para las recomendaciones de ser necesarias.

# CAPITULO I

## 1. PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según Bonnet (2003), “la vulnerabilidad sísmica de una estructura se define como la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.”

A más de un año del terremoto del 19 de septiembre en México, Las víctimas del terremoto de magnitud 7,1 en la escala de Richter que sacudió el centro de México llego a la suma total de 291 fallecidos.

El Terremoto de Chíncha y Pisco del 2007 fue un sismo registrado el 15 de agosto de 2007 a las 18:40:57 hora local., con una duración cerca de 3 min 30 s. Su epicentro se localizó en las costas del centro del Perú a 40 km al oeste de Pisco y a 150 km al suroeste de Lima, y su hipocentro se ubicó a 39 km de profundidad. Fue uno de los terremotos más violentos ocurridos en el Perú en los últimos años,

Mientras que en nuestra región un sismo de 4.0 grados de magnitud remeció el departamento de Huancavelica el Epicentro se localizó a 28 kilómetros al este de Castrovirreyna. El movimiento telúrico ocurrió al promediar las 04:03 horas de del martes 26 de septiembre de 2017, y su epicentro se localizó a 28 kilómetros al este de la ciudad de Castrovirreyna, con una profundidad de 85 kilómetros.

Las administraciones municipales actuales y las anteriores, de la ciudad de Huancavelica, presentan falencias en materia de prevención y atención de desastres, no existe un verdadero compromiso y apoyo institucional para este proceso. Huancavelica posee un Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil, Sencico, una Universidad que posee una escuela de Ing. Civil y el Colegio de Ingenieros. entidades que tienen escasas de responsabilidad social con la ciudad, faltando la creación de talleres, capacitaciones de

manera general a las personas que se dedican al rubro de la construcción, generando así una falta de instrucción técnica en los maestros de obra y demás personas que construyen sus viviendas en los alrededores de esta ciudad; se suma a esto el desconocimiento general por parte de los habitantes, de una cultura de prevención y atención de desastres que permitan acciones oportunas en todas sus fases.

En la ciudad de Huancavelica, la iglesia catedral fue construida en épocas donde no existían códigos o normas que obligaran al ingeniero o al constructor a diseñar en base a la resistencia sísmica, hoy en día se sabe que la iglesia catedral de Huancavelica se inició su construcción en el año 1572 y se concluyó en el año 1608 el cual ya tendría 410 años de vida todo esto según los datos que se recolecto en el arzobispado de Huancavelica; En la construcción predominan materiales naturales cortados tales como la piedra canchana, piedras rojas y piedras calizas que en si al usarlas de manera artesanal asentadas con mortero de cal o arcilla representan un peligro para los asistentes a esta institución ya que no se encuentran utilizadas técnicamente o reforzadas de alguna forma es por ello que nos hacemos las siguientes preguntas:

**¿Qué efectos produce las construcciones sin una dirección técnica?**

Los efectos se puede clasificar en económica y social: económica por que en un evento sísmico la edificación podría colapsar pudiendo generar muertes de su familia y del mismo; social porque no solamente se vería afectado esta vivienda sino también podría afectar a viviendas adyacentes a esta, generando vulnerabilidad a las otras.

**¿Cuáles son las causas de la vulnerabilidad sísmica en las iglesias de la ciudad de Huancavelica?**

Una de las causas es la falta de dirección técnica en la ejecución de estas edificaciones que se construyeron como puedan, además de que hace unos 410 años atrás quizá no haya existido profesionales de especialidad para que se pueda

construir de una manera controlada con criterio técnico y así de esta manera minimizar las posibles consecuencias en el caso de un evento sísmico en nuestra región.

**¿Cuál es la solución a la vulnerabilidad sísmica de la catedral de Huancavelica?**

Sería la evaluación y determinación de que tan vulnerable se encuentra esta edificación, si es posible demoler estas edificaciones ya que representan un peligro para los feligreses que la concurren o quizá en el mejor de los casos recomendar unos reforzamientos estructurales para garantizar la seguridad de los asistentes a esta institución.

Si esta investigación no se desarrollará, el problema seguiría incrementándose, por el grado de incertidumbre que se tiene, y por desconocer cuales serían las posibles causas y consecuencias si un fenómeno natural se presentará en la región, lo cual podría ser devastador para la sociedad.

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

**1.2.1. PROBLEMA GENERAL:**

Teniendo en cuenta el gran peligro que representa un sismo y la iglesia catedral que datan de más de 410 años de antigüedad determinan lo siguiente:

- ¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica en los elementos estructurales de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica?

**1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO:**

- ¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión muros portantes?
- ¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión vigas?
- ¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión columnas?

- ¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión cobertores?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica en los elementos estructurales de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión muros portantes
- Determinar los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión vigas.
- Determinar los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión columnas.
- Determinar los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión cobertores.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

En estos últimos tiempos los movimientos de las placas tectónicas el de Nazca con la Sudamericana vienen generando sismos, terremotos a causa de sus fricciones o movimientos propios de su naturaleza, esto conlleva a un estudio de vulnerabilidad de nuestra zona de estudio ya que no sabemos cuándo y en que magnitud podría ocurrir un evento sísmico.

El Análisis de la vulnerabilidad física frente a amenaza sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica. Serviría para determinar el grado de vulnerabilidad de esta edificación y prevenir desastres en estos lugares concurridos por la población Huancavelica.

Esta investigación serviría para alertar a las entidades correspondientes para que se pueda tomar prevenciones, fortalecimientos de las iglesias o quizá demolición de las mismas, también serviría como un patrón de control para el estudio de otras iglesias adyacentes que también en encuentran en zonas vulnerables, no solamente a sismos o

terremotos sino también a aluviones, lluvias torrenciales, vientos entre otros desastres naturales.



## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

Basurto (2015), realizo la investigación en **“Vulnerabilidad Sísmica Y Mitigación De Desastres En El Distrito De San Luis”** en la ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL de la UNIVERSIDAD RICARDO PALMA – Perú: donde llego a las siguientes conclusiones:

- La vulnerabilidad social aumenta la vulnerabilidad física ante sismos, pues una población que no esté preparada ni cuenta con los recursos para enfrentar un peligro latente como los sismos, no podrá enfrentarlos ni mitigar sus efectos.
- El 59% de las viviendas evaluadas, tienen más de 30 años de antigüedad, estas edificaciones presentan una vulnerabilidad sísmica alta, porque fueron construidas sin un código de diseño sísmico, es decir, antes del Código de Diseño de 1977.
- En este estudio al evaluarse las edificaciones aplicando el método: Diagnóstico de la Respuesta Sísmica en viviendas de albañilería usando Modelos Experimentales en un Proceso de Evaluación Rápida, se puede observar que el 61% presentan una vulnerabilidad alta, el 30% presentan vulnerabilidad media y el 09% presentan vulnerabilidad baja. Se nota claramente que la mayoría de edificaciones presentan un grado de vulnerabilidad entre media y alta, esto es debido principalmente a la antigüedad de las construcciones y a su construcción informal
- En el Sector Educativo, se encontraron diversos problemas constructivos, como por ejemplo: la Institución Educativa N° 0082 La Cantuta, que ha sido construida

sin criterio arquitectónico, lo que genera un alto peligro para sus alumnos, pues no podría cumplir su función de zona de refugio temporal.

- Convertir los planes de seguridad y evacuación en instrumentos preventivos, de fácil Implementación, aplicación y mantenimiento para las edificaciones esenciales.
- Se necesita una cultura de prevención para evitar que los fenómenos naturales se conviertan en desastres, esto solo se logra con el tiempo, pero para ello se necesita una política educativa que oriente a la niñez en las escuelas de manera temprana y continua.
- La coordinación de políticas y programas en el distrito, incluyendo la activa participación del sector privado, es esencial en términos de la reducción de la vulnerabilidad.
- El fortalecimiento de los sistemas de información, observación, investigación, vigilancia y alerta temprana, junto con el desarrollo de una institucionalidad dotada de recursos apropiados para el manejo de las emergencias y desastres y la implementación de programas permanentes de educación de la población, son elementos que deben reforzarse con mecanismos de cooperación con el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil.

BARRERA, nieves (2015) ***“Determinación De La Vulnerabilidad En Las Casas Coloniales Ubicadas En El Barrio De San Diego De La Ciudad De Cartagena”***

- FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL-  
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA – Colombia: concluyo lo siguiente:

- El estado patológico juega un papel importante a la hora de realizar un análisis de vulnerabilidad, por tal razón al caracterizar y localizar detalladamente las enfermedades que fustigan la edificación, tales como la presencia de humedad, eflorescencia, grietas, corrosión, picaduras y goteras, se establece un índice que determina el estado de conservación de la estructura.

- Las casas coloniales del barrio San Diego presentan cubiertas de tipo “par e hilera” y “par y nudillo”, las cuales se caracterizan por sus grandes pendientes, lo que las hace más susceptibles ante algún tipo de evento. Además muchas de estas cubiertas se encuentran deterioradas en algunos de sus elementos, bien sean pares, hilera o nudillos, debido al largo tiempo que llevan construidas.
- El método de vulnerabilidad cualitativa empleado para el análisis del barrio San Diego permitió un estudio preliminar de determinada parte del centro histórico de la ciudad de Cartagena. A través del estudio se encontró que dicho barrio presenta un índice de vulnerabilidad de 40,33%, por lo que se caracteriza con una vulnerabilidad alta, es decir, mayor al 35% que es el límite que expone el método, y a partir del resultado se puede concluir que se hace necesario emplear un análisis cuantitativo para determinar con más precisión qué tan susceptible son estas edificaciones.
- La mayoría de las edificaciones del barrio San Diego no poseen diafragmas horizontales, esto se debe a que las casas coloniales, es decir las construidas antes de inicios del siglo XIX, no se les construía losas rígidas, y esto incide en el índice de vulnerabilidad calculado. Algunas de estas casas tienen buenos diafragmas horizontales debido a que se le han realizado modificaciones, a este tipo de casas se les llama “casa colonial sobre republicana” y ayuda que se mejoren las condiciones de vulnerabilidad.
- Las casas coloniales del barrio San Diego presentan muros estructurales construidos con pedazo de ladrillo, piedra y coral triturado, mal trabado y vinculado entre sí, lo que ocasiona que dichas estructuras sean aún más vulnerables.
- Las viviendas estudiadas poseen elementos no estructurales bien adosados a la edificación en la mayoría de los casos, lo que hace que sean más seguras.
- Una de las características más relevantes de las edificaciones domésticas coloniales, son los grandes espacios vacíos en donde se ubica el patio y alrededor de este se encuentran los demás elementos de la vivienda, tales como la sala,

habitaciones cocina, y demás, factor que proporciona que el índice de vulnerabilidad aumente.

Martínez (2014), **“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación en la ciudad de Lorca, región de Murcia.”** Universidad Politécnica De Madrid – España, concluyo lo siguiente:

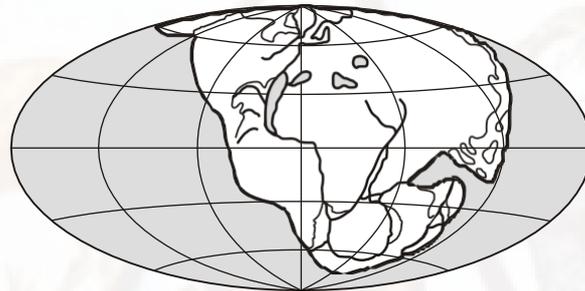
- A la hora de planificar ciudades en zonas sísmicas los planos geológicos, geotectónicos y topográficos son muy importantes, puesto que las características locales del terreno filtran o amplifican determinados rangos de frecuencia de las ondas sísmicas en relación con las registradas en roca (“efecto local o de sitio”) lo que modifica la vulnerabilidad de tipologías constructivas específicas, que debiera ser información de gran relevancia en los procesos de planeamiento.
- La definición y caracterización de los parámetros que componen las normas urbanísticas de un plan general es fundamental para no crear ciudades irregulares sísmicamente, y por consiguiente, con una elevada vulnerabilidad sísmica.
- El levantamiento “in situ” de 816 edificios, detallando su tipología constructiva y sus parámetros urbanísticos, ha sido fundamental tanto para tener un conocimiento detallado y fiable de los edificios como para poder desarrollar una base de datos extensos, completos e integra.
- La mayor complejidad en los trabajos de campo es la recopilación de los datos. La previa clasificación y codificación de los distintos niveles en este trabajo, así como la ejecución de una ficha de vulnerabilidad sísmica, han demostrado la eficiencia en este tipo de trabajos para alcanzar unos resultados con una gran resolución.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

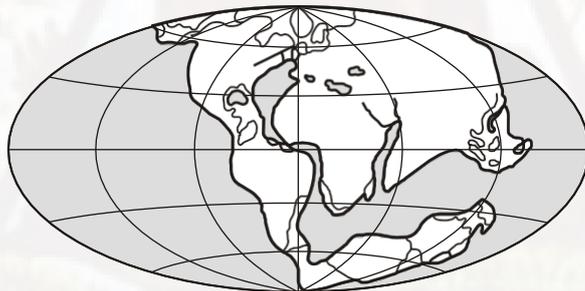
### 2.2.1. ELEMENTOS DE SIMOLOGÍA Y TERREMOTOS

#### 2.2.1.1. DERIVA CONTINENTAL

- Alonso (2015), Los continentes, al igual que los océanos, no son unidades estáticas de la superficie terrestre. Su ubicación ha variado notablemente a lo largo de la historia geológica de la tierra.
- Hoy día, muchos geólogos parecen estar de acuerdo con la hipótesis que los continentes actuales proceden de una masa continental única existente en el período precámbrico a la que denominan Pangea cuya fragmentación produjo unidades menores que sufrieron grandes desplazamientos hasta alcanzar su posición actual, dando origen a los continentes, tal y como se muestra en la figura 1.



- Pangea hace 270  
Millones de años



Hace 150 millones  
de años



- Hace 1 millón de años

FIGURA Nº 1 DERIVA CONTINENTAL SEGÚN WEGENER,  
(ADAPTADO DE VERNEY, 197/93).

### 2.2.1.2. ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

La figura 2 muestra una visión de la estructura en capas de la Tierra. La corteza y el manto superior constituye la capa externa de la Tierra y forman un nivel relativamente rígido y frío que exhibe un comportamiento frágil. Recibe el nombre de litosfera (esfera de roca). Su espesor medio es de unos 100 km pudiendo alcanzar en algunos lugares 250 km o más.

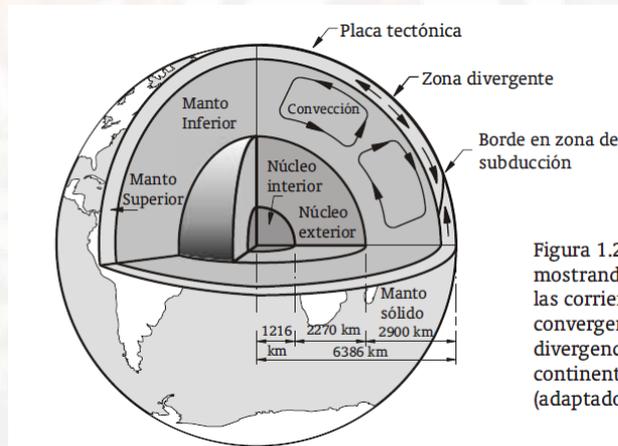


Figura 1.2 Corte de la Tierra mostrando su división en capas, las corrientes de convección, la convergencia (subducción) y la divergencia de las placas continentales de la corteza (adaptado de Noson et al)<sup>4</sup>

FIGURA Nº 2 CORTEZA DE LA TIERRA ESTRATIGRAFICA

Fuente: José Luis Alonso G.: VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

La corteza es la capa rígida de la Tierra. Se divide en corteza oceánica con un grosor que varía entre 3 y 15 km (compuesta básicamente por rocas ígneas), y en corteza continental, debajo de algunos cinturones montañosos cuyo grosor puede alcanzar los 70 km.

Por debajo de la litosfera hasta una profundidad de unos 660 km se observa una capa blanda, relativamente plástica situada en el manto superior que se conoce como astenosfera (esfera débil). Esta zona, bastante dúctil, permite el movimiento relativo de la litosfera con respecto a la astenosfera.

El manto, con un espesor de unos 2900 km constituye más del 80% del volumen de la Tierra. Para efectos de la transmisión de las ondas sísmicas se comporta como un sólido. Sin embargo, las rocas que conforman el manto son capaces de fluir muy lentamente. Se divide en manto superior (e » 660 km) y en manto inferior o mesosfera (e » 2240 km).

El núcleo está compuesto fundamentalmente de hierro. Se divide en dos: el núcleo interno (roca) y el núcleo externo (líquido). La rotación de la Tierra origina dentro del núcleo externo una circulación de fluido que genera el campo magnético en nuestro planeta.

### **2.2.1.3. TECTÓNICA DE PLACAS**

Durante las décadas de los años cincuenta y sesenta, los grandes avances tecnológicos permitieron cartografiar en detalle el suelo oceánico. Estos estudios pusieron en evidencia la existencia de dorsales oceánicas que se caracterizan por un intenso volcanismo y por la presencia de actividad tectónica a grandes profundidades.

La interpretación y síntesis de los datos obtenidos a partir de numerosos programas de investigación oceanográfica llevados a cabo durante las últimas décadas, ha permitido elaborar una teoría orogénica consistente conocida con el nombre de tectónica de placas o tectónica global.

La tectónica de placas permite explicar el movimiento observado en la litosfera terrestre por medio de los mecanismos de subducción y de expansión del fondo oceánico. Estos mecanismos generan los continentes y las cuencas oceánicas.

Recordemos que la litosfera es la capa externa rígida de la tierra. Está dividida en numerosos fragmentos denominados placas que están en constante movimiento, y cuyas formas y tamaño cambian continuamente.

La corteza de la tierra está dividida en 7 placas continentales y en 14 placas de tamaño intermedio. Así las placas africana, sudamericana, norteamericana, Euroasiática, indo-australiano, la placa Antártica y la placa del Pacífico son las continentales. Las placas del Caribe, Nazca, Cocos, etc., son algunas de las placas de tamaño intermedio. La figura 3 muestra la distribución espacial de estas placas.

Las deformaciones relativas que tienen lugar en las zonas de contacto de las placas ocurren en franjas relativamente estrechas, cercanas a sus bordes, pudiendo ocurrir lentamente en forma continua o bruscamente en forma de terremotos (deformación sísmica). Ya que la deformación ocurre predominantemente en los bordes o linderos entre las placas es de esperarse que la ubicación de los terremotos se concentre en las proximidades de los bordes de las placas, tal y como se ilustra en la siguiente figura.

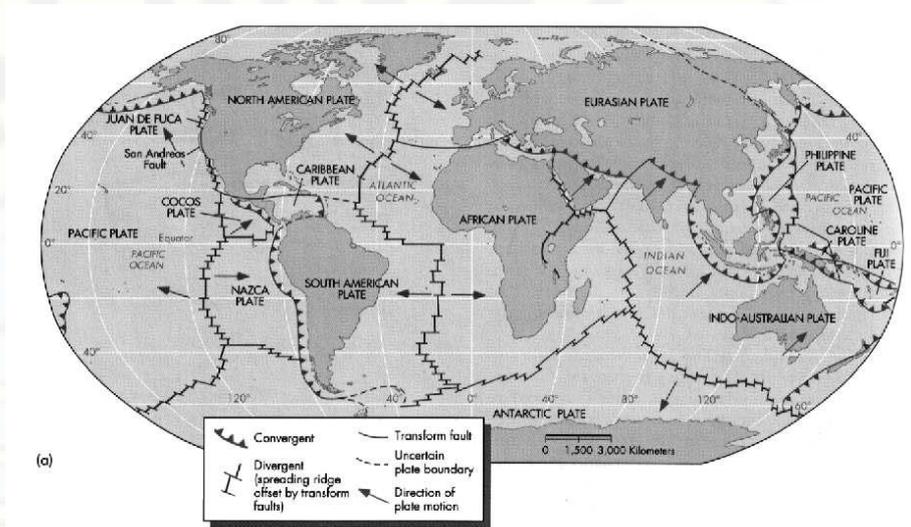


FIGURA N° 3 PLACAS TECTÓNICAS EN SU CONFIGURACIÓN ACTUAL, (TOMADO DE KELLER E.A.6; BASADO EN CHISTOPHERSON, R.W.7).

FUENTE: JOSÉ LUIS ALONSO G.: VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

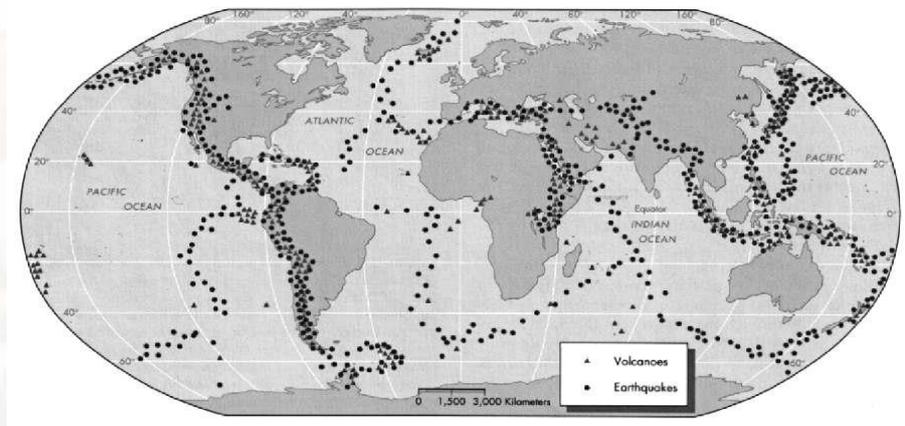


FIGURA N° 4 ACTIVIDAD SÍSMICA GLOBAL. OBSERVE QUE LA UBICACIÓN DE LOS EPICENTROS COINCIDE EN SU GRAN MAYORÍA CON LOS BORDES ENTRE PLACAS, (TOMADO DE KELLER E.A.6; BASADO EN HAMBLIN, W.K.8).

FUENTE: JOSÉ LUIS ALONSO G.: VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

#### 2.2.1.4. FALLAS

Así como la teoría de la tectónica de placas clasifica a escala continental los movimientos relativos entre ellas de acuerdo a uno de los tipos de límites o bordes

de placa recién definidos, a menor escala el movimiento en una zona puntual puede ser muy complicado.

A nivel local, el movimiento entre dos porciones de la corteza de la Tierra suele ocurrir a lo largo de algún desplazamiento horizontal ya existente o quizás a lo largo de distintas estructuras geológicas de la corteza conocidas como fallas.

Una falla se define como el plano de rotura en una masa rocosa a lo largo de la cual se produce movimiento, (ver figura 5).

La longitud de las fallas puede variar desde unos pocos metros hasta varios cientos de kilómetros que se extienden a lo largo de la superficie de la Tierra hasta profundidades que pueden alcanzar decenas de kilómetros.

El ancho en las zonas de falla puede tener varios kilómetros, siendo a menudo más fáciles de identificar a partir de fotografías aéreas que a nivel del suelo.

Su presencia en algunas ocasiones puede detectarse a simple vista y se refleja fácilmente en la topografía superficial, (geomorfología). En otras ocasiones, su presencia es muy difícil de detectar.

La presencia de una falla no necesariamente implica que la misma sea sísmicamente activa. Es decir, la falla puede tener lugar por infinidad de causas y ser sísmicamente inactiva. En otras ocasiones, la no presencia de la traza superficial de una falla no implica por ello que no pueda generar un sismo. De hecho, en la mayoría de los eventos sísmicos, la ruptura de las fallas no se hace visible en la superficie de la Tierra.

Los movimientos repentinos que tienen lugar a lo largo de las fallas son la causa de la mayoría de los terremotos. Dependiendo de su geometría y de la dirección de su movimiento relativo, los geólogos clasifican las fallas en: fallas normales, fallas inversas y fallas de desplazamiento horizontal, (figura 5).

El buzamiento de una falla (en inglés dip) es el ángulo de inclinación de una capa de roca o de una superficie de falla medido desde la horizontal. El rumbo,

(en inglés strike), es la dirección de la línea de falla en la superficie relativa al Norte.

Una falla de desplazamiento horizontal o falla transcurrente (en inglés strike-slip fault) involucra desplazamientos laterales de roca en la dirección paralela a su rumbo. Las fallas transcurrentes pueden tener un rumbo lateral izquierdo (en inglés left-lateral strike slip fault) mostrada en la figura 5 d, o tener un rumbo lateral derecho (en inglés right-lateral strike slip fault) no mostrada en la figura 5.

La figura 5 b muestra una falla normal (en inglés normal fault), en la cual la roca ubicada por encima del plano de falla inclinado se desliza hacia abajo en relación a la roca situada por debajo, que le sirve de soporte.

La figura 5c representa una falla inversa (en inglés reverse fault), en la cual el material situado encima del plano de falla o bloque de techo asciende con respecto al material situado debajo o bloque de muro.

Finalmente las figuras 5e y 5 f representan fallas oblicuas, que son aquellas donde la falla experimenta movimiento vertical y horizontal combinados. En los ejemplos mostrados, todas las fallas son de rumbo lateral izquierdo.

Los terremotos de San Francisco en 1971 y de Northridge en 1994 fueron ocasionados por fallas inversas (ver figuras 5.c y 6) cuya traza no afloró a la superficie (falla ciega). En ambos casos el bloque del techo se levantó bruscamente en la dirección vertical causando fuertes movimientos del terreno en esa dirección.

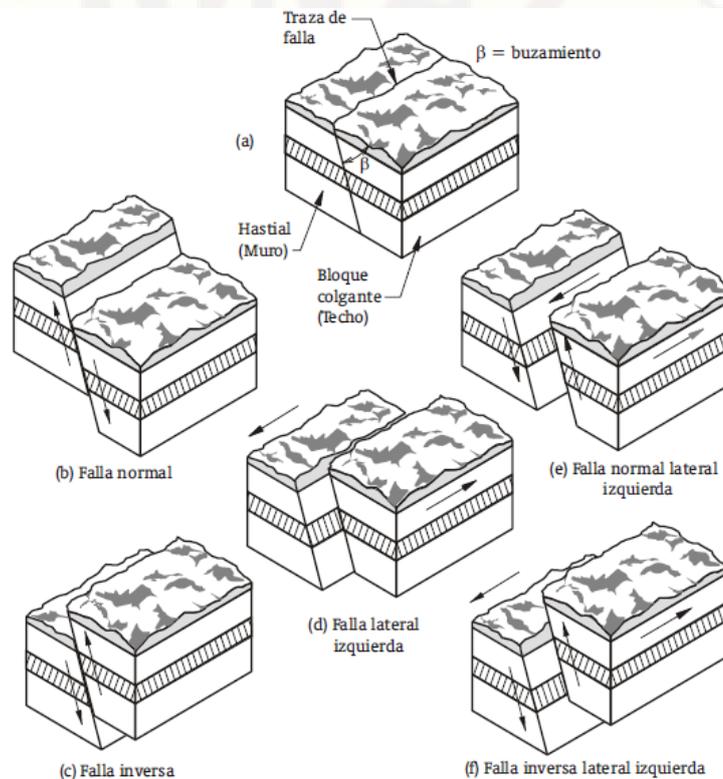


FIGURA N° 5 TIPOS DE FALLAS TECTONICAS

Fuente: José Luis Alonso G.: VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

### 2.2.1.5. FOCO Y EPICENTRO. ONDAS SÍSMICAS

El punto en el plano de falla donde se origina la ruptura y se da inicio a la liberación de energía mediante la propagación de ondas sísmicas recibe el nombre de foco o hipocentro. Su ubicación se define mediante las coordenadas de longitud, latitud y profundidad focal.

El epicentro es el punto sobre la superficie terrestre ubicado directamente sobre el foco o hipocentro. También se lo define como la proyección vertical del foco sobre la superficie terrestre. La figura 6 claramente ilustra la ubicación del foco, del epicentro y la dirección de las ondas sísmicas resultantes.

Cuando un terremoto ocurre se generan dos tipos de ondas: ondas corpóreas y ondas superficiales. Las ondas corpóreas, que son las que pueden viajar a través del interior de la Tierra, son de dos tipos: ondas P y ondas S, (ver figuras 7 a y 7 b).

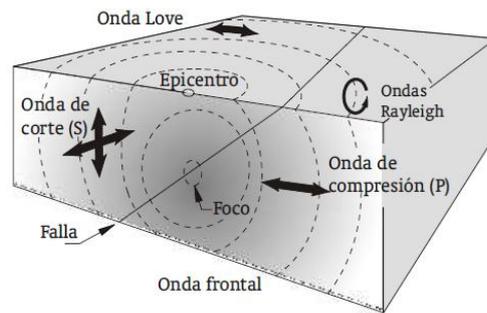


FIGURA N° 6: UBICACIÓN DEL FOCO DEL EPICENTRO Y DISTRIBUCION DE LAS ONDAS SISMICAS

Fuente: José Luis Alonso G.: VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

Las ondas P, también denominadas ondas primarias, ondas de compresión u ondas longitudinales, son ondas que comprimen y expanden las rocas en la dirección de la propagación de la onda. Este movimiento ondular es similar al generado por las cuerdas vocales humanas cuando mueven el aire para producir sonidos.

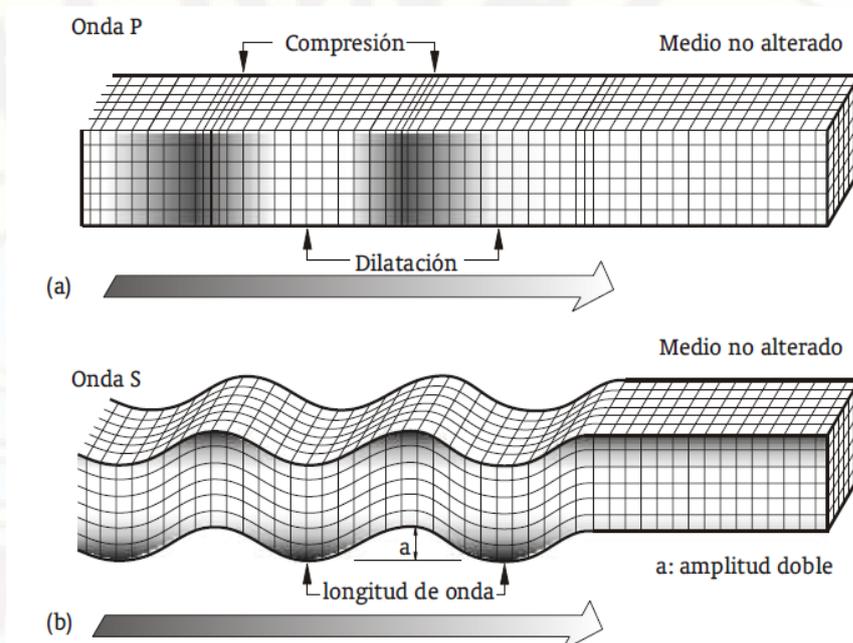


FIGURA N° 7 DEFORMACIONES PRODUCIDAS POR ONDAS CORPÓREAS: (A) ONDAS P, Y (B) ONDAS S. (TOMADO DE BOLT, 1999)

FUENTE: JOSÉ LUIS ALONSO G.: VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

Ya que los sólidos, los líquidos y los gases no experimentan un cambio de volumen cuando se los comprime, recuperan elásticamente su forma original cuando cesa la fuerza actuante. Esta propiedad permite a las ondas P viajar a través de estos materiales.

Las ondas S, conocidas también como ondas secundarias, ondas de corte u ondas transversales, causan deformaciones por corte cuando viajan a través del material. Ya que los fluidos (aire y líquidos) no tienen rigidez al corte, no pueden transmitir las ondas S.

El movimiento de una partícula individual es perpendicular a la dirección en la que viajan las ondas S. Por lo tanto, la dirección del movimiento de las partículas permite dividir a las ondas S según dos componentes: las ondas SV (plano de movimiento vertical) y las ondas SH (plano de movimiento horizontal).

La velocidad a la que viajan las ondas corpóreas varía en función de la rigidez de los materiales que atraviesan. Ya que geológicamente hablando los materiales son más rígidos a compresión, las ondas P viajan a mayor velocidad que el resto de las ondas, y por esta razón son las primeras en llegar.

Las ondas superficiales son aquellas que viajan a través de la superficie de la Tierra. Estas ondas son las que causan el mayor daño a edificaciones y a cualquier tipo de obras civiles.

Se producen como resultado de la interacción entre las ondas corpóreas, la superficie y las capas superficiales de la corteza de la Tierra. Su amplitud decrece exponencialmente con la profundidad de los depósitos, y su efecto es más significativo a distancias más alejadas del epicentro que en el propio epicentro. El terremoto de Cariaco de 1997 confirma este último hecho.

Las ondas superficiales más importantes son las ondas Love y las ondas Rayleigh, mostradas en la figura 8. Las ondas Love exhiben un complejo patrón de movimiento horizontal del terreno. Las ondas Rayleigh se asemejan al movimiento de rodamiento que caracteriza a las olas del mar.

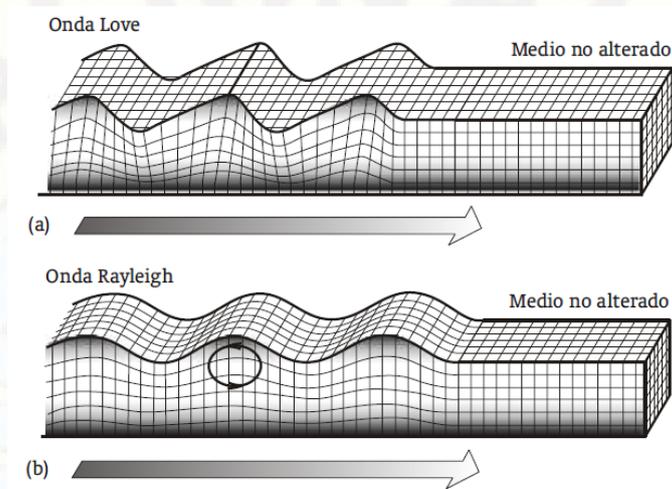


FIGURA N° 8 DEFORMACIONES PRODUCIDAS POR ONDAS SUPERFICIALES

Fuente: José Luis Alonso G.: *VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES*

## 2.2.2. VULNERABILIDAD

Para analizar el término vulnerabilidad debemos proceder a determinar su origen etimológico. En este caso, cabe resaltar que esta palabra emana del latín ya que está conformada por tres partes latinas claramente diferenciadas: el sustantivo *vulnus*, que puede traducirse como “herida”; la partícula *abilis*, que es equivalente a “que puede”; y finalmente el sufijo *dad*, que es indicativo de cualidad.

La vulnerabilidad se define entonces como la predisposición de un sistema, elemento, componente, grupo humano o cualquier tipo de elemento, a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica. Como tal, la vulnerabilidad debe evaluarse y asignarse a cada uno de los componentes expuestos y para cada uno de los tipos de amenazas considerados. (ERN, 2011)

### 2.2.2.1. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

La vulnerabilidad estructural se refiere al daño o afectación que sufrirá un activo determinado ante una amenaza dada. Usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para

reparar el bien afectado y llevarlo a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento y la incertidumbre asociada.

La vulnerabilidad se expresa por lo tanto en términos de la llamada “función de vulnerabilidad”. La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico.

Las funciones de vulnerabilidad pueden evaluarse mediante diferentes técnicas incluyendo:

Observaciones del comportamiento de diferentes tipos estructurales ante fenómenos que producen desastres.

- Estudios experimentales de componentes estructurales particulares sometidos a acciones externas que modelan los efectos de las amenazas a considerar.
- Estudios analíticos de componentes estructurales o de estructuras completas particulares sometidos a acciones externas que modelan los efectos de las amenazas a considerar.
- Experiencia acumulada de expertos.
- Funciones publicadas en la bibliografía internacional. (ERN, 2011)

#### **2.2.2.2. DAÑOS ESTRUCTURALES**

La ductilidad y redundancia estructural han resultado ser los medios más efectivos para proporcionar seguridad contra el colapso, especialmente si los movimientos resultan más severos que los anticipados por el diseño. El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente

El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente.

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y/o torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y pandeo de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexo-compresión. En vigas, se presentan grietas diagonales y rotura de estribos, a causa de cortante y/o torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y abajo de la sección como resultado de las cargas alternadas.

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos. En las uniones viga-columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas, a causa del poco desarrollo del mismo y/o a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión.

En las losas se pueden presentar grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la placa, debido a la excesiva demanda por flexión que en ciertas circunstancias puede imponer el sismo. Este tipo de daños se han visto reiteradamente en muchas edificaciones hospitalarias sometidas a movimientos sísmicos fuertes y moderados.

Irregularidades en altura, traducidas en cambios repentinos de rigidez entre pisos adyacentes, hacen que la absorción y disipación de energía en el momento del sismo se concentren en los pisos flexibles, donde los

elementos estructurales se ven sobre solicitados. Las irregularidades en planta de masa, rigidez y resistencia pueden originar vibraciones torsionales que generan concentraciones de esfuerzos difíciles de evaluar, razón por la cual una mayor exigencia en este tipo de aspectos debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar arquitectónicamente las edificaciones. (OPS, 2004).

### **2.2.2.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA**

La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico, para lo cual es necesario definir las curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno amenazante.

El daño se mide usualmente en términos de la relación media del daño RMD (MDR, Mean Damage Ratio en inglés) y corresponde en general al costo de reparación de la estructura para llevarla a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento, medida como porcentaje de su valor de reposición total. Por otro lado, la intensidad sísmica puede ser la aceleración, velocidad, desplazamiento o cualquier otra, la que mejor correlación presente frente al nivel de daño del componente a considerar.

En el desarrollo metodológico que se presenta a continuación, la intensidad sísmica se mide principalmente a través de aceleración espectral, desplazamiento espectral y en deriva de entrepiso. En la metodología se han tenido en cuenta diversos parámetros de intensidad sísmica que resultan adecuados para correlacionar con el daño de cada uno de los tipos estructurales característicos. Por ejemplo para edificaciones muy rígidas y/o frágiles, para muros, taludes, componentes

estructurales específicos resulta conveniente utilizar la aceleración máxima del terreno. En otros casos resulta de mayor sensibilidad bien sea la velocidad máxima del terreno o la deriva espectral de una edificación en particular. (ERN, 2011)

### **2.2.3. NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”**

#### **2.2.3.1. CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO**

##### **Parámetros sísmicos**

De acuerdo con la norma técnica E.030-2017 se definen ciertos valores para el diseño sismo-resistente de acuerdo con las características propias de cada proyecto, para desarrollar el análisis estructural lo más aproximado a la realidad.

Dichos parámetros son los siguientes:

##### **Factor de Zona (Z)**

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, el cual para asignar un valor a cada zona, se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con respecto a su epicentro; así como la información neotectónica. El factor de zona Z, se interpreta como la máxima aceleración del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. De acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Perú, la iglesia se ubica en la región Huancavelica, Provincia Huancavelica y distrito de Huancavelica, correspondiente a la ZONA 3.

Por lo tanto el factor de zona es  $Z_3 = 0.35$ .



FIGURA N° 9 ZONAS SISMICA

FUENTE: R.N.E. 2017

### Parámetros del Suelos (S)

Para los efectos de este estudio, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de ondas de corte.

Para efectos de la aplicación de la norma técnica E-0.30-2017 de diseño sísmo-resistente se considera que el perfil de suelo es de tipo (S2)

equivalente a suelos intermedios, a este tipo de suelos le corresponden los suelos medianamente rígidos cuyas características son: Los parámetro  $T_p$  y  $T_I$  que están asociado con este tipo de suelo y tiene valores de 0.60 seg. y 2.00 seg. Respectivamente.

El factor de amplificación del suelo se considera,  **$S=1.15$** .

#### **Categoría de la Edificación y Factor de Uso (U)**

De acuerdo a la norma técnica E030-2017, cada estructura debe ser clasificada de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, es de tipo Importante "B", ya que su función no deberá interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo. La norma establece un factor de importancia  **$U=1.3$** , que es el que se tomara para este análisis.

#### **Sistema Estructural ( $R_o$ )**

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismo resistente predominantes en cada dirección. Según la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica ( $R_o$ ). Para la siguiente edificación el sistema predominante en la dirección longitudinal y transversal es el de tipo pórticos de concreto armado, por ello factor de reducción para los sentidos longitudinales y transversales será:

**$R_o$  (longitudinal) = 3.**

**$R_o$  (transversal) = 3**

#### **Coefficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)**

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determinará como el producto del coeficiente del sistema estructural  $R_o$  determinado anteriormente y de los factores  $I_a$ ,  $I_p$ . Dado que la configuración del sistema es regular tanto en altura como en planta, el Coeficiente R en ambas direcciones será:  **$R=3$** .

### Factor de Amplificación Sísmica (C)

Este coeficiente se define dependiendo de la ubicación del edificio y del suelo sobre el cual se construirá el mismo. Este valor representa el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo. De acuerdo con la norma técnica E.030-2016 se define así:

$$T < T_p \quad C = 2.5 \text{ OK CUMPLE}$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \cdot \frac{T_p}{T}$$

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

T <sub>p</sub> =	0.6
T <sub>L</sub> =	2
h <sub>n</sub> =	19.44 m

CT=	60
-----	----

T=	0.324
----	-------

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

El valor de C/R no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} > 0.125$$

0.833 **Ok cumple.**

#### RESUMEN DE DATOS:

Z	0.35
U	1.3
C	2.5
S	1.15
R	3
P	5475.16

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S \cdot P}{R}$$

V=	2387.4 tn
----	-----------

### Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1,0 **OK, CUMPLE.**
- b) Para T mayor que 0,5 segundos: k = (0,75 + 0,5 T) ≤ 2,0

### POR LO TANTO LAS FUERZA SON:

TABLA N° 1 FUERZAS SISMICAS POR CADA PISO.

	PD	Altura de Entrepiso	Altura acumulada	Peso x Altura.	$\alpha_i$	Fi
1 piso	3977.9 tn	7.29 m	7.29 m	28998.83 tn.m	0.53 tn.m	1273.5 tn
2 piso	855.7 tn	6.58 m	13.87 m	11868.43 tn.m	0.22 tn.m	521.2 tn
3 piso	641.6 tn	5.57 m	19.44 m	12472.27 tn.m	0.23 tn.m	547.7 tn
Cupul	80.0 tn	3.31 m	22.75 m	1819.99 tn.m	0.03 tn.m	79.9 tn
$\Sigma^{\text{p}}$	5555.2 tn			55159.53 tn.m	1.00	

**Fuente:** Elaboración Propia

Estos son los valores que se utilizara para el análisis estático, aplicado en un diafragma rígido en su centro de masa de la estructura.

## **2.2.4. FEMA - 310: MANUAL PARA LA EVALUACIÓN SÍSMICA DE EDIFICIOS**

### **2.2.4.1. ALCANCE**

Este Manual proporciona un proceso de tres niveles para la evaluación sísmica de los edificios existentes en cualquier región de la sismicidad. Los Edificios son evaluados ya sea a la Inseguridad para la Vida o inmediata ocupación; Revisado el Manual y mitigación de las deficiencias identificadas usando este Manual son voluntarias o según se requiera por la autoridad competente que tiene.

Este Manual no se opone a un edificio de ser evaluado por otros procedimientos bien establecidos en base a métodos racionales de análisis de acuerdo con los principios de la mecánica y aprobados por la autoridad competente.

### **2.2.4.2. REQUISITOS DE EVALUACIÓN**

Antes de efectuar una evaluación sísmica, se deberán cumplir los requisitos de la evaluación de este capítulo.

### **2.2.4.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN OBLIGATORIO**

Antes de efectuar una evaluación de Nivel 1, todos los documentos disponibles serán recogidos y revisados. Se llevará a cabo un examen completo de todos los documentos disponibles relacionados con el diseño y la construcción del edificio. Si los documentos de construcción están disponibles, este examen deberá incluir la verificación si el edificio fue construido de acuerdo con los documentos. Se anotarán todas las modificaciones y desviaciones.

### **2.2.4.4. FASE DE CRIBADO (NIVEL 1)**

El propósito de la fase de selección del proceso de evaluación es Identificar rápidamente edificios que cumplan con las disposiciones de este manual. Un Nivel 1 de Evaluación también familiariza al profesional del diseño con el edificio, sus posibles deficiencias y su comportamiento potencial. Se requiere una evaluación de nivel 1 para todos los edificios

de modo que las deficiencias potenciales pueden ser identificadas rápidamente. La evaluación adicional utilizando una Evaluación de Nivel 2 ó 3 se centrará como mínimo, en las deficiencias potenciales identificados en el nivel 1.

#### **2.2.4.5. FASE DE EVALUACIÓN (NIVEL 2)**

Todas las estructuras de los edificios, excepto mampostería (URM) edificios

Muro de carga no reforzadas con diafragmas flexibles, serán evaluados ya sea por el procedimiento lineal estática LSP o el Procedimiento dinámico lineal LDP Los criterios de aceptabilidad.

En el procedimiento estático lineal, el edificio se modela con diafragmas rígidos viscoso equivalente a los valores aproximados esperados para la carga a cerca del punto de fluencia.

Demandas Diseño terremoto para el procedimiento estático lineal, están representados por las fuerzas laterales estáticas cuya suma es igual a la cortante basal generada por sus pesos propios. La magnitud de la fuerza de pseudo lateral ha sido seleccionada con la intención de que cuando se aplica al modelo elástico lineal del edificio que dará lugar a amplitudes de desplazamiento de diseño que se aproximan a desplazamientos máximos esperados durante el terremoto de diseño. Si el edificio responde esencialmente elásticamente con el terremoto de diseño, las fuerzas internas calculadas serán aproximaciones razonables a las esperadas durante el sismo de diseño.

#### **2.2.4.6. FASE DETALLADA EVALUACIÓN (NIVEL 3)**

Para los edificios que requieren una mayor investigación, una evaluación de nivel 3 estará completada de acuerdo con este capítulo. Una evaluación de nivel 3 se realiza o bien para todo el edificio después de

que se han cumplido los requisitos del capítulo 2 o para los elementos identificados a ser deficiente en un nivel de 1 y / o de Nivel 2 Evaluación.

El Nivel 1 y Nivel 2 de las evaluaciones tienen el potencial de ser conservador debido a las simplificaciones que intervienen en su aplicación. Evaluaciones más detalladas y presumiblemente más precisa pueden emplear menos conservadurismo y por lo tanto pueden revelar que los edificios o componentes de construcción identificados por nivel 1 y / o de nivel 2 , puede tener deficiencias sísmicas que son satisfactorios para resistir las fuerzas sísmicas.

La decisión de emplear una evaluación de nivel 3 requiere un juicio sobre la probabilidad de encontrar ese nivel 1 y / o Nivel 2 son demasiado conservadores y si habría una significativa ventaja económica o de otro tipo a una evaluación más detallada

Un procedimiento de evaluación basado en componentes desarrollados para la rehabilitación sísmica de edificios existentes se puede utilizar para una evaluación de nivel 3. Procedimientos de análisis aceptables para una evaluación tan detallada incluyen métodos lineales y no lineales para el análisis estático o dinámico de los edificios. Los criterios de aceptación para tales evaluaciones detalladas para diversos niveles de rendimiento se basan en rigidez, resistencia, y las características de ductilidad de los elementos y componentes derivados de las pruebas de laboratorio y los estudios analíticos.

El método de análisis más preciso y criterios de aceptación más realistas desarrolladas específicamente para la rehabilitación de edificios existentes constituirán la fase de evaluación detallada. Tal procedimiento

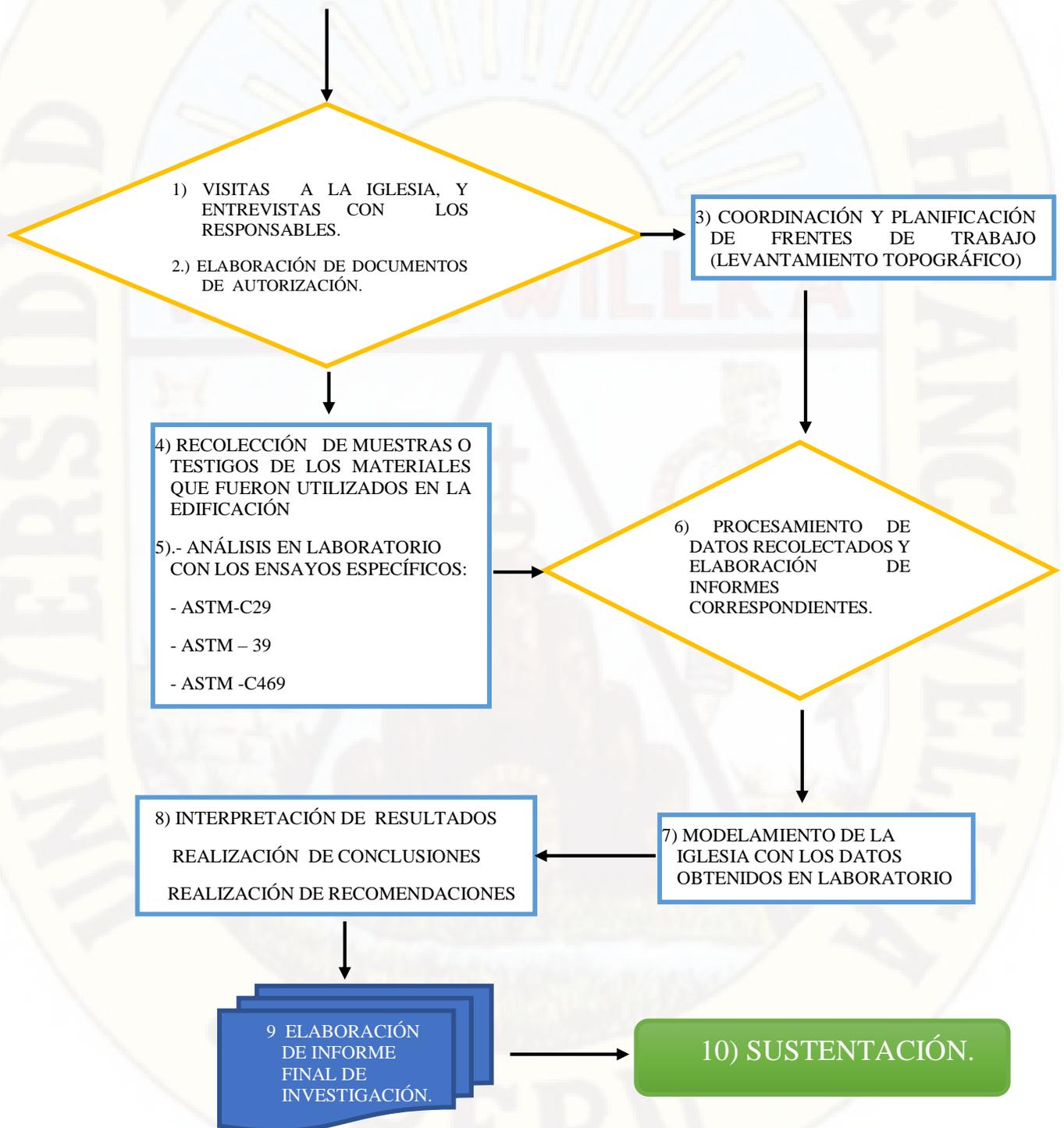
de evaluación detallada basada en componentes se utilizará de acuerdo con la jurisdicción a la que pertenece.

Por lo tanto el investigador o evaluado de una edificación deberá tomar los criterios necesarios para llegar a un análisis correcto y preciso según el criterio técnico y legal.

En este caso como tesista me encuentro bajo la asesoría de especialistas de la universidad por lo que se llegó a un objetivo que es de analizar los materiales con los que se ha construido para tener datos exactos de sus propiedades mecánicas y así modelarlos en un software de ingeniería e interpretar sus resultados para identificar las áreas o componentes vulnerables a un sismo.

### 2.2.4.7. ESQUEMA DE ANÁLISIS

“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA CATEDRAL DEL DISTRITO DE HUANCAMELICA MEDIANTE EL CÓDIGO FEMA – 310.”



## **2.3. HIPÓTESIS**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica son los elementos estructurales.

### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

- El factor que ha generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica son los muros portantes.
- El factor que ha generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica son las vigas.
- El factor que ha generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica son las columnas.
- El factor que ha generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica son los cobertores

## **2.4. VARIABLES DE ESTUDIO**

### **2.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

VULNERABILIDAD SÍSMICA (-INSEGURA PARA LA VIDA (LS), INMEDIATA OCUPACIÓN. (IO))

### **2.4.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

ELEMENTO ESTRUCTURAL, (MUROS PORTANTES, VIGAS, COLUMNAS, COBERTORES)

## 2.5. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES

TABLA N° 2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

OBJETIVO	VARIABLE	INDICADOR	VALORES FINALES	TIPO DE VARIABLE
Determinar los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica en los elementos estructurales de las iglesias coloniales ubicadas en el distrito de Huancavelica.	<b>Vulnerabilidad sísmica</b> (V. Dependiente)	-Insegura para la Vida (LS).	Determinaremos de manera descriptiva y explicativa los factores que han generado la vulnerabilidad de las iglesias coloniales ubicadas en la plaza de armas de Hvca.	<b>Dimensionalidad:</b> Multidimensional – lógica(subjetiva) <b>Catórica:</b> Nominal
	<b>Elementos Estructurales</b> (V. Independiente )	- Muros Portantes -Vigas. -Columnas -Cobertores	Se analizara de manera matemática su funcionamiento y rendimiento de cada uno.	<b>Dimensionalidad:</b> Unidimensional – Física (objetiva). <b>Numérica:</b> Continua <b>Catórica:</b> Nominal

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El ámbito de estudio para el presente trabajo de Investigación está considerado en el ámbito espacial y en ámbito temporal:

##### 3.1.1. AMBITO ESPACIAL

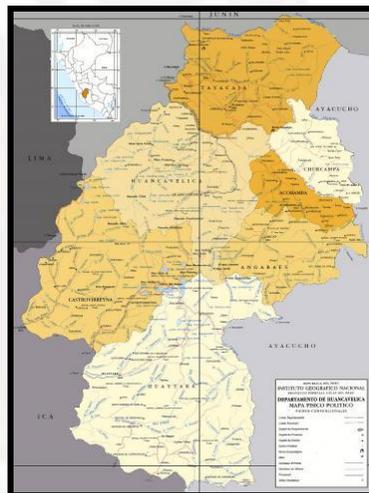
En este caso el ámbito espacial del presente trabajo de investigación está en la zona urbana de Huancavelica.

#### Ubicación Geográfica Del Proyecto

<b>Departamento</b>	: Huancavelica
<b>Provincia</b>	: Huancavelica
<b>Distrito</b>	: Huancavelica
<b>Localidad</b>	: Huancavelica



DEPARTAMENTAL



REGIONAL



DISTRITAL



LOCALIDAD

FIGURA N° 10 UBICACIÓN GEOGRAFICA

FUENTE: <https://www.google.com.pe/search?q=huancavelica>

### 3.1.2. ÁMBITO TEMPORAL

En el ámbito temporal el trabajo de investigación está de acuerdo al tiempo de estudio del proyecto que fue desde el mes de Octubre del 2017 hasta el mes de noviembre del año 2018.

### 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo se realizó una investigación:

- **Investigación Aplicada**

**La investigación aplicada:** Es la utilización de los conocimientos en la práctica misma en ambientes naturales (de campo), para aplicarlos en la mayoría de los casos, en provecho del hombre y la sociedad.

Se aplico conocimientos adquiridos y también los que se van aprendiendo de la bibliografía norteamericana en su reglamentación y aplicaciones de ingeniería pura a las edificaciones en un análisis de vulnerabilidad sísmica de edificaciones.

### 3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la naturaleza del estudio de investigación reúne por su nivel las características de un estudio **Descriptivo y Explicativo**.

- **Investigación Descriptiva:** Describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio tal como son. Este nivel de investigación responde a las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo y cómo.
- **Investigación Explicativa:** Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos.

### 3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En el trabajo de investigación, se aplicó los siguientes métodos empíricos.

- ❖ **Método de la observación:** La observación científica como método consiste en la percepción directa del comportamiento de la estructura, El observador debe tener un conocimiento previo de los procedimientos a seguir para la obtención de un determinado resultado. La observación permite conocer la realidad mediante la percepción directa del fenómeno a investigar.
- ❖ **Método Explicativo:** Este método tiene por finalidad el análisis, interpretación y explicación de resultados, para una buena toma de decisiones y la interpretación de las informaciones obtenidas durante el desarrollo de la investigación.

### 3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para el diseño de la investigación, se tuvo en cuenta que es una edificación existente el cual analizo sus propiedades y cualidades que posteriormente le daremos una explicación a las características encontradas. Y finalmente se puede concluir que el diseño de la investigación es: **Investigación No experimental - transversal – Descriptivo.**

#### 3.5.1. Investigación No Experimental

Carrasco, (2007, pag.71), Son aquellos cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional, y no poseen grupo de control, ni mucho

menos experimental. Analizan y estudian los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia.

### **3.5.2. Diseño Transversal descriptivo**

Carrasco, (2007, pag.72), Estos diseños se emplean para analizar y conocer las características, rasgos propiedades y cualidades de un hecho o fenómeno de la realidad en un momento determinado del tiempo.

### **3.5.3. Diseño Transversal Explicativo Causales**

Carrasco, (2007, pag.72), Son aquellos diseños propios para determinar y conocer las causas, factores o variables que generan situaciones problemáticas dentro de un determinado contexto social, explica los hecho y fenómenos en cuanto a sus causas y consecuencias.

## **3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

### **3.6.1. POBLACIÓN**

La población identificada es una iglesia colonial del distrito de Huancavelica.

### **3.6.2. MUESTRA**

La muestra seleccionada es una (01) iglesia colonial del distrito de Huancavelica el cual representa el 100% de la población de análisis.

### **3.6.3. MUESTREO**

Es considerado como un muestreo **No probabilístico – Muestras Intencionadas**

Se escoge este método ya que nuestra población es demasiado pequeña numéricamente y los métodos probabilísticos son para poblaciones más numerosas.

## **3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.7.1. TÉCNICA**

La primera técnica que utilice para la recolección de datos es **LA TÉCNICA PARA LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO** que básicamente se refiere a la etapa 3 de nuestro procedimiento de recolección de datos, en la que consta de un trabajo de

levantamiento topográfico con la estación total mediante su laser se registraron la mayor cantidad posible de puntos.

La otra técnica que se utilizó fue la **TÉCNICA DE LABORATORIO** que se emplea para realizar investigaciones especialmente en laboratorio que se refiere a la etapa 5 de nuestro procedimiento de recolección de datos, donde se utilizó los equipos necesario de nuestros laboratorios para obtener así las propiedades mecánicas de las rocas encontradas en la edificación.

### **3.7.2. INSTRUMENTO:**

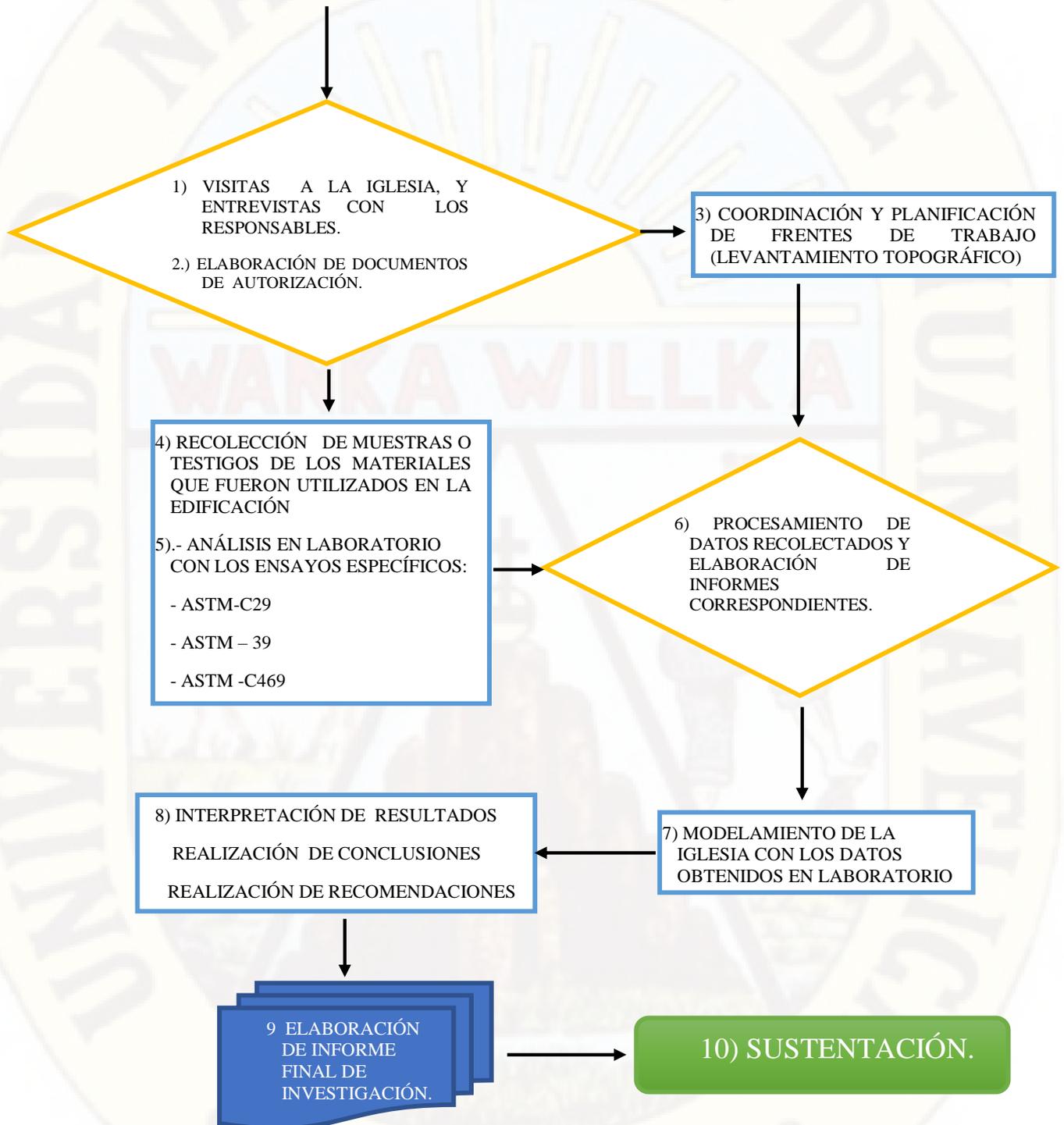
Los instrumentos necesarios para la recolección de datos fueron los siguientes:

- Estación total TOP COM GPT-3205NW
- 02 prismas
- Cámara fotográfica
- GPS
- Libreta de campo
- Wincha de 5 metros
- Vernier
- Cintas métricas de 50 m.
- Lap top.
- Equipos de laboratorio.

### **3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para la recolección de datos de la investigación se realizó de acuerdo a la siguiente secuencia de trabajos:

**“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA CATEDRAL DEL DISTRITO DE HUANCAMELICA MEDIANTE EL CÓDIGO FEMA – 310.”**



### **3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

#### **3.9.1. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO**

En esta parte de la tesis detallaremos 2 etapas importantes del cómo se realizaron los procesos de trabajo.

##### **3.9.1.1. Etapa 3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO**

###### **OBJETO**

Registrar la mayor cantidad de puntos levantados para así obtener una ingeniería de detalle de la iglesia para poder representarlo en un plano en diferentes cortes y elevaciones.

###### **TRABAJO DE CAMPO**

###### **Levantamiento Topográfico en Campo:**

Se utilizó una Estación total TOP COM GPT-3205NW de última generación de máxima precisión, para ello se dispuso de personal idóneo y capacitado con la finalidad de levantar la información topográfica de la iglesia al detalle.

###### **UBICACIÓN POLÍTICA.**

Lugar: PLAZA DE ARMAS

Distrito: HUANCVELICA

Provincia: HUANCVELICA

Departamento: HUANCVELICA

###### **UBICACIÓN GEOGRÁFICA.**

Latitud: 12° 47' 15.54" S

Longitud: 74° 58' 23.43" W

Altitud: 3689.00 m.s.n.m.

## EQUIPO

-Estación total TOP COM GPT-3205NW



FIGURA N° 11 : ESTACION TOTAL

FUENTE: Elaboración propia.

## BMs de control.

El levantamiento topográfico se realizó en coordenadas UTM, considerando la primera estación E-01, el BM-01 está ubicado Al frente de la puerta principal de la catedral. Se establecen estos puntos con el fin de ubicar el Norte Magnético, para iniciar el levantamiento topográfico.

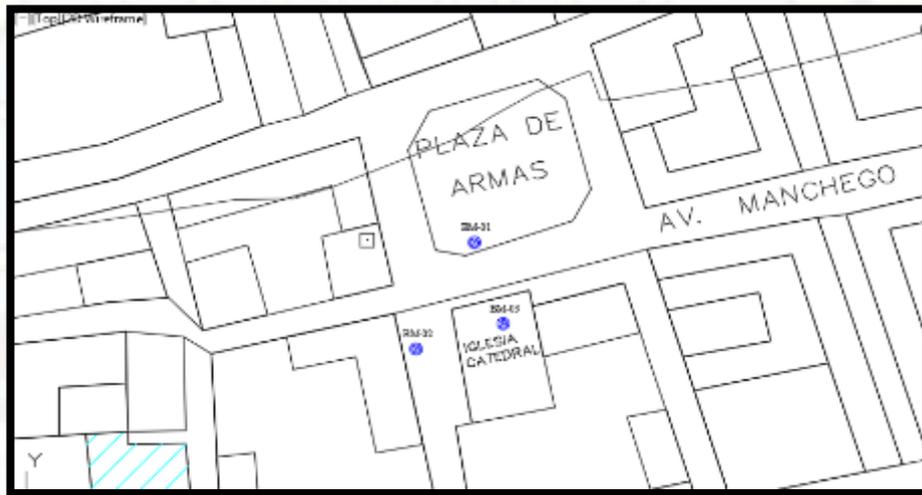
TABLA N° 3 COORDENADAS GLOBALES DE ESTACIONES.

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1	8322041.853	564016.9959	3688.00	Bm1.
2	8322056.034	564006.3295	3689.00	Bm2
3	8322032.453	564014.4502	3689.00	Bm3

FUENTE: Elaboración Propia.

En total se tuvieron 03 **BMs** de control en todo el levantamiento y por supuesto muchos cambios de estación, para poder llevar a registrar los puntos más escondidos de la edificación.

*FIGURA N° 12 UBICACIÓN DE LOS BMS.*



*FUENTE: Elaboración Propia.*

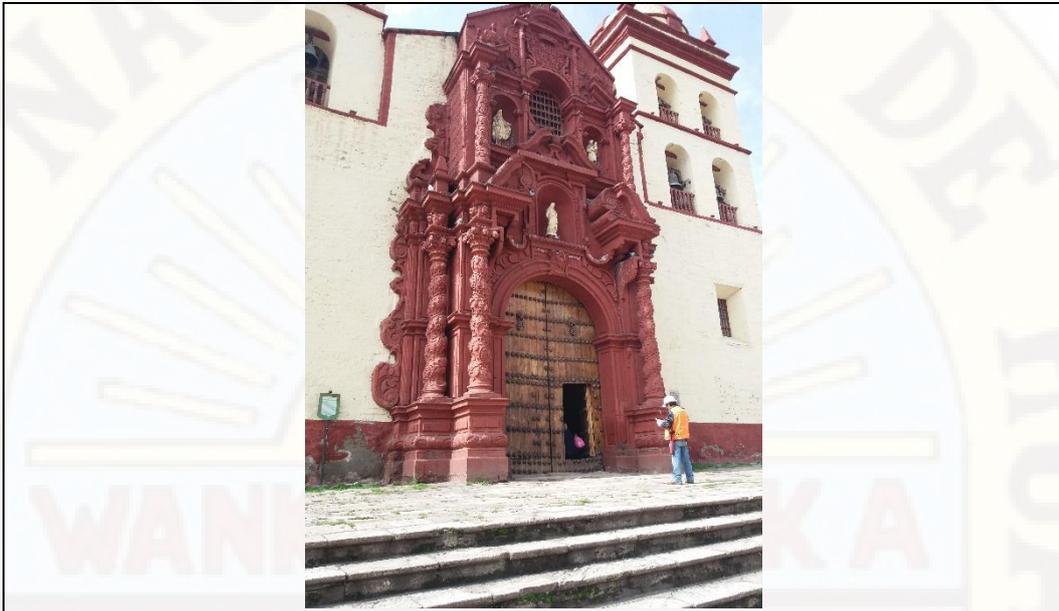
### **PROCEDIMIENTO.**

*FIGURA N° 13 PRIMERA ESTACIÓN QUE HACE A LA VEZ DE BM1 FRENTE A LA IGLESIA*



**Fuente:** Elaboración propia.

FIGURA N° 14 REGISTRO DE PUNTOS CON LOS PRISMAS.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 15 REGISTRO DE PUNTOS DE LA FACHADA PRINCIPAL DE LA IGLESIA MEDIANTE EL LÁSER QUE TIENE EL EQUIPO.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 16 CAMBIO DE ESTACIÓN Y SE UBICA EL BM-02.



FIGURA N° 17 REGISTRO DE PUNTOS DEL LADO LATERAL DE LA IGLESIA.

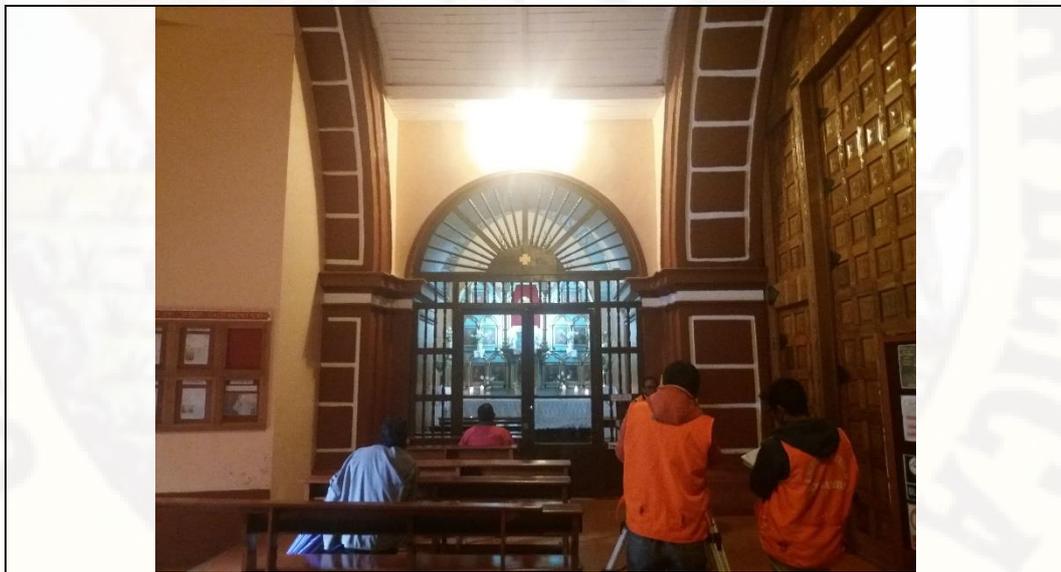


FIGURA N° 18 CAMBIO DE ESTACION Y UBICACIÓN DE BM-03.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 19 REGISTRO DE PUNTOS EN LA ESTACIÓN 03.



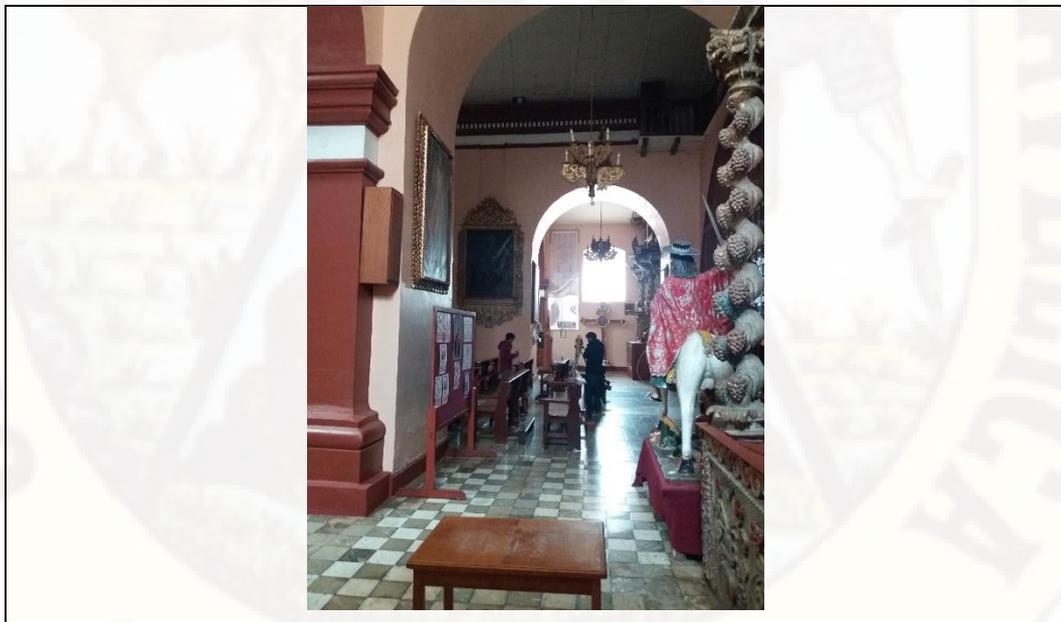
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 20 CAMBIO DE ESTACIÓN Y REGISTRO DE PUNTOS DE LA PARTE INTERNA DE LA CATEDRAL MEDIANTE LASER.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 21 REGISTRO DE PUNTOS MEDIANTE LASER.



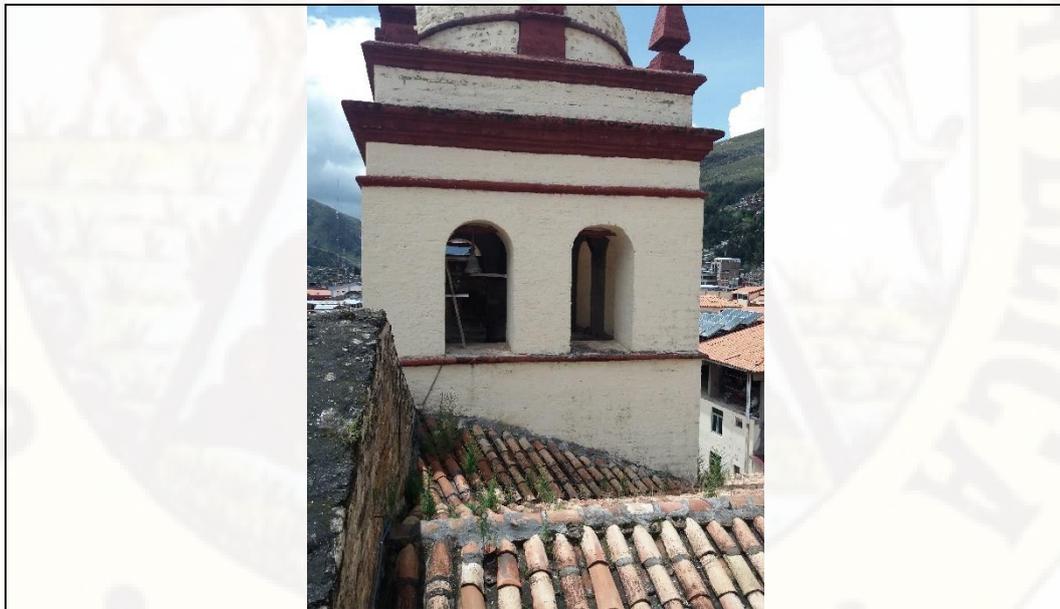
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 22 CAMBIO DE ESTACIÓN Y SE CONTINÚA REGISTRANDO MÁS PUNTOS.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 23 CAPTURA DE VISTAS FOTOGRÁFICA PARA MAYOR DETALLE.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 24 CAPTURA DE VISTAS FOTOGRÁFICA PARA MAYOR DETALLE.



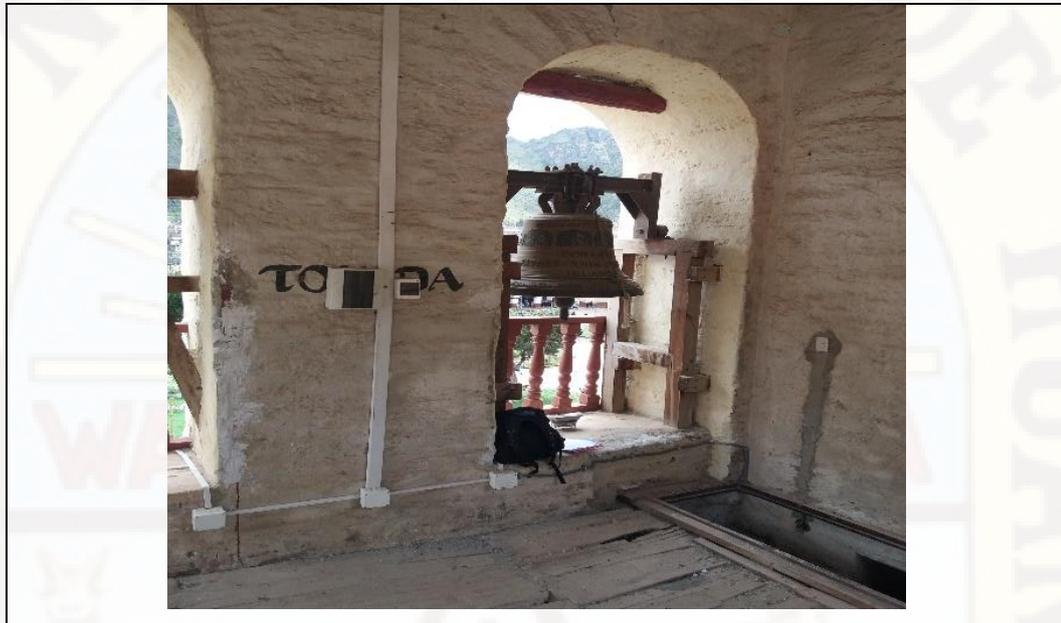
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 25 DETALLE INTERNO DE LAS CÚPULAS DE LAS TORRES.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 26 DETALLE INTERNO DEL CAMPANARIO, LAS MADERAS QUE SIRVEN DE PLATAFORMA, SE ENCUENTRA DETERIORADAS.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 27 DETALLE DEL 2 DO PISO CON MADERAS YA EN MAL ESTADO.



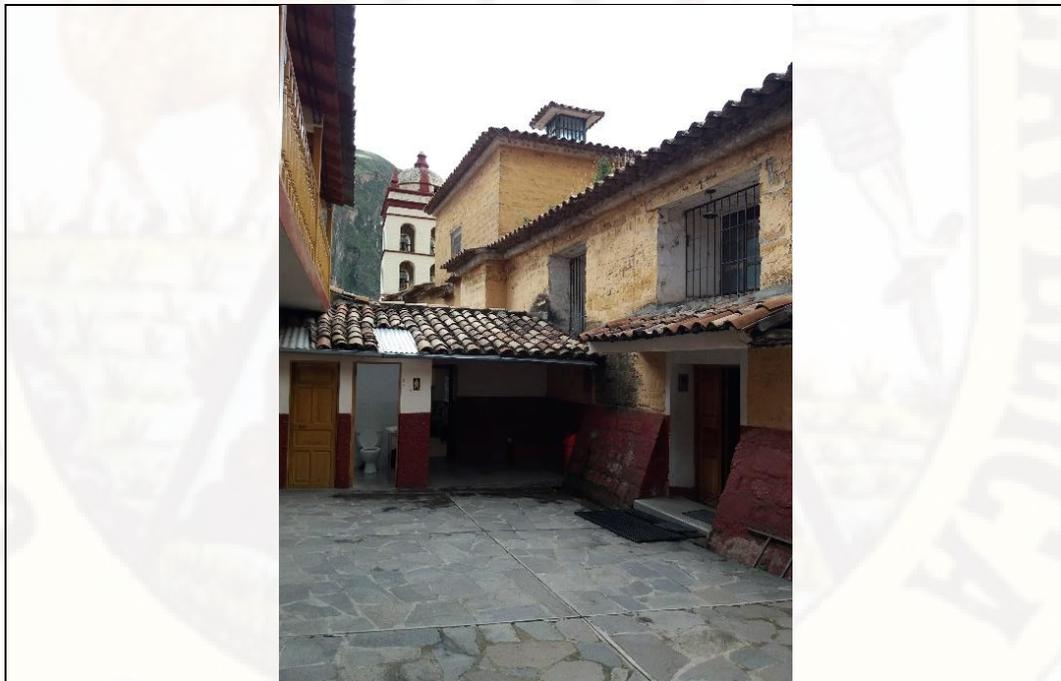
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 28 REGISTRO MANUAL DE MEDIDAS DE OTROS AMBIENTES.



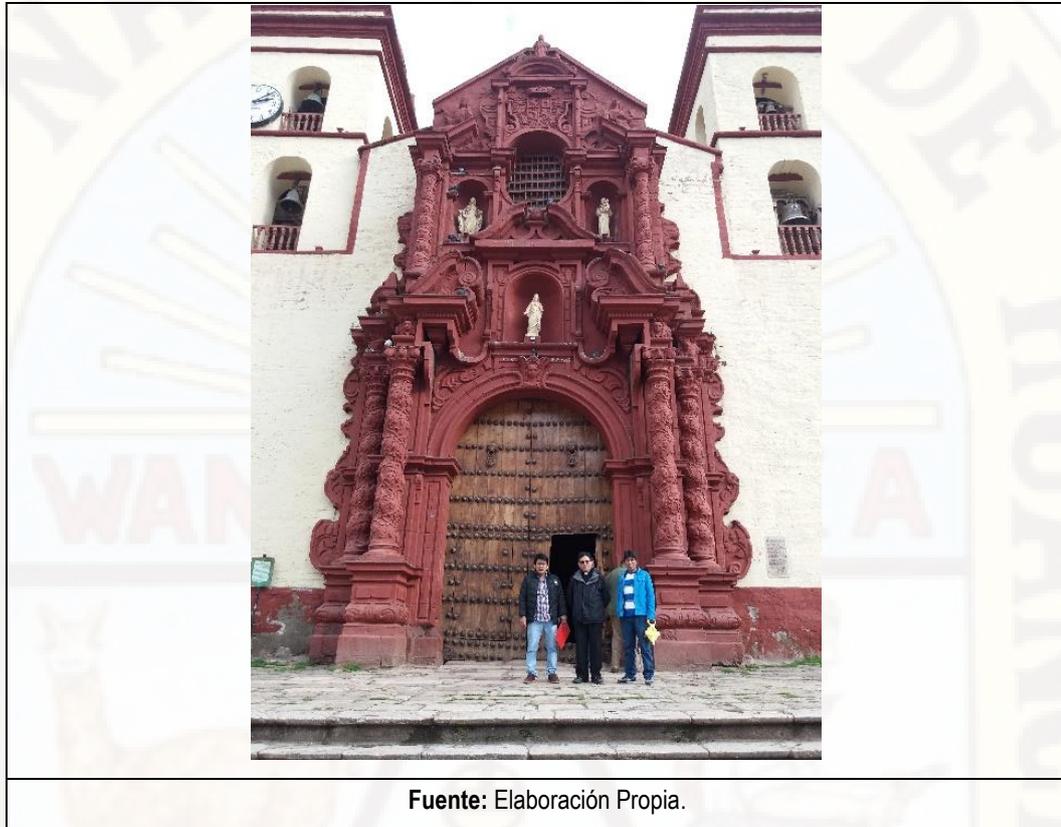
Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 29 REGISTRO MANUAL DE MEDIDAS DE OTROS AMBIENTES



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 30 CULMINACIÓN DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y DESPEDIDA DEL PRESBITERO CARLOS LÓPEZ BONIFACIO.



Fuente: Elaboración Propia.

**LISTADO DE PUNTOS OBTENIDOS:**

NRO.	ESTE	NORTE	COTA	NRO.	ESTE	NORTE	COTA
1	417012.51	8608516.53	4188.96	664	417018.97	8608502.91	4191.40
2	417009.92	8608493.15	4188.07	665	417019.86	8608503.15	4191.40
3	417003.63	8608515.79	4187.63	666	417019.87	8608503.15	4189.38
4	417012.07	8608518.08	4187.82	667	417021.87	8608503.72	4189.38
5	417017.14	8608494.97	4188.29	668	417022.00	8608503.67	4192.32
6	417009.92	8608493.15	4188.07	669	417020.44	8608503.17	4193.73
7	417003.63	8608515.79	4187.63	670	417018.88	8608502.81	4192.32
8	417012.07	8608518.08	4187.82	671	417018.82	8608503.03	4192.39
9	417012.13	8608517.70	4188.09	672	417020.34	8608503.46	4193.75
10	417004.08	8608515.54	4187.85	673	417021.86	8608503.90	4192.30
11	417010.22	8608493.63	4188.30	674	417046.74	8608492.74	4190.07
12	417018.24	8608495.66	4188.48	675	417046.73	8608492.72	4189.92
13	417012.13	8608517.66	4188.33	676	417082.80	8608499.32	4192.03
14	417004.06	8608515.51	4188.09	677	417082.81	8608499.33	4196.88

15	417010.25	8608493.66	4188.50	678	417046.73	8608492.73	4194.78
16	417018.24	8608495.65	4188.72	679	417046.74	8608492.74	4190.07
17	417012.27	8608517.29	4188.34	680	417019.40	8608487.80	4188.69
18	417004.58	8608515.26	4188.11	681	417019.39	8608487.78	4188.55
19	417010.46	8608494.09	4188.51	682	417046.73	8608492.72	4189.92
20	417018.16	8608495.99	4188.71	683	417045.11	8608500.77	4189.94
21	417012.27	8608517.29	4188.58	684	417045.27	8608499.90	4194.29
22	417004.57	8608515.26	4188.32	685	417045.51	8608498.73	4194.29
23	417010.46	8608494.11	4188.75	686	417045.51	8608498.73	4193.11
24	417018.14	8608496.04	4188.95	687	417045.28	8608499.91	4193.11
25	417012.41	8608516.93	4188.58	688	417045.27	8608499.90	4194.29
26	417005.07	8608515.00	4188.34	689	417046.10	8608495.79	4194.28
27	417010.71	8608494.50	4188.76	690	417046.34	8608494.62	4194.28
28	417018.05	8608496.42	4188.97	691	417046.34	8608494.62	4193.10
29	417012.40	8608516.92	4188.76	692	417046.10	8608495.80	4193.10
30	417005.02	8608514.96	4188.53	693	417046.10	8608495.79	4194.28
31	417010.71	8608494.57	4188.95	694	417046.40	8608494.32	4189.93
32	417018.05	8608496.43	4189.16	695	417046.40	8608494.32	4192.28
33	417012.49	8608516.57	4188.77	696	417046.01	8608496.28	4192.29
34	417005.55	8608514.70	4188.56	697	417045.53	8608498.68	4189.94
35	417010.98	8608494.94	4188.97	698	417045.52	8608498.67	4192.29
36	417017.97	8608496.75	4189.16	699	417045.25	8608500.04	4192.30
37	417012.51	8608516.53	4188.96	700	417045.25	8608500.05	4189.94
38	417005.50	8608514.68	4188.74	701	417046.01	8608496.28	4189.93
39	417010.98	8608494.99	4189.14	702	417046.73	8608492.73	4194.78
40	417017.96	8608496.80	4189.34	703	417045.01	8608501.33	4194.95
41	417012.05	8608517.99	4188.09	704	417023.81	8608521.77	4194.96
42	417012.13	8608517.70	4188.09	705	417023.81	8608521.75	4193.32
43	417012.13	8608517.66	4188.33	706	417022.71	8608521.56	4194.98
44	417012.27	8608517.29	4188.34	707	417022.68	8608521.53	4193.32
45	417012.27	8608517.29	4188.58	708	417024.43	8608520.33	4195.14
46	417012.41	8608516.93	4188.58	709	417022.61	8608520.01	4195.09
47	417012.40	8608516.92	4188.76	710	417022.61	8608519.99	4192.84
48	417012.49	8608516.57	4188.77	711	417024.42	8608520.29	4192.83
49	417012.51	8608516.53	4188.96	712	417022.02	8608519.90	4195.90
50	417014.53	8608510.39	4189.16	713	417023.18	8608512.93	4198.25
51	417014.22	8608510.31	4189.16	714	417023.90	8608509.01	4199.50
52	417014.28	8608510.05	4189.19	715	417023.52	8608504.63	4193.16
53	417013.31	8608509.81	4189.16	716	417023.52	8608504.63	4193.50
54	417013.49	8608509.08	4189.15	717	417023.82	8608502.96	4193.77
55	417012.55	8608508.86	4189.15	718	417023.82	8608502.96	4193.62
56	417012.76	8608507.98	4189.14	719	417023.86	8608502.94	4189.41
57	417013.80	8608508.23	4189.15	720	417023.54	8608504.66	4189.41

58	417013.93	8608507.73	4189.15	721	417033.07	8608497.70	4195.79
59	417014.41	8608507.85	4189.15	722	417032.97	8608497.95	4190.81
60	417015.11	8608504.81	4189.16	723	417025.24	8608495.70	4190.70
61	417014.63	8608504.69	4189.16	724	417025.17	8608495.69	4195.86
62	417014.75	8608504.19	4189.16	725	417025.24	8608495.70	4190.70
63	417013.71	8608503.94	4189.16	726	417025.26	8608495.18	4188.96
64	417013.91	8608503.06	4189.16	727	417033.08	8608497.45	4189.42
65	417014.85	8608503.23	4189.16	728	417032.97	8608497.95	4190.81
66	417015.02	8608502.56	4189.16	729	417033.10	8608497.42	4190.79
67	417016.00	8608502.79	4189.16	730	417035.55	8608498.04	4190.85
68	417016.06	8608502.53	4189.16	731	417035.41	8608498.57	4190.86
69	417016.35	8608502.60	4189.16	732	417035.42	8608498.36	4195.78
70	417017.96	8608496.80	4189.34	733	417035.55	8608498.00	4195.74
71	417017.97	8608496.75	4189.16	734	417035.55	8608498.05	4189.68
72	417018.05	8608496.43	4189.16	735	417035.41	8608498.57	4190.86
73	417018.05	8608496.42	4188.97	736	417036.11	8608498.86	4190.71
74	417018.14	8608496.04	4188.95	737	417035.96	8608498.39	4189.59
75	417018.16	8608495.99	4188.71	738	417035.55	8608498.05	4189.68
76	417018.24	8608495.65	4188.72	739	417033.08	8608497.45	4189.42
77	417018.24	8608495.66	4188.48	740	417033.16	8608496.77	4195.90
78	417018.32	8608495.31	4188.47	741	417033.20	8608497.33	4195.75
79	417017.15	8608495.00	4188.44	742	417035.55	8608498.00	4195.74
80	417019.40	8608487.80	4188.69	743	417035.76	8608497.54	4195.90
81	417019.39	8608487.78	4188.55	744	417033.16	8608496.77	4195.90
82	417017.14	8608494.97	4188.29	745	417032.95	8608497.34	4196.10
83	417017.15	8608495.00	4188.44	746	417025.19	8608494.59	4196.39
84	417019.49	8608520.10	4188.15	747	417025.19	8608495.16	4196.11
85	417012.07	8608518.08	4187.82	748	417024.86	8608497.08	4196.27
86	417012.07	8608518.07	4193.48	749	417032.98	8608497.92	4195.82
87	417019.49	8608520.10	4193.58	750	417025.19	8608495.16	4196.11
88	417012.07	8608518.07	4193.48	751	417025.17	8608495.69	4195.86
89	417012.19	8608517.79	4193.59	752	417024.93	8608497.09	4195.98
90	417012.17	8608517.78	4198.49	753	417028.55	8608496.67	4194.44
91	417019.30	8608519.72	4198.59	754	417028.51	8608496.71	4192.68
92	417019.30	8608519.71	4193.68	755	417027.48	8608496.38	4192.70
93	417012.19	8608517.79	4193.59	756	417027.50	8608496.37	4194.44
94	417019.27	8608519.44	4202.60	757	417026.63	8608499.80	4196.51
95	417019.27	8608519.43	4198.59	758	417026.96	8608498.03	4195.85
96	417012.51	8608517.56	4198.50	759	417024.81	8608497.65	4195.84
97	417012.50	8608517.57	4202.52	760	417028.90	8608498.38	4195.86
98	417019.26	8608519.44	4202.60	761	417028.40	8608501.50	4195.48
99	417014.11	8608512.50	4198.69	762	417021.73	8608504.76	4189.37
100	417012.51	8608517.56	4198.50	763	417022.91	8608505.08	4189.37

101	417012.17	8608517.78	4198.49	764	417023.21	8608504.10	4189.37
102	417014.29	8608511.25	4198.73	765	417021.87	8608503.72	4189.37
103	417014.11	8608512.50	4198.69	766	417021.71	8608504.74	4192.34
104	417014.48	8608511.30	4198.73	767	417021.85	8608503.70	4192.33
105	417014.29	8608511.25	4198.73	768	417022.91	8608504.63	4189.40
106	417012.92	8608516.29	4198.54	769	417022.78	8608505.04	4189.38
107	417012.92	8608516.29	4198.54	770	417021.73	8608504.76	4189.37
108	417012.92	8608516.29	4198.54	771	417023.54	8608504.66	4189.41
109	417012.91	8608516.28	4201.21	772	417022.89	8608505.05	4192.34
110	417013.12	8608515.64	4201.83	773	417021.71	8608504.74	4192.34
111	417013.33	8608514.96	4201.23	774	417023.06	8608504.61	4192.33
112	417013.34	8608514.95	4198.60	775	417023.52	8608504.64	4192.16
113	417013.69	8608513.83	4198.64	776	417022.91	8608505.08	4189.38
114	417013.70	8608513.81	4201.26	777	417021.15	8608511.51	4189.38
115	417013.92	8608513.09	4201.85	778	417021.09	8608511.81	4192.29
116	417014.10	8608512.51	4201.14	779	417020.12	8608511.57	4192.31
117	417014.11	8608512.50	4198.69	780	417022.02	8608504.56	4192.32
118	417012.98	8608516.24	4202.59	781	417022.98	8608504.82	4192.32
119	417012.98	8608516.24	4204.83	782	417021.00	8608508.38	4195.73
120	417013.19	8608515.59	4205.42	783	417021.97	8608508.54	4195.74
121	417013.38	8608514.97	4204.87	784	417028.99	8608498.34	4189.18
122	417013.39	8608514.95	4202.60	785	417029.77	8608498.34	4189.18
123	417013.74	8608513.86	4202.59	786	417029.01	8608498.40	4193.17
124	417013.75	8608513.84	4204.89	787	417029.74	8608498.54	4193.16
125	417013.95	8608513.18	4205.41	788	417028.51	8608500.90	4194.96
126	417014.14	8608512.57	4204.75	789	417029.24	8608501.02	4194.95
127	417014.15	8608512.56	4202.60	790	417028.16	8608503.31	4193.44
128	417014.53	8608511.40	4202.56	791	417028.89	8608503.43	4193.44
129	417014.48	8608511.35	4202.54	792	417028.84	8608503.76	4193.44
130	417012.50	8608517.57	4202.52	793	417028.11	8608503.63	4193.45
131	417012.56	8608517.55	4202.59	794	417028.08	8608503.64	4189.40
132	417012.56	8608517.55	4202.59	795	417028.13	8608503.31	4189.40
133	417012.56	8608517.55	4205.97	796	417028.86	8608503.43	4189.39
134	417014.52	8608511.42	4205.96	797	417028.81	8608503.77	4189.40
135	417014.53	8608511.40	4202.56	798	417027.79	8608503.59	4189.40
136	417021.09	8608513.21	4202.79	799	417027.49	8608505.35	4189.40
137	417019.13	8608519.34	4202.60	800	417030.02	8608505.80	4189.38
138	417019.13	8608519.34	4206.05	801	417030.31	8608504.04	4189.39
139	417014.48	8608511.35	4202.54	802	417025.90	8608503.30	4195.46
140	417021.16	8608513.20	4202.78	803	417025.47	8608504.90	4195.48
141	417019.26	8608519.44	4202.60	804	417023.52	8608504.60	4193.50
142	417014.28	8608511.12	4198.74	805	417023.82	8608502.97	4193.77
143	417021.47	8608513.11	4198.83	806	417027.52	8608505.30	4193.62

144	417019.30	8608519.72	4198.59	807	417027.79	8608503.66	4193.57
145	417014.48	8608511.30	4198.73	808	417030.34	8608503.99	4193.61
146	417021.33	8608513.16	4198.82	809	417030.04	8608505.76	4193.61
147	417019.27	8608519.43	4198.59	810	417032.08	8608506.08	4195.47
148	417021.09	8608513.21	4206.05	811	417032.34	8608504.38	4195.45
149	417021.09	8608513.21	4202.79	812	417034.33	8608506.51	4193.89
150	417021.16	8608513.20	4202.79	813	417034.58	8608504.71	4193.89
151	417021.33	8608513.16	4198.82	814	417034.33	8608506.51	4193.61
152	417014.53	8608511.40	4202.56	815	417034.30	8608506.55	4189.39
153	417014.52	8608511.42	4205.96	816	417036.78	8608506.96	4189.37
154	417019.13	8608519.34	4202.60	817	417036.81	8608506.92	4193.59
155	417012.56	8608517.55	4202.59	818	417037.11	8608505.16	4193.59
156	417014.52	8608511.34	4208.48	819	417037.08	8608505.20	4189.37
157	417014.65	8608511.61	4208.22	820	417034.55	8608504.75	4189.39
158	417012.86	8608517.47	4208.13	821	417034.58	8608504.71	4193.61
159	417018.82	8608519.10	4208.13	822	417035.12	8608504.85	4189.40
160	417020.73	8608513.27	4208.22	823	417035.16	8608504.52	4189.39
161	417014.65	8608511.61	4208.22	824	417035.90	8608504.64	4189.39
162	417014.69	8608511.61	4207.69	825	417035.85	8608504.98	4189.39
163	417014.32	8608510.97	4207.32	826	417035.20	8608504.52	4193.43
164	417014.57	8608511.49	4206.74	827	417035.93	8608504.64	4193.43
165	417014.56	8608511.48	4206.19	828	417035.88	8608504.98	4193.43
166	417014.52	8608511.42	4205.96	829	417035.15	8608504.84	4193.44
167	417021.09	8608513.21	4206.05	830	417035.55	8608502.09	4195.02
168	417021.13	8608513.27	4206.28	831	417036.29	8608502.22	4195.01
169	417014.56	8608511.48	4206.19	832	417036.05	8608499.60	4193.22
170	417012.66	8608517.51	4206.21	833	417036.78	8608499.73	4193.22
171	417012.65	8608517.51	4206.73	834	417036.03	8608499.53	4189.23
172	417021.09	8608513.21	4206.05	835	417036.81	8608499.53	4189.23
173	417019.13	8608519.34	4206.05	836	417032.98	8608497.92	4195.82
174	417019.23	8608519.29	4206.30	837	417033.20	8608497.33	4195.75
175	417021.13	8608513.27	4206.28	838	417033.08	8608497.45	4189.42
176	417021.15	8608513.27	4206.82	839	417032.95	8608497.34	4196.10
177	417014.57	8608511.49	4206.74	840	417032.98	8608497.92	4195.82
178	417012.65	8608517.51	4206.73	841	417033.20	8608497.33	4195.75
179	417012.17	8608517.78	4207.26	842	417036.40	8608498.35	4196.06
180	417012.87	8608517.47	4207.65	843	417036.23	8608498.87	4195.85
181	417014.69	8608511.61	4207.69	844	417036.11	8608498.86	4190.71
182	417020.69	8608513.26	4207.69	845	417035.96	8608498.39	4189.59
183	417018.80	8608519.09	4207.65	846	417037.63	8608498.78	4189.80
184	417012.87	8608517.47	4207.65	847	417038.12	8608499.12	4189.75
185	417012.86	8608517.47	4208.13	848	417037.87	8608499.32	4189.75
186	417012.63	8608517.59	4208.48	849	417038.21	8608499.48	4190.67

187	417014.52	8608511.34	4208.48	850	417039.12	8608499.39	4189.77
188	417020.99	8608513.13	4208.48	851	417038.91	8608499.61	4189.77
189	417018.93	8608519.33	4208.48	852	417039.11	8608499.67	4190.66
190	417012.63	8608517.59	4208.48	853	417038.32	8608499.43	4192.47
191	417014.32	8608510.97	4207.32	854	417039.15	8608499.64	4192.46
192	417021.36	8608512.94	4207.32	855	417039.11	8608499.63	4192.75
193	417019.21	8608519.75	4207.26	856	417038.30	8608499.46	4192.73
194	417012.17	8608517.78	4207.26	857	417038.28	8608499.44	4195.42
195	417012.67	8608517.51	4206.76	858	417038.16	8608498.58	4195.97
196	417019.24	8608519.30	4206.85	859	417037.96	8608499.32	4195.90
197	417019.23	8608519.29	4206.30	860	417040.22	8608500.32	4194.19
198	417012.66	8608517.51	4206.21	861	417040.35	8608500.01	4194.37
199	417012.56	8608517.55	4205.97	862	417040.36	8608499.97	4193.92
200	417019.13	8608519.34	4206.05	863	417041.49	8608500.72	4193.56
201	417020.99	8608513.13	4208.48	864	417042.07	8608500.51	4192.71
202	417020.73	8608513.27	4208.22	865	417041.65	8608500.35	4192.72
203	417020.69	8608513.26	4207.69	866	417041.60	8608500.35	4189.84
204	417021.36	8608512.94	4207.32	867	417041.85	8608500.14	4189.84
205	417021.15	8608513.27	4206.82	868	417039.12	8608499.39	4189.77
206	417019.24	8608519.30	4206.85	869	417042.42	8608500.57	4192.46
207	417019.21	8608519.75	4207.26	870	417042.40	8608500.58	4192.74
208	417018.80	8608519.09	4207.65	871	417042.62	8608500.63	4192.46
209	417018.82	8608519.10	4208.13	872	417042.86	8608500.75	4191.99
210	417018.93	8608519.33	4208.48	873	417042.87	8608500.56	4191.11
211	417013.80	8608517.17	4208.51	874	417042.81	8608500.73	4191.21
212	417014.48	8608516.51	4211.41	875	417042.78	8608500.43	4190.02
213	417016.16	8608515.48	4212.44	876	417042.89	8608500.32	4190.00
214	417018.59	8608514.20	4211.71	877	417043.58	8608500.72	4189.81
215	417019.64	8608513.78	4210.05	878	417043.56	8608500.84	4192.19
216	417019.81	8608513.84	4208.47	879	417045.11	8608500.77	4189.94
217	417014.71	8608512.53	4208.41	880	417044.98	8608501.35	4192.16
218	417014.60	8608512.81	4210.31	881	417045.01	8608501.33	4194.95
219	417015.22	8608514.20	4212.02	882	417045.16	8608501.35	4194.99
220	417016.63	8608516.49	4212.31	883	417045.67	8608500.85	4194.90
221	417017.67	8608517.84	4211.15	884	417045.89	8608500.89	4195.80
222	417018.32	8608518.21	4208.45	885	417045.32	8608501.39	4195.88
223	417014.86	8608512.06	4211.08	886	417044.94	8608500.73	4196.11
224	417015.10	8608512.43	4209.38	887	417042.80	8608500.24	4195.90
225	417014.52	8608512.32	4209.36	888	417042.86	8608499.87	4196.00
226	417014.70	8608511.67	4209.35	889	417042.44	8608500.54	4195.41
227	417015.34	8608511.85	4209.34	890	417060.53	8608504.31	4196.39
228	417014.69	8608511.67	4208.90	891	417042.82	8608500.76	4193.21
229	417014.52	8608512.28	4208.90	892	417043.55	8608500.89	4193.20

230	417015.29	8608511.83	4208.90	893	417042.32	8608503.25	4195.00
231	417015.12	8608512.37	4208.90	894	417043.05	8608503.38	4194.99
232	417015.12	8608512.37	4208.48	895	417041.96	8608505.68	4193.42
233	417014.52	8608512.28	4208.48	896	417042.70	8608505.80	4193.41
234	417014.69	8608511.66	4208.48	897	417042.65	8608506.14	4193.42
235	417015.29	8608511.83	4208.48	898	417041.91	8608506.00	4193.42
236	417013.09	8608516.81	4208.49	899	417041.93	8608505.69	4189.38
237	417012.91	8608517.43	4208.49	900	417041.88	8608506.01	4189.38
238	417013.52	8608517.52	4208.49	901	417042.61	8608506.14	4189.37
239	417013.69	8608516.98	4208.49	902	417042.66	8608505.80	4189.37
240	417013.69	8608516.98	4208.91	903	417041.32	8608505.91	4189.37
241	417013.52	8608517.52	4208.91	904	417043.84	8608506.36	4189.35
242	417012.91	8608517.43	4208.91	905	417043.55	8608508.12	4189.35
243	417013.09	8608516.81	4208.91	906	417041.07	8608507.71	4189.37
244	417013.68	8608516.95	4209.33	907	417041.35	8608505.87	4193.87
245	417013.53	8608517.60	4209.30	908	417041.10	8608507.66	4193.88
246	417012.94	8608517.44	4209.29	909	417039.11	8608505.54	4195.43
247	417013.09	8608516.81	4209.32	910	417038.85	8608507.25	4195.45
248	417013.24	8608517.17	4211.03	911	417036.81	8608506.93	4193.59
249	417019.92	8608513.13	4208.46	912	417037.11	8608505.13	4193.59
250	417019.92	8608513.13	4208.88	913	417043.87	8608506.32	4193.58
251	417019.75	8608513.74	4208.88	914	417043.58	8608508.08	4193.57
252	417020.36	8608513.84	4208.88	915	417050.62	8608502.53	4193.35
253	417020.52	8608513.30	4208.88	916	417050.68	8608502.23	4197.32
254	417019.75	8608513.74	4208.46	917	417052.64	8608502.60	4197.33
255	417020.36	8608513.84	4208.46	918	417054.61	8608502.95	4197.32
256	417020.52	8608513.30	4208.46	919	417054.60	8608503.02	4194.56
257	417020.59	8608513.34	4209.49	920	417052.62	8608502.68	4194.67
258	417020.40	8608513.82	4209.53	921	417056.11	8608503.57	4190.12
259	417019.80	8608513.71	4209.51	922	417056.10	8608503.57	4191.19
260	417019.95	8608513.17	4209.50	923	417056.48	8608503.29	4191.55
261	417020.12	8608513.55	4211.23	924	417056.38	8608502.83	4191.19
262	417018.32	8608518.21	4208.45	925	417056.39	8608502.84	4190.12
263	417018.90	8608518.43	4208.45	926	417024.27	8608505.84	4196.47
264	417018.11	8608518.81	4208.45	927	417024.50	8608504.80	4196.43
265	417018.71	8608518.95	4208.45	928	417022.69	8608504.52	4196.43
266	417018.71	8608518.95	4208.87	929	417022.55	8608505.55	4196.45
267	417018.91	8608518.42	4208.87	930	417021.54	8608511.77	4196.42
268	417018.11	8608518.81	4208.87	931	417023.24	8608512.06	4196.42
269	417018.32	8608518.21	4208.87	932	417023.10	8608513.15	4196.45
270	417018.90	8608518.41	4209.43	933	417021.35	8608512.87	4196.43
271	417018.75	8608518.92	4209.41	934	417021.58	8608512.06	4193.54
272	417018.32	8608518.23	4209.43	935	417021.60	8608512.02	4189.40

273	417018.17	8608518.76	4209.40	936	417021.58	8608512.81	4189.41
274	417018.45	8608518.60	4211.13	937	417022.19	8608512.98	4189.41
275	417017.45	8608499.17	4195.82	938	417021.94	8608514.67	4189.44
276	417017.48	8608499.12	4193.55	939	417022.51	8608514.79	4189.44
277	417017.79	8608497.74	4193.55	940	417022.49	8608514.84	4194.89
278	417017.78	8608497.74	4195.83	941	417021.92	8608514.69	4193.26
279	417018.36	8608498.13	4193.98	942	417022.18	8608513.01	4193.55
280	417018.36	8608498.13	4195.52	943	417024.03	8608515.10	4195.47
281	417018.12	8608499.09	4193.99	944	417024.20	8608513.36	4195.47
282	417018.10	8608499.08	4195.52	945	417025.88	8608515.36	4193.51
283	417013.93	8608507.73	4189.16	946	417026.16	8608513.68	4193.38
284	417013.91	8608507.83	4192.89	947	417028.39	8608515.81	4193.24
285	417014.23	8608506.24	4194.37	948	417028.62	8608514.11	4193.42
286	417014.72	8608504.63	4192.86	949	417026.16	8608513.68	4193.38
287	417014.63	8608504.69	4189.16	950	417025.88	8608515.36	4193.51
288	417012.99	8608515.25	4193.37	951	417027.01	8608515.57	4193.46
289	417013.80	8608515.30	4195.39	952	417026.28	8608515.43	4193.46
290	417014.11	8608514.38	4195.39	953	417025.78	8608517.93	4195.25
291	417014.08	8608514.37	4193.84	954	417026.52	8608518.05	4195.24
292	417013.79	8608515.29	4193.83	955	417026.18	8608520.30	4194.00
293	417012.99	8608515.25	4193.37	956	417025.45	8608520.17	4194.00
294	417012.99	8608515.25	4195.72	957	417026.19	8608520.25	4190.16
295	417013.43	8608513.92	4195.74	958	417025.43	8608520.11	4190.15
296	417013.41	8608513.91	4193.37	959	417026.32	8608520.02	4189.39
297	417014.44	8608505.86	4195.51	960	417025.21	8608519.83	4189.42
298	417014.23	8608506.63	4195.51	961	417028.65	8608514.05	4189.38
299	417014.25	8608506.61	4196.45	962	417028.36	8608515.81	4189.40
300	417014.37	8608506.22	4196.82	963	417025.85	8608515.43	4189.41
301	417014.47	8608505.84	4196.44	964	417026.14	8608513.66	4189.43
302	417014.09	8608507.37	4198.11	965	417025.77	8608515.95	4189.40
303	417014.12	8608507.35	4199.04	966	417033.02	8608521.51	4189.36
304	417014.02	8608507.73	4199.42	967	417031.91	8608521.33	4189.38
305	417013.90	8608508.12	4199.05	968	417032.89	8608521.74	4190.12
306	417013.88	8608508.13	4198.11	969	417032.13	8608521.61	4190.12
307	417013.99	8608507.75	4198.11	970	417032.88	8608521.80	4193.96
308	417014.20	8608506.88	4198.85	971	417032.15	8608521.67	4193.97
309	417014.24	8608506.86	4200.44	972	417033.22	8608519.55	4195.21
310	417014.44	8608506.20	4201.06	973	417032.49	8608519.42	4195.22
311	417014.61	8608505.56	4200.42	974	417033.72	8608517.06	4193.42
312	417014.57	8608505.58	4198.85	975	417032.99	8608516.93	4193.43
313	417017.59	8608506.05	4200.10	976	417032.97	8608516.60	4193.43
314	417017.30	8608507.16	4200.69	977	417032.95	8608516.93	4189.38
315	417017.00	8608508.25	4200.07	978	417033.69	8608517.07	4189.38

316	417016.99	8608508.26	4198.58	979	417032.94	8608516.60	4189.39
317	417017.58	8608506.05	4198.62	980	417028.39	8608515.81	4193.24
318	417014.65	8608505.10	4198.07	981	417028.62	8608514.11	4193.42
319	417014.67	8608505.09	4199.01	982	417030.78	8608514.49	4195.49
320	417014.79	8608504.70	4199.38	983	417030.45	8608516.18	4195.49
321	417014.89	8608504.32	4199.00	984	417032.64	8608516.54	4193.44
322	417014.86	8608504.34	4198.07	985	417032.92	8608514.84	4193.16
323	417014.48	8608511.30	4198.73	986	417035.03	8608516.98	4189.28
324	417014.37	8608511.30	4201.91	987	417035.07	8608516.98	4193.12
325	417014.17	8608511.25	4201.91	988	417035.29	8608515.28	4193.30
326	417014.29	8608511.25	4198.73	989	417035.33	8608515.22	4189.27
327	417014.17	8608511.25	4201.91	990	417032.92	8608514.84	4193.16
328	417014.66	8608509.30	4202.73	991	417032.90	8608514.78	4189.38
329	417015.16	8608506.80	4204.62	992	417032.61	8608516.54	4189.39
330	417015.37	8608505.96	4204.63	993	417032.64	8608516.54	4193.24
331	417014.98	8608509.35	4199.54	994	417032.97	8608516.60	4193.43
332	417014.66	8608509.30	4202.73	995	417032.94	8608516.60	4189.39
333	417013.73	8608508.92	4202.57	996	417032.95	8608516.93	4189.38
334	417014.18	8608506.60	4204.35	997	417032.99	8608516.93	4193.43
335	417015.42	8608503.61	4199.22	998	417033.72	8608517.06	4193.42
336	417015.11	8608503.56	4202.41	999	417033.69	8608517.07	4189.38
337	417014.40	8608505.77	4204.36	1000	417035.03	8608516.98	4189.28
338	417014.18	8608506.60	4204.35	1001	417035.29	8608515.28	4193.30
339	417015.16	8608506.80	4204.62	1002	417035.07	8608516.98	4193.12
340	417016.40	8608503.81	4199.50	1003	417037.13	8608517.35	4195.37
341	417016.09	8608503.76	4202.68	1004	417037.45	8608515.66	4195.37
342	417016.69	8608501.78	4201.88	1005	417039.59	8608516.02	4193.51
343	417015.11	8608503.56	4202.41	1006	417039.32	8608517.71	4193.25
344	417016.09	8608503.76	4202.68	1007	417041.89	8608518.13	4193.25
345	417015.37	8608505.96	4204.63	1008	417041.86	8608518.13	4189.40
346	417014.40	8608505.77	4204.36	1009	417042.16	8608516.37	4189.39
347	417014.04	8608508.97	4199.38	1010	417042.12	8608516.43	4193.42
348	417013.73	8608508.92	4202.57	1011	417039.28	8608517.71	4189.42
349	417023.23	8608493.76	4189.10	1012	417039.58	8608515.95	4189.41
350	417023.27	8608493.77	4188.80	1013	417039.59	8608516.02	4193.51
351	417018.98	8608492.60	4188.55	1014	417039.32	8608517.71	4193.24
352	417018.34	8608495.22	4188.51	1015	417039.89	8608517.81	4193.24
353	417018.74	8608493.83	4189.14	1016	417039.86	8608517.81	4189.42
354	417022.68	8608495.04	4189.10	1017	417039.87	8608518.14	4189.41
355	417022.67	8608494.76	4189.10	1018	417039.90	8608518.14	4193.45
356	417018.78	8608493.49	4189.13	1019	417040.63	8608518.27	4193.45
357	417022.64	8608494.98	4189.33	1020	417040.60	8608518.27	4189.41
358	417022.63	8608495.09	4189.35	1021	417040.59	8608517.93	4189.41

359	417018.64	8608494.37	4189.34	1022	417039.87	8608518.14	4189.41
360	417018.67	8608494.22	4189.30	1023	417039.46	8608520.33	4195.23
361	417022.51	8608496.01	4190.60	1024	417040.19	8608520.46	4195.22
362	417024.51	8608496.44	4190.57	1025	417039.80	8608523.01	4193.99
363	417024.48	8608496.49	4193.81	1026	417039.07	8608522.87	4194.00
364	417018.40	8608495.17	4193.68	1027	417039.05	8608522.81	4190.15
365	417018.34	8608495.22	4188.51	1028	417039.81	8608522.95	4190.15
366	417018.67	8608494.22	4189.30	1029	417039.94	8608522.72	4189.39
367	417018.67	8608494.21	4189.17	1030	417038.83	8608522.54	4189.41
368	417018.74	8608493.83	4189.14	1031	417041.89	8608518.14	4193.25
369	417018.78	8608493.49	4189.13	1032	417042.12	8608516.44	4193.42
370	417018.79	8608493.44	4188.90	1033	417044.28	8608516.81	4195.50
371	417018.98	8608492.61	4188.91	1034	417043.95	8608518.50	4195.50
372	417018.98	8608492.60	4188.55	1035	417046.12	8608518.85	4193.37
373	417018.98	8608492.61	4188.91	1036	417046.42	8608517.17	4193.64
374	417023.23	8608493.76	4189.10	1037	417046.09	8608518.91	4189.36
375	417022.96	8608495.08	4189.12	1038	417046.39	8608517.15	4189.35
376	417018.64	8608494.37	4189.34	1039	417045.67	8608523.74	4189.30
377	417018.64	8608494.44	4189.51	1040	417046.54	8608518.98	4189.25
378	417022.65	8608495.10	4189.54	1041	417046.54	8608518.98	4189.40
379	417022.63	8608495.09	4189.35	1042	417045.67	8608523.74	4189.45
380	417018.64	8608494.44	4189.51	1043	417046.04	8608523.80	4189.46
381	417018.60	8608494.59	4189.55	1044	417046.04	8608523.80	4189.64
382	417022.60	8608495.36	4189.55	1045	417046.91	8608519.05	4189.41
383	417022.65	8608495.10	4189.54	1046	417046.91	8608519.05	4189.59
384	417022.60	8608495.36	4189.55	1047	417047.28	8608519.12	4189.60
385	417022.57	8608495.39	4189.76	1048	417047.28	8608519.11	4189.75
386	417018.61	8608494.61	4189.76	1049	417046.42	8608523.87	4189.65
387	417018.60	8608494.59	4189.55	1050	417046.41	8608523.87	4189.80
388	417018.61	8608494.61	4189.76	1051	417046.39	8608524.10	4190.54
389	417018.55	8608494.72	4189.77	1052	417047.14	8608524.24	4190.54
390	417022.56	8608495.50	4189.78	1053	417046.40	8608524.16	4194.01
391	417022.57	8608495.39	4189.76	1054	417047.13	8608524.29	4194.01
392	417022.58	8608495.70	4189.99	1055	417046.79	8608521.62	4195.25
393	417018.56	8608494.76	4189.96	1056	417047.53	8608521.74	4195.24
394	417018.46	8608495.09	4189.99	1057	417047.97	8608519.56	4193.47
395	417022.43	8608495.91	4189.99	1058	417047.24	8608519.42	4193.47
396	417024.71	8608496.22	4190.03	1059	417047.21	8608519.43	4189.81
397	417024.51	8608496.44	4190.57	1060	417047.94	8608519.56	4189.80
398	417018.37	8608495.20	4190.64	1061	417047.20	8608519.10	4189.81
399	417022.51	8608496.01	4190.60	1062	417047.23	8608519.09	4193.48
400	417022.43	8608495.91	4189.99	1063	417046.12	8608518.85	4193.37
401	417022.58	8608495.70	4189.99	1064	417047.28	8608519.11	4189.60

402	417024.86	8608496.02	4190.02	1065	417046.91	8608519.05	4189.59
403	417024.71	8608496.22	4190.03	1066	417046.91	8608519.05	4189.41
404	417025.15	8608495.57	4188.98	1067	417046.54	8608518.98	4189.40
405	417022.68	8608495.04	4189.10	1068	417046.54	8608518.98	4189.25
406	417025.26	8608495.18	4188.96	1069	417051.37	8608524.87	4195.07
407	417024.51	8608496.44	4190.57	1070	417049.37	8608524.53	4195.10
408	417018.34	8608495.46	4198.67	1071	417049.44	8608525.98	4195.75
409	417018.35	8608495.39	4193.77	1072	417050.87	8608526.24	4195.74
410	417024.42	8608496.71	4193.90	1073	417050.85	8608526.24	4197.99
411	417025.34	8608497.48	4198.82	1074	417049.42	8608525.98	4198.00
412	417023.75	8608503.86	4198.73	1075	417049.37	8608524.54	4197.80
413	417025.34	8608497.48	4198.82	1076	417051.37	8608524.88	4197.77
414	417018.38	8608495.52	4198.72	1077	417047.12	8608524.03	4197.26
415	417016.73	8608501.89	4198.61	1078	417047.14	8608524.29	4194.01
416	417016.92	8608501.94	4198.61	1079	417069.01	8608521.08	4190.73
417	417023.60	8608503.66	4198.79	1080	417069.08	8608521.07	4198.74
418	417025.13	8608497.54	4198.87	1081	417068.71	8608520.49	4199.43
419	417018.44	8608495.72	4198.79	1082	417067.78	8608516.41	4201.13
420	417016.92	8608501.94	4198.61	1083	417070.14	8608513.04	4199.47
421	417023.60	8608503.66	4198.79	1084	417070.94	8608512.56	4198.83
422	417023.56	8608503.67	4202.58	1085	417070.87	8608512.56	4190.83
423	417023.46	8608503.44	4202.65	1086	417070.51	8608516.26	4192.56
424	417023.44	8608503.44	4206.00	1087	417070.50	8608516.38	4194.11
425	417024.88	8608497.58	4205.97	1088	417070.32	8608517.45	4194.13
426	417024.92	8608497.59	4202.73	1089	417070.31	8608517.44	4192.56
427	417018.47	8608495.83	4202.65	1090	417067.07	8608520.60	4191.15
428	417017.02	8608501.76	4202.66	1091	417067.09	8608520.63	4192.91
429	417017.00	8608501.75	4206.02	1092	417068.95	8608521.00	4192.92
430	417023.44	8608503.44	4206.00	1093	417068.94	8608520.97	4191.16
431	417023.54	8608503.40	4206.25	1094	417068.73	8608512.22	4191.14
432	417024.92	8608497.64	4206.20	1095	417068.75	8608512.25	4192.90
433	417024.93	8608497.64	4206.75	1096	417070.41	8608512.53	4192.93
434	417023.55	8608503.40	4206.80	1097	417070.39	8608512.51	4191.17
435	417023.54	8608503.40	4206.25	1098	417065.94	8608520.56	4198.46
436	417017.05	8608501.70	4206.28	1099	417064.47	8608520.33	4198.46
437	417017.00	8608501.75	4206.02	1100	417064.36	8608520.27	4196.70
438	417018.43	8608495.82	4206.01	1101	417065.90	8608520.54	4196.72
439	417018.47	8608495.91	4206.28	1102	417061.01	8608519.72	4198.46
440	417018.47	8608495.91	4206.80	1103	417059.53	8608519.46	4198.49
441	417018.12	8608495.47	4207.37	1104	417059.51	8608519.43	4196.73
442	417018.45	8608495.94	4207.70	1105	417060.99	8608519.69	4196.71
443	417018.45	8608495.96	4208.13	1106	417061.06	8608510.87	4198.49
444	417024.52	8608497.64	4208.14	1107	417062.57	8608511.12	4198.45

445	417023.13	8608503.20	4208.08	1108	417062.52	8608511.15	4196.70
446	417017.16	8608501.63	4208.15	1109	417061.02	8608510.90	4196.74
447	417016.94	8608501.70	4208.43	1110	417065.92	8608511.70	4198.49
448	417018.31	8608495.71	4208.40	1111	417065.82	8608511.70	4196.70
449	417018.45	8608495.96	4208.13	1112	417067.47	8608511.99	4196.72
450	417017.16	8608501.63	4208.15	1113	417067.42	8608511.96	4198.50
451	417017.17	8608501.62	4207.72	1114	417067.06	8608511.91	4197.61
452	417023.11	8608503.20	4207.60	1115	417067.05	8608511.90	4198.07
453	417024.48	8608497.63	4207.61	1116	417066.61	8608511.82	4198.06
454	417018.45	8608495.94	4207.70	1117	417066.21	8608511.75	4198.05
455	417017.17	8608501.62	4207.72	1118	417046.39	8608524.10	4190.54
456	417016.62	8608501.99	4207.39	1119	417047.14	8608524.24	4190.54
457	417023.52	8608503.85	4207.21	1120	417047.28	8608524.01	4189.78
458	417025.15	8608497.31	4207.24	1121	417052.11	8608524.90	4189.78
459	417018.12	8608495.47	4207.37	1122	417052.96	8608520.10	4189.73
460	417016.62	8608501.99	4207.39	1123	417049.11	8608524.52	4198.79
461	417017.06	8608501.71	4206.79	1124	417052.78	8608525.10	4197.81
462	417018.47	8608495.91	4206.80	1125	417052.99	8608520.10	4193.39
463	417024.93	8608497.64	4206.75	1126	417053.27	8608518.39	4193.38
464	417025.15	8608497.31	4207.24	1127	417050.80	8608519.74	4195.51
465	417024.48	8608497.63	4207.61	1128	417051.13	8608518.04	4195.52
466	417024.52	8608497.64	4208.14	1129	417048.96	8608517.66	4193.45
467	417024.78	8608497.50	4208.40	1130	417048.71	8608519.36	4193.27
468	417016.73	8608501.89	4198.61	1131	417048.70	8608519.36	4189.81
469	417016.69	8608501.78	4201.88	1132	417048.99	8608517.62	4189.80
470	417016.89	8608501.83	4201.88	1133	417046.09	8608518.91	4189.81
471	417016.92	8608501.94	4198.61	1134	417046.39	8608517.16	4189.82
472	417023.60	8608503.66	4198.79	1135	417058.09	8608519.19	4190.74
473	417016.96	8608501.82	4202.60	1136	417058.15	8608519.19	4198.75
474	417023.56	8608503.67	4202.58	1137	417058.20	8608518.63	4199.47
475	417025.08	8608497.55	4202.67	1138	417059.11	8608515.05	4201.15
476	417018.39	8608495.73	4202.58	1139	417059.67	8608511.22	4199.45
477	417017.02	8608501.76	4202.66	1140	417059.84	8608510.66	4198.72
478	417023.46	8608503.44	4202.65	1141	417059.77	8608510.66	4190.72
479	417024.92	8608497.59	4202.73	1142	417046.84	8608517.22	4189.24
480	417025.08	8608497.55	4202.67	1143	417046.84	8608517.22	4189.38
481	417016.96	8608501.82	4202.60	1144	417047.21	8608517.29	4189.40
482	417018.39	8608495.73	4202.58	1145	417047.21	8608517.29	4189.58
483	417018.47	8608495.83	4202.65	1146	417047.58	8608517.35	4189.59
484	417018.43	8608495.82	4206.01	1147	417047.58	8608517.35	4189.73
485	417024.88	8608497.58	4205.97	1148	417049.03	8608509.08	4189.74
486	417024.92	8608497.64	4206.20	1149	417049.03	8608509.08	4189.60
487	417018.47	8608495.91	4206.28	1150	417048.66	8608509.01	4189.59

488	417017.05	8608501.70	4206.28	1151	417048.66	8608509.01	4189.41
489	417017.06	8608501.71	4206.79	1152	417048.29	8608508.95	4189.39
490	417023.55	8608503.40	4206.80	1153	417048.29	8608508.95	4189.25
491	417023.52	8608503.85	4207.21	1154	417057.14	8608518.88	4189.85
492	417023.11	8608503.20	4207.60	1155	417057.14	8608518.88	4190.00
493	417023.13	8608503.20	4208.08	1156	417057.44	8608518.95	4190.00
494	417023.24	8608503.43	4208.43	1157	417057.44	8608518.95	4190.14
495	417018.31	8608495.71	4208.40	1158	417057.75	8608519.02	4190.16
496	417024.78	8608497.50	4208.40	1159	417057.75	8608519.02	4190.31
497	417023.24	8608503.43	4208.43	1160	417059.20	8608510.74	4190.32
498	417016.94	8608501.70	4208.43	1161	417059.20	8608510.74	4190.17
499	417025.13	8608497.54	4198.87	1162	417058.89	8608510.67	4190.15
500	417025.08	8608497.55	4202.67	1163	417058.89	8608510.67	4190.01
501	417018.44	8608495.72	4198.79	1164	417058.58	8608510.60	4190.01
502	417018.39	8608495.73	4202.58	1165	417058.59	8608510.60	4189.86
503	417018.19	8608496.86	4198.79	1166	417055.53	8608517.67	4194.95
504	417018.16	8608496.83	4201.26	1167	417055.45	8608518.00	4194.92
505	417017.97	8608497.56	4201.86	1168	417056.20	8608518.13	4194.91
506	417017.83	8608498.20	4201.16	1169	417056.31	8608517.85	4194.77
507	417017.86	8608498.15	4198.73	1170	417056.06	8608514.48	4198.66
508	417017.59	8608499.32	4198.67	1171	417056.05	8608514.41	4199.11
509	417017.56	8608499.31	4201.11	1172	417056.81	8608514.59	4198.65
510	417017.38	8608500.00	4201.82	1173	417056.80	8608514.55	4199.11
511	417017.23	8608500.67	4201.08	1174	417056.60	8608511.24	4194.99
512	417017.25	8608500.64	4198.65	1175	417056.68	8608510.90	4194.87
513	417017.29	8608500.65	4202.68	1176	417057.75	8608511.19	4194.48
514	417017.27	8608500.65	4204.73	1177	417057.79	8608510.88	4194.47
515	417017.42	8608500.04	4205.45	1178	417055.26	8608518.33	4190.82
516	417017.60	8608499.33	4204.85	1179	417055.40	8608517.69	4190.76
517	417017.61	8608499.34	4202.67	1180	417056.56	8608517.90	4190.76
518	417017.88	8608498.23	4202.67	1181	417056.44	8608517.97	4191.38
519	417017.86	8608498.22	4204.88	1182	417055.28	8608517.76	4191.39
520	417018.02	8608497.61	4205.46	1183	417055.17	8608518.25	4191.43
521	417018.18	8608496.93	4204.95	1184	417055.20	8608518.25	4194.46
522	417018.20	8608496.94	4202.67	1185	417055.31	8608517.76	4194.40
523	417023.53	8608498.11	4208.41	1186	417056.47	8608517.96	4194.41
524	417023.53	8608498.11	4208.83	1187	417056.34	8608518.45	4194.43
525	417023.70	8608497.50	4208.83	1188	417056.91	8608517.68	4195.08
526	417023.70	8608497.50	4208.41	1189	417056.78	8608518.17	4195.11
527	417024.30	8608497.66	4208.83	1190	417055.03	8608517.37	4195.05
528	417024.13	8608498.21	4208.83	1191	417054.90	8608517.86	4195.08
529	417024.13	8608498.21	4208.41	1192	417049.57	8608501.86	4189.20
530	417024.30	8608497.66	4208.41	1193	417049.59	8608501.92	4193.19

531	417024.37	8608497.71	4209.44	1194	417050.32	8608502.05	4193.19
532	417024.18	8608498.18	4209.47	1195	417050.35	8608501.86	4189.20
533	417023.58	8608498.08	4209.46	1196	417049.09	8608504.41	4194.98
534	417023.73	8608497.54	4209.45	1197	417049.82	8608504.54	4194.97
535	417023.89	8608497.92	4211.18	1198	417048.73	8608506.84	4193.40
536	417022.57	8608502.28	4208.45	1199	417049.46	8608506.96	4193.40
537	417023.16	8608502.44	4208.45	1200	417049.41	8608507.30	4193.40
538	417023.00	8608502.99	4208.45	1201	417048.68	8608507.17	4193.41
539	417022.39	8608502.89	4208.45	1202	417048.65	8608507.17	4189.36
540	417022.39	8608502.89	4208.87	1203	417048.70	8608506.85	4189.36
541	417022.57	8608502.28	4208.87	1204	417049.43	8608506.97	4189.35
542	417023.16	8608502.44	4208.87	1205	417049.38	8608507.30	4189.36
543	417023.00	8608502.99	4208.87	1206	417043.88	8608506.30	4193.58
544	417022.39	8608502.89	4208.87	1207	417043.58	8608508.09	4193.57
545	417022.45	8608502.83	4209.39	1208	417045.88	8608506.71	4195.42
546	417023.05	8608502.96	4209.40	1209	417045.61	8608508.41	4195.43
547	417023.15	8608502.43	4209.43	1210	417048.12	8608507.02	4193.86
548	417022.57	8608502.30	4209.42	1211	417047.86	8608508.83	4193.86
549	417022.72	8608502.65	4211.13	1212	417048.09	8608507.07	4189.36
550	417017.86	8608501.71	4208.39	1213	417048.13	8608507.12	4189.82
551	417018.03	8608501.17	4208.39	1214	417047.84	8608508.87	4189.81
552	417017.43	8608501.00	4208.39	1215	417050.74	8608507.58	4189.80
553	417017.25	8608501.62	4208.39	1216	417050.45	8608509.32	4189.81
554	417017.25	8608501.62	4208.81	1217	417048.34	8608508.96	4189.36
555	417017.43	8608501.00	4208.81	1218	417048.66	8608509.01	4189.41
556	417018.03	8608501.17	4208.81	1219	417048.66	8608509.01	4189.59
557	417017.86	8608501.71	4208.81	1220	417049.03	8608509.08	4189.60
558	417017.80	8608501.74	4209.22	1221	417049.03	8608509.08	4189.74
559	417017.27	8608501.58	4209.23	1222	417050.71	8608507.62	4193.45
560	417017.43	8608501.01	4209.27	1223	417050.46	8608509.33	4193.27
561	417017.97	8608501.17	4209.26	1224	417052.87	8608508.00	4195.51
562	417017.62	8608501.34	4210.78	1225	417052.54	8608509.70	4195.51
563	417019.08	8608496.79	4208.42	1226	417055.01	8608508.36	4193.38
564	417019.24	8608496.25	4208.42	1227	417054.74	8608510.06	4193.39
565	417018.64	8608496.08	4208.42	1228	417054.70	8608510.06	4189.69
566	417018.47	8608496.70	4208.42	1229	417055.00	8608508.31	4189.68
567	417018.47	8608496.70	4208.84	1230	417056.44	8608510.59	4190.74
568	417018.64	8608496.08	4208.84	1231	417056.39	8608511.09	4190.75
569	417019.24	8608496.25	4208.84	1232	417057.67	8608511.35	4190.74
570	417019.08	8608496.79	4208.84	1233	417057.47	8608511.06	4191.18
571	417019.25	8608496.34	4209.26	1234	417056.66	8608510.88	4191.18
572	417018.65	8608496.09	4209.30	1235	417056.71	8608510.37	4191.17
573	417018.43	8608496.66	4209.28	1236	417056.74	8608510.37	4194.20

574	417019.00	8608496.87	4209.27	1237	417056.48	8608510.55	4194.44
575	417018.82	8608496.49	4210.79	1238	417056.15	8608510.81	4195.07
576	417023.53	8608498.11	4208.41	1239	417056.10	8608511.28	4195.05
577	417023.15	8608498.10	4210.69	1240	417056.42	8608511.06	4194.45
578	417021.19	8608499.03	4212.28	1241	417056.68	8608510.87	4194.21
579	417019.05	8608500.27	4211.79	1242	417057.49	8608511.06	4194.21
580	417018.06	8608500.96	4210.29	1243	417057.73	8608511.38	4194.48
581	417018.03	8608501.17	4208.39	1244	417057.94	8608511.70	4195.08
582	417019.08	8608496.79	4208.42	1245	417050.66	8608502.95	4199.35
583	417018.93	8608497.02	4210.29	1246	417048.56	8608510.45	4199.57
584	417020.89	8608500.54	4212.17	1247	417057.79	8608513.10	4199.59
585	417022.05	8608501.97	4210.56	1248	417059.90	8608505.60	4199.37
586	417022.57	8608502.28	4208.45	1249	417050.66	8608502.95	4199.35
587	417014.08	8608516.75	4192.82	1250	417051.16	8608503.31	4199.11
588	417014.12	8608516.64	4189.26	1251	417059.45	8608505.69	4199.13
589	417015.27	8608512.66	4189.35	1252	417057.48	8608512.65	4199.34
590	417015.23	8608512.77	4192.91	1253	417049.18	8608510.27	4199.32
591	417014.08	8608516.75	4192.82	1254	417051.16	8608503.31	4199.11
592	417018.42	8608518.03	4192.91	1255	417054.59	8608509.63	4202.50
593	417018.43	8608518.02	4189.38	1256	417052.68	8608509.15	4202.51
594	417014.12	8608516.64	4189.26	1257	417053.89	8608508.45	4202.79
595	417016.18	8608512.95	4192.94	1258	417053.18	8608507.09	4202.50
596	417016.22	8608512.94	4192.34	1259	417053.50	8608507.72	4202.34
597	417016.43	8608512.91	4189.35	1260	417053.22	8608508.87	4202.35
598	417015.27	8608512.66	4189.35	1261	417054.32	8608509.15	4202.34
599	417019.25	8608513.65	4189.44	1262	417054.60	8608508.00	4202.33
600	417019.82	8608513.77	4189.44	1263	417053.50	8608507.72	4202.34
601	417019.79	8608513.88	4193.00	1264	417053.53	8608507.74	4201.43
602	417019.01	8608513.69	4192.89	1265	417051.16	8608503.31	4199.11
603	417014.12	8608516.64	4190.05	1266	417051.15	8608503.25	4195.66
604	417018.43	8608518.02	4190.16	1267	417059.45	8608505.63	4195.68
605	417018.42	8608518.03	4192.91	1268	417059.45	8608505.69	4199.13
606	417019.79	8608513.88	4193.00	1269	417059.90	8608505.60	4199.37
607	417018.43	8608518.02	4189.38	1270	417054.64	8608508.02	4201.42
608	417019.82	8608513.77	4189.44	1271	417054.60	8608508.00	4202.33
609	417015.23	8608512.77	4192.91	1272	417055.10	8608507.57	4202.49
610	417017.14	8608513.22	4193.62	1273	417053.18	8608507.09	4202.50
611	417019.01	8608513.69	4192.89	1274	417049.17	8608510.21	4195.86
612	417016.78	8608510.40	4189.37	1275	417049.18	8608510.27	4199.32
613	417016.73	8608510.42	4192.28	1276	417048.56	8608510.45	4199.57
614	417016.02	8608510.23	4192.28	1277	417053.21	8608508.85	4201.45
615	417015.93	8608511.08	4192.28	1278	417054.32	8608509.14	4201.45
616	417016.64	8608511.27	4192.28	1279	417054.32	8608509.15	4202.34

617	417016.73	8608510.42	4192.28	1280	417054.59	8608509.63	4202.50
618	417015.98	8608511.05	4189.37	1281	417053.89	8608508.45	4202.79
619	417016.70	8608511.24	4189.37	1282	417055.10	8608507.57	4202.49
620	417016.78	8608510.40	4189.37	1283	417054.59	8608509.63	4202.50
621	417016.07	8608510.21	4189.37	1284	417057.47	8608512.59	4195.88
622	417017.44	8608504.56	4189.18	1285	417057.48	8608512.65	4199.34
623	417015.59	8608504.63	4189.15	1286	417057.79	8608513.10	4199.59
624	417014.64	8608508.23	4189.15	1287	417054.32	8608509.14	4201.45
625	417016.14	8608509.14	4189.18	1288	417054.64	8608508.02	4201.42
626	417017.44	8608504.56	4189.18	1289	417053.53	8608507.74	4201.43
627	417017.51	8608504.56	4189.39	1290	417053.21	8608508.85	4201.45
628	417019.64	8608512.09	4189.38	1291	417053.22	8608508.87	4202.35
629	417020.82	8608512.36	4189.38	1292	417052.68	8608509.15	4202.51
630	417021.15	8608511.51	4189.38	1293	417053.18	8608507.09	4202.50
631	417019.97	8608511.24	4189.38	1294	417022.33	8608508.74	4199.52
632	417019.64	8608512.09	4189.38	1295	417024.38	8608504.98	4198.25
633	417019.64	8608512.09	4192.26	1296	417023.90	8608509.00	4199.50
634	417019.98	8608511.37	4192.59	1297	417028.31	8608509.77	4199.44
635	417019.98	8608511.37	4189.41	1298	417025.66	8608518.40	4196.55
636	417019.97	8608511.24	4189.38	1299	417025.36	8608520.48	4195.95
637	417016.70	8608510.71	4192.29	1300	417029.57	8608514.12	4198.21
638	417018.21	8608511.14	4193.71	1301	417030.31	8608510.14	4199.41
639	417019.88	8608511.58	4192.48	1302	417030.65	8608514.52	4197.09
640	417019.64	8608512.09	4192.26	1303	417031.31	8608510.32	4199.40
641	417018.21	8608511.14	4193.71	1304	417032.11	8608506.02	4197.11
642	417019.88	8608511.58	4192.48	1305	417033.27	8608510.68	4199.38
643	417016.70	8608510.71	4192.29	1306	417031.55	8608517.77	4196.33
644	417019.64	8608512.09	4189.38	1307	417032.73	8608518.35	4196.51
645	417016.64	8608511.27	4192.29	1308	417034.51	8608510.88	4199.36
646	417016.71	8608511.25	4189.38	1309	417035.29	8608515.27	4193.30
647	417018.00	8608511.66	4193.70	1310	417035.33	8608515.22	4189.27
648	417019.64	8608512.09	4192.26	1311	417038.02	8608507.20	4198.20
649	417018.43	8608511.20	4193.71	1312	417036.69	8608511.24	4199.34
650	417017.77	8608503.63	4189.38	1313	417038.70	8608511.57	4199.32
651	417018.58	8608503.81	4189.38	1314	417038.80	8608507.13	4197.05
652	417018.99	8608502.88	4189.38	1315	417037.68	8608515.72	4197.06
653	417018.21	8608502.62	4189.38	1316	417039.54	8608511.71	4199.31
654	417018.58	8608503.81	4189.38	1317	417039.39	8608515.73	4198.18
655	417018.42	8608503.53	4192.34	1318	417041.02	8608511.95	4199.29
656	417017.80	8608503.36	4192.37	1319	417044.27	8608516.86	4197.00
657	417017.77	8608503.63	4189.38	1320	417046.39	8608512.84	4199.35
658	417018.42	8608503.53	4192.34	1321	417047.44	8608517.13	4198.24
659	417018.64	8608503.07	4192.34	1322	417048.50	8608513.20	4199.37

660	417018.88	8608503.05	4192.34	1323	417048.59	8608517.56	4197.12
661	417018.97	8608502.83	4192.40	1324	417050.35	8608513.50	4199.39
662	417018.97	8608502.91	4191.40	1325	417055.59	8608514.32	4199.55
663	417018.99	8608502.88	4189.38				

### 3.9.1.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y ANÁLISIS EN LABORATORIO CON LOS ENSAYOS ESPECÍFICOS:

ASTM –C29 DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.

#### OBJETIVO

Encontrar el peso por unidad de volumen

#### EQUIPOS

FIGURA N° 31 ASTM – C29

**Descripción:** Amoladoras de 9 ½” y 4.5” de diámetro, nivel de mano, guantes, extensión y EPP



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 32 ASTM –C29

**Descripción:** Balanza con precisión de 0.01 kg, y una libreta de campo.



Fuente: Elaboración Propia.

## PROSEDIMIENTO

FIGURA N° 33 ATM –C29

1. Recolecté las piedras que existían en el patio trasero de la iglesia, se observa tres tipos diferentes de piedras.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 34 ASTM -C29

**Descripción:** Procedemos a cortar las piedra en formas cubicas de 6" de cada lado en los tres tipos de muestras que tenemos.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 35 ASTM-C29

**Descripción:** Piedras cortadas en forma cubica de 6".



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 36 ASTM -C29

**Descripción:** Luego del transporte de los especímenes a los laboratorios de la EAPIC se procede a registrar las medidas y los pesos de cada uno y apuntamos en nuestra libreta.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 37 ASCTM-C29

**Descripción:** Hacemos lo mismos para la piedra de color blanco.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 38 ASTM –C29

**Descripción:** Hacemos lo mismos para la piedra de color amarillo.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 39 ASTM –C29

**Descripción:** Finalmente se registraron las medidas y pesos para posteriormente analizar los datos.



**Fuente:** Elaboración Propia.



FIGURA N° 41 ASTM-C39

**Descripción:** Equipo de corte diamantina en formas cilíndricas de 6" de diámetro.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 42 ASTM –C39

- **Descripción:** Almohadillas para los testigos, además unas escuadras y winchas.



**Fuente:** Elaboración Propia.

## PROSEDIMIENTO

FIGURA N° 43 ASTM-C39

**Descripción:** Con el equipo de corte diamantina las piedras que inicialmente eran de forma cubica se tuvieron que cortar en forma cilíndrica para los ensayos faltantes.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 44 ASTM –C39

**Descripción:** Se realiza el tallado para todos los tipos de piedra que tenemos.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 45 ASTM –C39

1. **Descripción:** Se terminó con el tallado de las piedras cubicas a cilíndricas con el equipo de corte diamantina.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 46 ASTM –C39

**Descripción:** Se prosigue con el secado de la piedra en el horno 250° C. para garantizar que todas las piedras tengas las mismas condiciones.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 47 ASTM-C39

**Foto nro.** Acto seguido se prepara el CAPIN (azufre + ventonita) para homogenizar las superficies de contacto para que se distribuya mejor las fuerzas aplicadas.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 48 ASTM-C39

**Descripciones** Hacemos el mismo procedimiento para todos los especímenes.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 49 ASTM-C39

**Descripción:** Una vez lista el espécimen o mejor dicho NUCLEO se procede a someter a cargas verticales por la máquina de resistencia a la compresión.



**Fuente:**  
Elaboración Propia.

FIGURA N° 50ASTM-C39

**Descripción:** Finalmente se registra la carga total que fue necesaria para la falla del núcleo; Consecuentemente realizar los cálculos tal como nos detalla el ensayo ASTM –C39.  
Este procedimiento obviamente se realizara para todos los Núcleos Faltantes.



**Fuente:**  
Elaboración Propia.

**ASTM -C469 MÉTODO ESTÁNDAR DE ENSAYO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL NÚCLEO EN COMPRESIÓN**

**OBJETIVO**

Este método de ensayo cubre la determinación del (1) el módulo de elasticidad secante (de Young) y (2) la relación de Poisson en cilindros de concreto moldeados y núcleos de concreto taladrados cuando son sometidos a esfuerzos de compresión longitudinal

**EQUIPOS**

*FIGURA N° 51 ASTM-469*

**Descripción: Prensa Universal** del Laboratorio de resistencia de materiales de la EAPIC.



**Fuente:** Elaboración Propia

FIGURA N° 52 ASTM-C469

1. **Descripción:** Laptop y equipo de registro de deformaciones y expansiones.



Fuente:

Elaboración Propia

FIGURA N° 53 ASTM-C469

**Descripción:** Abrazadera diseñada para sujetar el sensor electrónico. Mediante tornillos.



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 54ASTM-C469

**Descripción:** Sensor Electrónico de desplazamientos con una precisión de  $1 \mu m$  o  $1 \text{ metro} \times 10^{-6}$ .



**Fuente:** Elaboración Propia

## PROCEDIMIENTO.

FIGURA N° 55 ASTM-C469

**Descripción:** Una vez obtenida los núcleos moldeados y alisados las superficies que soportaran las cargas, se procede con el registro de los diámetros y alturas de todos los núcleos.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 56 ASTM-C469

**Descripción:** Anuestro primer nucleo le colocamos la abrazadera ya instalada con el sensor de desplazamiento micrometrico que asu ves ya esta conectada a los equipos que registraran la deformacion transversal.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 57ASTM –C469

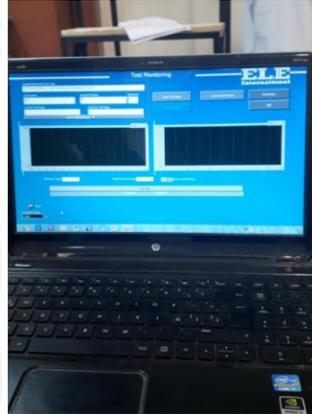
Ejecutamos el software y verificamos que el registro de la deformación este en unidades de 0.001 mm.( establecido en el ASTM –C469).



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 58 ASTM-C469

**Descripción:** Con la ayuda de un celular registramos en video todos los desplazamientos para luego sincronizar con la prensa universal y hacer sus cálculos respectivos.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 59 ASTM-C469

**Descripción:** Como se puede observar existen tres equipos que trabajan simultaneamente que en estos momentos les detallare las funciones que estan realizando.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 60ASTM-C469

**Descripción:** LA PRENSA UNIVERSAL ejerce presión sobre el núcleo de color blanco que se encuentra en su plataforma.

1.1. EL **SENSOR MICROMÉTRICO** electrónico transmite la deformación horizontal del núcleo hacia la laptop.



FIGURA N° 61 ASTM-C469



**Descripción:** LA **COMPUTADORA** que es parte la prensa universal establece las condiciones de compresión que la norma exige. Velocidad de compresión= 0.8 mm/minuto.

1.2. También LA **COMPUTADORA**

registra la carga que ejerce en kg. Y la deformación vertical en centésimas de mm, en este caso la compresión del núcleo, nos arroja la gráfica de esfuerzo vs deformación.

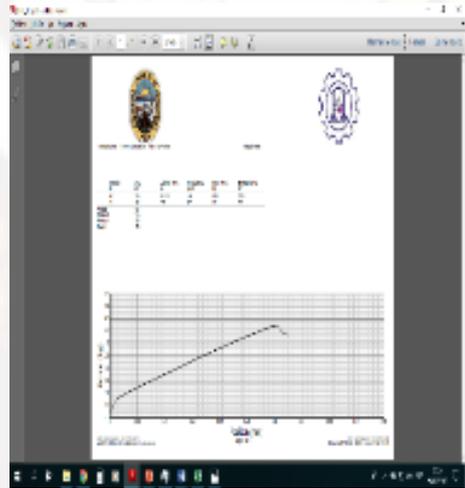


FIGURA N° 62 ASTM-C469

**Descripción:** LAP TOP, la función que cumple es de almacenar las deformaciones horizontales que el sensor electrónico le transmite con ayuda de un celular que graba en video la deformación ocurrida.



**Fuente:** Elaboración Propia.

FIGURA N° 63 ASTM-C469

**Descripción:** Finalmente este procedimiento se repitió en todos los núcleos para obtener su módulo de elasticidad y Coeficiente de poisson. (Culminación de todos los ensayos).



**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.9.2. ANÁLISIS DE DATOS

En el análisis de datos se procedió según corresponda, del cual se detalla de la siguiente manera

#### TRABAJO DE GABINETE LOS DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:

FIGURA N° 64 EL SOFTWARE QUE SE UTILIZÓ ES EL "AUTOCAD CIVIL 3D 2017"

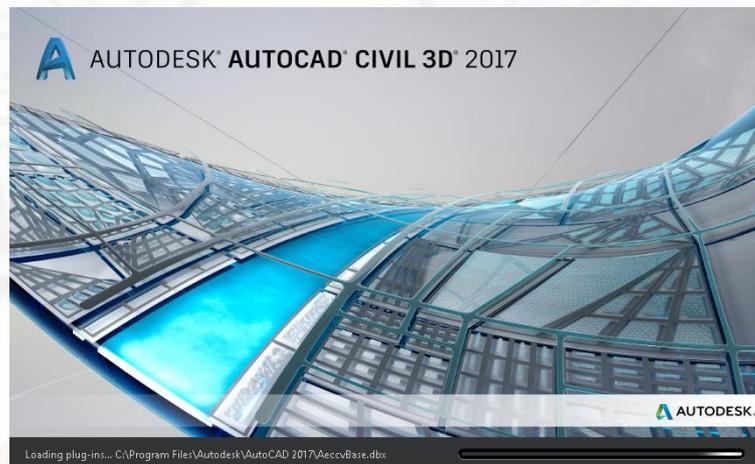
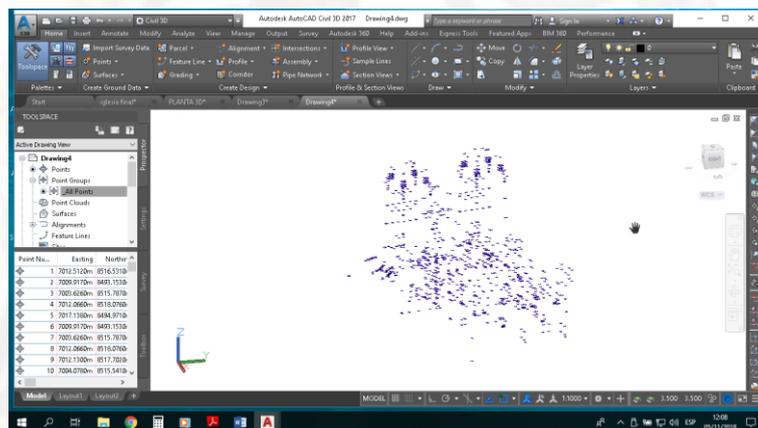


FIGURA N° 65 SE IMPORTARON LOS PUNTOS CON LOS PARÁMETROS PENZ.



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 66 LUEGO SE EMPEZÓ A UNIR LOS PUNTOS TAL COMO SE MUESTRA EN LAS SIGUIENTES FIGURAS.

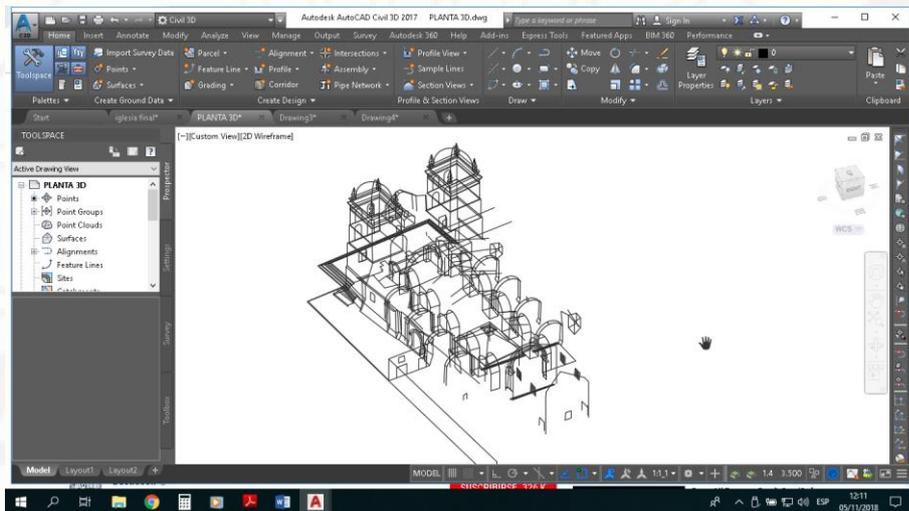
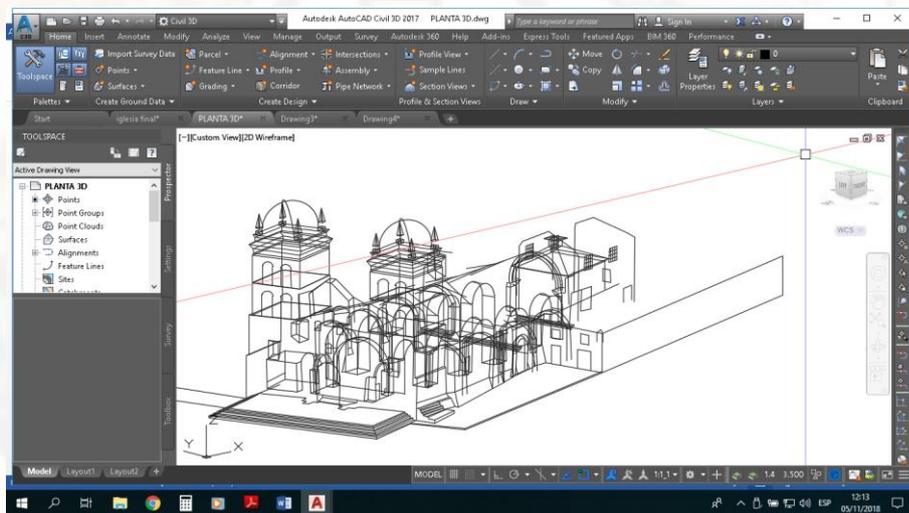


FIGURA N° 67 VISTA FRONTAL DE LA IGLESIA, CAD



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 68 FINALMENTE SE TRABAJÓ EN 2D PARA LA PRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA DE LOS PLANOS CORRESPONDIENTES ELEVACION PRINCIPAL DE LA IGLESIA CATEDRAL

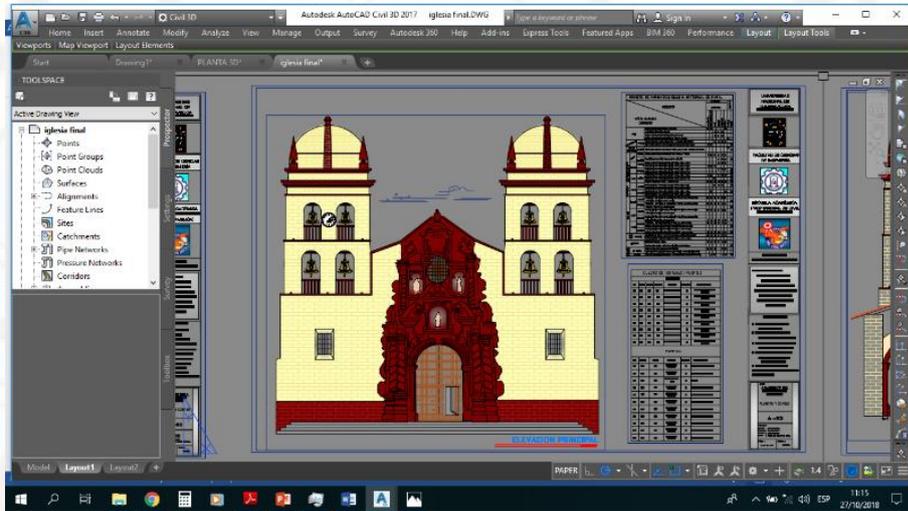
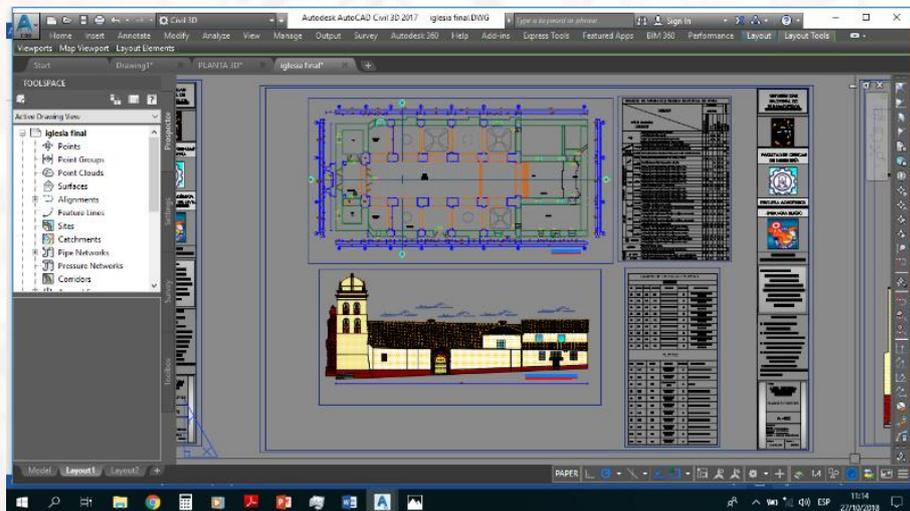


FIGURA N° 69 PLANTA Y ELEVACION LATERAL



Fuente: Elaboración Propia.

FIGURA N° 70 PLANTA Y CORTE A-A

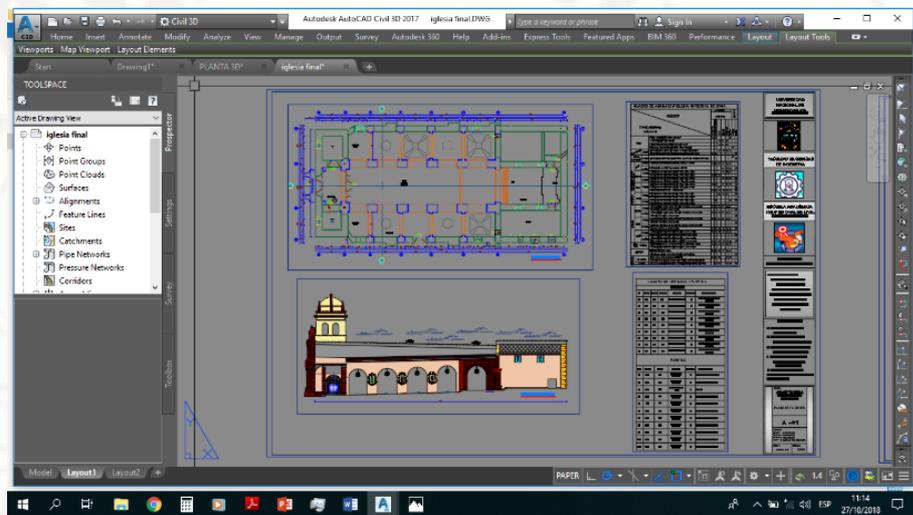
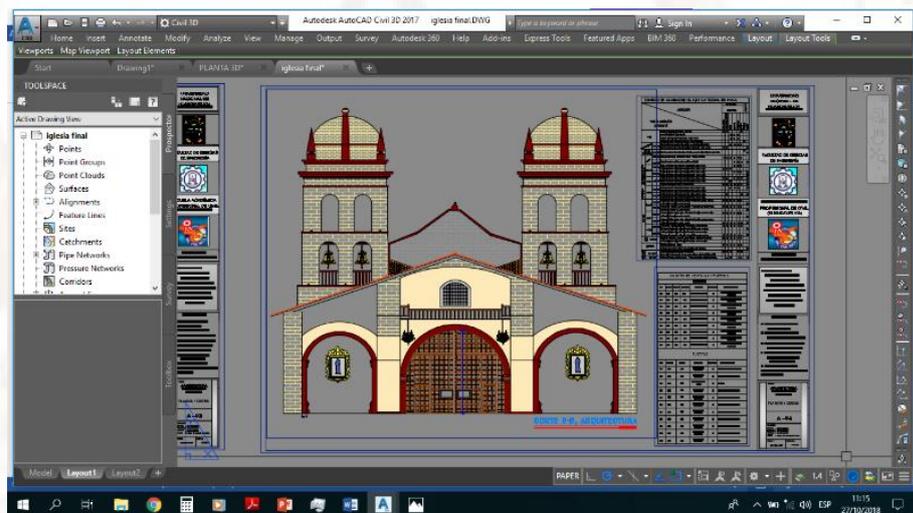


FIGURA N° 71 PLANTA Y CORTE B-B



- **TRABAJO DE GABINETE DE LABORATORIO ENSAYO: DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.**

ASTM-C29, Como es de conocimiento común que este ensayo es para agregados no mayores 125 mm de tamaño nominal, en mi investigación tratare de adaptarme a esta normativa para poder oponer un peso por unidad de volumen que es un dato indispensable para el modelamiento de la iglesia.

Y por ende se prosiguió de la siguiente manera.

- **CALCULAMOS EL VOLUMEN**

$$V = L \times A \times h.$$

donde:

*V= Volumen Del Espécimen*

*L= Largo Del Espécimen*

*A=Ancho Del Espécimen*

*h=altura del espécimen*

Si conocemos:

$$L \text{ promedio} = 15.35 \text{ cm}$$

$$A \text{ promedio} = 15.12 \text{ cm}$$

$$h \text{ promedio} = 15.55 \text{ cm}$$

$$\text{entonces tenemos Volumen} = 15.35 \times 15.12 \times 15.55$$

$$\text{Volumen} = 0.003610 \text{ m}^3$$

- **CALCULAMOS EL PESO UNITARIO**

$$Pu = W / V$$

donde:

*Pu=Peso por unidad de Volumen. (kg/m<sup>3</sup>)*

*W= Peso del espécimen (kg)*

*V=Volumen del espécimen. (m<sup>3</sup>)*

Calculamos

$$Pu = W / V$$

$$\text{Reemplazamos en } Pu = 5.2 \frac{\text{kg}}{0.003610} \text{ m}^3$$

Y tenemos el peso unitario

$$Pu = 1440.45 \text{ kg/m}^3$$

De la misma manera se continúa con los otros 8 núcleos, pero esta vez lo haremos en una hoja Excel el cual nos facilita el cálculo rápido e interactivo.

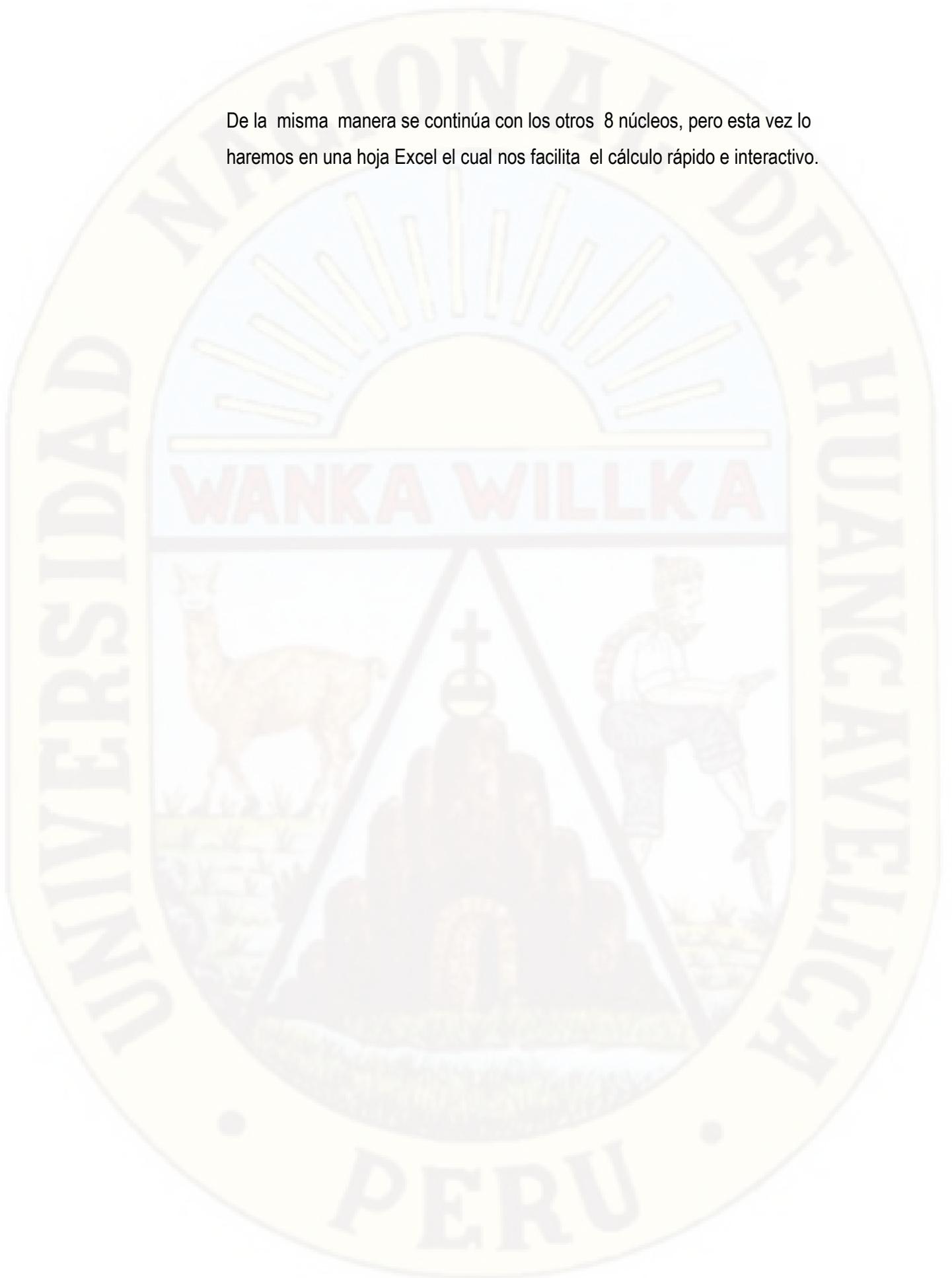


TABLA N° 4 RESULTADOS PESO UNITARIO.

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS**

**ENSAYO** DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO)  
**COLOR DE LA PIEDRA** :AMARILLO, ROJA Y BLANCA  
**NORMATIVA** :AST M-C29  
**OBJETIVO** :ENCONTRAR EL PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN

$$V = L \times A \times h.$$

donde:

*V= VOLUMEN DEL ESPECIMEN*  
*L= LARGO DEL ESPECIMEN*  
*A=ANCHO DEL ESPECIMEN*  
*h=ALTURA DEL ESPECIMEN*

$$Pu = W/V$$

donde:

*Pu=Peso por unidad de Volumen.*  
*W= Peso del espécimen*  
*V=Volumen del espécimen.*



ESPECIMEN NRO.	PESO UNITARIO:		
	AMARILLO	ROJO	BLANCO
01	1440.45 kg/m <sup>3</sup>	2280.75 kg/m <sup>3</sup>	1898.29 kg/m <sup>3</sup>
02	1457.48 kg/m <sup>3</sup>	2382.29 kg/m <sup>3</sup>	1885.72 kg/m <sup>3</sup>
03	1410.33 kg/m <sup>3</sup>	2393.30 kg/m <sup>3</sup>	1765.44 kg/m <sup>3</sup>
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS	<b>1436.08 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2352.11 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1849.81 kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: Elaboración Propia.

- **TRABAJO DE GABINETE DE LABORATORIO ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS.**

ASTM-C39, Este ensayo Cubre la determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos ya sean moldeados o núcleos extraídos de algún material, a continuación detallaremos en resumen las condiciones que debe cumplir un espécimen para poder realizar el siguiente ensayo.

- Debe tener un peso unitario mayor 800 kg/m<sup>3</sup> (SI CUMPLE)
- Si la relación L/D es 1.75 o menor, el valor calculado de esfuerzo se debe multiplicar por el factor de corrección determinado en la siguiente tabla:

TABLA N° 5 FACTORES DE L/D

LONGITUD/DIAMETRO	FACTOR
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Fuente: ASTM-C39

- El esfuerzo a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo entre el área transversal del espécimen de la siguiente manera.

**CÁLCULOS.**

Calcular la resistencia a la compresión

$$F_c = F/A$$

donde:

*F<sub>c</sub>* = Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

*F* = Esfuerzo de Compresión (kg)

*A* = Área de la sección transversal del espécimen (cm<sup>2</sup>)

- El esfuerzo se calculó de los datos obtenidos con el apoyo de una hoja de Excel tal como se muestra a continuación de 9 especímenes.

TABLA N° 6 RESUMEN RESISTENCIA A LA COMPESION.

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS**

ENSAYO :RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE PIEDRA  
 COLOR DE LA PIEDRA :AMARILLO, ROJO Y BLANCO  
 NORMATIVA :ASTM-C39  
 OBJETIVO :ENCONTRAR LA RESITENCIA MAXIMA DE COMPRESION DE LOS  
 FORMULAS:

donde:  
 $F_c = F/A$   
 $F_c =$  Resistencia a la Compresion (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $F =$  Esfuerzo de Compresion (kg)  
 $A =$  Area de la seccion transversal del especimen (cm<sup>2</sup>)



RESISTENCIA A LA COMPRESION			
	AMARILLO	ROJO	BLANCO
ESPECIMEN NRO. 01	7.69 kg/cm <sup>2</sup>	93.06 kg/cm <sup>2</sup>	105.64 kg/cm <sup>2</sup>
ESPECIMEN NRO. 02	7.16 kg/cm <sup>2</sup>	100.30 kg/cm <sup>2</sup>	113.22 kg/cm <sup>2</sup>
ESPECIMEN NRO. 03	6.41 kg/cm <sup>2</sup>	82.23 kg/cm <sup>2</sup>	108.21 kg/cm <sup>2</sup>
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS	<b>7.09 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>91.86 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>109.03 kg/cm<sup>2</sup></b>

Fuente: Elaboración Propia.

- **TRABAJO DE GABINETE DE LABORATORIO ENSAYO: MÉTODO ESTÁNDAR DE ENSAYO PARA MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL NÚCLEO EN COMPRESIÓN.**

ASTM-C469, Para poder entender este ensayo debemos conocer antes algunos conceptos básicos de esfuerzos, ley de Hooke.

### **ESFUERZO DEFORMACIÓN.**

El análisis experimental del esfuerzo se realiza al medir la deformación de una parte bajo carga e inferir el estado de esfuerzo que existe a partir de las deflexiones medidas. Si una barra tiene un área de sección transversal  $A_c$ , y la carga se aplica sólo a lo largo del eje de la barra, el esfuerzo normal se define como.

$$\sigma_a = \frac{F_N}{A_c}$$

*donde:*

$A_c$  = Área de Contacto

$F_N$  = Fuerza de tensión aplicada.

La razón de cambio en longitud de la barra (que resulta de aplicar la carga) con respecto a la longitud original es la deformación axial, definida como.

$$\varepsilon_a = \frac{\delta_L}{L}$$

*donde:*

$\delta_L$  = El cambio de longitud

$\varepsilon_a$  = Deformación promedio sobre la longitud

$L$  = La longitud original sin carga

Para la mayoría de los materiales de ingeniería, la deformación es una pequeña cantidad; con frecuencia la deformación se reporta en unidades de  $10^{-6}$  pl. /pl. ó  $10^{-6}$ m/m. Éstas son equivalentes a una unidad adimensional llamada micro deformación ( $\mu\epsilon$ ). Los diagramas de esfuerzo – deformación son muy importantes para entender el comportamiento de un material bajo carga.

Los diagramas de esfuerzo – deformación son muy importantes para entender el comportamiento de un material bajo carga.

Para cargas menores, la mayoría de los materiales de ingeniería presentan una relación lineal entre esfuerzos y la deformación. El intervalo de esfuerzos sobre el cual se mantiene esta relación para este comportamiento elástico se expresa como.

$$\sigma_a = (E_m)(\epsilon_a)$$

*donde:*

$\sigma_a$  = Esfuerzo Axial

$E_m$  = Módulo de elasticidad.

$\epsilon_a$  = Deformación unitaria axial

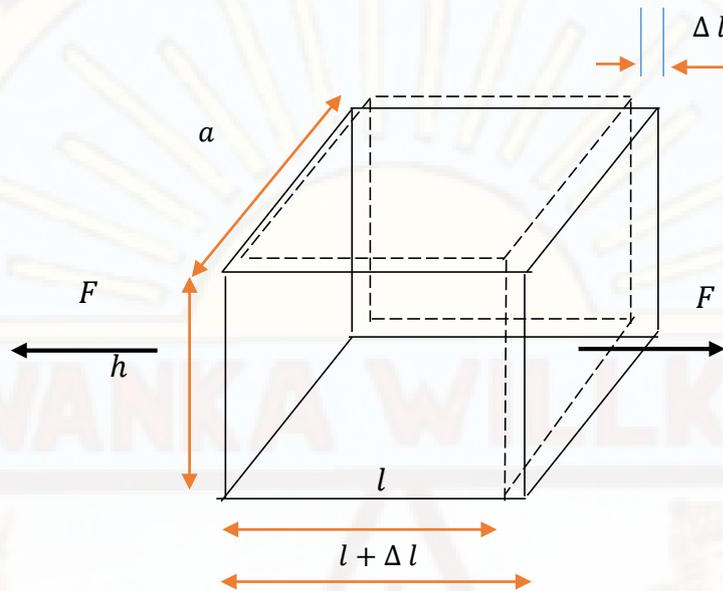
La relación se llama Ley de Hooke, la cual se aplica sólo sobre intervalo del esfuerzo aplicado donde la relación entre el esfuerzo ya la deformación es lineal.

### **LEY DE HOOKE**

La elasticidad es la capacidad de los materiales de recuperar su tamaño y su forma cuando se quitan las fuerzas que les producen deformaciones. Esta propiedad se encuentra en mayor o menor medida en todos los cuerpos sólidos

Cuando se presiona un trozo de material, éste se deforma. Si la fuerza es suficientemente pequeña, el desplazamiento relativo de los diferentes puntos del material es proporcional a la fuerza. A esto se lo denomina comportamiento elástico. Si se toma un bloque rectangular de material de longitud  $l$ , ancho  $a$  y altura  $h$ , como el de la figura 1, y se le aplica entre los extremos una fuerza  $F$ , la

longitud aumenta una cantidad  $\Delta L$ , proporcional a  $F$ . A esto se lo conoce como ley de Hooke.



Estiramiento de una barra rectangular  
Sometida a esfuerzos.

La relación lineal entre el esfuerzo y la deformación unitaria en una barra en tensión o compresión simple se expresa con la ecuación.

$$\sigma_a = (E_m)(\epsilon_a)$$

donde:

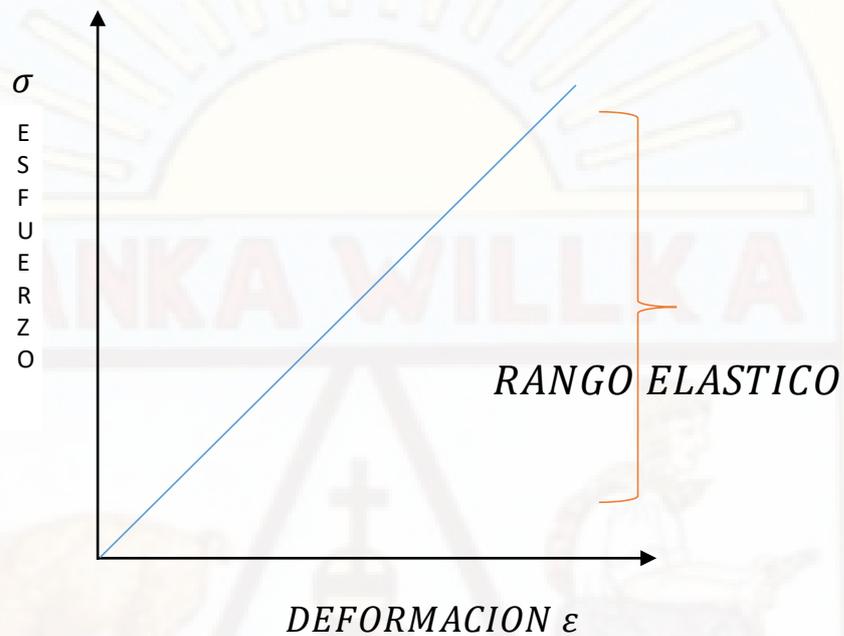
$\sigma_a$  = Esfuerzo Axial

$E_m$  = Módulo de elasticidad.

$\epsilon_a$  = Deformación unitaria axial

- El módulo de elasticidad es la pendiente de el diagrama de esfuerzo deformación unitaria en la región linealmente elástica. Como la deformación

unitaria es adimensional, las unidades de E son iguales a las unidades del esfuerzo. Las unidades normales de E son psi o ksi en el sistema Inglés, pascales (o sus múltiplos) en el sistema SI y en el sistema métrico kg/cm<sup>2</sup>.



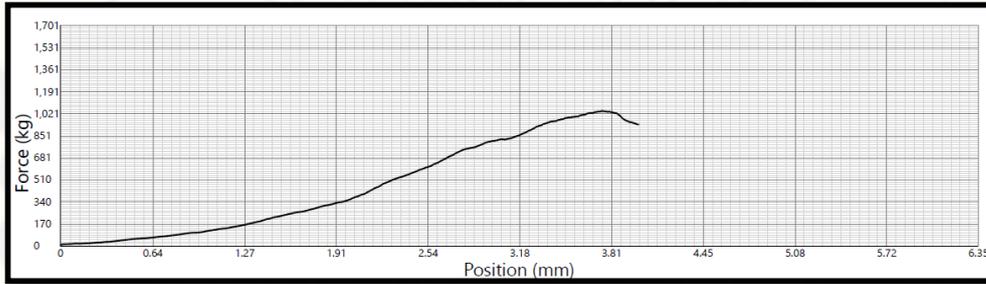
**FUENTE:** MIROLIUBOV, TIMOSHENKO (RESISTENCIA DE MATERIALES)

Luego de descrito lo conceptos pertinentes, a continuación se muestra los cálculos en hojas Excel tal como se hizo anteriormente.

TABLA N° 7 RESUMEN DEL ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD.

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS**

ENSAYO : MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y RELACIÓN DEPOISSON DEL ESPECIMEN EN COMPRESIÓN  
 COLOR DE LA PIEDRA: AMARILLO, ROJO Y BLANCO.  
 NORMATIVA: ASTM-C469



PIEDRA AMARILLO	MÓDULO DE ELASTICIDAD	RELACION DE POISSON
ESPECIMEN NRO. 01	293.16 kg/cm <sup>2</sup>	0.323
ESPECIMEN NRO. 02	147.53 kg/cm <sup>2</sup>	0.200
ESPECIMEN NRO. 03	262.04 kg/cm <sup>2</sup>	0.284
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS	<b>234 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>0.269</b>
PIEDRA ROJA	MÓDULO DE ELASTICIDAD	RELACION DE POISSON
ESPECIMEN NRO. 01	3601.42 kg/cm <sup>2</sup>	0.401
ESPECIMEN NRO. 02	3874.55 kg/cm <sup>2</sup>	0.432
ESPECIMEN NRO. 03	5412.73 kg/cm <sup>2</sup>	0.351
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS	<b>4296 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>0.395</b>
PIEDRA BLANCA	MÓDULO DE ELASTICIDAD	RELACION DE POISSON
ESPECIMEN NRO. 01	20440.04 kg/cm <sup>2</sup>	0.042
ESPECIMEN NRO. 02	19195.21 kg/cm <sup>2</sup>	0.048
ESPECIMEN NRO. 03	21349.68 kg/cm <sup>2</sup>	0.131
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS	<b>20328 kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>0.074</b>

NOTA: Los resultados finales que acabamos de obtener serán utilizados en la modelación de la iglesia.

Fuente: Elaboración Propia.

-El procesamiento se realizó en el programa en el programa sap2000.v20.

FIGURA N° 72 SAP2000.V20

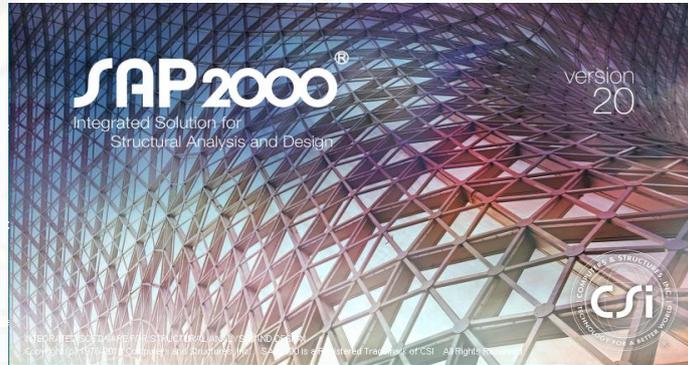


FIGURA N° 73 CREACION DE LOS MATERIALES

Three overlapping dialog boxes titled "Material Property Data" are shown. Each dialog box contains the following fields:

- General Data:** Material Name and Display Color (e.g., PIEDRA AMARILLA, PIEDRA BLANCA, PIEDRA ROJA), Material Type (Concrete), Material Grade (f'c 4000 psi), and Material Notes.
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume, Mass per Unit Volume, and Units (Kg/m, C).
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E; Poisson, U; Coefficient Of Thermal Expansion, A; Shear Modulus, G.
- Other Properties For Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, f'c; Expected Concrete Compressive Strength; Lightweight Concrete checkbox; and Shear Strength Reduction Factor.

Each dialog box has "OK" and "Cancel" buttons at the bottom.

FIGURA N° 74 CREACION DE LAS SECCIONES.

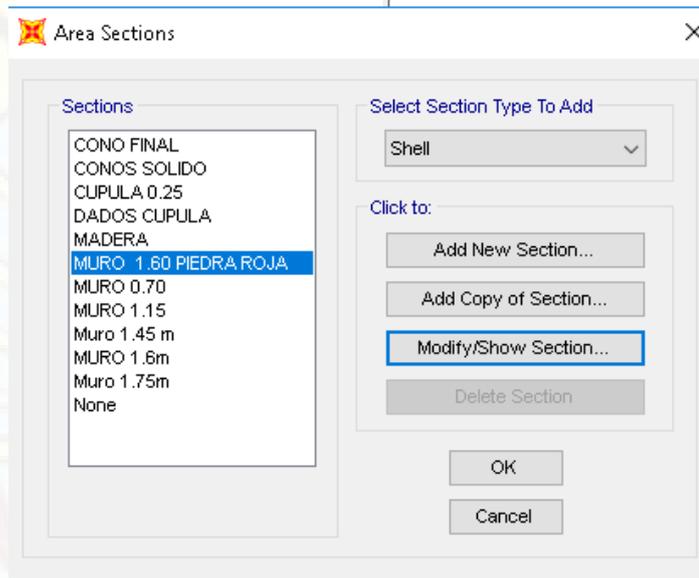


FIGURA N° 75 DEFINICION DE TIPOS DE CARGA

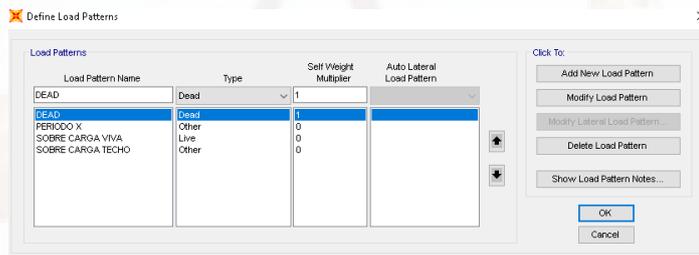
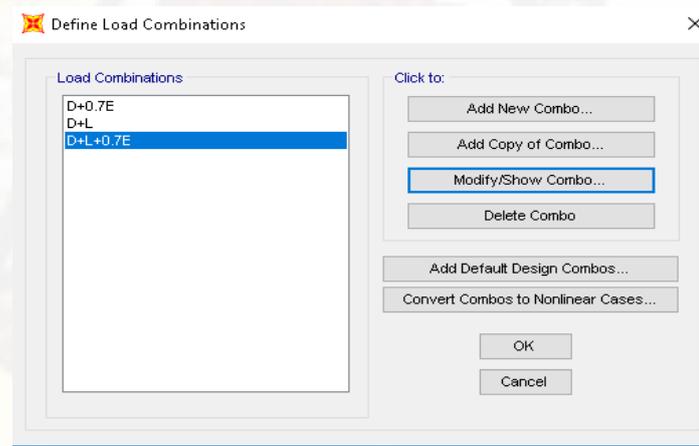


FIGURA N° 76 COMBINACIONES DE CARGA.



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 8 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO.

	PD	Altura de Entrepiso	Altura acumulada	Peso x Altura.	$\alpha_i$	Fi
1 piso	3977.9 tn	7.29 m	7.29 m	28998.83 tn.m	0.53 tn.m	1273.5 tn
2 piso	855.7 tn	6.58 m	13.87 m	11868.43 tn.m	0.22 tn.m	521.2 tn
3 piso	641.6 tn	5.57 m	19.44 m	12472.27 tn.m	0.23 tn.m	547.7 tn
Cupul	80.0 tn	3.31 m	22.75 m	1819.99 tn.m	0.03 tn.m	79.9 tn
$\Sigma$	5555.2 tn			55159.53 tn.m	1.00	

Fuente: Elaboración propia.

# CAPITULO IV

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

FIGURA N° 77 MODELAMIENTO DE LA IGLESIA CATEDRAL, SAP2000.

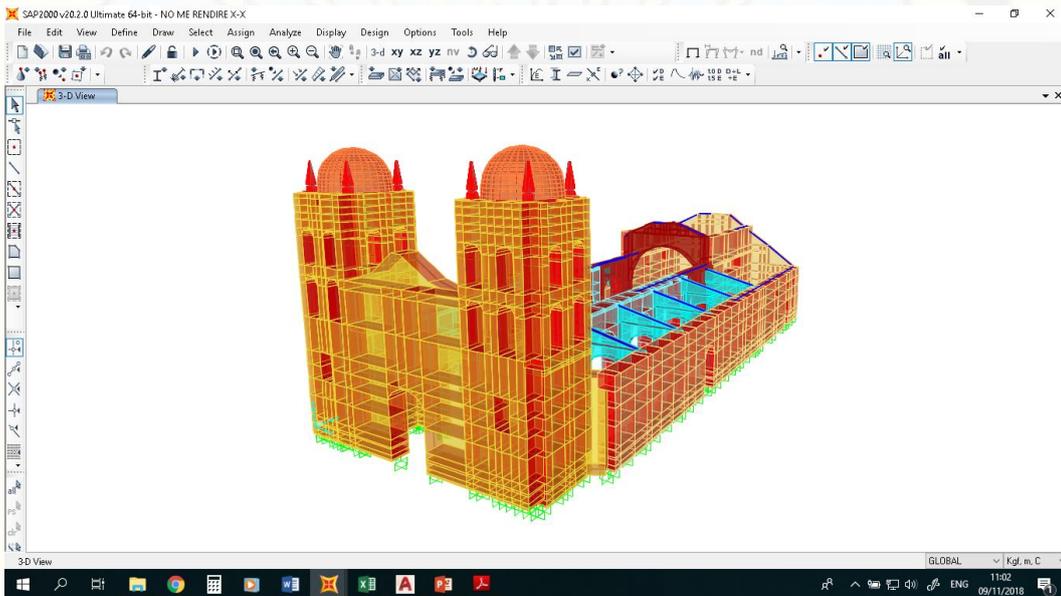
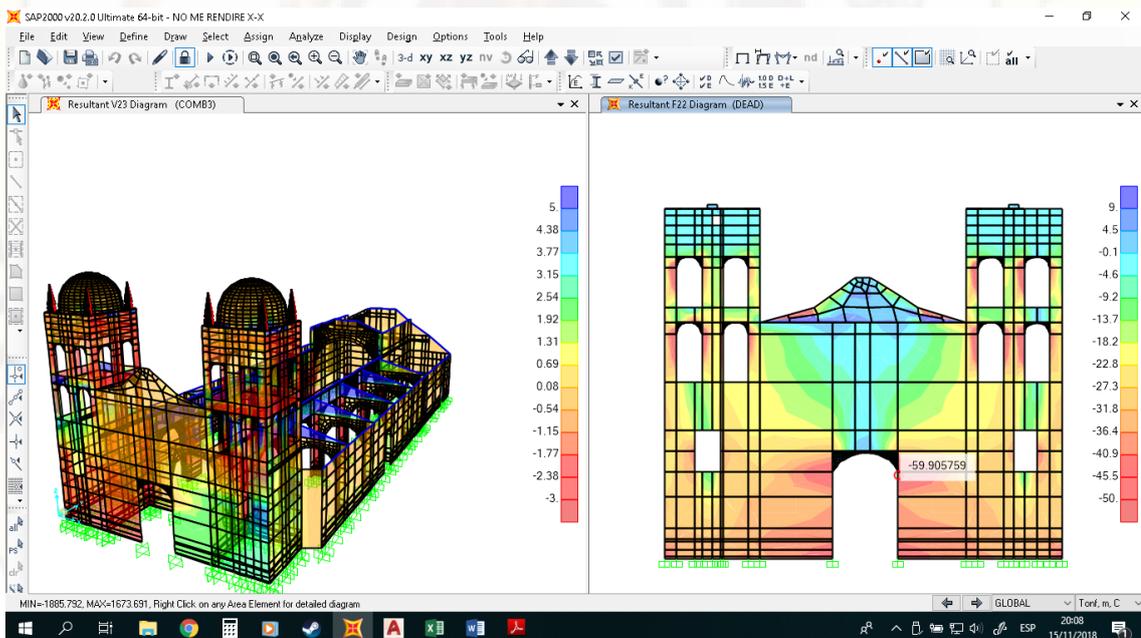


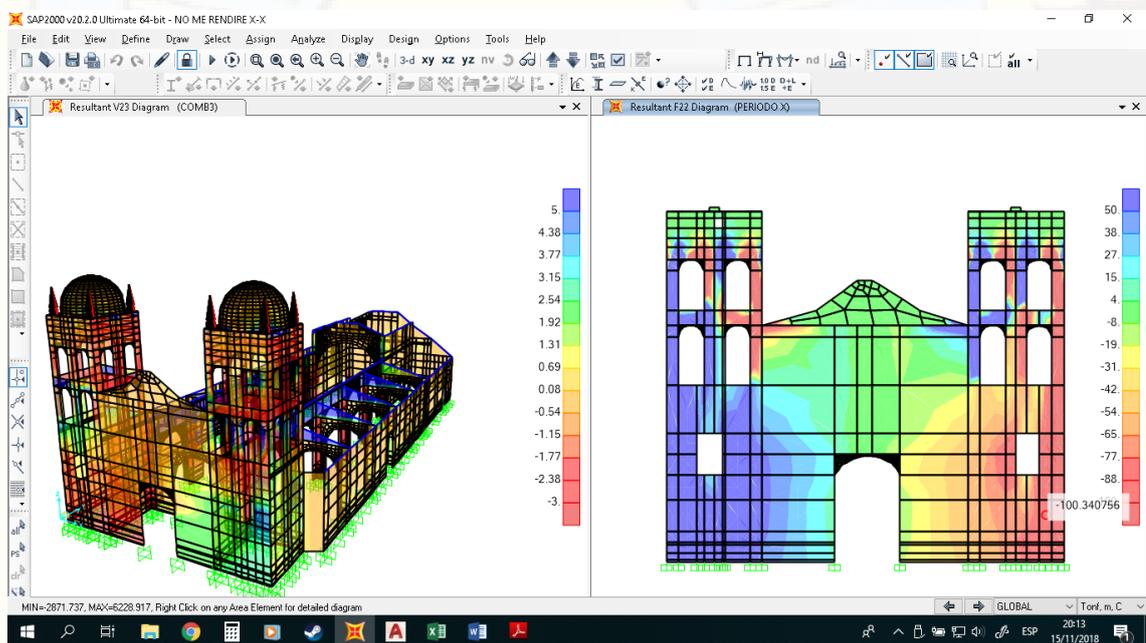
FIGURA N° 78 LINEA DE ENERGIA DE ESFUERZOS INTERNOS- PESO PROPIO



**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:** Como se observa los esfuerzos máximos se encuentran en las primeras hileras de la iglesia con un valor de  $50\text{tn/m}^2$  lo que equivale a  $5\text{kg/cm}^2$ ; precisamente a punto de exceder su resistencia a la compresión, según resultados de laboratorio ( $f'_c$  de la piedra amarilla =  $7.09\text{kg/cm}^2$ ) por lo que se entiende que la iglesia se sostiene al límite de su capacidad.

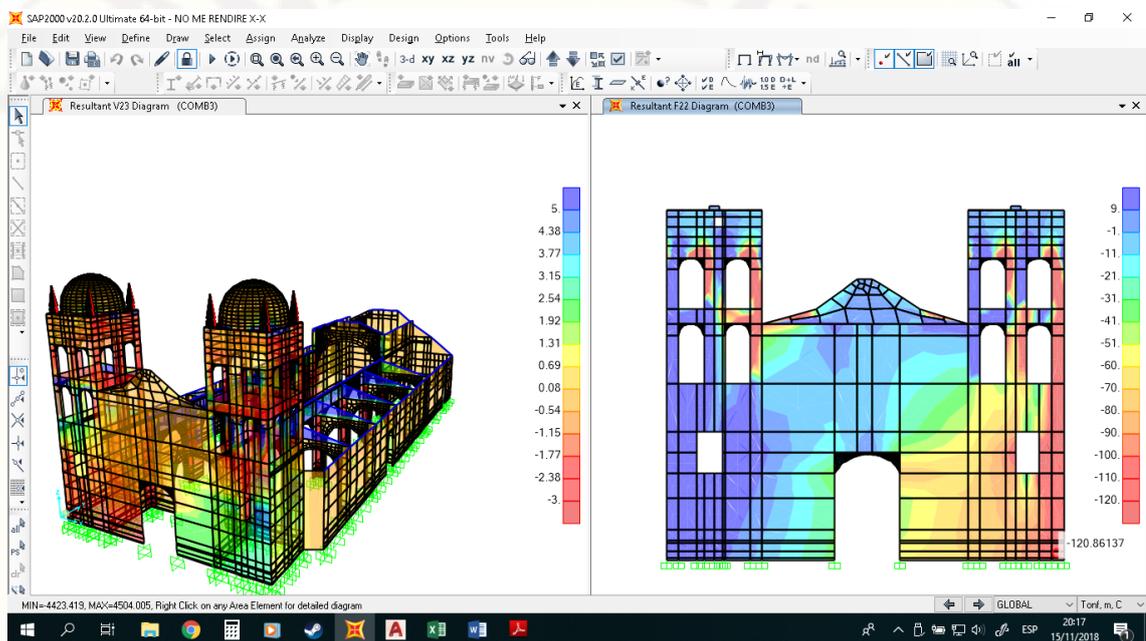
FIGURA N° 79 ANALISIS ESTATICO X-X, SAP2000



**Fuente:** Elaboración propia.

**Interpretación:** La imagen mostrada representa el esfuerzo axial generado por el análisis estático según la norma E.030 en la dirección X-X, por lo que se estima por donde empezaría a fallar la iglesia en posible evento sísmico.

FIGURA N° 80 ESFUERSOS D+L+0.7E, SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Como se puede apreciar, en un evento sísmico la edificación Fallara **O Si** de acuerdo a la resistencia última de la piedra calcárea. Ya que se ve un total 120 tn/m<sup>2</sup> lo que equivale 12kg/cm<sup>2</sup> excediendo en un 69% de su resistencia última.

FIGURA N° 81 MOMENTOS EN EJE X-X, SAP2000.

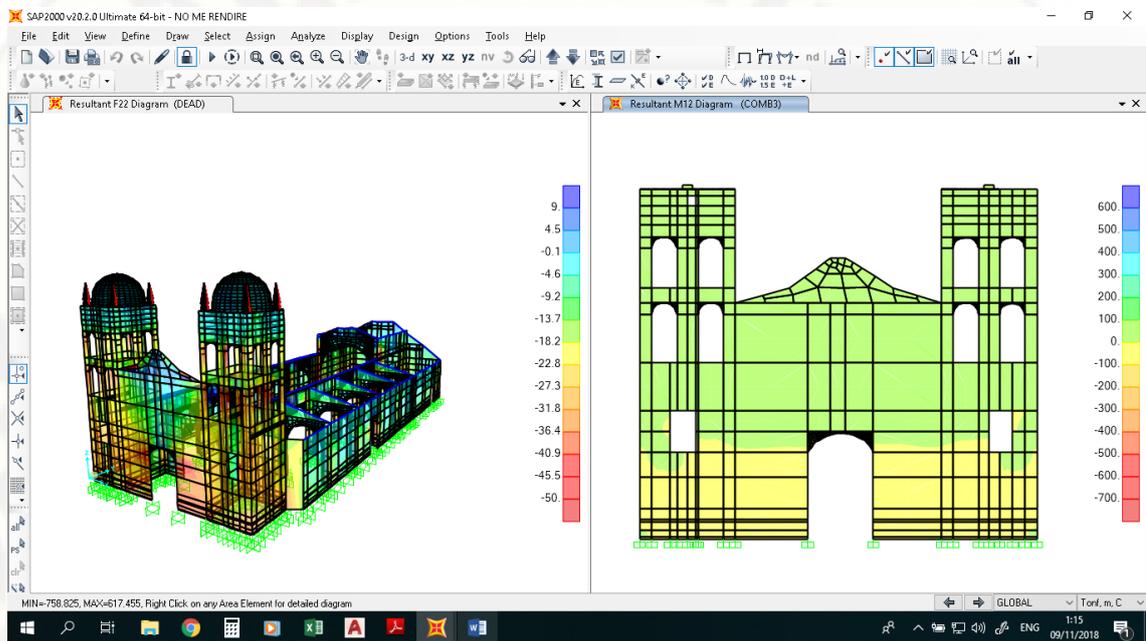
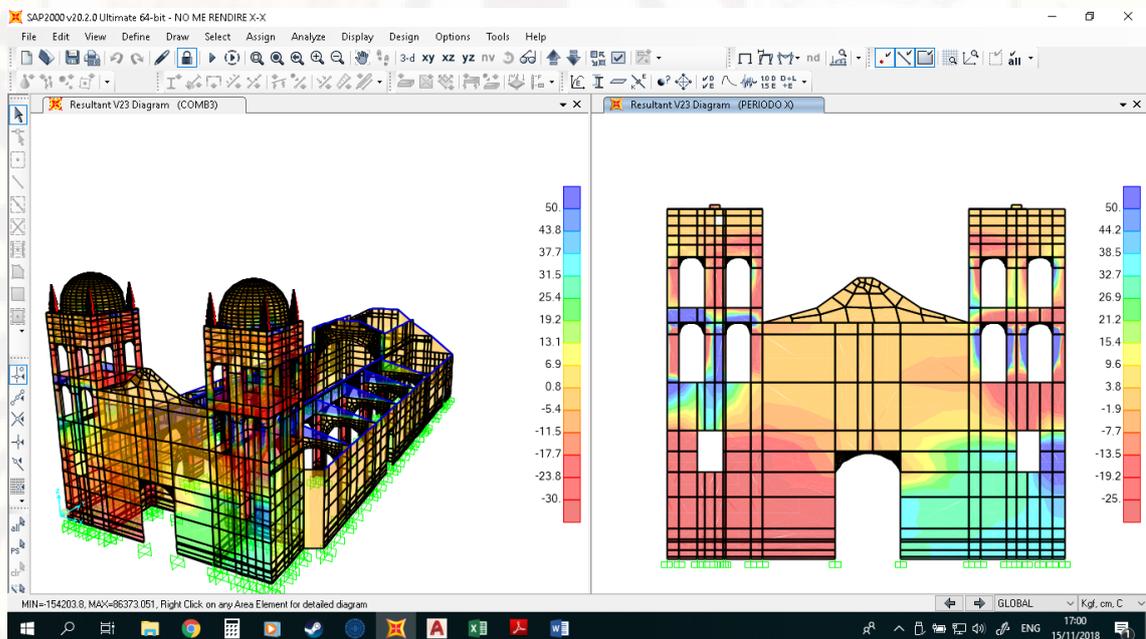


FIGURA N° 82 CORTANTES EN EL EJE X-X DEBIDO AL ANÁLISIS ESTÁTICO.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 83 PORTICOS EJE x-x ESFUEROS EN CARGAS D+L+0.7E, SAP2000.

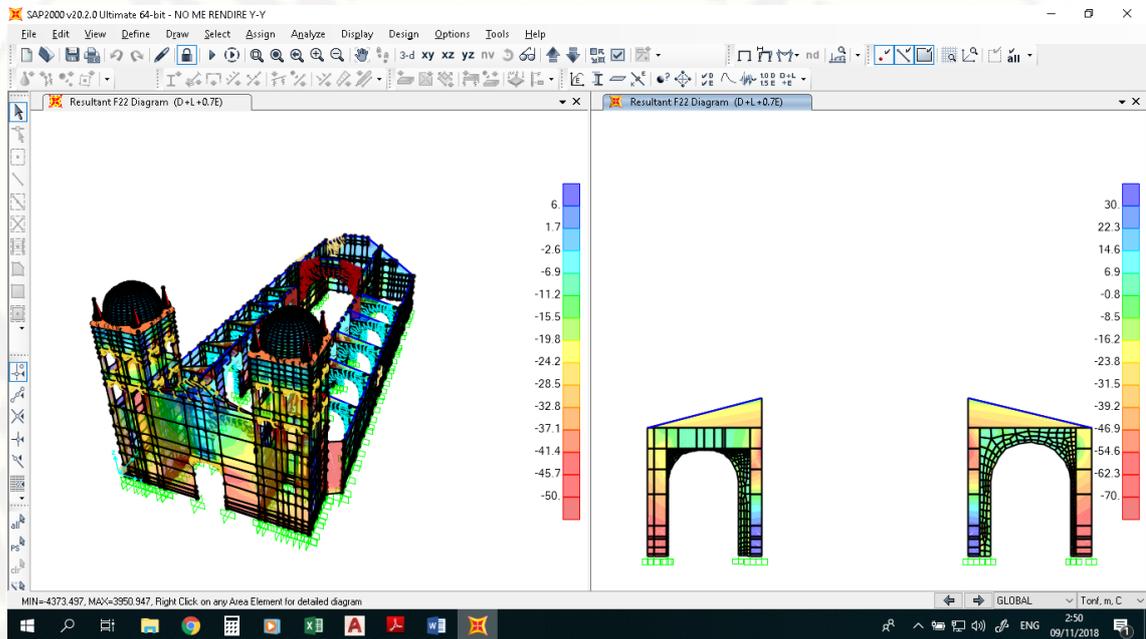
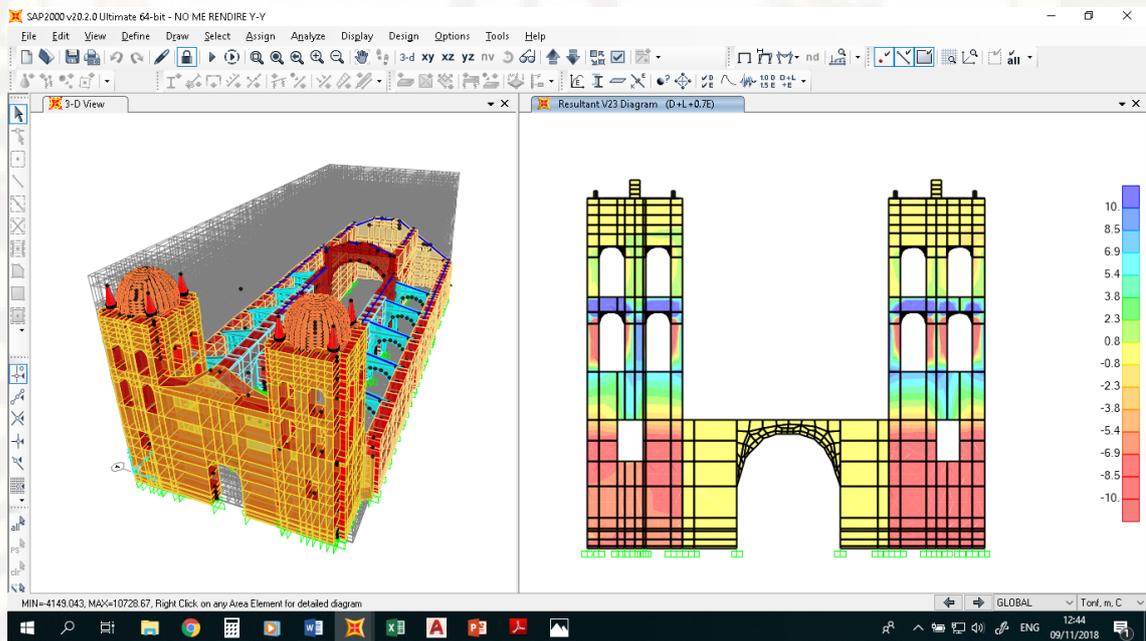
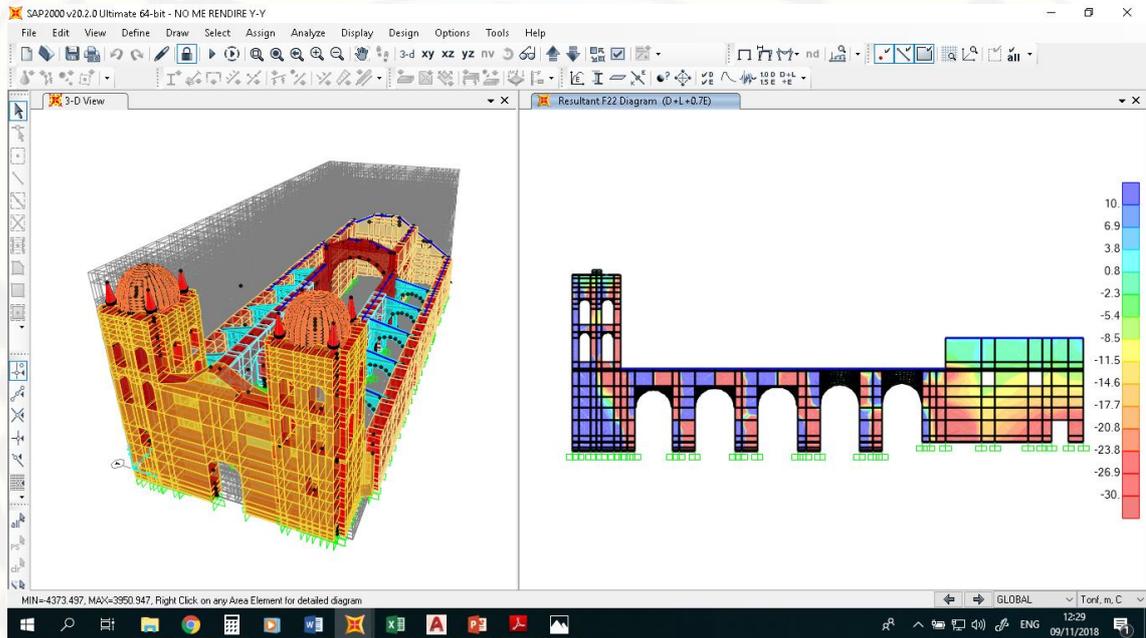


FIGURA N° 84 ESFUEROS DE CORTE MÁXIMOS D+L+0.7E, SAP2000.



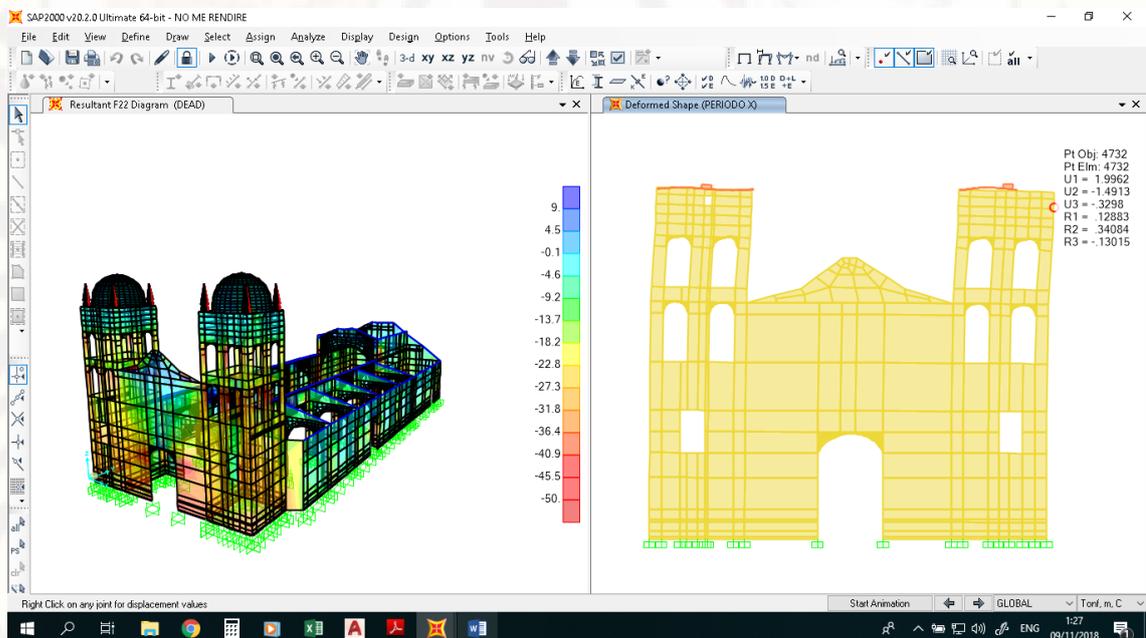
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 85 PORTICOS EJE Y-Y ESFUERZO EN CARGAS D+L+0.7E, PERIODO Y-Y, SAP2000.



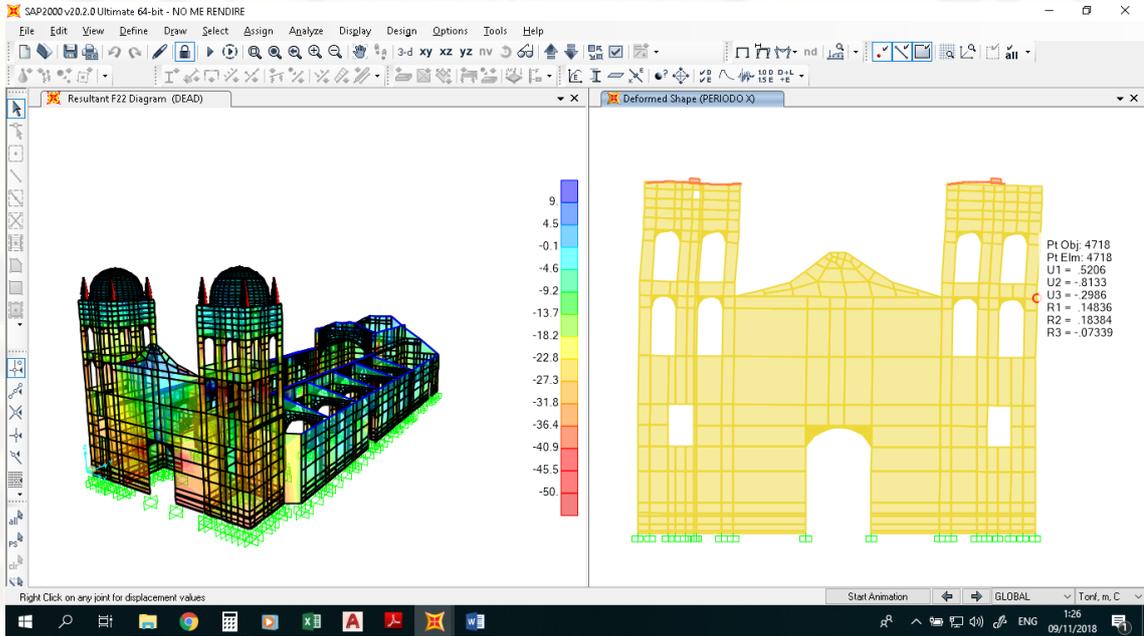
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 86 DEFORMACION 3ER PISO, SAP.



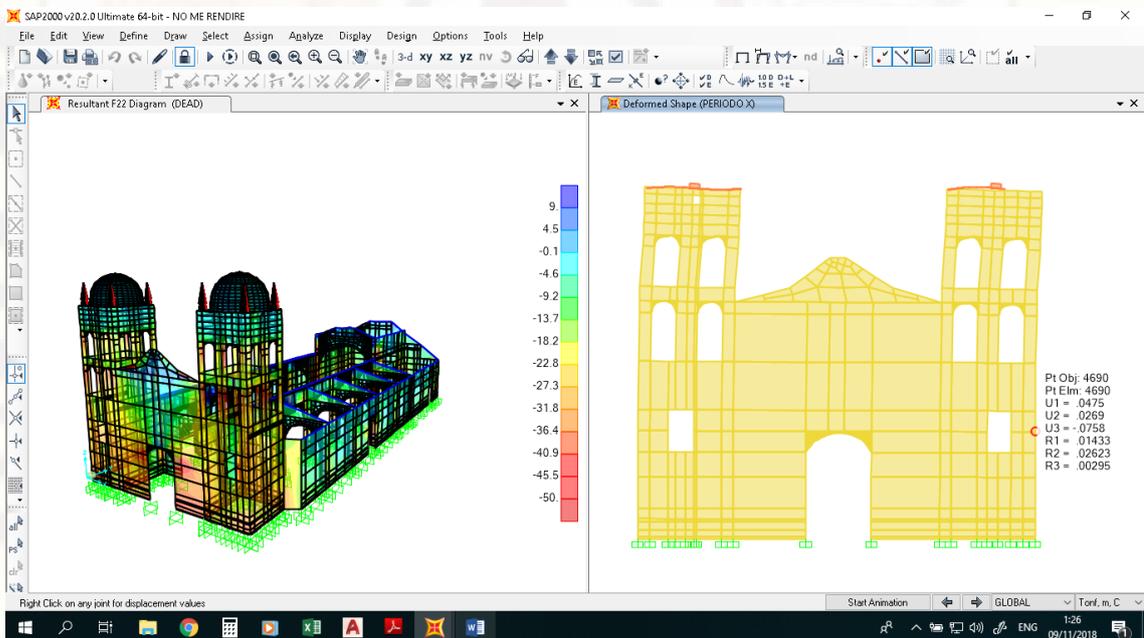
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 87 DEFORMACION DEL 2DO PISO, SAP2000.



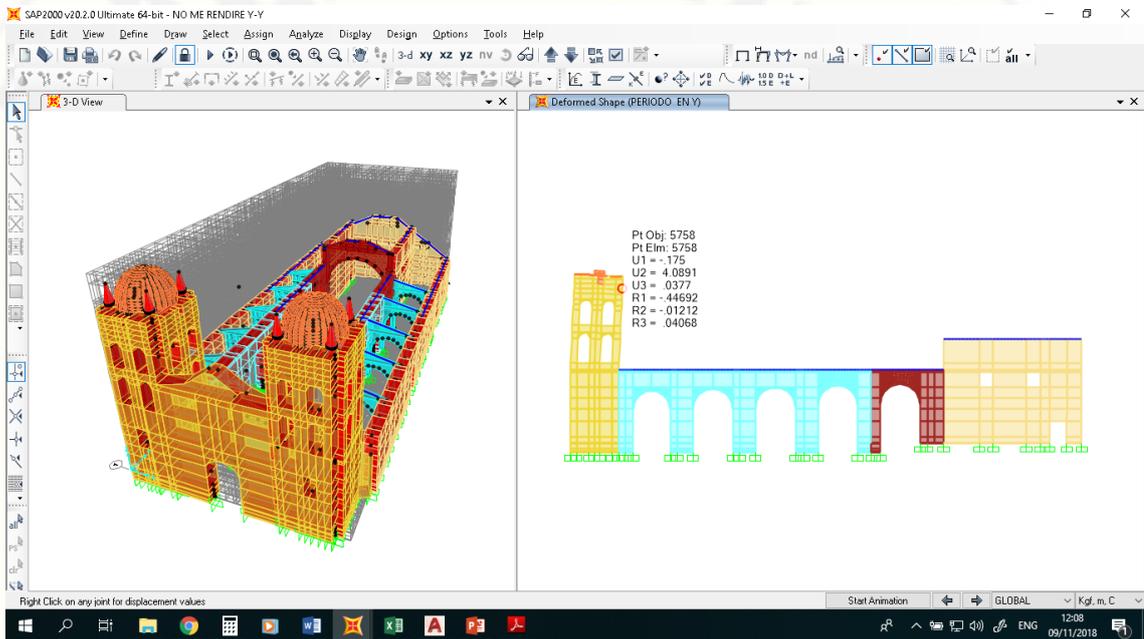
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 88 DEFORMACION DEL 1er PISO, SAP2000.



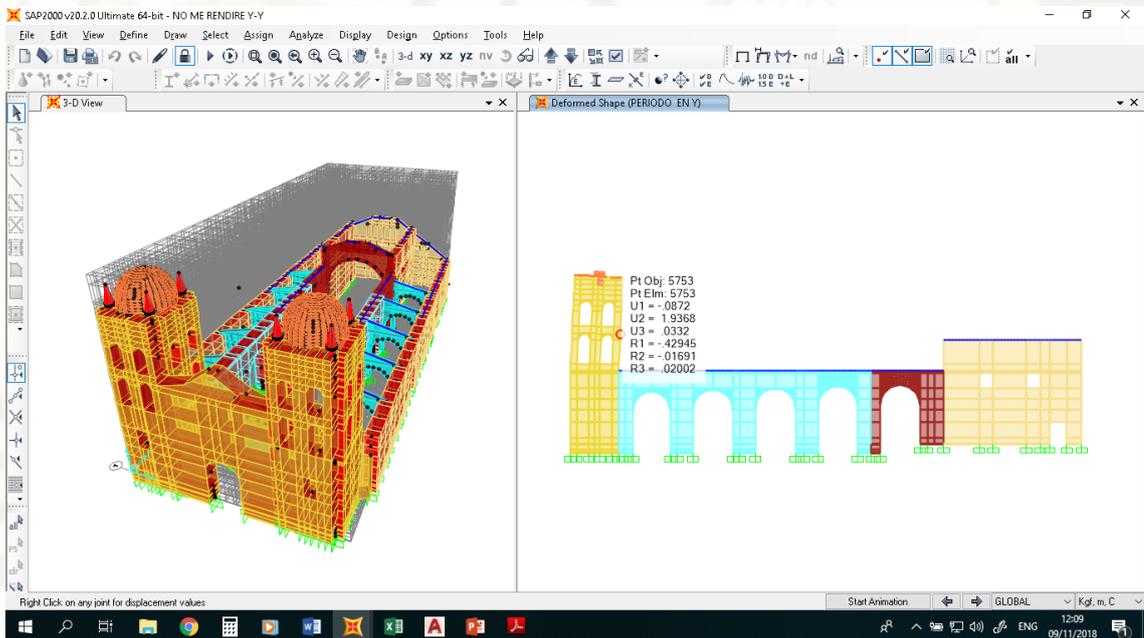
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 89 DEFORMACIONES EN EL PERIODO Y-Y 3ER PISO, SAP2000.



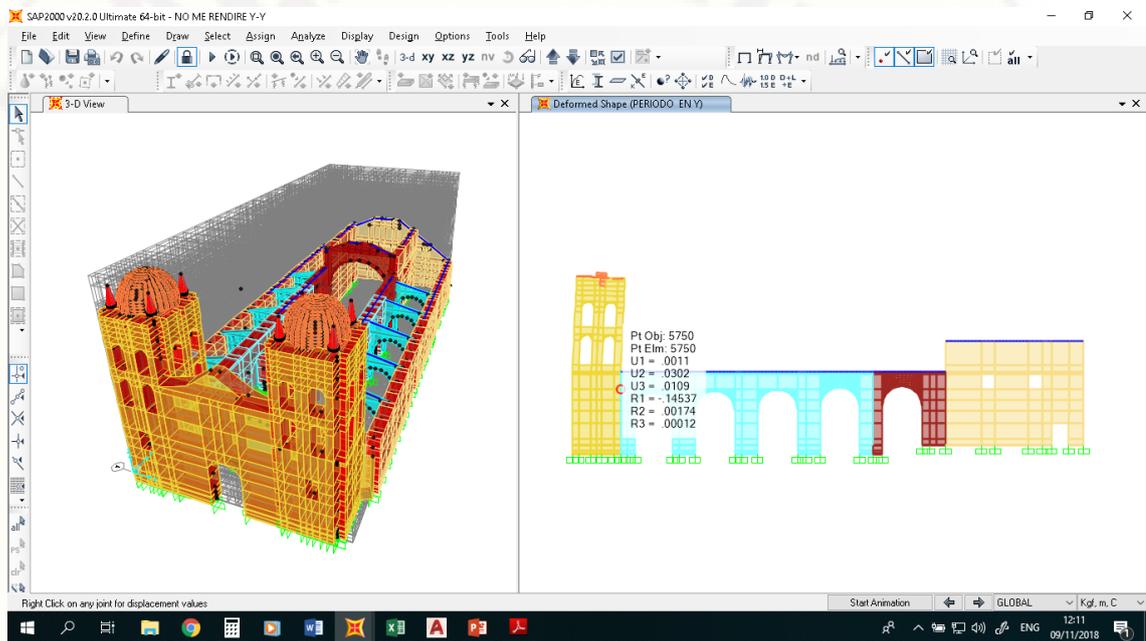
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 90 DEFORMACIONES EN EL PERIODO Y-Y 2 DO PISO, SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 91 DEFORMACIONES EN EL PERIODO Y-Y 2 DO PISO, SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

TABLA N° 9 DEFORMACIONES DE LA IGLESIA CATEDRAL DE HUANCAMELICA.

DEFORMACIONES PERMITIDAS SEGÚN EL REGLAMENTO E030. Art. 5.2							
Nro. De Piso	ALTURA DE ENTREPISO	Límite para la distorsión. $\left(\frac{\Delta_i}{h_{ei}}\right)$	Desplazamiento en X-X	Distorsión en el eje X-X	Desplazamiento en Y-Y	Distorsión en el eje Y-Y	COMENTARIOS
1	7.29 m	0.005	0.047500	0.007	0.0302	0.004	CUMPLE EN 1 DIREC.
2	6.58 m	0.005	0.473100	-0.666	1.900	-2.676	FALLA TOTAL.
3	5.57 m	0.005	1.475600	-1.461	2.1500	-2.129	FALLA TOTAL.

Fuente: Elaboración propia.

**INTERPRETACION:** La deformación supera en más de un 400% permitido por nuestra normativa.

## 4.2. Discusión

- En relación a los ensayos me lleve la sorpresa de que la piedra roja a pesar de contar con un peso unitario mayor que el de color blanco y amarillo resulto ser más débil a esfuerzos de compresión, sin embargo la piedra blanca siendo de superficie blanda y moldeable resulto tener más resistencia que las otras piedras.

Con respecto al módulo de elasticidad se siguió los estrictos requerimientos que detalla la normativa ASTM -C469, con el que se obtuvo resultados inesperados, en este caso la piedra blanca resulto tener mayor elasticidad que las demás según se detalla en los cuadros. No obstante estos resultados ni siquiera llegan a la cantidad mínima ( $2-6 \times 10^5$  UNR, Art. Propiedades Elásticas de las Rocas p,8) que se requiere para ser considerado un material con propiedades elásticas.

- Así mismo la estructura resulto ser más estable de lo que se pensaba antes de iniciar esta investigación, además de contar con muros extremadamente anchos cuenta con unas torres que desde su base tienen una tendencia de inclinación hacia su centro de masa de la torre progresivamente lo que brindo mucha estabilidad para sus 23 metros de altura.
- Sin embargo luego de modelar en un software de actualidad SAP2000V20 con los datos obtenidos de los ensayo de laboratorio de mecánica de materiales a partir del segundo piso de las torres representa un peligro de colapso debido a su falta de elasticidad del material que a causa de ello le conlleva a un fractura casi de inmediata a fuerzas cortantes.
- También otro de los resultados obtenidos es el desplazamiento en los ejes locales X-X e Y-Y de las torres, que haciendo una comparación con reglamento actual capítulo E.030 de fecha de aprobación con resolución Nro 121-2017 – vivienda de 03 de abril del 2017, se observa que en todas sus direcciones o en alguna la distorsión admisible es sobrepasada de hasta casi 400%.
- Igualmente la estructura al ser construida con la piedra canchana en su mayor porcentaje, que cuenta con una resistencia a la compresión muy baja como se

ve en las tablas de cálculo y un módulo de elasticidad proporcional al esfuerzo a la compresión, nos lleva a la estimación de que esta estructura tiene el comportamiento similar al de un **WAFER**, ósea puede soportar apilado su peso de hasta alturas de 30 metros pero que son muy débiles al esfuerzo de corte.

- Por ultimo también se observa los puntos clave según la combinación (L+D+0.7E) por donde la edificación empezaría a colapsarse en posible evento sísmico.

## CONCLUSIONES

Antes de concluir la siguiente investigación contestare a las siguientes interrogantes que me hice en el planteamiento del problema:

### **-¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión muros portantes?**

Los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión muros portantes son:

- Baja resistencia a la compresión o esfuerzo axial por peso propio de la piedra cancanea, según el modelamiento las primeras hileras se encuentran a 5.0 kg/cm<sup>2</sup>, (se sabe que la Resistencia máxima es  $f'_c=7.09$  kg/cm<sup>2</sup>). Se entiende que los muros se encuentran casi al límite de su resistencia y apunto de fallar.
- Un módulo de elasticidad extremadamente bajo de 234 kg/cm<sup>2</sup>, el cual según la clasificación de elasticidad de materiales se considera como un material **NO ELASTICO** ( $E_i < 5 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>).
- No tener el mismo comportamiento elástico en cualquier dirección del material; Se concluye que la piedra cancanea es un a material **ANISOTROPO**.
- Baja resistencia al corte (6.5 tn.) según los resultados que se vio en el modelamiento del programa sap2000.

### **¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión vigas?**

Los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión vigas son:

- **TENER DISCONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS** resistentes ya que se observó dos tipos de material en los pórticos de la nave central (Pórticos de piedra roja con  $f'_c=91.86$  kg/cm<sup>2</sup> y Pórtico de piedra blanca con un  $f'_c= 109.03$  kg/cm<sup>2</sup>), en el que se exceden en más de un 10% permitido según el Art. 3.6 de la E.030.
- Tener un módulo de elasticidad bajo de 4296 kg/cm<sup>2</sup> (piedra roja) y 20,328 kg/cm<sup>2</sup> (piedra blanca), el cual según la clasificación de elasticidad de materiales se considera como un material **NO ELASTICO** ( $E_i < 5 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>).

- No tener el mismo comportamiento elástico en cualquier dirección del material;  
Se concluye que la piedra de color rojo y blanco son un material **ANISOTROPO**.

**-¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión columnas?**

Los factores que han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión columnas son:

- **IRREGULARIDAD EN MASA O PESO** debido a que 1er. piso de la iglesia tiene un peso de 3977.9 toneladas, 2do piso= 855.7 toneladas, 3er piso=641.2 toneladas; Mas de 1.5 veces el peso de un piso adyacente regulado por el art. 3.6 de la norma E.030.
- **IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL** debido a que primera planta tiene un área de 1469.9 m<sup>2</sup>, 2da planta = 182.8 m<sup>2</sup>, 3ra planta= 67.29 m<sup>2</sup>, Excediendo en más de 1.3 veces la dimensión de un piso adyacente regulado por el art. 3.6 de la norma E.030.
- Tener un módulo de elasticidad bajo de 4296 kg/cm<sup>2</sup> (piedra roja) y 20,328 kg/cm<sup>2</sup> (piedra blanca), el cual según la clasificación de elasticidad de materiales se considera como un material **NO ELASTICO** ( $E_i < 5 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>).
- No tener el mismo comportamiento elástico en cualquier dirección del material;  
Se concluye que la piedra de color rojo y blanco son un material **ANISOTROPO**.

**-¿Qué factores han generado la vulnerabilidad sísmica de la iglesia catedral del distrito de Huancavelica en la dimensión cobertores?**

- Los factores que han generado la vulnerabilidad en los cobertores son la falta de mantenimiento y acumulación de sedimentos que incrementan su peso generando así posibles fallas por fatiga de las vigas de madera que las sostienen.

**EN DEFINITIVA** quiero concluir que la iglesia catedral de Huancavelica que data desde 1608 d.c. a pesar de ser una estructura irregular en altura, contar con muros de hasta 1.7 metros de ancho y sea construida con mucho criterio técnico de inclinación en altura hacia su centro de masa para evitar volteos. Puedo decir que la iglesia es **VULNERABLE** e **INSEGURA PARA LA VIDA** por motivos que se apreciaron líneas arriba.

## RECOMENDACIONES

- ✓ En cuanto a los muros y pórticos de los ambientes del altar y la nave central se puede reforzar mediante perforaciones verticales tubulares y ser rellenas con concreto y acero para conectarlas al suelo para evitar volteos.
- ✓ Con relación a las torres se puede reforzar mediante inyecciones de presión de lechadas muy fluidas como las resinas sintéticas para rellenar vacíos y endurecerlas para fortalecer resistencia.
- ✓ Por otra parte se recomienda para los cobertores de las tejas andinas unitarias que se encuentran, realizar un cambio de todas las vigas de madera por otras nuevas y las tejas por otras de un material diferente como el fibrocemento que hoy en día son comerciales y que se ponen en las escuelas.
- ✓ En caso ocurra un sismo evitar salir por el ingreso principal ya que este elemento es el más vulnerable y procurar guardar la calma bajo los pórticos del eje X-X, en otras palabras los pórticos más delgados.
- ✓ Si en un futuro se pretende construir una edificación con rocas la indicada es el de color blanco por poseer mejores características mecánicas frente a las otras.

## REFERENCIAS

### LIBROS

- [1] FEMA.1998, Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings, EE.UU. Ed. Liberty Fund, Inc.
- [2] Ing. Julio Kuroiwa, “Reducción de Desastres, Viviendo en armonía con la Naturaleza”, 1era. Edición, Lima 2002
- [3] Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI, [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe)
- [4] Dirección General de políticas y regulación en construcción y saneamiento,(2016), Norma para el Diseño Sismorresistente E-0.30, Perú,Megabyte.
- [5] Palomino, C. (1999). Metodologías para estudios de vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones existentes. Sociedad colombiana de ingenieros. Asociación colombiana de ingeniería sísmica.

### TESIS

- [06] Basurto (2015), realizo la investigación en **“Vulnerabilidad Sísmica Y Mitigacion De Desastres En El Distrito De San Luis”**
- [07] BARRERA,nieves (2015) **“Determinación De La Vulnerabilidad En Las Casas Coloniales Ubicadas En El Barrio De San Diego De La Ciudad De Cartagena”** - FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL- UNIVERSIDAD DE CARTAGENA – Colombia
- [07] CANOBA,FRAGA, (2004) **“PROPIEDADES ELASTICAS DE LAS ROCAS”** - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS - INGENIERIA Y AGRIMENSURA- UNIVERSIDAD DE NACIONAL DEL ROSARIO.

ANEXOS

