

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Evaluación, análisis y diseño del reforzamiento de la Iglesia de Santa Lucía
de Ferreñafe**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Lidia Granados Chafloque

ASESOR

Luis Alberto Vidal Meza

<https://orcid.org/0000-0003-1030-1272>

Chiclayo, 2022

**Evaluación, análisis y diseño del reforzamiento de la Iglesia de
Santa Lucía de Ferreñafe**

PRESENTADA POR:

Lidia Granados Chafloque

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Carlos Rafael Tafur Jiménez

PRESIDENTE

Segundo Guillermo Carranza Cieza

SECRETARIO

Luis Alberto Vidal Meza

VOCAL

Dedicatoria

A Dios y la Virgen por darme las fuerzas para seguir adelante con este proyecto que se va a redundar en el logro de mi vida.

A mis padres, José de la Cruz y María Lucila por creer en mí, apoyarme y brindarme sus sabias consejos; así mismo por darme la fortaleza y el valor en la lucha para realizar de la mejor manera mis metas y nunca dejarme abatir por las adversidades. Por su entrega hacia mi persona y a mi familia por estar siempre a mi lado.

A lo que más quiero, mi esposo Ezequiel y mi hijo Fabrizio, quienes, con su alegría, con su entusiasmo, me han impulsado a seguir en el desarrollo de mi carrera profesional para una mejor calidad de vida y las metas a futuro que queremos lograr.

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a la Virgen
por darme salud y fortaleza en
aquellos momentos de dificultad.

A mis padres, mis hermanas y
mis cuñados por su apoyo emocional
y guía profesional.

A mi esposo Ezequiel y mi hijo
Fabrizio por el apoyo que me brindan
para surgir en la carrera profesional.

A toda mi familia en general
por darme sus buenos deseos
en mi familia y en la carrera
profesional.

Agradezco a mi asesor, Ing. Luis Alberto
Vidal Meza quien me animó a seguir con el
proyecto de tesis a pesar de las dificultades
que se iban encontrando en el desarrollo de la
misma; mi agradecimiento por sus enseñanzas;
A mi profesor del curso, Ing. Carlos Rafael Tafur
Jiménez por guiarme y darme las pautas para
desarrollar mi proyecto de tesis de manera exitosa.

A mis amigas Violeta y Yuliana por alentarme a culminar
con el proyecto de tesis y poder desarrollarme profesionalmente.

PROYECTO DE TESIS 100%

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.cismid.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	charliemanuelacunabarnuevo.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.docstoc.com Fuente de Internet	<1%
8	docs.seace.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	www.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	15
Abstract	16
I. Introducción	17
1.1. Situación problemática	17
1.2. Formulación del Problema.....	20
1.3. Justificación	20
1.3.1. Social.....	20
1.3.2. Económico.....	20
1.3.3. Técnico	20
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivos Específicos	21
II. Marco Teórico	22
2.1 Antecedentes del problema	22
2.1.1. Reforzamientos Internacional	22
2.1.2. Reforzamientos Nacionales	37
2.2. Bases Teórico Científicas.....	53
2.2.1. Normas y leyes.....	53
2.2.2. Etapas para la evaluación de una estructura	55
2.2.2.1. Levantamiento topográfico	55
2.2.2.2. Estudio de suelos	57
2.2.2.3. Tipos de sistemas constructivos	61
2.2.2.4. Materiales predominantes en estructuras patrimoniales.....	64
2.2.3. Tipos de fallas estructurales	65
2.2.3.1. Falla por deformación elástica excesiva.....	66
2.2.3.2. Falla por deformación permanente.....	66
2.2.3.3. Falla por separación parcial.....	66
2.2.3.4. Falla por separación total	66
2.2.4. Proceso del diseño estructural.....	66
2.2.4.1. Estructuración.....	66
2.2.4.1.1. Criterios de selección de los materiales.....	67
2.2.4.1.2. Técnicas de reforzamiento.....	68
2.2.4.2. Análisis estructural	69
2.2.4.3. Dimensionamiento	72
2.2.5. Costo y presupuesto	72
2.2.6. Impacto ambiental.....	73

III. Materiales y métodos	76
3.1. Tipo y nivel de investigación	76
3.2. Diseño de investigación	76
3.3. Población y muestra	76
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	76
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	76
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	77
3.7. Procedimientos	77
3.7.1. Diagnostico estructural	77
3.7.2. Fallas en la estructura	79
3.7.3. Diseño estructural del refuerzo	79
3.7.4. Presupuesto del refuerzo	80
3.7.5. Impacto ambiental	80
IV. Resultados y discusión	81
4.1. Diagnóstico estructural de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.....	81
4.1.1. Levantamiento plani-altimétrico	81
4.1.2. Estudio de suelos y ensayo en laboratorio	84
4.1.3. Sistema constructivo	101
4.1.4. Identificación de materiales en la iglesia Santa Lucia	103
4.2. Tipo de fallas en elementos constructivos de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe .	107
4.3. Diseño estructural del refuerzo en la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe	108
4.3.1. Estructuración.....	109
4.3.2. Análisis estructural.....	121
4.3.2.1. Modelar la estructura.....	121
4.3.2.2. Acciones de diseño.....	126
4.3.2.2.1. Cargas por peso propio	126
4.3.2.2.2. Carga sísmica.....	126
4.3.2.3. Efectos de las acciones de diseño.....	134
4.3.2.3.1. Por cargas de servicio – esfuerzos en la edificación	134
4.3.2.3.2. Por cargas de sismo – análisis sísmico lineal	134
4.3.3. Dimensionamiento	136
4.3.3.1. Sustitución de elementos en atrio.....	136
4.3.3.2. Consolidación en la portada principal y portada lateral derecha	137
4.3.3.3. Sustitución de elementos en altar principal.....	138
4.3.3.4. Consolidación en las torres, pilastra, contrafuertes, techo en ambientes laterales (cúpulas).	139
4.3.3.5. Reconstrucción local en las torres, pilastra, contrafuertes, techo en ambientes laterales (cúpulas).....	140

4.3.3.6.	Sustitución de elementos en el techo de la nave principal (bóveda encamonada) y pilastras de madera.....	141
4.3.3.7.	Sustitución de elementos en muros de adobe.....	142
4.3.3.8.	Refuerzo externo en muros de adobe.....	143
4.4.	Presupuesto del refuerzo en la iglesia Santa Lucia.....	148
4.4.1.	Metrados.....	153
4.4.2.	Análisis de costos unitarios.....	164
4.4.3.	Insumos.....	178
4.4.4.	Especificaciones técnicas.....	180
4.5.	Impacto ambiental.....	196
V.	Conclusiones.....	200
VI.	Recomendaciones.....	202
VII.	Referencias bibliográficas.....	203
VIII.	Anexos.....	206
8.1.	Panel fotográfico.....	206
8.2.	Planos.....	213

Lista de figuras

Figura 1. Fachada principal Iglesia Santa Lucia	18
Figura 2. Festividades en la Iglesia Santa Lucia	19
Figura 3. Sección longitudinal de la Nave de Hornos conforme a la geometría definida por la nube de puntos del escáner.....	22
Figura 4. Daños en la cúpula 1 y cúpula 2 de pechinas	23
Figura 5. Modelamiento de la estructura en el programa ETABS V9.7.2.	25
Figura 6. Fachada principal de la Catedral Nueva de Cádiz	28
Figura 7. Fachada lateral derecha del Castillo de las Aguzaderas del Coronil	30
Figura 8. Modelamiento de la estructura en software	34
Figura 9. Elevación 3D y elevación de la fachada de la Iglesia Marta-Arequipa	38
Figura 10. Vista panorámica de la Catedral del Cusco.	40
Figura 11. Fachada y planta de la Catedral de Puno	42
Figura 12. Clasificación de mecanismos y cálculo de índice de vulnerabilidad.....	43
Figura 13. Generación de la nube de puntos: adquisición del modelo interior con TLS (a) vista isométrica, (b) corte A-A; construcción del modelo exterior con fotogrametría (c) vista isométrica, (d) elevación.	44
Figura 14. Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas.....	46
Figura 15. Termogramas que evidencian grietas en albañilería de adobe	47
Figura 16. Matriz de factores	49
Figura 17. Programa S10 y la secuencia de uso	73
Figura 18. Ubicación del proyecto (a) Departamento de Lambayeque en el mapa del Perú, (b) Provincia de Ferreñafe en el mapa del Departamento de Lambayeque, (c) Distrito de Ferreñafe en el mapa de la provincia de Ferreñafe, (d) Iglesia santa Lucia de Ferreñafe en el mapa del distrito de Ferreñafe	78
Figura 19. Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.....	81
Figura 20. Detalle de muros de adobe.....	82
Figura 21. Detalle de entresijos	82
Figura 22. Plano en planta de la Iglesia Santa Lucia	83
Figura 23. Elevación principal de la Iglesia Santa Lucia.....	83
Figura 24. Ubicación de los puntos de sondeo.....	87
Figura 25. Ensayo SPT (a) Sondeo N°1, (b)y(d) Sondeo N°2, (c) Sondeo N°3, (e) muestras de suelo obtenidas en el ensayo.	87
Figura 26. Plano de distribución de ambientes y elementos constructivos.....	101

Figura 27. Unidad de adobe de la iglesia Santa Lucia y su ensayo de rotura	104
Figura 28. Unidad de ladrillo de la iglesia Santa Lucia y su ensayo de rotura	105
Figura 29. Cimentación de piedra en la iglesia Santa Lucia	106
Figura 30. Resultados de muestras de piedra de la Catedral del Cusco	106
Figura 31. Albañilería de ladrillos agrietada y albañilería intervenida	117
Figura 32. Esquema de colocación y traslape de refuerzo con geomalla.....	121
Figura 33. Modelo de elementos finiros en SAP 2000 de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe	125
Figura 34. Modelo 3D – Vista XZ	126
Figura 35. Mapa del Perú dividido en zonas sísmicas	127
Figura 36. Espectro de pseudo - aceleración.....	132
Figura 37. Análisis en los pilares internos de la iglesia Santa Lucia por cargas por su propio peso.....	134
Figura 38. Baldosa de cemento de 30x30cm.....	137
Figura 39. Cerámica de 30x30cm.	139
Figura 40. Albañilería intervenida	141
Figura 41. Bóveda encamonada de madera.....	142
Figura 42. Distribución de rafia en hiladas de los muros de adobe	143
Figura 43. Distribución de rafia en hiladas de los muros de adobe	144
Figura 44. Limpieza del muro	145
Figura 45. Colocación de geomalla.....	145
Figura 46. Amarra con rafia a la geomalla.....	146
Figura 47. Traslapes de geomalla en esquinas y en la cara de los muros	146
Figura 48. Formas de colocar la geomalla en ventanas.....	147
Figura 49. Forma de colocar la geomalla en puertas.....	147
Figura 50. Ensayo SPT-01	206
Figura 51. Instalación del equipo para el ensayo SPT en el sondeo N°01.....	206
Figura 52. Iniciando los trabajos del ensayo SPT.	207
Figura 53. Recolectando material para ensayos en laboratorio.....	207
Figura 54. Encargado del equipo SPT de la USAT.....	207
Figura 55. Obtención de muestras para los ensayos en laboratorio.	208
Figura 56. Retiro de la muestra obtenida en la caña partida.	208
Figura 57. Ensayo SPT N°02	208
Figura 58. Colocación del equipo SPT en triangulación.....	209

Figura 59. Ensayo SPT en presencia del párroco Mauro.	209
Figura 60. Obtención de muestras del sondeo N°02	209
Figura 61. Nave Central hecha de bóveda encamonada de madera pino, recientemente cambiado su cobertura de calamina.	210
Figura 62. Cúpulas baídas las cuales presentan fisuras.....	210
Figura 63. Cúpulas baídas que presenta eflorescencias.	210
Figura 64. Contrafuertes en muros y cúpulas.....	211
Figura 65. Contrafuertes en el lado izquierdo	211
Figura 66. Ladrillos expuestos sin piso y mortero resquebrajado.....	211
Figura 67. Fisuras en muros de adobe.....	212
Figura 68. Sistema de bóveda, viga y columna de madera pino.	212
Figura 69. Bóveda encamonada que presenta elementos sueltos por polillas.....	212

Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación de las lesiones patológicas y soluciones	26
Tabla 2 Clasificación de las lesiones patológicas y soluciones	29
Tabla 3 Clasificación de las lesiones patológicas y soluciones	30
Tabla 4 Propiedades elásticas y ni elásticas finales de los materiales	45
Tabla 5 Ensayo y su aplicación y limitaciones	57
Tabla 6 Ensayo y normas de suelos.	61
Tabla 7 Seleccionar la categoría de riesgo ambiental.	74
Tabla 8 Tipo de edificación.....	85
Tabla 9 Aplicaciones y limitaciones de los ensayos	85
Tabla 10 Tipo de muestra.....	86
Tabla 11 Cantidad de sondeos.....	86
Tabla 12 Ubicación geográfica de puntos de sondeo	87
Tabla 13 Perfil estratigráfico del sondaje de exploración SPT-01	88
Tabla 14 Perfil estratigráfico del sondaje de exploración SPT-02.....	89
Tabla 15 Perfil estratigráfico del sondaje de exploración SPT-03.....	90
Tabla 16 Correlación para el ensayo SPT-01	91
Tabla 17 Correlación para el ensayo SPT-02.....	92
Tabla 18 Correlación para el ensayo SPT-03.....	93
Tabla 19 Resumen de las correlaciones N60 y ángulo de fricción	93
Tabla 20 Cálculo de capacidad de carga neta admisible en SPT-01	94
Tabla 21 Cálculo de capacidad de carga neta admisible en SPT-02.....	95
Tabla 22 Cálculo de capacidad de carga neta admisible en SPT-03	96
Tabla 23 Ensayo de clasificación del sondaje N°01-muestra N°9.....	97
Tabla 24 Ensayo de clasificación del sondaje N°02-muestra N°6.....	98
Tabla 25 Ensayo de clasificación del sondaje N°03-muestra N°3.....	99
Tabla 26 Resultados de análisis en el laboratorio	100
Tabla 27 Requisitos químicos con respecto al tipo de cemento a usar.	112
Tabla 28 Requisitos físicos con respecto al tipo de cemento a usar	113
Tabla 29 Tipos de cal hidratada	114
Tabla 30 Granulometría de la arena gruesa.....	115
Tabla 31 Tipos de mortero	115
Tabla 32 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	116
Tabla 33 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	117

Tabla 34 Densidad básica de la madera	118
Tabla 35 Módulo de elasticidad de la madera.....	118
Tabla 36 Esfuerzos admisibles de la madera	118
Tabla 37 Pesos unitarios NTP E-020	122
Tabla 38 Lista de especies agrupadas en madera	123
Tabla 39 Resistencias características de la albañilería.....	124
Tabla 40 Módulo de elasticidad de la madera.....	124
Tabla 41 División del territorio peruano por zonas sísmicas	127
Tabla 42 División del territorio peruano por zonas sísmicas	128
Tabla 43 Clasificación del suelos	128
Tabla 44 Factor de Suelo “S”	128
Tabla 45 Periodos “Tp” y “TL”	129
Tabla 46 Categoría y factor de uso.....	129
Tabla 47 Sistemas estructurales	130
Tabla 48 Restricciones a las irregularidades	130
Tabla 49 Reducción de fuerza sísmica “R”	132
Tabla 50 Resultados del espectro de pseudo – aceleración para ingresar en el programa SAP 2000.....	133

Lista de cuadros

Cuadro 1 Diagramas de flujo con la metodología propuesta por ICOMOS para las intervenciones estructurales de edificios históricos	33
Cuadro 2 Ensayo SPT – NPT 339.133	58
Cuadro 3 Intervención estructural	67
Cuadro 4 Técnicas tradicionales de refuerzo	68
Cuadro 5 Esquema del presupuesto	73
Cuadro 6 Categoría de riesgo ambiental	74
Cuadro 7 Criterios de evaluación del impacto ambiental	75
Cuadro 8 Cuadro comparativo Matriz de Leopold y Metodología de Batelle Colombus.....	75
Cuadro 9 Identificación de los elementos y sus características	102
Cuadro 10 Comparación de características encontradas con la norma E. 080.....	104
Cuadro 11 Comparación de características encontradas y la norma E. 070	105
Cuadro 12 Fallas estructurales	107
Cuadro 13 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe referentes al elemento atrio y portada.	109
Cuadro 14 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe referentes al elemento portada, torres, pilastra, contrafuertes, techo en ambientes laterales (cúpulas).....	110
Cuadro 15 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe referentes al elemento techo de la nave central (Bóveda encamionada).....	117
Cuadro 16 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe referentes a los muros de adobe	119
Cuadro 17 Pesos unitarios de los materiales de la Iglesia Santa Lucia.....	123
Cuadro 18 Módulo de elasticidad de los materiales de la Iglesia Santa Lucia	124
Cuadro 19 Resumen de parámetros en el análisis.	131
Cuadro 20 Desplazamiento elástico en el análisis modal espectral en la dirección X-X.....	135
Cuadro 21 Desplazamiento elástico en análisis espectral en la dirección Y-Y	135
Cuadro 22 Presupuesto resumen del reforzamiento en la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe .	148
Cuadro 23 Presupuesto detallado del reforzamiento.....	149
Cuadro 24 Resumen de metrados para el reforzamiento.....	153
Cuadro 25 Sustento de metrados del reforzamiento.....	156
Cuadro 26 Relación de insumos.....	178

Cuadro 27 Matriz de Leopold del proyecto, (a) Trabajos preliminares, atrio y portada principal, (b) portada lateral derecha, altar, torres, (c) pilastra, techo de la nave principal, contrafuerte, (d) techo en ambientes laterales, muros y (e) resultados 196

Cuadro 28 Plan de manejo ambiental..... 199

Resumen

La Iglesia Santa Lucia se encuentra ubicada en la Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque; abrió sus puertas a los fieles en 1684 (132 años posterior al inicio de ser construida) y en 1973 se declaró como Monumento Histórico del Perú; ha sido afectado por diferentes fenómenos naturales causales endógenas del mayor deterioro de la estructura; es por ello que se realiza el siguiente estudio denominado “**Evaluación, análisis y diseño del reforzamiento de la iglesia de Santa Lucia de Ferreñafe**”. La cual tiene como objetivo general: Evaluar, analizar y diseñar el reforzamiento de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe; para lograr el objetivo planteado primero se realizó el levantamiento topográfico y el estudio de mecánica de suelos, de esta manera examinar el estado actual de los elementos estructurales, y así mismo definir tipos de reforzamiento, acto seguido se determinó la respuesta de la estructura con el sistema de reforzamiento empleado concluyendo con el dimensionamiento de los elementos estructurales de la iglesia de igual manera la estimación del presupuesto y la elaboración del estudio de Impacto Ambiental; cumpliendo el desarrollo del diseño se ha llegado a los siguientes resultados: El uso de la geomalla como reforzamiento en muros de adobe para contrarrestar las acciones de sismo, durabilidad y flexibilidad; así como las técnicas de consolidación y reconstrucción local en los elementos de contrafuertes, pilastras, cúpulas y torres para que el monumento histórico perdure en el tiempo y muestre seguridad estructural en los fieles; se obtuvo un costo directo para las actividades del reforzamiento en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe es de S/. 430,674.87 (Cuatrocientos treinta mil seiscientos setenta y cuatro con 87/100 soles), con fecha del 10/11/2021 y se planteó las actividades de plan de manejo ambiental para mejoras de la cultura.

Palabras clave: Patrimonio, reforzamiento, diseño.

Abstract

The church Santa Lucia is located in the Province of Ferreñafe, Department of Lambayeque; it opened its doors to the faithful in 1684 (132 years after the beginning of its construction) and in 1973 it was declared a Historic Monument of Perú; it has been affected by different endogenous causal natural phenomena of the greater deterioration of the structure; That is why the following study called "Evaluation, analysis and design of the reinforcement of the church of Santa Lucia de Ferreñafe" is carried out. The general objective of which is: Evaluate, analyze and design the reinforcement of the Santa Lucia de Ferreñafe Church; To achieve the proposed objective, the topographic survey and the study of soil mechanics were first carried out, in this way examining the current state of the structural elements, and also defining types of reinforcement, then the response of the structure was determined with the reinforcement system used, concluding with the dimensioning of the structural elements of the church, in the same way the estimation of the budget and the elaboration of the Environmental Impact study; complying with the development of the design, the following results have been reached: The use of the geogrid as reinforcement in adobe walls to counteract the actions of earthquake, durability and flexibility; as well as the techniques of consolidation and local reconstruction in the elements of buttresses, pilasters, domes and towers so that the historical monument lasts in time and shows structural security in the faithful; A direct cost was obtained for the reinforcement activities in the Santa Lucia de Ferreñafe church is S /. 430,674.87 (Four hundred and thirty thousand six hundred and seventy-four with 87/100 soles), dated 11/10/2021 and the activities of the environmental management plan to improve culture were proposed.

Keywords: Heritage, reinforcement, design.

I. Introducción

1.1. Situación problemática

Los edificios considerados como patrimonio cultural tienen como legado su historia, se debe en mayor proporción a los materiales que predominan en su estructura y de la misma forma su sistema constructivo. Están sometidos a sufrir con el paso del tiempo la acción de diferentes agentes naturales que los van alterando, así mismo a un constante envejecimiento presentando cambios en sus propiedades mecánicas, que generan una degradación de diferente magnitud.

El conocimiento de patrimonio es importante para la cultura y el desarrollo en cuanto se forma el “capital cultural” de las sociedades contemporáneas. Contribuye a la revalorización continua de las culturas y de las identidades, y es un vehículo considerable para la transmisión de experiencias, aptitudes y conocimientos entre las generaciones. De la misma forma, es fuente de musa para la creatividad y la innovación, que crean los productos culturales contemporáneos y futuros. El patrimonio cultural ha logrado una gran importancia económica para el sector del turismo en muchos países, de igual manera se originan nuevos retos para conservación. [1]

Muchas construcciones han sobrevivido a sismos y guerras debido a su grado de dureza, a su conformación y resistencia intrínseca, de la misma forma al mantenimiento y conservación experimentado y al interés de algunos pueblos por preservar estas herencias culturales. Como es el caso del Coliseo romano, que es uno de los prodigios de la civilización universal y símbolo de Roma, construido en la década de los 70 después de Cristo; tiene una estructura de cuatro pisos, de forma elíptica, con muros vaciados de mampostería de piedra de 50 metros de altura, antes murallas incommovibles y que hoy conserva algunos pórticos y bloques cuarteados por cicatrices que desvelan el paso del tiempo. [2]

En nuestro país el Fondo Mundial de Monumentos (WMF) incorporó en su lista Watch 2008 al Centro Histórico de Lima como uno de los 100 Monumentos más amonestados en su conservación en el mundo. Especifican a través de una relación lugares de patrimonio histórico que en su estructura presentan daños. [3]

Así mismo, se indican que las iglesias coloniales también se encuentran en inminente riesgo de destrucción ante eventos como sismos o inundaciones, debido a que la mayoría de estructuras

son de mampostería; dando como ejemplo al sismo en 1940 que perjudicó Lima determinando las primeras obras de restauración en iglesias coloniales.

La región Lambayecana cuenta con monumentos históricos de gran valor arquitectónico y estructural, especialmente de los periodos del Virreinato y la República. Al mismo tiempo están en peligro de desaparecer por el abandono de las autoridades y la comunidad. Según el diagnóstico del patrimonio cultural de Lambayeque indica que el 90% del patrimonio mueble e inmueble de la Región de Lambayeque está en lamentables condiciones de conservación. [4]

La Iglesia Santa Lucía, se empezó a construir dos años después de la fundación de Ferreñafe en 1552, y se concluía un siglo adelante, hacia 1684, por el cura Bernabé de Alcocer y Valdiviezo; y finalmente en 1707 se estrenó; fue afectada por el fenómeno del niño desde 1578 debido a las lluvias torrenciales, y se encuentra dentro de una zona de sismicidad alta. [5]

Figura 1. Fachada principal Iglesia Santa Lucía



Fuente: Elaboración propia

El 26 de marzo del 2013, el secretario técnico de Defensa Civil, Carlos Balarezo Mesones, explicó que esta iglesia de Ferreñafe debido a su antigüedad, presenta problemas estructurales en la cobertura y el techo, específicamente en sus interiores, donde tres bóvedas se encuentran deterioradas debido a su antigüedad y falta de mantenimiento. [6]

Ante la problemática planteada se consideró la evaluación, análisis y diseño del reforzamiento de la Iglesia Santa Lucia; cuyo propósito principal es atender el problema estructural que sufre la edificación, procurando su conservación en el tiempo además de proporcionar seguridad a la innumerable cantidad de fieles que acude a este centro religioso como el más concurrido, pues celebraba tres

misas diarias con cerca de 300 personas en cada una de ellas y tiene una capacidad de aproximadamente 500 personas que llegaba al límite los domingos y se duplicaba en festividades los cuales son 48 (estas cifras se refieren antes de la pandemia de COVID-19); a finales del presente año se está regularizando las misas en un 45%).

Figura 2. Festividades en la Iglesia Santa Lucia



Fuente: Elaboración propia

La Iglesia Santa Lucia actualmente está a cargo del Párroco José Elmer Fernández Díaz; quien se encuentra realizando mantenimientos leves y reparando daños menores; realizando estas acciones se generan gastos que son adsorbidos por las ofrendas que se dan en las diferentes y múltiples festividades.

1.2. Formulación del Problema

Según la situación problemática expuesta anteriormente, se llega al siguiente problema:

¿Cuál es el diseño del reforzamiento de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe?

1.3. Justificación

El deterioro al que está sometido la iglesia Santa Lucia, son resultado del desgaste por el paso del tiempo como consecuencia de la desinversión en su mantenimiento o por procesos de sucesión; por tal razón, la conservación del patrimonio reviste importancia en la estructura como baluarte y presencia de humanidad.

1.3.1. Social

La Iglesia Santa Lucia, es un patrimonio religioso histórico que vincula a los fieles ferreñafanos con su historia, y que los reúne masivamente en distintas festividades; por lo que urgen actividades de conservación, una de estas es la del reforzamiento para que de esta forma la estructura brinde seguridad a los fieles.

1.3.2. Económico

Teniendo en cuenta que la estructura muestra la historia y la cultura de un pueblo (Ferreñafe), constituyéndose en parte importante del patrimonio turístico.

La Iglesia de Santa Lucia es un icono de la arquitectura colonial provisto de bellos retablos e imágenes, este ha sido el templo principal en la Provincia de Ferreñafe, guarda los más preciados tesoros del catolicismo ferreñafanos entre ellos el vestigio de Santa Lucía. Según una encuesta hecha por Rino Salazar, los turistas que llegan a conocer la ciudad de Ferreñafe, su ingreso promedio esta desde 500 a 1000 soles que representa el 88% y un 12% tiene ingresos superiores a los 1000 soles. [7]

1.3.3. Técnico

Se busca encontrar el reforzamiento apropiada, desarrollando criterios para interpretar las lesiones y establecer los procedimientos metodológicos en estructura donde predomina el adobe, de la misma forma se aplique nuevas tecnologías usadas en estados o países.

La elaboración de la presente tesis, propone un diseño del refuerzo estructural en la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe, después de una evaluación y análisis; lo que nos permitirá elegir aquella alternativa cuya intervención sobre la estructura sea mínima, manteniendo casi intacta su estructura. La intervención que deberá proponerse asegura la mejora del comportamiento

estructural mediante la solución a los problemas que presenta la edificación, riesgosos ante una inundación o evento sísmico.

La conservación del patrimonio se centra en tres puntos fundamentales:

- a) Seguridad en la estructura, en cuanto a las personas que asisten masivamente a la Iglesia se sientan seguras, en cada realización de misas, festividades que aproximadamente 500 personas asisten; considerando que es la Iglesia principal de la Provincia de Ferreñafe no podrá cerrarse al público durante los trabajos de reforzamiento.
- b) El respeto y cuidado de los valores internos de la estructura en cuanto respeto a la relación de los ferreñafanos con su identidad e historia como pueblo religioso.
- c) El uso actual y futuro, que se le dé a la edificación como recinto religioso en cuanto a la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar, analizar y diseñar el reforzamiento de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Realizar el levantamiento topográfico y el estudio de mecánica de suelos en la estructura existente de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.
- b) Examinar el estado actual de los elementos estructurales en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.
- c) Determinar los materiales y el sistema de reforzamiento de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.
- d) Determinar la respuesta de la estructura con el reforzamiento empleado ante las acciones externas en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.
- e) Dimensionar los elementos estructurales del reforzamiento de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.
- f) Estimar el presupuesto del reforzamiento a emplear de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.
- g) Elaborar el estudio de Impacto Ambiental del reforzamiento de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe

II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes del problema

Al realizar la revisión bibliográfica respecto a la temática de la presente investigación se ha ubicado los siguientes antecedentes de estudio:

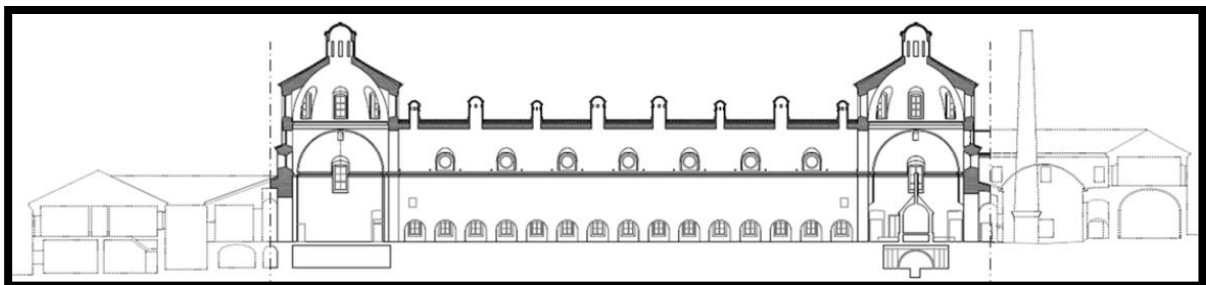
2.1.1. Reforzamientos Internacional

En el Informe elaborado por (Vega Sánchez, 2015) titulada “Proyecto refuerzo y reparación de las cúpulas de la real fábrica de cristales en la granja de San Ildefonso, Segovia”, redactada a petición de D. Juan de Dios León Acosta, de la Subdirección General de Obras de la Gerencia de Infraestructuras y Equipamientos del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

El presente informe tiene como objetivo recoger las actuaciones precisas para devolver a las citadas cúpulas de la Nave de Hornos, las necesarias condiciones de seguridad, habitabilidad, y ornato.

Se enfoca el informe en dos cúpulas de media naranja las cuales se denominan Nave de Hornos y Carquesas, ubicadas en la cúpula 1-Sur Este y cúpula 2-Nor Oeste de la estructura, construidas en el siglo XVIII de material de ladrillo (dimensiones varían entre los 25 a 28cm. de soga, en tizones de 14 a 18cm.y espesores entre 4m a 6cm.) con juntas (llagas y tendones) de mortero de cal que oscilan entre 1 y 3cm.; su altura está en los 13 metros. La adquisición de datos tuvo lugar el escáner de fase Trimble TX5 y la visualización in situ. [8]

Figura 3. Sección longitudinal de la Nave de Hornos conforme a la geometría definida por la nube de puntos del escáner



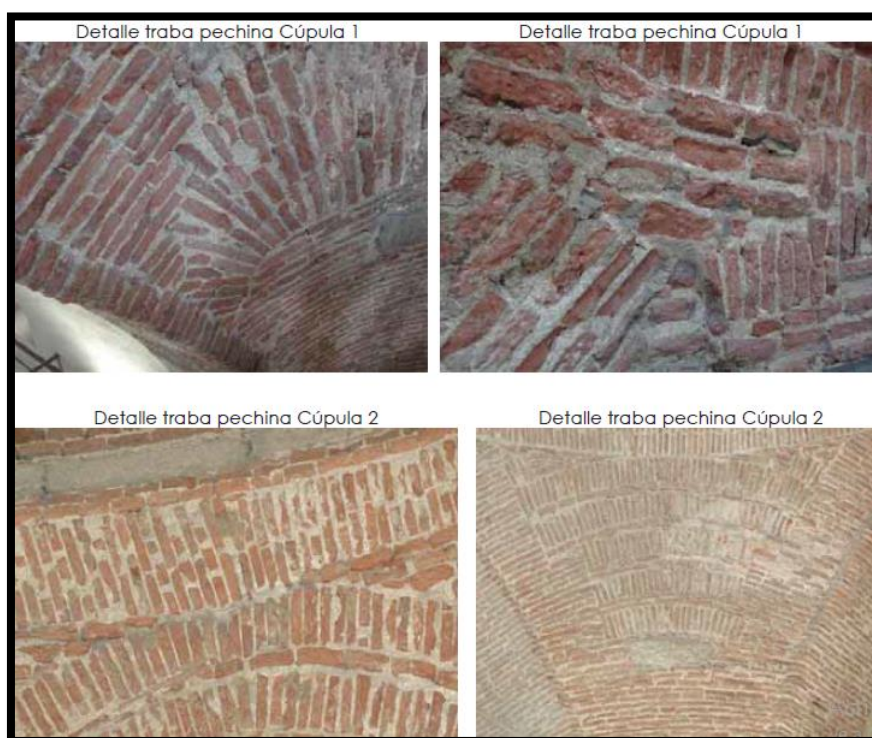
Fuente: Elaboración propia

Se realizaron ensayos a las muestras de fábrica de ladrillo y mortero de cal extraídas de la estructura donde la resistencia a la compresión media del ladrillo es de 14.8 N/mm² con una

dispersión razonable, una densidad aparente de 1.758 K/m³ y densidad real 2.246 K/m³; en el análisis químico del mortero de cal se encontró un alto contenido en sílice y un mínimo de sulfatos.

Con respecto a los daños, por la visualización in situ se describe en las pechinas de la cúpula 1, la traba de ladrillo de forma desordenada y con algunos refuerzos metálicos de atado en dos de ellas; en la cúpula 2, la traba es más ordenadas; fisuras en arcos, lunetos, linterna y apoyo cimbras; la falta de rejuntado de cal; humedades de filtración y capilaridad; eflorescencias y descomposición del ladrillo.

Figura 4. Daños en la cúpula 1 y cúpula 2 de pechinas



Fuente: Elaboración propia

Según el informe del estado actual de los elementos de cúpula de pechinas se concluye que el riesgo técnico latente es significativo y se recomienda realizar las reparaciones en un lapso de tiempo de 1 a 2 años y se describen a continuación las técnicas adoptadas:

- Nuevo atirantado en cúpulas de pechinas.
- Sustitución de revestimiento en cúpulas de pechinas.
- Sustitución de cubiertas en cúpulas de pechinas.
- Sustitución de carpinterías y ventanas en cúpulas de pechinas.

Desarrollando las técnicas se indica que por el interior se deberá inyectar en grietas y fisuras con yeso, para ello se realizará manualmente con “llaguero – puntero” metálico “rascando” las juntas hasta una profundidad mínima de 15-20 mm y luego el rejuntado con mortero de sellado de juntas de cal y arena de alta adherencia. El rejuntado se efectuará con llana de goma minimizando el manchado del ladrillo.

Limpiar las eflorescencias existentes mediante cepillado manual en seco con cepillo de Nylon duro, y aplicar un consolidante que mejore la durabilidad del ladrillo y mejore la resistividad al vapor.

Por el exterior se usará el tratamiento de consolidación en la cual deberán sanear todas las fábricas fracturadas, en el caso de la no existencia del elemento tiene que ser restituida.

Se sugiere disponer un “colchón compresible” delante de los perfiles de acero, reconstruir la fábrica de ladrillo armada con llaves metálicas de alambro de acero inoxidable de 3-4 mm, y la reposición del enfoscado de mortero de cemento armado con malla de fibra de poliéster, pintada toda la superficie de ochavo y linterna con pinturas minerales impermeables.

En el caso de las cubiertas reforzar el soporte metálico y reponer las tejas. [8]

En la tesis elaborado por (Manitio Cahuatijo, 2013) titulada “Estado de vulnerabilidad y reforzamiento estructural de un inmueble patrimonial del distrito metropolitano de Quito”, para optar el título de Ingeniero Civil – Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental - Escuela Politécnica Nacional.

Respecto al objetivo general es mejorar las condiciones sismo resistente del bien patrimonial, mediante un sistema de reforzamiento estructural adecuado.

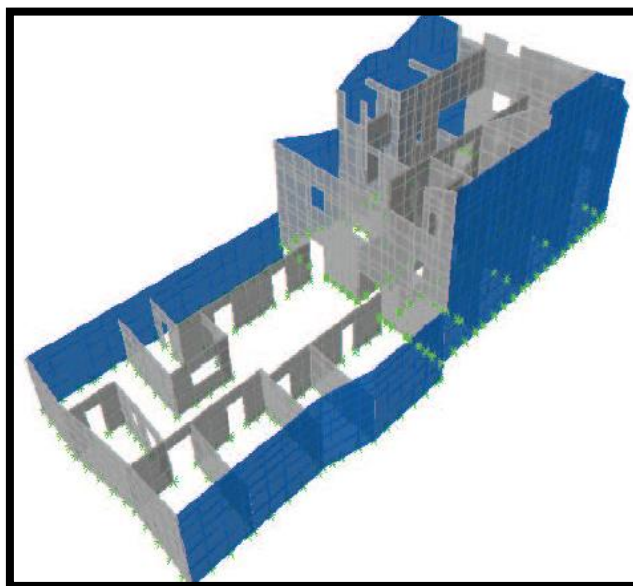
El inmueble tiene un área construida y patios de 824m², de dos niveles, se ubica en la calle Junín, en el Barrio de San Marcos, Quito – Ecuador. Para la adquisición de datos se realizó el levantamiento plani-altimétrico por el método de la triangulación y niveles de referencia con láser.

De la estructura existente, se determinó que cuenta con un sistema de paredes portantes de adobe viguetas de 10x10, 12x10, 13x13, 16x16, cubierta de madera y teja andina, piso de madera, columnas de piedra.

Se realizó la evaluación del estado actual de vulnerabilidad de la vivienda a través de la metodología italiana (11 parámetros para mampostería de tierra no reforzada), dando como

resultado un $k_i \cdot W_i = 66$ (0 a 30 estructura segura, 31 a 60 estructura medianamente segura, 61 a 90 estructura muy vulnerable) es decir muy vulnerable; así mismo se modeló la estructura en el programa Etabs v9.7.2, con propiedades de cada material presente en la estructura y otras a través de la información disponible en la norma E 080 para adobe del Perú, y del manual de diseño de madera y el código ecuatoriano de la construcción. [9]

Figura 5. Modelamiento de la estructura en el programa ETABS V9.7.2.



Fuente: Elaboración propia

Con respecto al tipo de reforzamiento considerado es la malla electrosoldada con enchape de hormigón en ambas caras de los muros unidas mediante conectores o anclajes que generan un mejor comportamiento sísmico resistente dotándole de mayor resistencia a corte. El procedimiento para reforzar los muros es ponerle una capa de mortero, luego colocar la malla electrosoldada de mallas de tres diámetros 3.5, 5, 8mm. con espaciamiento de 15 cm y con clavos cada 30cm. en sentido horizontal y vertical cubriendo con una capa de mortero de 1.5cm. de espesor; es importante conectar el cimiento con alcayatas. También se colocó refuerzo extra en las divisiones de los pisos, estos fueron varillas de 1m. de longitud y de 8mm. de diámetro. [9]

Concluyendo el análisis sin refuerzo se verifica el alto efecto de corte y con el refuerzo aplicado tiene una capacidad alta a flexión; con respecto a la cimentación se colocará en la base una malla electrosoldada de unos 30 cm. en todo el perímetro.

En la tesis doctoral elaborado por (Cazalla, 2012) titulada “Análisis metodológico, diseño y cálculo de composites en la rehabilitación del patrimonio histórico arquitectónico del Bajo Guadalquivir”, para optar el grado de Doctor en Arquitectura - Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Universidad de Sevilla.

Respecto al objetivo principal es la de evaluar materiales que se unen dos o más elementos utilizados en el reforzamiento estructural de edificaciones históricas con la finalidad de indicar su viabilidad técnica y prácticas en comparación con los materiales tradicionales en la construcción, específicamente en la región del Bajo Guadalquivir. [10]

La obtención de información fue a través de la planimetría y el reconocimiento in situ de tres edificios monumentales los cuales son: El oratorio de San Felipe Neri (Cádiz), La Santa Iglesia Catedral (Cádiz) y El Castillo de las Aguzaderas del Coronil (Sevilla).

a. El oratorio de San Felipe Neri (Cádiz)

Tiene una longitud de 26.62 m. por 16.70m. de ancho de la estructura, cuenta con una cúpula principal ovalada de dos cuerpos cupulares concéntricos de planta elíptica unidos por un tambor, con una altura de 13m.; el material predominante es la madera de escuadría de 20x30cm., revestido con mortero de yeso y cubierta con teja árabe tradicional. Esta estructura cuenta con una intervención que es la colocación de una estructura espacial de barras triangulares con perfiles tubulares de acero laminado.

Tabla 1 Clasificación de las lesiones patológicas y soluciones

	Lesiones patológicas	Elementos estructurales	Soluciones terapéuticas propuestas
Cerramientos exteriores de fábrica de mampostería	Desconchados y parchado de mortero de cemento	Revestimientos exteriores	- Picado y chorreado controlado, - Limpieza y resane del soporte - Tratamiento de consolidación
	Revestimiento en mal estado y ausencia en elementos	Exteriores de cerramientos	- Picado de paramentos verticales y abovedados y revestimiento con mortero pre dosificado de cal armado
	Cargaderos y dinteles en mal estado o inexistentes	Camaranchón principal y del presbiterio	- Sustitución de cargaderos por viguetas de hormigón armado auto resistentes.
Muros interiores de fábrica de	Paramentos con revestimientos irregulares, desprendidos, y afectados de humedades	Camaranchón de pabellón y presbiterio.	- Picado de paramentos - Regularización de mortero pre dosificada de cal armado con malla y revestimiento con el mismo material - Pintura al silicato armada

	Lesiones patológicas:	Elementos estructurales afectados:	Soluciones terapéuticas propuestas:
	Grietas en muros del camaranchón	Camaranchón	- Limpieza y retirada de revestimientos y cosido de grietas con llaves y morteros de resina epoxi u hormigón.
	Grietas y fisuras en el paramento vertical del cerramiento	Cuerpo alto	- Picado selectivo puntual, refuerzo puntual con tablillas clavadas y revestimiento puntual de yeso armado y enlucido.
Estructura de cubierta inclinada y de la cúpula.	Presencia de fendas en caras verticales en elementos estructurales de madera	Cubierta y camaranchón principal	- Refuerzos de fendas con varillas de fibra de vidrio recibidas con resina epoxi
	Perdida de escuadría y de capacidad mecánica en elementos estructurales de madera	Cubierta y camaranchón principal	- Consolidación y aumento de la escuadría
	Refuerzos metálicos en mal estado de fijación y óxidos	Cubierta de pabellón y camaranchón	-Desmontaje de los actuales refuerzos metálicos de acero inoxidable, amadrinado con piezas metálicas y madera. Amadrinado e imprimación y colocación de nuevos elementos.
	Vuelco hacia el extradós de la estructura portante	Cuerpo superior de la cúpula	- Amadrinados de madera y chapa metálica en refuerzos de soportes y atirantado perimetral con varillas de acero roscadas en punta, con protección anti oxido
Deambulatorio	Mal estado de elementos de madera de barandillas y pasamanos	Deambulatorio	- Resanado y refuerzo con piezas metálicas/madera y entrepaños de redondos de acero de 16 mm de diámetro
	Tablas de suelo rotas y/o en mal estado.	Deambulatorio	- Resanado de suelo de tablas de madera
	Mal estado general de elementos de madera	Escalera de acceso a deambulatorio	- Demolición completa - Reconstrucción completa
	Carece de pintura	Deambulatorio	- Barniz sintético incoloro
Escalera de acceso	Peldaños sucios y defectuosos	Peldaños de la escalera de caracol	- Resanado y limpieza peldaños y fuste de madera
	Piedra disgregada, sin tratamiento consolidante	Elementos de piedra de la escalera de caracol	- Tratamiento consolidante hidrofugante sobre cantería

Fuente: Cazalla, 2012 [10]

Con base en los resultados del análisis estructural, se plantearon las siguientes soluciones terapéuticas de refuerzo con materiales compuestos de FRP (Fiber Reinforced Polymer), que pueden garantizar el futuro buen funcionamiento de la estructura de la cúpula:

- Construcción de una estructura soporte espacial de barras construida con perfiles pultruidos de FRP unidos mediante tornillería de acero inoxidable, situada paralelamente a dichos camones, y a la que se sujetarán éstos. Dicha estructura sujetará e inmovilizará verticalmente la estructura de madera de la cúpula, mediante la colocación de un anillo construido con perfiles pultruidos de FRP, situado a la altura del arranque del tambor sobre el cuerpo inferior, del que colgará la segunda.
- Construcción de otra estructura soporte espacial de barras también construida con perfiles pultruidos de FRP unidos mediante tornillería de acero inoxidable, que sostenga los pares sobre los que se apoyan los faldones de cubierta y zunche interiormente la coronación del muro perimetral del camaranchón.
- Consolidación y rigidización previa de los ensambles y uniones de los tablones que conforman los camones de la estructura de madera de la cúpula, mediante encolado in situ con adhesivos poliméricos.

b. La Santa Iglesia Catedral (Cádiz)

El monumento se comienza en estilo Barroco, como su planta y el interior hasta el friso rococó y es terminada en estilo neoclásico, en su fachada se cuenta con dos torres de tres cuerpos que finalizan en cúpulas, una portada de forma cóncava y convexas, las cubiertas son bóvedas vaídas, el crucero tiene una cúpula semiesférica sobre tambor.

Figura 6. Fachada principal de la Catedral Nueva de Cádiz



Fuente: Cazalla, 20212 [10]

Tabla 2 Clasificación de las lesiones patológicas y soluciones

Lesiones patológicas	Elementos afectados	Soluciones terapéuticas propuestas
Desportillado de las aristas de los sillares.	Bóvedas de la girola y bóveda central	<ul style="list-style-type: none"> – Ejecución de un encamisado de hormigón armado con barras de GFRP o de CFRP en el intradós de las bóvedas para la sujeción definitiva de los sillares. – Reparación de las aristas de los sillares o sustitución de aquellos sillares cuya forma y aspecto estén muy deteriorados. – Sellado con mortero de las juntas del trasdós e intradós de la fábrica de sillares antes acuñado de las juntas entre sillares. – Revestimiento de los paramentos exteriores de los muros de fábrica de piedra con productos hidrofugantes, pero permeables al vapor. – Cierre de los huecos de iluminación y ventilación, para evitar la entrada de agua-viento y corrientes de aire.
Humedades de filtración que han provocado la expansividad de las sales contenidas en el mortero de las juntas de la fábrica	Bóvedas de la girola	<ul style="list-style-type: none"> – Levantado de las solerías de las cubiertas. – Retirada de los rellenos de las bóvedas, que están cargados de sales y humedad. – Limpieza y extracción de sales de las juntas del trasdós e intradós de la fábrica de sillares de las bóvedas. – Sellado con mortero de las juntas del trasdós de la fábrica de sillares de las bóvedas y colocación de rellenos de las bóvedas a base de materiales ligeros. – Reposición de la solería de las cubiertas sobre las bóvedas.
Desportillado de las aristas de los sillares.	Bóvedas de las naves laterales	<ul style="list-style-type: none"> – Ejecución de un encamisado de hormigón armado con barras de GFRP o de CFRP en el intradós de las bóvedas para la sujeción definitiva de los sillares. – Reparación de las aristas de los sillares que las tengan dañadas o sustitución de aquellos sillares cuya forma y aspecto estén muy deteriorados y el sellado con mortero de las juntas del trasdós e intradós de la fábrica de sillares, previo acuñado de las juntas entre sillares.

Fuente: Cazalla, 20212 [10]

c. El Castillo de las Aguzaderas del Coronil (Sevilla).

Se trata de un castillo datado en el siglo XIV-XV, de planta sensiblemente cuadrangular rodeada de una serie de torres, que se conocen como: Cate, El Bollo, Lopera, Águila, Alocaz y Liado. Está cimentada sobre un gran lecho rocoso, las torres, bóvedas y muros son de piedra caliza y arenisca de diferentes tamaños unidos con una argamasa de cal.

Figura 7. Fachada lateral derecha del Castillo de las Aguzaderas del Coronil



Fuente: Cazalla, 20212 [10]

Tabla 3 Clasificación de las lesiones patológicas y soluciones

Lesiones patológicas	Elementos afectados	Soluciones terapéuticas propuestas
Grietas en muros defensivos	Muros perimetrales de piedra caliza	<ul style="list-style-type: none"> – Ejecución de las perforaciones con las directrices, diámetros y profundidades específicos y limpieza del interior de las mismas con aire comprimido. – Inyección de resina epoxi-acrilato para anclaje estructural, e introducción en las perforaciones, de las barras pultruidas de CFRP, de 7,5 mm de diámetro. – Sellado de las grietas en la fábrica de piedra, mediante un mortero de cal especial para restauración.
Erosión de materiales	Muros laterales	<ul style="list-style-type: none"> – Realización de cajeados de unos 35 a 50 cm de ancho y 10 a 15 mm de profundidad, y limpieza de la superficie de los mismos. – Aplicación de bandas de mortero de regularización, sobre las que asegurar la adherencia de los anillos de bandas laminadas de CFRP. – Ejecución de los anillos de bandas laminadas de CFRP, de 1,4 mm de espesor, con los correspondientes ángulos, post tensándolas y adhiriéndolas a la superficie soporte del zunchado mediante adhesivo epoxi saturable.

Lesiones patológicas	Elementos afectados	Soluciones terapéuticas propuestas
Grietas en bóvedas	Bóvedas de tipo pechina esférica	<ul style="list-style-type: none"> – Eliminación del relleno de cada bóveda a consolidar, para su sustitución por otros más ligeros tras finalizar las operaciones de consolidación. – Preparación de las superficies del extradós de cada bóveda, con eliminación previa de irregularidades y materiales mal adheridos o sueltos, y posterior limpieza. – Replanteo previo y aplicación sobre las superficies del extradós de cada bóveda, de bandas de mortero de regularización para asegurar la adecuada adherencia de los materiales del “sistema de composición in situ”. – Tras el curado y endurecido las bandas de mortero de regularización (cuyos niveles de humedad deben ser inferiores al 5%), se aplicarán sobre sus superficies una imprimación a base de resina epoxi (de color rojizo y con una densidad de entre 300 y 400 g/m²) para el sellado de poros y para proporcionar adherencia a sus superficies. – Tras el secado de la imprimación a base de resina epoxi, se ejecutarán dos bandas consolidantes de hojas de tejido de fibra de carbono y vidrio, adaptadas a la curvatura del extradós de cada bóveda a consolidar, de la siguiente manera: Se formará la primera capa de refuerzo, aplicando resina epoxi saturante, de 300 mm de anchura, sobre las que se colocará la primera capa de refuerzo consistente en dos bandas de 300 mm de anchura, de hojas de tejido de fibra de carbono, de anchura, que se presionarán con rodillos para la saturación total sus fibras por impregnación con las capas de resina epoxi saturante aplicadas. Se formará la segunda capa de refuerzo, aplicando resina epoxi saturante sobre las hojas de tejido de fibra de vidrio, sobre las que se colocará una segunda capa de refuerzo consistente en dos bandas de 300 mm de anchura, de hojas de fibra de vidrio, que se presionarán con rodillos especiales para la saturación total sus fibras por impregnación con la resina epoxi saturante aplicadas. Las uniones de las hojas se harán mediante solape con adhesivo epoxi. Finalmente, se aplicará una última capa de resina que se espolvoreará con árido silíceo para conseguir un acabado rugoso a fin de mejorar la adherencia mecánica de una capa de mortero que finalmente se aplicará para recubrimiento y protección del sistema. Todas las capas antes descritas, formarán el material compuesto de FRP rígido perfectamente adaptado y adherido monolíticamente a la bóveda, el cual, se anclará perimetralmente a los muros de fábrica que soportan éstas, mediante barras pultruidas de CFRP alojadas en perforaciones rellenas de resina epoxi-acrilato.(ver la siguiente figura).

Fuente: Cazalla, 20212 [10]

En el artículo elaborado por (Peña Mondragón y Lourenco, 2012), titulada “Criterios para el refuerzo antisísmico de estructuras históricas” de la Revista de Ingeniería Sísmica.

Este artículo se basa en identificar los refuerzos en la restauración a través de criterios para evaluar su viabilidad después de aplicar diferentes técnicas y mejorar la capacidad y resistencia de estructuras antiguas ante terremotos. [11]

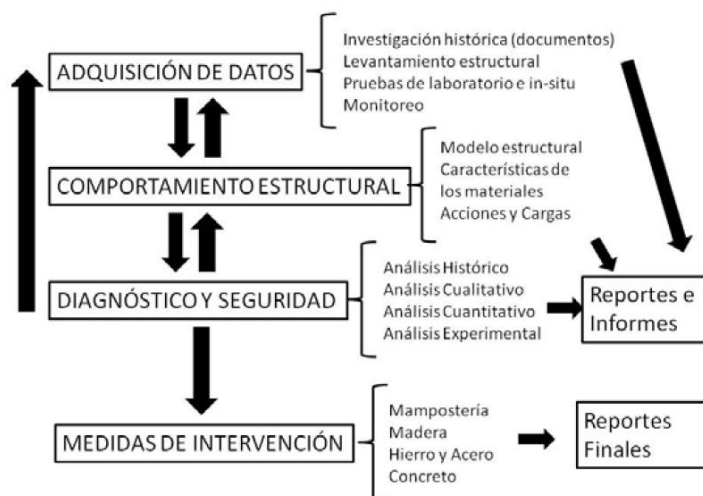
a. Criterios para el refuerzo antisísmico de estructuras históricas

- Respeto a la autenticidad estructural ya que es parte de su valor cultural, por lo que es necesario preservar tanto el sistema original como sus materiales.
- Mínima alteración o impacto siempre y cuando provean un nivel de seguridad adecuado.
- Seguridad estructural
- Compatibilidad en los materiales y los dispositivos técnicos utilizados, es decir, que su utilización no resulte en un efecto indeseable en la estructura.
- No sea invasor y contribuya a preservar la integridad de las estructuras.
- Reversibilidad y remoción para que, al ser desmanteladas y aplicar uno más efectivo, el material original o la estructura regresan al estado en que estaba antes, sin sufrir daño o deterioro permanente.
- Monitorización. Debe ser posible controlar la intervención durante su ejecución.

b. Cuatro aspectos principales en un trabajo de intervención del patrimonio arquitectónico

Son la adquisición de datos, comportamiento estructural, diagnóstico y seguridad y medidas de intervención:

Cuadro 1 Diagramas de flujo con la metodología propuesta por ICOMOS para las intervenciones estructurales de edificios históricos



Fuente: Peña Mondragón y Lourenco, 2012. [11]

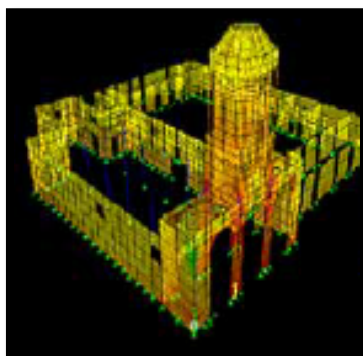
En el proyecto elaborado por (Rosenmann Becerra y Paz Gutiérrez, 2011) denominado “Proyecto de restauración de la iglesia San Francisco del Barón” de la Universidad de Chile y la Universidad Católica

El proyecto tiene como objetivo realizar la propuesta de restauración de la iglesia con la finalidad de poner en valor por diferenciación nítida, es decir la inserción de elementos arquitectónicos contemporáneos en contraste explícito con lo antiguo patrimonial, siguiendo con la metodología de un análisis de sismología continuando con la evaluación de incendios en la iglesia, y poner en discusión y análisis crítico la restauración con sus criterios de intervención, modelo de gestión y diseño final. [12]

La iglesia fue construida entre 1865 a 1890. Su patio y claustro muestran una arquitectura conventual de gruesos muros de adobe, corredores de madera, portada y campanario de ladrillo. El último terremoto ocurrido el 27 de febrero del 2010 de intensidad de 8.8 en escala de Richter, la estructura no ha sufrido un colapso global, pero presenta una importante fisuración y agrietamiento en la torre y un grado menor de grietas en los elementos de adobe.

Se realizó un análisis sísmico dinámico mediante software y como resultado se vio reflejado la vulnerabilidad frente a sismos severos por el cual está sometida a los máximos esfuerzos de compresión y corte, dada su interconexión en distintos puntos con el cuerpo de la torre. También se observa un aumento significativo de los esfuerzos de corte en los puntos altos de los muros del templo.

Figura 8. Modelamiento de la estructura en software



Fuente: Rosenmann Becerra y Paz Gutiérrez, 2011. [12]

a. Daños presentes en la estructura

- En la fachada principal de acceso se pueden apreciar varias grietas verticales, localizadas en las cercanías de los arcos, las aberturas de ventilación y en el ante-techo. En algunos arcos y en el ante-techo existen zonas fracturadas que forman bloques prácticamente separados de la estructura principal, visiblemente peligrosos para seguridad de los ocupantes y vecinos.
- En las cúpulas se encontraron grietas de gran extensión, dado que la grieta atraviesa el muro completamente, en el campanario aparecen grietas con orientación vertical, mayores en las aberturas.
- En los muros de adobe se encontraron grietas verticales y diagonales que se propagan hacia arriba y hacia debajo del vano circular de la ventana.

b. Tipos de reforzamiento para una debida adecuación sísmica en la estructura

- Liberación: Se retiraron los perfiles de fierro adosados de las fachadas y campanarios, retiro de elementos de hormigón en la gruta de Lourdes de piedra, descubrir la escalinata principal dejando la piedra original.
- Consolidación y reintegración: Se propone retirar unidades de albañilería (ladrillos) deterioradas fracturadas o erosionadas y la incorporación de refuerzos con enfierradura horizontal (costura) y restitución de ladrillos nuevos o reciclados, también la inyección de mezclas cementicias o epóxicas y/o refuerzos metálicos para reforzar la zona de la grieta y restituir el monolitismo del elemento y en algunos elementos la colocación de

insertos chapas de arcilla industrial contemporáneos, cortada en piezas de 60x50x15mm.

- Integración: Colocar refuerzo en base a barras y/o cables tensados expuestos en forma vertical y horizontal internos embebidos, también la colocación de barandas y barreras de vidrio templado combinado con soportes metálicos, así mismo se mantienen elementos con daño superficial o a la vez se sustituye elementos iguales o similares como componentes de acero con acabado de pintura en base poliuretano.

En fachadas y campanarios se integrarán elementos de albañilería sin ocultar y reparar superficies sustituyendo elementos de albañilería como inserción. Tales como todas las instalaciones de electricidad e iluminación, sanitarias y calefacción por radiadores con sistema de calentamiento solar. Altillo y escaleras metálicas, mamparas y barandas de cristal, etc.

En el artículo elaborado por (Bustamante, Carbo y Mondragón, 2007), titulada “Evaluación sísmica de construcciones históricas de mampostería: comparación de tres modelos de análisis” de la Revista de Ingeniería Sísmica.

El propósito del artículo es comparar tres métodos que se usan mayormente en la restauración de estructuras históricas hechas de mampostería dañadas por una acción sísmica, dejándolas vulnerables en el tiempo. Una de ellas es el análisis límite con bloques rígidos, seguido de elementos rígidos y método de elementos finitos no lineal. Se evaluaron investigaciones de ensayos experimentales y en una comparación con el análisis numérico se concluye que las respuestas a solicitudes son similares en los tres métodos. [13]

En el artículo elaborado por (De la Torre Rangel, López Vásquez, Salazar Hernández y Roldan Cabrera, 2004), titulada “Evaluación estructural y comportamiento de las reparaciones efectuadas a edificaciones históricas” de la Revista de Ingeniería Sísmica.

Con respecto al siguiente objeto de presentar la metodología empleada en la evaluación de restauración en lugares vulnerables a sismos en la localidad de México, se indica primero la identificación del sistema constructivo el cual es de mampostería no confinada (ladrillos, cal y arena, piedras naturales) y mediante la evaluación se dio a conocer que para sismos de mediana y gran intensidad el comportamiento no sería satisfactorio. En la revista informa las fallas y así

como la reparación para elementos estructurales presentes en construcciones históricas, respetando la originalidad y que evolucionen adecuadamente a futuros sismos. [14]

Se optó por considerar una construcción típica que generalizando sus propiedades físicas se definen las siguientes: Nave longitudinal con cuatro o más módulos, altura de orden de 10.0 m y ancho aproximado de 7.0 m; se limitan las naves por dos muros longitudinales considerando en el penúltimo módulo que cuenta con una cúpula de altura de 17.0 m; como cerraduras de muros se hallan las bóvedas laterales que forman el crucero de 10.0 m de altura. También se cuenta con un coro y torres a ambos lados finalizando con bóveda esférica, resultando con altura total superior a los 15 m. [14]

Las bóvedas y cúpulas están hechas con mampostería de tabique de barro, juntada con mortero de cal, y en pocos tramos de mampostería de piedra, así como arcos y muros.

Con respecto al diseño, se consideró una estructura del grupo “A”, tipo de terreno “I”, factor del coeficiente sísmica $Q=1$ (también se consideran $Q=1.5$ hasta 2).

Las soluciones a un problema estructural son múltiples, dependen del nivel de experiencia del ingeniero proyectista y su intuición para entender el comportamiento y las causas de los daños que experimentaron este tipo de edificaciones. La coincidencia o proximidad entre los periodos asociados al modo fundamental de vibración, de este tipo de edificios y el tipo de suelo sobre el que se desplantan (terreno firme), amplifican de manera significativa la respuesta dinámica de la estructura, teniendo como consecuencia un mayor deterioro en las características mecánicas de los diversos elementos que la integran. Se presentan para los elementos estructurales tipo de refuerzo: [14]

➤ **Bóvedas y arcos**

La consolidación de grietas en la mampostería con daños demostró ser eficiente para que las cubiertas afectadas trabajaran adecuadamente, ante las acciones de peso propio y sismos de poca magnitud. Sin embargo, las bóvedas se fracturan por la acción de temblores significativos recurrentes, ya que se continúan presentando los excesivos desplazamientos laterales de los muros de la nave principal. Se observó que cuando se realizaron “reparaciones locales” con viguetas y bovedillas, losa maciza o capas de “concreto”, se indujeron fuertes agrietamientos en la frontera con la mampostería existente no reforzada. El uso de tensores de acero en el arranque de bóvedas y arcos es ampliamente reconocido como una solución adecuada.

➤ **Cúpulas**

Se observó que el refuerzo de la mampostería con membrana de mortero, malla y conectores resulta eficiente, siempre y cuando se aplique a toda la superficie del elemento a reparar, al menos por la cara exterior. Se comprobó que los daños en cúpulas son menores si el refuerzo incluye al “tambor”.

➤ **Torres de campanarios**

Se construyeron dalas y castillos de concreto para rigidizar las torres a partir de su desplante en la base de piedra, sin ligar ambas torres o integrarlas con la fachada. El sistema produjo la falla por cortante (agrietamiento diagonal) en el basamento, además de la grieta en el muro de la fachada principal que se prolonga a la bóveda sobre el coro, esta opción resulta aún más eficiente si se adiciona un tensor, ya sea metálico o de concreto armado que unas ambas torres a través del muro de la fachada principal.

➤ **Muros**

El sistema que ha dado muy buenos resultados con un costo moderado, consiste en colocar una dala de concreto reforzado, a manera de tensor por todo el perímetro exterior del edificio ubicado aproximadamente a la mitad de la altura de las bóvedas, complementada con las costillas exteriores sobre los arcos fajones, siguiendo la curvatura de los mismos. Para las grietas horizontales en muros longitudinales es construyendo contrafuertes que deben integrarse al muro original mediante la inclusión de una cantidad suficiente de dentellones, que pueden ser de piedra o de concreto reforzado.

2.1.2. Reforzamientos Nacionales

En la tesis elaborado por (Cáceres Vilca, 2020) titulado “Comportamiento estructural sísmico estático no lineal de bóvedas de sillar en monumentos históricos: Reforzamiento estructural de la iglesia de Santa Marta – Arequipa”, para optar el título de Ingeniero Civil – Facultad de Ingeniería Civil - UNSA.

Con respecto al objetivo general de analizar el comportamiento estructural sísmico no lineal de las bóvedas de sillar en monumentos históricos, para aplicar al reforzamiento de la iglesia de Santa Marta y así caracterizar la no linealidad de su comportamiento sísmico ante fuerzas sísmicas, se construyeron tres elementos de mampostería escaladas las cuales se sometieron a fuerzas laterales con el refuerzo aplicado de material de concreto armado a los elementos en

pórticos de forma arqueada y ensayados, se finalizó con la comparación del comportamiento estructural no lineal en el elemento estructural reforzadas y sin refuerzo, con método de elementos finitos computarizados. [15]

Figura 9. Elevación 3D y elevación de la fachada de la Iglesia Marta-Arequipa



Fuente: Cáceres Vilca, 2020. [15]

La Iglesia Santa Marta se ubica en el cruce de las calles Santa Marta y Colón en el distrito, provincia y departamento de Arequipa; fue construida en 1566, años más adelante en 1940 se insertan una torre lateral derecha y contrafuertes en los extremos de la misma. Está conformada por una nave principal que presenta una bóveda tipo cañón de 7.50 m. de luz soportada por muros tipo cajón de 1.80m., también en el centro tiene de cubierta una bóveda mixta, así mismo en el lateral derecho dos bóvedas de menor dimensión. Actualmente existen 2 torres en la fachada y un contrafuerte en el lateral izquierdo.

a. Los daños que presenta la estructura en los sectores son:

- **Fachada y capilla:** Se presenta grietas verticales en la junta entre la torre y la capilla.
- **Torre pasaje peatonal:** Grietas de gran tamaño de 1cm. a 2cm. en la parte intermedia de la torre.
- **Torre pasaje colón:** Se presenta grietas horizontales, desprendimiento de tarrajeo y daños en piezas, tanto en la parte posterior e inferior de esta torre.
- **Bóveda tipo cañón de sillar:** Se aprecian fisuras en la cubierta de ladrillo pastelero, en el interior presenta desprendimiento del tarrajeo en el intradós conjuntamente con grietas longitudinales en los dos tercios.
- **Capilla:** En la fachada lateral se presenta grietas longitudinales verticales y en la fachada frontal se presenta grietas verticales.

- **Sala de andas:** En el interior existe presencia de grietas con pérdida de mortero, la más notoria es la del encuentro del muro y la bóveda.

b. Reforzamiento estructural

- La utilización de columnas de confinamiento de secciones de 40x40cm., en las torres y de 30x40cm. en capilla y sala de andas.
- Reforzar las bóvedas de mampostería en la capilla y sala de andas con vigas curvas sobre el extradós, y serán de sección 25x65cm., también vigas de amarre de 30x60cm.
- Se reforzará el campanario de la torre con la inserción de elementos barra dywidag tipo R25N en la dirección transversal del campanario y las barras verticales serán R38N.
- En la fachada y la bóveda se insertará las barras anteriores de extremo a extremo de las torres y son del tipo R38N, también la aplicación de fibras metálicas de forma horizontal y vertical.

En el estudio elaborado por (J. Olarte, R. Proaño, H. Scaletti, M. Torres y C. Zavala, 2019) titulado “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la catedral del Cusco”, del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

Con respecto al objeto principal es de evaluar la vulnerabilidad sísmica de la Catedral del Cusco. Unos primeros pasos adoptados en la recolección de información de los materiales predominantes en dicha estructura, seguido de un levantamiento topográfico y estudio del suelo, se realizó también el análisis dinámico en la Catedral del Cusco dando como resultados máximas tracciones por causas del sismo en bóvedas y arcos haciendo de estos elementos vulnerables en el tiempo así mismo los pilares también sufrirían daños; por ello se propone colocar refuerzos y bloques de piedra en bóvedas y arcos para que resistan la capacidad de momentos flectores. [16]

Figura 10. Vista panorámica de la Catedral del Cusco.



Fuente: J. Olarte, R. Proaño, H. Scaletti, M. Torres y C. Zavala, 2019. [16]

a. Descripción de los daños en la Catedral del Cusco

Inicialmente no se observaron daños importantes en los muros perimetrales e interiores, así como en los pilares interiores de la iglesia del Triunfo. Por otro lado, las torres y los domos de la Basílica Catedral han sido restaurados recientemente y se observan en buen estado. Los daños importantes se observaron en los pilares centrales de la Catedral y son: [16]

- Fisuramiento vertical en algunos bloques de piedra, posiblemente debido a esfuerzos excesivos ocurridos por sismos en el pasado.
- Despostillamiento en los bordes algunos bloques. Esto tiene su origen en concentraciones de esfuerzo relacionadas con la irregularidad de las superficies de bloques en contacto y con el flujo plástico del mortero.
- Desplazamiento horizontal de algunos bloques, como resultado del empuje del material de relleno. En algunos casos se observa también un desprendimiento parcial del mortero vertical de unión de las piedras.

b. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica

El análisis sísmico con el modelo de la estructura completa, indica que el sismo de diseño produciría en las bóvedas esfuerzos de tracción en el rango de 0 a 8 MPa. Esto ha sido obtenido suponiendo $R=1$, lo que resulta consistente con la forma de falla frágil esperada. Los esfuerzos antes mencionados superan largamente la capacidad del mortero en tracción. Aun cuando los esfuerzos reales sean menores, es evidente que las bóvedas podrían fallar al ocurrir un sismo

severo. Por otro lado, la mayor vulnerabilidad de las bóvedas ha sido puesta en evidencia por los sismos pasados.

Al fallar parcialmente las bóvedas, los pilares quedarían como estructuras aisladas. El estado de esfuerzos se aproximaría entonces al del modelo de un pilar con una porción de los arcos y bóvedas adyacentes. Con ese modelo se obtuvieron esfuerzos cortantes en los arcos de hasta 6,5 MPa y esfuerzos normales en dirección vertical en los pilares del orden de 28 MPa. Estos esfuerzos son excesivos para el material empleado.

En conclusión, la falla de las bóvedas sería seguida por fallas en los arcos y luego en los pilares. En comparación a esos elementos, se espera que los muros perimetrales y aquellos que actúan como sus contrafuertes sean poco afectados, a pesar de estar contruidos con mampostería de inferior calidad.

c. Consideraciones para la reducción de la vulnerabilidad sísmica

La estructura de la catedral, tiene suficiente densidad de muros como para soportar las acciones sísmicas previstas. Sin embargo, las bóvedas y arcos no son adecuados para transferir las fuerzas sísmicas a los muros ya que son las estructuras más vulnerables y presentan además el mayor riesgo para los ocupantes.

Una solución estructural es agregar refuerzo por encima de la capa inferior de bloques de piedra como en la parte superior de los arcos y bóvedas, para dar a las secciones capacidad para resistir momentos flectores. La cantidad de refuerzo debería proporcionarse a las dimensiones de los elementos involucrados, de modo que su contribución sea significativa.

Comparativamente, no sería tan efectivo rigidizar los pilares, por ejemplo, sustituyendo el material del núcleo, lo que por otro lado sería muy difícil de realizar.

Por razones obvias, tampoco es factible modificar la mampostería exterior ni sus dimensiones. El mantenimiento constante del sistema de drenaje es importante, ya que la humedad excesiva podría afectar las propiedades mecánicas de los materiales.

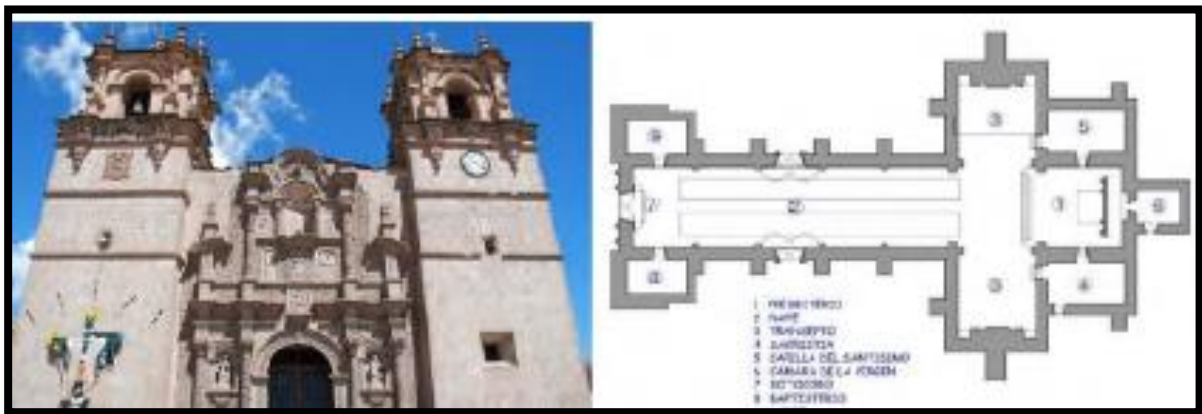
En la tesis magistral elaborado por (Apaza Cruz, 2018) titulado “Evaluación de mecanismos de colapso generados por acciones sísmicas en la catedral de Puno”, para optar grado de Magister en Ingeniería Civil– Facultad de Ciencias e Ingeniería - PUCP.

La tesis aborda el objetivo principal de realizar la evaluación de mecanismos de colapso generados por acciones sísmicas en estructuras de mampostería de piedra, como caso de estudio la Catedral de Puno, para lograrlo se inició con la identificación de elementos vulnerables, de

estas acciones últimas se evaluó a través de un análisis cinemático lineal y no lineal para realizar la evaluación de la capacidad de la edificación que se resista a fuerzas sísmicas. [17]

La Catedral de Puno, data su construcción en el año 1669, se ubica en el centro histórico de la ciudad de Puno. Está conformada por el atrio, capillas en laterales, la fachada de altura de 16.25m. donde existen dos torres de campanario de altura 22.85m, muros de mampostería de piedra con argamasa de cal y arena de espesores de 1.15 hasta 2.40m. con pocas aberturas, bóveda de cañón corrido en la nave principal y cuatro cúpulas de forma de arco triunfales de perfil semicircular. [17]

Figura 11. Fachada y planta de la Catedral de Puno



Fuente: Apaza Cruz, 2018. [17]

a. Evaluación del índice de vulnerabilidad

Para cada mecanismo de colapso en la Catedral de Puno, se han definido tres niveles de vulnerabilidad y resguardo sísmico, y ha sido calificado por medio de criterios de observación. [17]

- A cada indicador se le asigna una puntuación según la severidad o efectividad del indicador, que está comprendida entre 0 a 3.
- Para el caso de vulnerabilidad se puede indicar que los valores representan los siguientes conceptos: 0=no existencia; 1=poca presencia; 2=severa; 3=muy severa,
- Para el caso de resguardo sísmico se considera valores de 0=ineficaz; 1=poco efectiva; 2=buena; 3=muy efectiva.

Luego de realizar el reconocimiento y la evaluación de los mecanismos, se procede a asignar un factor de importancia ρ_k de cada mecanismo, que varía de 0 a 1.

Figura 12. Clasificación de mecanismos y cálculo de índice de vulnerabilidad

Nº	Tipología de mecanismo	ρ_k	v_{kp}	v_{ki}	I_v
1	Volteo de la fachada	1.00	0.00	2.00	0.85
3	Mecanismo en el plano de la fachada	1.00	2.00	2.00	0.50
5	Respuesta transversal de la nave	1.00	1.00	3.00	0.85
6	Corte en muros laterales	1.00	1.00	1.00	0.50
8	Bóveda de la nave central	1.00	0.00	1.00	0.68
10	Volteo de muros del extremo del transepto	0.90	1.00	2.00	0.66
11	Mecanismo de corte en los muros del transepto	0.90	1.00	1.00	0.50
12	Bóveda del transepto	0.90	0.00	1.00	0.66
13	Arco triunfal	1.00	2.00	2.00	0.50
14	Cúpula - tambor	1.00	1.00	1.00	0.50
15	Linterna	0.50	1.00	2.00	0.59
16	Volteo del ábside	1.00	1.00	2.00	0.68
17	Mecanismos de corte en el presbiterio o en el ábside	1.00	1.00	0.00	0.32
18	Bóveda del presbiterio o del ábside	0.75	0.00	1.00	0.63
19	Elementos de cubierta - muros laterales de la nave	1.00	0.00	1.00	0.68
20	Elementos de cubierta - transepto	0.75	0.00	1.00	0.63
21	Elementos de cubierta - ábside y presbiterio	1.00	0.00	1.00	0.68
22	Volteo de la capilla	0.75	3.00	0.00	0.10
23	Mecanismos de corte en muros de la capilla	0.75	1.00	0.00	0.37
24	Bóveda de la capilla	0.75	0.00	0.00	0.50
25	Irregularidad en planta - altura	0.75	0.00	2.00	0.77
27	Torre de campanario	1.00	1.00	1.00	0.50
28	Campanario	1.00	1.00	0.00	0.32
<i>Índice global de vulnerabilidad (I_v)</i>					0.57

Fuente: Apaza Cruz, 2018. [17]

Si un mecanismo tiene un $I_v=0.50$; existe el 50% de probabilidad de que ese mecanismo se active, para $I_v>0.50$ existe mayor probabilidad de que se active el mecanismo; por lo que ese mecanismo merece un análisis más detallado, y si un mecanismo tiene $I_v<0.50$ el análisis detallado podrá ser obviado. Consideraron en este estudio el $I_v=0.50$. [17]

El índice de vulnerabilidad ayudó a identificar los ocho mecanismos con mayor probabilidad de ocurrencia asociados a los principales macroelementos: mecanismo 1 que correspondiente a la fachada; 5 y 19 a la nave; 10 y 20 al transepto; 16 y 21 al ábside; 25 a las irregularidades en altura. [17]

En la tesis magistral elaborado por (Noel Tapia, 2017) titulado “Integración de ingeniería inversa y modelamiento numérico para la evaluación sísmica de construcciones históricas de adobe”, para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil – Facultad de Ciencias e Ingeniería - PUCP.

El objetivo general de esta investigación es proponer una metodología para el análisis sísmico de construcciones históricas, utilizando técnicas avanzadas de Ingeniería Inversa y métodos numéricos.

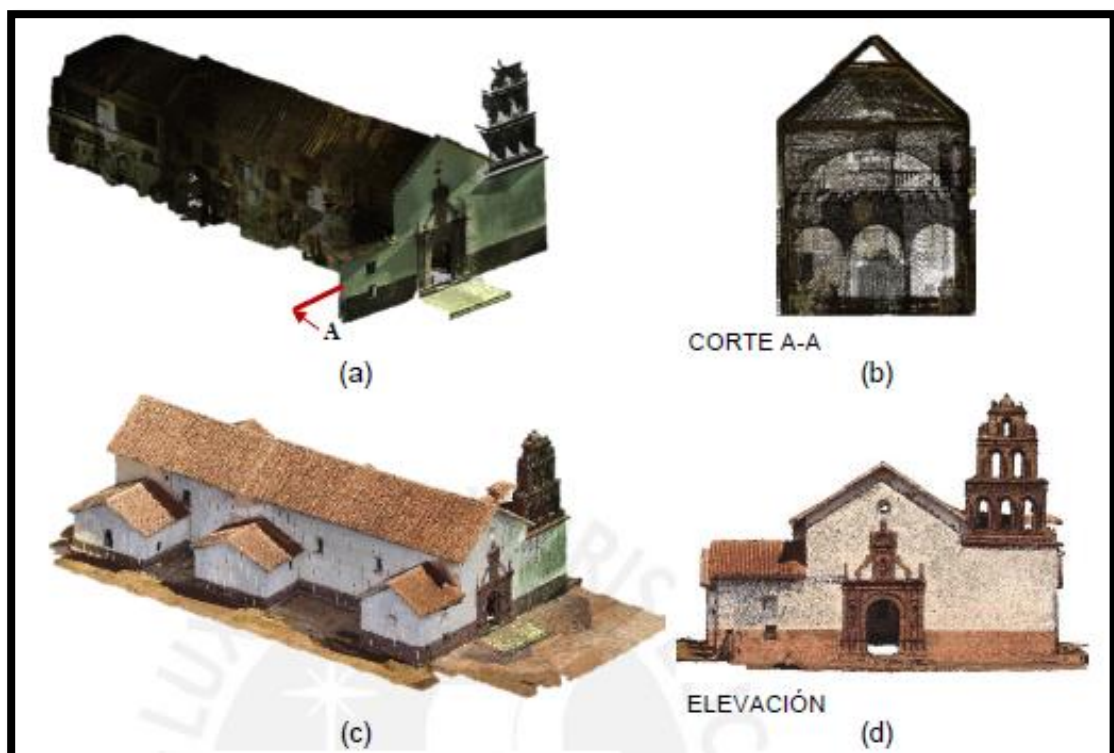
Una de las metodologías usadas en la ingeniería son las técnicas no destructivas y los métodos no lineales las cuales se aplicaron en la iglesia ubicada en el Cusco, distrito de Huaro, denominada San Juan Bautista, evaluando las fuerzas sísmicas que originan daños excesivos que producirían el colapso parcial de la estructura específicamente en techos y muros. [18]

a. Ingeniería inversa

Consiste en el proceso de extraer información o planos de diseño a partir de cualquier producto generado por el hombre, mientras que la ingeniería tradicional transforma conceptos y modelos de ingeniería en partes reales. La aplicación más utilizada de la ingeniería inversa es la reconstrucción digital de la geometría porque se obtienen modelos CAD mediante la captura y transformación de nubes de puntos densas.

La ingeniería inversa se resume en tres pasos: digitalización del producto, reconstrucción de la forma y modelado CAD en 3D; el beneficio de esta metodología recae en la posibilidad de mejorar el producto. [18]

Figura 13. Generación de la nube de puntos: adquisición del modelo interior con TLS (a) vista isométrica, (b) corte A-A; construcción del modelo exterior con fotogrametría (c) vista isométrica, (d) elevación.



Fuente: Noel Tapia, 2017. [18]

b. Calibración del MEF

Se consideraron las siguientes propiedades para el modelamiento:

Tabla 4 Propiedades elásticas y ni elásticas finales de los materiales

Material properties	Unit	Albañilería de adobe (muros)	Albañilería de piedra (cimentación)	Albañilería de piedra (campanario)	Madera
Peso específico (γ)	Kg/m ³	1510	1900	1900	470
Módulo de elasticidad (E)	MPa	350	800	4200	10000
Módulo de Poisson (ν)	----	0.25	0.2	0.2	0.2
Factor de ductilidad en compresión (μ)	mm	1.6	1.6	1.6	---
Esfuerzo de compresión (f_m)	MPa	0.875	2	10.5	----
Energía de fractura en compresión (G_m)	N/m	1400	3200	16800	----
Esfuerzo de tensión (f_t)	MPa	0.0875	0.2	1.05	----
Energía de fractura en tensión (G_f)	N/m	10	10	10	----

Fuente: Noel Tapia, 2017. [18]

Como resultado la estructura histórica cubierta interiormente de pinturas murales en los techos y muros, no se debería esperar agrietamiento ni pérdida del recubrimiento para los sismos ocasionales, frecuentes y raros; es decir, solo debería desarrollar daño leve. Y para un sismo muy raro se debería alcanzar únicamente daño moderado. No obstante, los resultados de la evaluación del desempeño sísmico de la iglesia muestran daño sustancial a fuerte para un sismo raro que representa el desarrollo de grietas generalizadas en los muros, caídas de piezas considerables de recubrimiento y la falla de elementos no estructurales individuales como el caso de los tímpanos.

Asimismo, en el caso de un sismo muy raro la estructura alcanza un nivel de daño muy fuerte que considera la falla parcial estructural de muros y techos. Esto pone en evidencia la alta vulnerabilidad sísmica en el que se encuentra la iglesia. Los resultados de este análisis por desplazamientos también confirman que la dirección más vulnerable es la +Y, asociada al desplome de la fachada principal, siendo por tanto este el primer mecanismo de colapso de la iglesia. [18]

Debido a la vulnerabilidad en la que se encuentra la iglesia es altamente recomendable intervenir la construcción con la finalidad de proteger su valor cultural y arquitectónico.

En la tesis magistral elaborado por (Briceño Meléndez, 2016) titulado “Diagnóstico estructural y análisis sísmico de la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylla”, para optar grado de Magister en Ingeniería Civil– Facultad de Ciencias e Ingeniería - PUCP.

Según el objetivo general es la investigación de procedimientos para la evaluación sísmica de construcciones patrimoniales de adobe mediante la aplicación de la termografía infrarroja pasiva y el análisis estático no lineal de modelos de elementos finitos bidimensionales para el diagnóstico y análisis estructural, respectivamente. [19]

Para ello considera como caso de estudio a la iglesia del Cusco en la localidad de Andahuaylillas denominada “San Pedro Apóstol”. El templo está compuesto por la nave alargada, el presbiterio, una torre de campanario y varias capillas laterales como son El Señor de Chacrapí y Nuestra Señora de Montserrat. Por otro lado, en el sector del presbiterio están ubicados el arco de triunfo y cuatro capillas laterales: Santísimo Sacramento, Cristo de la Ascensión, Sacristía y Anti-sacristía. En el segundo nivel están el coro alto y la capilla abierta a modo de balcón en la fachada frontal de la iglesia. [19]

Se compone de muros de adobe de espesor promedio de 1.10m. a 2.00m. y con alturas en promedio de 10m; la torre se encuentra ubicado en el lateral derecha.

Figura 14. Iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas

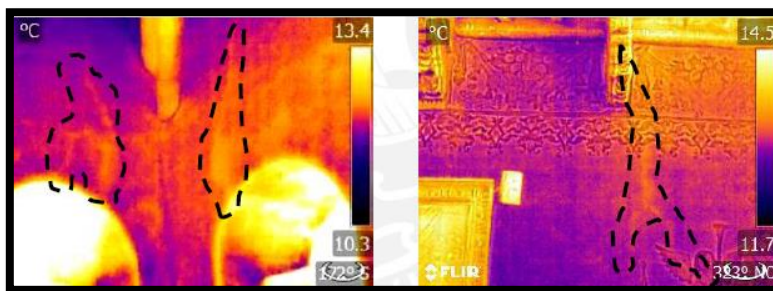


Fuente: Noel Tapia, 2017. [18]

a. Termografía infrarroja

Es una técnica para identificar las diferencias de temperatura en superficies ocasionadas por variaciones en el flujo de calor, logrando obtener la información de posibles cambios de material, grietas, humedad, etc. Se hace uso de una cámara de infrarrojos y los datos resultantes son procesados para obtener una imagen de la superficie llamada termograma.

Figura 15. Termogramas que evidencian grietas en albañilería de adobe



Fuente: Briceño Meléndez, 2016. [19]

Se encontraron tres tipos de adiciones/modificaciones históricas: reparaciones de adobe, mampostería de piedra mayores de fundaciones y vigas de madera. Adicionalmente, se detectaron sobrecimientos de albañilería de piedra en las capillas laterales; asimismo, se encontraron vigas de madera embebidas en cada conexión entre las paredes y los tímpanos de las capillas, los cuales probablemente fueron incluidos como elementos de reforzamiento. Las termogramas también evidenciaron un alto número de grietas en las paredes cerca de elementos de madera como vigas o el sistema de techo, ocasionadas por la interacción de ambos materiales. [19]

b. Análisis sísmico de Iglesia de adobe: El arco triunfal de la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas

Para la iglesia, la calibración del modelo se basó en un enfoque de análisis modal, para lo cual se considera su respuesta estructural en el rango elástico. Dos modelos de elementos finitos fueron construidos en DIANA y ABAQUS/CAE Explícit. En ambos casos, la albañilería de adobe fue considerada como un material elástico lineal homogéneo.

En el elemento arco con tímpano, muros laterales y ventanas dio como resultado que solo por carga gravitacional, no se detectarían daños en la estructura, lo cual confirma el efecto estabilizante de las paredes laterales; y con respecto a cargas sísmicas la grieta asimétrica se desarrollará en el intradós, la cual luego se propagaría hacia adentro; posteriormente, se originaron rápidamente grietas de corte en las ventanas en conjunto con grietas que separan las paredes de los pilares del arco. Por último, se logró observar que fisuras de corte en la ventana de la derecha conducirían al colapso total de la estructura.

En base a estos resultados, se especula que los muros longitudinales de nave deberían afectar considerablemente la capacidad sísmica del arco triunfal ya que limita los desplazamientos laterales. [19]

En la tesis elaborado por (Acosta y Durand, 2012) titulada “Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe en la provincia de Yauyos”, para optar el título de Ingeniero Civil – Facultad de Ciencias e Ingeniería - PUCP.

La presente tesis pretende mostrar una metodología integral para implementar proyectos de mitigación en edificaciones existentes de adobe ubicadas en zona de riesgo sísmico.

Para lograrlo se ubicó un colegio rural en el distrito de Choros, provincia de Yauyos, departamento de Lima, el cual lleva por nombre San Cristóbal I.E. 20137, construido en 1954. [20]

La metodología adoptada contiene tres etapas:

- a. Identificación y selección de mejor alternativa de reforzamiento para la edificación existente de adobe.**
- b. Análisis y diseño de la alternativa seleccionada.**
- c. Presentación del proyecto a la comunidad y taller de capacitación.**

La institución educativa cuenta con tres pabellones, el más grande es de 160m² y está compuesto por tres aulas; los otros dos pabellones son similares estructuralmente. La escuela a reforzar colinda con una losa deportiva y posee un patio interior de terreno natural. Posee un cimiento corrido de material granular grueso, como piedras recogidas de la zona unidas por cementante de barro. Además, cuenta con sobrecimiento del mismo material que la cimentación y dispuesto como pirca en la base de los muros, actualmente se encuentra en mal estado a causa de la erosión producida por lluvias. [20]

Los muros están compuestos por bloques de adobe de material granular con tierra, unidos por cemento de barro, tienen una altura aproximada de 2.9m. hasta 3.70m. en la zona de las cumbres.

Los techos de la institución educativa son de armadura de maderas y se encuentran muy deterioradas con cobertura de calamina de 2mm, esta armadura tiene forma de par y nudillo que está conformado por 5 tijerales que soportan el peso de las correas y la cobertura, cada tijeral tiene armaduras y correas las cuales son de madera Copaiba espaciadas cada 1.65 m y 1 m respectivamente y se encuentran en una condición precaria y deteriorada debido a la humedad en épocas de lluvia. La armadura del techo a dos aguas se encuentra simplemente apoyada sobre los muros de adobe sin ninguna restricción horizontal o vertical que garanticen el no desplazamiento del techo debido a fuerzas sísmicas o de viento. [20]

El piso de cemento pulido de 43.4m².

a. Identificación y selección de mejor alternativa de reforzamiento para la edificación existente de adobe.

Se identificaron dos técnicas de reforzamiento en estructuras de adobe: la malla electrosoldada y la geomalla por ser alternativas con sustento teórico experimental, aplicadas en proyectos anteriores y que han demostrado eficacia en terremotos reales. Los cuales se evaluaron con respecto al costo inicial, factor de seguridad y comportamiento, factor de recurso y facilidad de construcción, factor de disponibilidad de materiales, el factor de impacto ambiental y factor imaginario de la población; logrando obtener los siguientes resultados.

Figura 16. Matriz de factores

Factor	Peso	Malla		Óptimo	Pésimo
		Geomalla	Electrosoldada	Máximo	Mínimo
Costo Inicial	0.17	77	84	100	0
Seguridad y Comportamiento	0.17	70	50	100	0
Recursos y Facilidad de Construcción	0.17	60	75	100	0
Disponibilidad de Materiales	0.17	50	75	100	0
Impacto Ambiental	0.17	25	25	100	0
Imaginario de la Población	0.17	100	0	100	0
Total	1	65	53	100	0

Fuente: Acosta y Durand, 2012. [20]

La alternativa de geomalla tiene mayor puntaje y es el óptimo ser aplicado en el proyecto más por ser aceptado en su totalidad por la población.

b. Análisis y diseño de la alternativa seleccionada.

Se realizó el análisis actual de la estructura y con refuerzo es decir la aplicación de la geomalla, y como resultado se concluye que los muros de adobe sin refuerzo fallarán por volteo esto porque no tiene resistencia la tracción; al agregar refuerzo se observó que la geomalla absorbe tracciones y el adobe las compresiones. La geomalla le brinda ductilidad y resistencia a la tracción a la estructura.

De los ensayos en la PUCP realizados se puede concluir que los esfuerzos a corte para muros sin geomalla es de 0.20 kg/cm², con geomalla sin tarrajeo es la misma resistencia, sin embargo presenta cierta ductilidad, y para la geomalla reforzada con tarrajeo en promedio se obtuvo una resistencia de 0.4 kg/cm² presentando gran capacidad de deformación.

Realizado el análisis de flexión con geomalla indican que esta alternativa resulta poco económica porque se colocaría en todos los muros y el procedimiento constructivo se complica por el espesor del tarrajeo; una opción fortuita es la de colocar contrafuertes centrales en los muros largos con los cuales se reduce las fuerzas actuantes sísmicas y las deflexiones, así mismo poseen suficiente rigidez como para no sobrepasar el desplazamiento permisible del adobe, con ello se garantiza el comportamiento elástico.

Los contrafuertes serán de adobe y tienen una longitud de 1.20 m, con lo cual se garantiza el arriostramiento de los muros. [20]

c. Presentación del proyecto a la comunidad y taller de capacitación.

El taller de capacitación fue realizado por profesores y estudiantes de las Universidades Stanford y católica, así como representantes de la ONG Estrategia y GeoHazards International. Contó con la presencia de aproximadamente 40 pobladores de Chocos que estaban interesados en aprender la técnica de reforzamiento con la geomalla, además de conocer la vulnerabilidad y peligro de sus construcciones en adobe.

En la tesis elaborado por (Esquivel Fernández, 2009) titulada “Sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco”, para optar el título de Ingeniero Civil – Facultad de Ciencias e Ingeniería - PUCP.

Respecto al objetivo principal de determinar los sistemas de refuerzos estructurales en monumentos históricos de la Región del Cusco, utilizo la siguiente metodología dando inicio a las anotaciones e identificación de refuerzos que se debe considerar en la restauración de iglesias patrimoniales. [21]

Para mayor conocimiento se muestra un caso específico como es la Iglesia Mark'Jo en Anta, Cusco, que fue intervenida en el año 2006 y 2008, por INC del Cusco. Por ello se registró y se evaluó los sistemas y técnicas de refuerzo estructural utilizados.

La Iglesia Mark'Jo, está compuesta por un retablo del altar mayor hecho en madera tallada sin dora, en el cuerpo de la iglesia existe un arco, un altar en donde descansa la imagen de la Virgen del Rosario y un Santo Cristo, los muros son de adobes y el coro con balaustres sobre tirantes de material de madera, la sacristía, dos torres de adobes y cubierta de tejas con cuatro campanas regulares. [21]

a. Descripción del monumento antes de la restauración

- Las cimentaciones son de piedra y barro y los daños que presentan es por su proximidad a los terrenos de cultivo, y este material absorbe la humedad por capilaridad, originando el disgregamiento del mortero y ocasionando el deterioro de los muros; también se reflejó la variación de profundidades en los cimientos que dificultan el comportamiento uniforme de sus elementos y a la vez se encuentran expuestos a la intemperie dando lugar a la disgregación de sus materiales.
- Los sobrecimientos son de material piedra caliza, tienen poca altura y también se encuentran sin protección.
- Los adobes de las primeras hiladas tienen evidencia de erosión, y en los muros longitudinales han perdido plomada, de igual forma su estabilidad, y se observan fisuras. No cuenta con revestimiento ni con ningún tipo de protección; frente a agentes externos que los deteriora, originando la erosión de sus elementos.
- Los aleros con que cuenta la cobertura de la Iglesia no son los adecuados para la protección sobre todo en el sector de los contrafuertes y son de madera de sección muy delgada y presentan algunos casos serias deflexiones poniendo en peligro la estabilidad del conjunto
- El sector que presentaba mayor deterioro era el Baptisterio, ya que existe un muro nuevo que corresponde a la intervención de Obra de Emergencia realizada en el año 2004. [21]

b. Propiedades de los materiales de la Iglesia Mark'Jo

Se tomaron especímenes representativos de adobe, los cuales fueron ensayados en número de cinco en el laboratorio de estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La resistencia a compresión es 13.10 kg/cm² y una humedad de 3.83%.

c. Análisis estructural de la Iglesia Mark'Jo

Se hizo uso del método de elementos finitos a través del software SAP2000, para analizarla estructura. Para el material adobe se considera un módulo de elasticidad de 1700 ton/m² y poisson de 0.02 y para la madera (eucalipto) 770000 ton/m² y 0.02. Con respecto a las acciones se consideraron su propio peso de los muros y los elementos de la cobertura liviana (madera eucalipto =740kg/m³, yeso =25kg/m³, adobe =1600kg/m³, cobertura: teja andina sobre torta de barro=160kg/m³. En el análisis se hizo uso de un factor R=1.5 y un coeficiente sísmico de 0.20 g. [21]

Los modelos realizados para la iglesia Mark´Jo, se desprende que la inclusión de llaves de madera en el modelo no rigidiza significativamente la estructura. También se puede observar que el modelo de la torre es más flexible que el de la nave por lo cual se podría decir que la primera estructura en fallar sería la torre.

Los valores de los esfuerzos de compresión en los muros producidos tanto para las cargas de gravedad como en el de sismo, en ningún caso son mayores que 6.50kg/cm^2 , por lo que no llegarían a colapsar. Se presentan excentricidades mayores a 0.20m ($h/6$), esto indica que se producirán esfuerzos de tracción (negativos) por lo cual tendrían que ser reforzados.

Intervención estructural de la Iglesia Mark´Jo por el INC del Cusco [21]

- **Reconstrucción de la cimentación:** Profundidad de cimentación hasta 1.60m . en todo el monumento con una base de 2.00m . por un ancho mínimo de 0.30m . con zarpas, con forma de tronco cónico trapezoidal ensanchado en su base; de material piedras grandes de $8''$ a $10''$ con mortero de cemento $f'c=175\text{kg/cm}^2$. Se consideró curado tres veces al día por siete días. Los trabajos se realizaron por tramos alternados de un metro evitando ocasionar asentamiento o inclinación del muro.
- **Reconstrucción de sobrecimientos;** Se realizó hasta alcanzar una altura de 1.50m y un espesor de 1.20m en todo el monumento. Los materiales usados y el procedimiento fueron los mismos que en la cimentación.
- **Reconstrucción de los muros de adobe:** Se emplearon adobes nuevos de $0.60 \times 0.30 \times 0.15 \text{ m}$. con el fin de reemplazar los fisurados, erosionados o intemperizados, utilizando un mortero de la misma calidad que la utilizada para la elaboración de los adobes. Además, se incluyó paja en una proporción del 30% en volumen. La reconstrucción se realizó siguiendo los dentados del muro para una mejor traba y adherencia, esto se hizo adobe por adobe, acuñando con elementos sólidos con pedazos de teja o piedras pequeñas.
- **Instalación de refuerzos estructurales de madera:** A una altura de 2.30m en los muros, se colocaron las llaves de madera rolliza de eucalipto de $6''$.

- **Colocar vigas de collar:** Para colocar la viga collar de madera en los muros de la torre se tuvo que desmontar hasta una altura de dos tercios de su altura total, esta viga collar está apoyada en los muros de la torre sobre una superficie uniforme. La viga collar es de madera de eucalipto labrada y tratada de 6” x 6” de sección.
- **Restitución de estructuras del techo:** Para la restitución del armado del techo se respetó la configuración estructural y arquitectónica original usando el sistema estructural de par y nudillo, estos elementos están hechos de rollizos de madera de eucalipto 6” tratada con chemaderil en tres capas.
- **Restitución de cobertura de teja:** Las tejas del techo fueron restituidas en su totalidad tanto en la iglesia como en la torre.

Agencia de Noticias Andina (2009, Abril 4). Referido al tema: Con S/.70 mil iniciarán restauración de iglesia colonial Santa Lucía de Ferreñafe.

Informa que se entregó a la municipalidad de Ferreñafe 70 mil soles para ejecutar labores de reforzamiento en la iglesia Santa Lucía El alcalde en ese entonces Cabrejos William indico que el monto inicial destinado es para minimizar deterioros en la iglesia y del monto entregado 30 mil se restauró el tejado del mismo. [22]

2.2. Bases Teórico Científicas

Las formalizaciones científicas seleccionadas que convergen con el tema “Diseño del reforzamiento de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe, Lambayeque, 2021”, son las siguientes:

2.2.1. Normas y leyes

2.2.1.1. Norma E.010 Madera, Reglamento nacional de edificaciones

Indica los criterios a adoptar para el uso del material madera en construcciones de edificaciones, tanto en el análisis, sus materiales, el diseño y mantenimiento. También existen construcciones mixtas de madera donde se combinan sus componentes. [23]

2.2.1.2. Norma E.020 Cargas, Reglamento nacional de edificaciones

Se establecen los valores mínimos de cargas, y su criterio indica que las cargas asumidas serán menores a las que se exponen en la presente norma, así como también se condiciona para cargas

de servicio las cuales se mejoran con la norma técnica E.30 y con los criterios de cada material estructural con respecto a su diseño. [24]

2.2.1.3. Norma E.030 Diseño Sismorresistente, Reglamento nacional de edificaciones

La presente norma establece las condiciones mínimas para el diseño sismorresistente de las edificaciones; con respecto a su ámbito de aplicación, es obligatoria a nivel nacional y se aplica el diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de estructuras existentes (Capítulo VIII: Evaluación, reparación y reforzamiento de estructuras) y las estructuras que hayan sido reparadas de daños ocasionados fuerzas sísmicas. Tiene como fin mejorar las condiciones de serviciabilidad y que vidas humanas no sean perjudicadas así mismo asegurar el continuo funcionamiento de todos los servicios de cada estructura para la cual fue construida. [25]

2.2.1.4. Norma E.050 Suelos y cimentaciones, Reglamento nacional de edificaciones

La presente norma tiene como objeto establecer los requisitos mínimos para la ejecución de estudios de mecánica de suelos (EMS), con fines de cimentación de edificaciones y otras obras indicadas en la presente norma. La finalidad es de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras y para promover la utilización radical de los recursos. [26]

2.2.1.5. Norma E.070 Albañilería, Reglamento nacional de edificaciones

La presente nos brinda los parámetros mínimos en las propiedades de materiales, el análisis, control de calidad, entre otros en las construcciones de albañilería confinados o albañilería por muros armados, como por ejemplo arcos, reservorios, muros de contención, etc. [27]

2.2.1.6. Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, Reglamento nacional de edificaciones

La presente norma E. 080 está referida a las construcciones con material de adobe con materiales que actúan de refuerzo, en lo que corresponde a los materiales que lo conforman sus componentes mecánicos que proporcionan el mejoramiento del elemento y su evaluación sismorresistente las cuales generan fisuras leves o graves que hacen que se de las fallas frágiles y luego un colapso en el que pueden perderse vidas humanas.

Muestran los parámetros mínimos para el diseño, reparación, etc. en construcciones de adobe reforzadas para evitar desastres y generar así construcciones seguras, confortables. Se introduce en el Capítulo V: Obras patrimoniales de tierra). [28]

Dicho capítulo se encuentra en el artículo n° 21 denominado consideraciones para la intervención técnica en una obra patrimonial de tierra donde se buscan todas las acciones para brindar seguridad a este tipo de estructuras.

2.2.1.7. NTP 339.133 SPT. Método de ensayo de penetración estándar, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI

La presente norma muestra materiales y pasos para la realización del ensayo de penetración estándar, en el cual se introduce un muestreador para sacar muestras representativas de suelo a estudiar y realizar la medición de resistencia que genera el suelo al penetrómetro del muestreador de caña partida.

Dicha muestra del suelo será objeto de identificación de las características y posteriormente ensayos en el laboratorio, así como el de producir por efectos de deformación cortante un grado de perturbación, así mismo hay correlaciones locales y algunas publicadas en la cual se relaciona el valor de N con el comportamiento de estructuras. [29]

2.2.1.8. Ley N° 28296: Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación y su Reglamento

La Ley N° 28296, consta de 52 artículos y 5 disposiciones transitorias dedicadas a diversos aspectos relacionados con el patrimonio cultural; desde su definición, ámbito de acción, clasificación y protección.

En el artículo 4 de la presente ley, involucra a toda la ciudadanía, autoridades y entidades públicas y privadas en beneficio de la protección de los bienes culturales así mismo genera criterios de protección, promoción, entre otros. [30]

2.2.2. Etapas para la evaluación de una estructura

2.2.2.1. Levantamiento topográfico

La topografía es una ciencia aplicada y se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así mismo estudia los métodos y procedimientos para realizar mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.

División básica de la topografía: Planimetría, altimetría, topografía integral.

a. Planimetría o control horizontal.

La planimetría se realiza para tener una idealización del terreno en forma plana, se obtiene longitudes que forman dos dimensiones y con ello poder calcular el área del terreno estudiado.

b. Altimetría o control vertical.

Se encarga de obtener medición en diferencias de nivel entre cotas iniciales y finales, a partir de un eje horizontal el cual es la guía del terreno. La elevación o altitud de los diferentes puntos del terreno se representa mediante curvas de nivel y se forma uniando puntos con la misma elevación.

c. Topografía integral

También denominado plani-altimetría, es la combinación de los dos tipos antes mencionados, permite la elaboración o confección de un "plano topográfico" propiamente dicho, donde se muestra tanto la posición en planta como la elevación de cada uno de los diferentes puntos del terreno.

Se denomina levantamiento topográfico al conjunto de operaciones necesarias para representar topográficamente un terreno, con precisiones establecidas; aun cuando se cometen errores sensibles en el plano, e incluso, a veces, basta un ligero bosquejo, con rápidas medidas, constituyendo un croquis.

Se usó es en terrenos en general, vías de comunicación, levantamiento en minas, catastrales, levantamientos aéreos, etc.

Etapas de un levantamiento topográfico: Reconocimiento de terreno y plan de trabajo, trabajo de campo y trabajo de gabinete

Clases de levantamiento topográfico más comunes: Levantamientos catastrales, para construcción, vías de comunicación, trabajos subterráneos, hidrográficos y topográficos propiamente dichos.

Los equipos topográficos deben cumplir condiciones aceptables, de alta tecnología para una mayor precisión, como, por ejemplo: nivel topográfico, estación total, gps, entre otros. [31]

De las tres formas de obtención de datos topográficos se ha considerado para el siguiente estudio la topografía integral o también denominada plani-altimétrico.

2.2.2.2. Estudio de suelos

Es el conjunto de excavaciones e investigaciones en situ, con procedimientos de ensayos en laboratorio y un informe de análisis encontrado como el comportamiento de suelos y resultados ante fuerzas estáticas y fuerzas dinámicas de una estructura.

Entre los ensayos para obtención de muestras tenemos:

Tabla 5 Ensayo y su aplicación y limitaciones

TABLA 3 APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS						
Ensayos In Situ	Norma Aplicable	Permitida			No Permitida	
		Técnica de Exploración	Tipo de Suelo(1)	Parámetro a obtener(2)	Técnica de Exploración	Tipo de Suelo(1)
SPT	NTP 339.133	Perforación	Todos excepto gravas	N	Calicata	Gravas
CPT	NTP 339.148	Auscultación	Todos excepto gravas	q_c, f_c	Calicata	Gravas
DPSH	UNE 103 801:1994	Auscultación	Todos excepto gravas	N_{20}	Calicata	Gravas
CTP	ANEXO III	Auscultación	Todos excepto gravas	C_n	Calicata	Gravas
DPL	NTP 339.159	Auscultación	SP, SW, SM (con limos no plásticos)	n	Calicata	Lo restante
Veleta de Campo(3)	NTP 339.155	Perforación/ Calicata	CL, ML, CH, MH. Para todos los casos con IP > 0 y saturados	C_u, S_t	---	Lo restante
Prueba de carga	NTP 339.153	---	Rocas blandas y todo tipo de suelo excepto gravas	Asentamiento vs. Presión	---	Gravas

Fuente: Norma E.050. [26]

De todas las aplicaciones se ha seleccionado en el ensayo SPT, porque se considera la más accesible, aplicable y que nos brinda los valores N para encontrar la capacidad de carga admisible a través de su resistencia a la penetración la cual debe ser corregida.

a. Ensayo SPT

Sus siglas traducidas al español ensayo de penetración estándar. La aplicación del ensayo es para obtener la resistencia del suelo la cual es representada por un valor N de soporte a la penetración del muestreador de caña partida. Este ensayo se reglamenta en NTP 339.133 Suelos. Método de ensayo de penetración estándar SPT.

Cuadro 2 Ensayo SPT – NPT 339.133

Ensayo SPT	
Principio del método	La aplicación del método es el peso de martillo caiga a través de una guía de forma de barra desde una altura de 76cm y el peso del martillo es de 63.5 kg. en un cabezal que se conecta a penetrómetro, al realizar estas acciones se generan N golpes que deberán bajar una penetración de 30cm y que dará como resultado a resistencia del suelo.
Aparatos	Equipos de perforación (brocas de arrastre, brocas de cono, barrenos con eje hueco, barrenos solidos ambos continuos), varillas de muestreo, penetrómetro de caña partida, ensamble de caída/peso (martillo, yunque, sistema de caída del martillo, equipo accesorio).
Procedimientos de perforación	El sondaje deberá ser adelantado por incrementos, para admitir muestreo continuo o intermitente. Se aceptarán los procedimientos de perforación que proporcione una cavidad razonablemente limpia, estable y un suelo inalterado. Se muestran los tipos de procedimientos: Barreno continuo con eje sólido, lavado, barreno continuo con eje hueco y perforación por rotación.
Procedimientos de muestreo y ensayo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Afianzar la caña partida que obtendrá las muestras en el interior de las barras y dejarlas en el sondaje. ➤ Luego hincarlo con una masa de 63.5kg. el cuál es el martillo y contabilizar los golpes cada 0.15 m. ➤ Anotar los golpes para llegar a 15cm. de penetración. Los primeros 15cm son de acomodamiento. La sumatoria del número de golpes del segundo y tercero en el cual se incrementó 15cm. de penetración se denomina "la resistencia a la penetración estándar" o también conocido como "N". Si el muestreador se hinca menos de la tercera porción es decir 0,45 m o 18 pulg., como lo permite (b), se debe registrar el "N" de cada incremento que se ha completado 0.15 m. o 6 pulg. y así como cada incremento parcial. ➤ Tanto la salida como el descenso del martillo de 63.5kg. se deberá ejecutar mediante uno de los métodos mencionados: Sistema de caída de martillo automático, así mismo por el uso de un malacate en el cual se jala una sogas que se conecta al martillo. ➤ Como último paso el muestreador es subido a la superficie, se abre y se observa y registra el porcentaje de obtención. Se describe las características de las muestras representativas en recipientes sellados e impermeables y colocar etiquetas para tener en el registro.

Fuente: Norma Técnica Peruano NTP 339.133 [29]

Con respecto a las correlaciones que se deben realizar para encontrar el cálculo de la capacidad de carga neta admisible, densidad relativa y ángulo de fricción:

➤ **Capacidad de carga neta admisible (KN/m²)**

- Según Bowles (1997): para $B < 1,22$, se aplica la siguiente fórmula:

$$q_{adm(neta)} = 11,98 * N_{cor} * \left(\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right)^2 + F_d \left(\frac{Se}{2,54} \right)$$

$$F_d = 1 + 0,33 \left(\frac{D_f}{B} \right)$$

Donde:

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA

B = ANCHO (m)

Se = ASENTAMIENTO EN mm

D_f = PROFUNDIDAD DE CIMENTACION(m)

$q_{adm(neta)}$ = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

- Según Meyerhof (1995): para asentamiento máximo de 1" (25mm) y $B > 1,22$, se aplica la siguiente fórmula:

$$q_{adm(neta)} = 7,99 * N_{cor} * \left(\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right)^2$$

Donde:

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA

B = ANCHO (m)

$q_{adm(neta)}$ = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

➤ **Densidad relativa**

- Según Meyerhof (1957): para un suelo granular, la densidad relativa se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$D_r = \left\{ \frac{N_{60}}{\left[17 + 24 \left(\frac{\sigma'_0}{p_a} \right) \right]} \right\}^{0.5}$$

Donde:

N_{60} = Número de penetración estándar corregido

$\sigma'_0 = Y \cdot h$, presión efectiva de sobrecarga en $\text{kg/cm}^2 > 0.25 \text{ kg/cm}^2$

p_a = presión de sobrecarga de referencia igual a 1 kg/cm^2

➤ **Angulo de fricción**

- Según Peck, Hanson y Thornburn (1974), se aplica la siguiente fórmula:

$$\phi'(\text{grados}) = 27.1 + 0.3N_{60} - 0.00054[N_{60}]^2$$

Donde:

N_{60} = Número de penetración estándar corregido

- Según Shemertmann (1975), se aplica la siguiente fórmula:

$$\phi' = \tan^{-1} \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\phi'_0}{p_a} \right)} \right]^{0.34}$$

Donde:

N_{60} = Número de penetración estándar corregido

$\phi'_0 = Y \cdot h$, presión efectiva de sobrecarga en $\text{kg/cm}^2 > 0.25 \text{ kg/cm}^2$

p_a = presión de sobrecarga de referencia igual a 1 kg/cm^2

- Según Hatanaka y Uchida (1996), se aplica la siguiente fórmula:

$$\phi' = \sqrt{20(N_1)_{60}} + 20$$

Donde:

N_{60} = Número de penetración estándar corregido

$\phi'_0 = Y \cdot h$, presión efectiva de sobrecarga en $\text{kg/cm}^2 > 0.25 \text{ kg/cm}^2$

Se deberán realizar en el laboratorio de suelos los ensayos de las muestras representativas, mediante la siguiente normativa aplicable.

Tabla 6 Ensayo y normas de suelos.

TABLA 5 ENSAYOS DE LABORATORIO	
DESCRIPCIÓN	NORMA APLICABLE *
SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127
SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico	NTP 339.128
SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite Plástico e índice de plasticidad de suelos	NTP 339.129
SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo	NTP 339.131
SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS).	NTP 339.134
SUELOS. Determinación del peso volumétrico de suelo cohesivo	NTP 339.139
SUELOS. Determinación de los factores de contracción de suelos mediante el método del mercurio	NTP 339.140
SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada ** (2700 kN- m/m ³ (56000 pie-lbf/ pie ³))	NTP 339.141
SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual - manual	NTP 339.150
SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea	NTP 339.152
SUELOS. Método normalizado de ensayo para propiedades de consolidación unidimensional de suelos.	NTP 339.154
SUELOS. Método de ensayo normalizado para la medición del potencial de colapso de suelos	NTP 339.163
SUELOS. Método de ensayo normalizado de compresión triaxial no consolidado no drenado para suelos cohesivos	NTP 339.164
SUELOS. Método de ensayo normalizado de compresión triaxial consolidado no drenado para suelos cohesivos	NTP 339.166
SUELOS. Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos	NTP 339.167
SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.169
SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos.	NTP 339.170
SUELOS. Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas drenadas ***	NTP 339.171
SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.177

Fuente: Norma E.050 [26]

2.2.2.3. Tipos de sistemas constructivos

Los sistemas constructivos son un conjunto de elementos, técnicas, materiales, procedimientos, herramientas, y equipos, que son característicos para cada tipo de edificación.

A continuación, algunos sistemas constructivos más utilizados:

a. Construcción tradicional

Está compuesto por estructura de paredes portantes (ladrillos, bloques o piedra, etc.); u hormigón armado. Paredes de mampostería: ladrillos, piedra, bloques, o ladrillo portante, etc. revoques interiores, techo de tejas cerámicas, losa plana, placas o instalaciones de tuberías metálicas o plásticas. Es considerada húmeda por usar mezcla, palas y badilejo.

b. Construcción de paneles estructurales

Son dos mallas de acero que forman un panel a través de tensores de alambre de acero galvanizado con una placa intermedia; y se compacta con hormigón. Se construye sobre platea de vigas de encadenado, y se montan sobre ellas los paneles; se refuerzan con hierro los ángulos y para culminar se ubican las cañerías de las instalaciones y se coloca el mortero o revoque en una o dos capas.

c. Construcción de madera

Este sistema es beneficioso por su bajo costo. Hay sistemas de maderas horizontales, intercalados en esquinas, estructuras hechas de madera, así como el uso en paredes exterior e interior de manera de listón.

d. Construcción de módulos prefabricados

Se usan en oficinas, sala de ventas, entre otros; y son módulos que se diseñan con el fin de unirse de manera rápida y sencilla, ya sea en horizontal o vertical y que se adecue a cualquier necesidad que se presente.

e. Sistema de muros portantes

También conocida por muro de cargas, en toda edificación en la que se proyecte es para resistir cargas y soportar elementos indispensables en edificios históricos como bóvedas, arcos, etc

También se clasifican por su uso: Sistemas estructurales y no estructurales: [32]

f. Sistemas estructurales

➤ **Pilares**

Conocido también como pilastra o columna; es un elemento de soporte de un edificio, pieza arquitectónica vertical y alargada, mayormente adosado a un muro y tiene una sección ortogonal o circular de diversas formas y está designado a recibir cargas para

de esta manera transmitir las a la cimentación. Esta estructura puede elaborarse de diferentes materiales, tales como madera, concreto armado y unidades de albañilería; el área de la sección del pilar dependerá de la carga de pandeo y del momento flector que éste debe soportar.

➤ **Arcos**

Elemento estructural que tapa un hueco, todos los elementos que lo componen son comprimidos y ninguno produce extensiones. Las presiones ocasionadas por el peso propio del elemento y de las cargas que soportan, son transmitidas a los apoyos que sostienen el arco por sus extremos.

Sirve para salvar luces de dimensiones mayores y pueden ser de piedra o ladrillo.

➤ **Bóvedas**

Así como los arcos también sirve para cerrar superiormente un espacio. Este elemento se construye en tres dimensiones y se representa a través de una proyección arquitectónica. Su composición es a través de elementos de menores dimensiones que al tapar el hueco, la gravedad del elemento cae sobre el vacío y transmiten su peso y las cargas que soportan de uno a otro hasta los apoyos.

Las bóvedas soportan esfuerzos de compresión, ya sea por su forma o materiales que lo componen haciendo mínimas las fallas por fatigas y transmitiendo las fuerzas de manera uniforme a sus soportes.

Sirve para salvar luces de dimensiones mayores y pueden ser de piedra, ladrillo o madera. Los tipos de bóvedas más conocidas son: Falsa bóveda, bóveda bulbosa, bóveda de arista, bóveda de cañón, bóveda de crucería o nervada, bóveda de horno o de cuarto de esfera, bóveda de lunetos, bóveda de rincón de claustro o claustral, bóveda de diamante, bóveda encamonada, bóveda esférica o cúpula, entre otras.

➤ **Cúpulas**

Elemento arquitectónico, también denominado “domo” se usa para cubrir un espacio de planta circular, poligonal, cuadrada o elíptica, mediante arcos de perfil semicircular, ovoidal o parabólico, rotados con respecto de un punto central de simetría. Pueden ser de piedra o ladrillo. Los tipos de cúpulas más conocidas son: Cúpula corbelada, cúpula del claustro, cúpula de arco cruzado, cúpula geodésica, cúpula monolítica, cúpula acebollada, cúpula ovalada, cúpula giratoria, cúpula pechinas, cúpula baída, etc.

➤ **Contrafuertes**

Son elementos verticales paralelamente a los muros, se les conoce como refuerzos para soportar la fuerza de empuje generada mayormente por el peso propio de bóveda, o arco y de esta manera estabilizar la estructura en conjunto. Se dio origen por la necesidad de contrarrestar los esfuerzos laterales en los muros de mampostería por su gran altura al que están construidas y/o diseñadas. También las podemos encontrar en las torres u otro elemento de gran altura.

g. Sistemas no Estructurales

Existen 3 tipos de sistemas estructurales: aporticado, muro portante y mixto. En el sistema aporticado, las columnas y vigas son las que soportan cargas y las transmiten al suelo; mientras que el sistema muro portante, vienen a ser muros que soportan las cargas y las transmiten al suelo. El sistema mixto es una fusión del sistema aporticado y el sistema muro portante.

Se considera para el estudio como sistema constructivo de construcción tradicional, la cual también contempla sistemas estructurales y no estructurales en la iglesia Santa Lucia.

2.2.2.4. Materiales predominantes en estructuras patrimoniales

a. El adobe

Está compuesta por arena gruesa y paja haciendo una mezcla resistente y durable, para el uso en muros de albañilería. [28]

En la época prehispánica la mayoría de edificios históricos se hicieron de adobe y aún siguen existiendo a la actualidad, como por ejemplo la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe. El adobe es un material trabajable, creando ambientes propicios en temperatura y ambientales. [32]

b. El ladrillo

Es un elemento de construcción, de material cerámica y de forma octaédrica, se usa en cerramientos, para construir muros, etc; así como el adobe el ladrillo se conoce por su antigüedad creado por el hombre de un tamaño que se acomodara a la mano del hombre.

En sus inicios se elaboraba de forma cruda; los materiales que ayudan a generar el elemento son la tierra, el aire, el agua y el fuego para fabricar un material de construcción que siguen manteniendo plena vigencia y demanda hasta la actualidad. [32]

c. Madera

Es un material que se encuentra en los árboles con tallo leñoso; su mayor estructura se encuentra en la corteza. Lo encontramos en mayor cantidad, es renovable y económico, con el cual se puede trabajar de manera fácil. Tanto su rigidez como su dureza radica de fibras celulosa y lignina.

Tipos de Maderas

- **Maderas Blandas:** Son los árboles de rápido crecimiento, normalmente de las coníferas, árboles con hoja de forma de aguja. Fáciles de trabajar y de colores muy claros. Se usa en bóvedas encamionada. Ejemplo: Álamo, sauce, acacia, pino, etc.
- **Maderas Duras:** Son las de los árboles de lento crecimiento y de hoja caduca. Se usan en construcciones resistentes, en suelos de parqué, etc. Ejemplo: Roble, Nogal, etc.
- **Maderas Resinosas:** Son utilizadas por su alta resistentes a la humedad. Ejemplos: Cedro, etc.
- **Maderas Finas:** Su uso mayormente en arte. Ejemplo: Ébano, abeto, arce, etc.
- **Maderas Prefabricadas:** Mayormente se forman con los sobrantes de madera Por ejemplo el contrachapado, etc.

Sus ventajas principales: es un material renovable, un buen aislamiento, fácil trabajabilidad, mayor dureza, útil en empleo con diferentes formas, reutilizable, capaz de resistir esfuerzos en compresión y en tracción, tiene baja densidad, baja en masa, alta resistencia mecánica y resiste a la flexión. [32]

2.2.3. Tipos de fallas estructurales

Las construcciones se ejecutan con los criterios básicos y normativos con el fin de soportar cargas como el peso muerto, las fuerzas del viento, fuerzas de sismo, fuerzas de presión de agua, entre otros y que no llegue al colapso por deformaciones excesivas.

Se entiende por falla en construcciones al colapso del mismo o a daños visibles que pueden ser efectos de pérdidas grandes, si no se presta atención. Su clasificación radica en los criterios de diseño en elementos estructurales.

2.2.3.1. Falla por deformación elástica excesiva

Radica en la funcionalidad que se le dé a la estructura y tiene consecuencias las grietas en techos o cielo raso, vidrios rotos, cambio de dimensión en ventanas y puertas.

2.2.3.2. Falla por deformación permanente

Aparecen en elementos sometidos a esfuerzos mayores a su límite elástico y tiene consecuencias en la visibilidad de las fallas de manera estética.

2.2.3.3. Falla por separación parcial

Se reconocen fácilmente por fisuras o grietas. La fisura no se puede evitar mayormente en materiales de hormigón, en el caso de grietas por oxidación del acero de refuerzo y por eso hay una reducción.

2.2.3.4. Falla por separación total

También conocida por el colapso de estructuras, y cuando se produce ocasiona deterioros, pérdidas económicas, así como de vidas humanas. Por ello se considera tomar medidas correctivas a tiempo para evitar perjuicios.

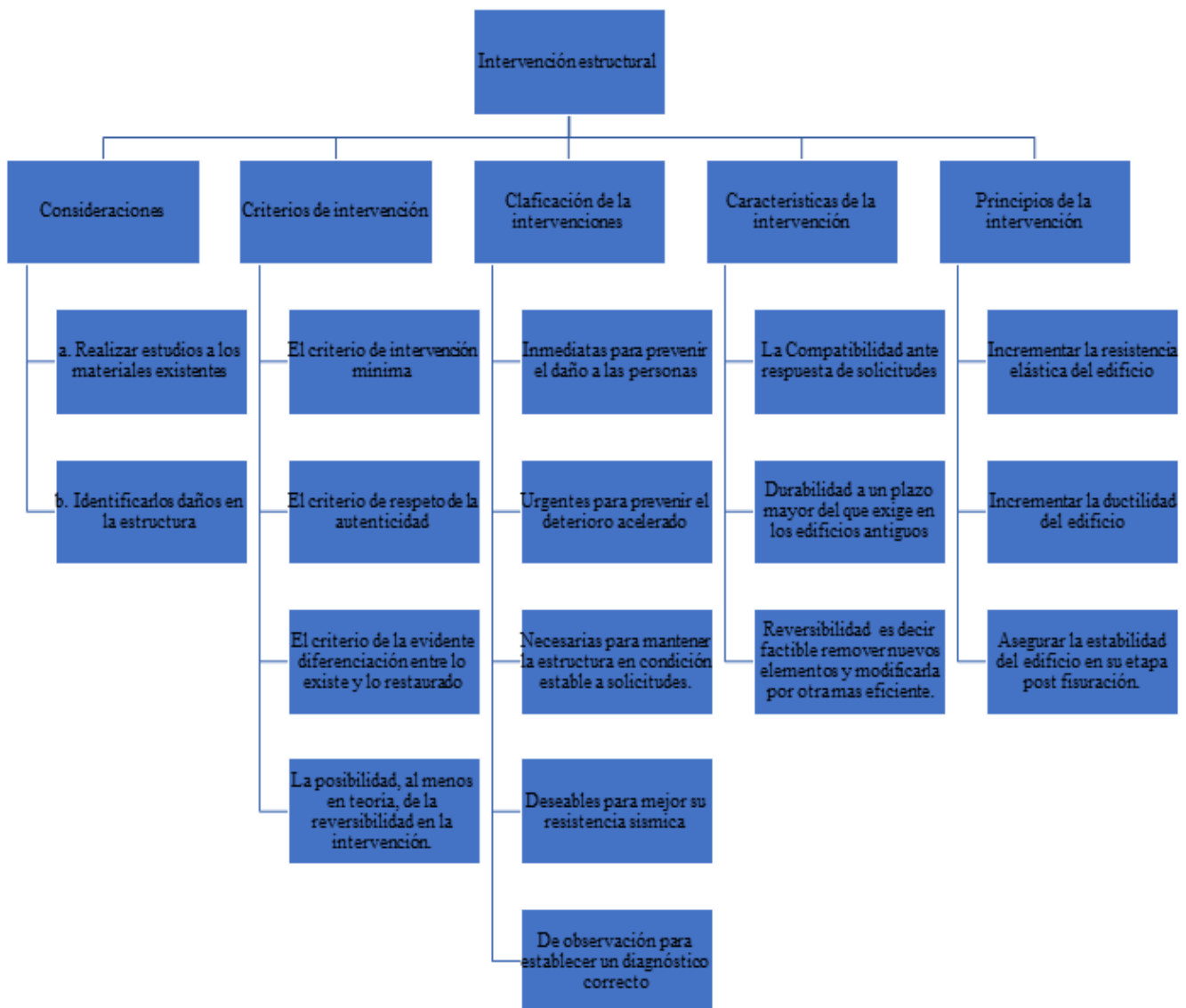
2.2.4. Proceso del diseño estructural

Se define como el desarrollo generado para con el mismo establecer las características de un sistema estructural para que resista diversas solicitudes a las que estará sometida y no colapse o se visualice un comportamiento inadecuado. [33]

Se dividen en tres aspectos fundamentales las cuales son la estructuración, el análisis y el dimensionamiento.

2.2.4.1. Estructuración

En este aspecto se determinan los materiales que aportarán en la restauración y que compatibilicen con los materiales existentes en criterios de características, físicas, químicas y mecánicas. En el siguiente cuadro se menciona los criterios, características y principios a considerar para la elección de un material según lo indicado por los ingenieros Daniel Torrealva, Julio Vargas Neumann y Antonio Blanco Blasco.

Cuadro 3 Intervención estructural

Fuente: Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil: Sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco. [21]

2.2.4.1.1. Criterios de selección de los materiales

Dentro de los criterios a considerar tenemos:

- Ligereza de materiales.
- Baja agresividad de los trabajos.
- Mínima intervención de la estructura.
- Reversibilidad de las actuaciones a realizar.
- Durabilidad

2.2.4.1.2. Técnicas de reforzamiento

El reforzamiento en estructuras históricas tiene como fin la conservación. Cualquier intervención produce mínimamente la pérdida del valor cultural de la estructura ya que se realiza cambios en los elementos y materiales originales. Los criterios de evaluación son por la pérdida de su valor intrínseco, el incremento de tiempo de vida, aumentar su resistencia; por lo que es de mucha importancia seleccionar la solución correcta con cuestionamiento de costo/beneficio. El tipo de refuerzo seleccionado también debe mejorar su comportamiento sísmico.

Cuadro 4 Técnicas tradicionales de refuerzo

Técnica	Descripción
Conexiones locales Confinamiento de columnas y muros	<p>Esta técnica, de modo sencillo, dar continuidad a diversas partes de la estructura mediante el uso de diferentes dispositivos, como por ejemplo grapas.</p> <p>El confinamiento de elementos permite incrementar su capacidad para resistir compresión, su capacidad de deformación e incrementar su rigidez, cabe recalcar que tiene poca influencia en la capacidad global de la estructura. El confinamiento de columnas se da principalmente con placas de acero colocadas en las zonas críticas del elemento. Mientras que el confinamiento de muros se hace, principalmente, mediante barras de acero inoxidable colocadas transversalmente.</p>
Contrafuertes Reconstrucción local	<p>La colocación de contrafuertes en las zonas críticas de la estructura ayuda a incrementar la capacidad lateral, es decir consiste en impedir los mecanismos de falla relacionados con las deformaciones laterales, al soportar fuerzas horizontales.</p> <p>La mampostería dañada es retirada y reemplazada por mampostería nueva que tenga propiedades mecánicas similares a la original para dar continuidad a la estructura. Esta técnica puede considerarse parcialmente reversible.</p>
Rejunteo Substitución de elementos	<p>Consiste en remover el mortero dañado y degradado de las juntas y sustituirlo con mortero nuevo que cumpla con las características de compatibilidad (preferentemente con mejores propiedades mecánicas) y durabilidad. Esta técnica se puede considerar como parcialmente reversible.</p> <p>Esto es la sustitución completa de un elemento estructural. Los materiales tecnológicos utilizadas deben ser similares a los originales o si se utilizan soluciones alternativas (modernas) deben de cumplir con los requisitos de diseño. La finalidad es que el elemento recupere tanto su función original como la corrección de algunos defectos. Un ejemplo típico es la sustitución de pisos y techos.</p>

Fuente: EECCP (2006b) [34]

Técnica	Descripción
Tensores	Los tensores son barras o cables de acero que trabajan a tensión y se encuentran anclados a la estructura mediante placas u otros dispositivos. Tienen diferentes aplicaciones, pero todas tienen la función de dar estabilidad o continuidad entre diferentes partes de la estructura; son usados para mejorar el comportamiento global de edificio. Esta técnica no es invasora y puede ser fácilmente removida.
Anclajes	El anclaje de un elemento, mediante barras o cables de acero, ayuda a mejorar la estabilidad de la estructura o impedir deformaciones excesivas.
Costuras armadas	Esta técnica se basa en la realización de oquedades en los elementos a reforzar, en donde se introducen barras de metal (acero inoxidable, titanio, etc.), las cuales son después inyectadas, generalmente con mortero. No es reversible.
Encamisados de concreto	En caso de que un elemento presente altos niveles de esfuerzos de compresión, una excesiva deformación lateral o se requiera mejorar la continuidad de los elementos, se puede construir una estructura de concreto armado que recubra al elemento original el cual se debe colocar a ambos lados del muro mediante varios conectores. Esta técnica se recomienda para reforzar cimentaciones, y es altamente invasora, pues al recubrir el elemento original se pierde parte de la identidad arquitectónica del inmueble.
Inyección	Se inyecta mortero o resinas epóxicas en grietas o agujeros, para rellenar las cavidades y vacíos al interior de los elementos tratados. Permite mejorar las características mecánicas del material. Sin embargo, esta técnica no es reversible y debería realizarse con materiales que hayan mostrado su compatibilidad con los materiales, originales, como el mortero de cal y arena. Cabe recordar que no se debe utilizar esta técnica cuando el elemento presente frescos u otro tipo de pintura mural.
Refuerzo externo	La aplicación de refuerzo en las caras externas de los elementos utilizado material de alto rendimiento (como son las FRP, mallas acero, polímeros, etc.) permite incrementar su capacidad. Este refuerzo se une con el elemento original mediante resinas epóxicas, morteros o pegamentos. Esta técnica no es reversible y obviamente no se puede aplicar en superficies que deban ser conservadas en su forma original.

Fuente: EECCP (2006b) [34]

2.2.4.2. Análisis estructural

Se basa en el desarrollo de las actividades para obtener una respuesta en la estructura con respecto a la aplicación de solicitudes que estará sometida. Estas actividades están referidas al modelamiento estructural, la determinación de acciones de diseño y los efectos que producirán con los reforzamientos aplicados. [33]

2.2.4.2.1. Modelar la estructura

Es la idealización de la estructura a través de un modelo teórico viable. La geometría estructural es bastante compleja en este tipo de edificaciones. De la misma forma ya sea elementos barra, placa o sólidos no se puede idealizar la geometría. Un ejemplo es la mampostería ya que sus juntas y los bloques son un modelo analítico que resulta difícil discretizar por ello se considera

un material homogéneo y de esta forma se debe considerar propiedades del material uniforme., a este proceso se le denomina homogenización y se obtiene por medio de pruebas numéricas a través de un modelamiento computacional o por pruebas en laboratorio o in situ. [35]

2.2.4.2.2. Acciones de diseño

Se deberá determinar las solicitudes a aplicar en el modelamiento para obtener respuestas estructurales que soporten las mismas y la estructura cumple con el objetivo planteado. Se clasifican por acciones permanentes (cargas muertas), acciones variables (cargas vivas), acciones accidentales (sismos, vientos). [33]

2.2.4.2.3. Efectos de las acciones de diseño

Se determinan las fuerzas internas, así como flechas y deformaciones de la estructura. Se mencionan métodos, así como modelos para analizar estructuras tales como:

a. Método de elementos finitos

Método para calcular estructuras de sistema continuo en materiales los cuales desarrollan tensiones en el rango elástico y para mostrar comportamiento perfectamente plástico. Una de las ventajas es el modelamiento matemático en dos o tres dimensiones es estructuras históricas, la cual exige atención en los cambios geométricos ya que influyen en la exactitud y convergencia numérica, también ayuda a representar con gráficos de tensión vs deformación y el estado de rotura dependiendo de los materiales existentes. Nos ayudan a identificar deformaciones y fallos a futuro de la estructura. Los tipos de elementos estructurales son: [10]

➤ Muros de cargas y arriostramiento

Con el método de elementos finitos los muros de carga se pueden discretizar en dos dimensiones de elementos placa proporcionando continuidad de tensiones y de esta manera soportar cargas laterales como sismo, viento, etc.; se solicita que la densidad se incremente en zonas susceptibles de concentración de tensiones ejemplo: ventanas, cambio de espesores, etc. [10]

➤ Bóvedas, cúpulas

Con el método se identifica el comportamiento no lineal de bóvedas, se considera las propiedades ortotrópicas del material con el fin de identificar el estado de roturas no

lineales en tracción o en compresión entre ejes. La existencia de fisuras y grietas en bóvedas se puede simular el efecto de discontinuidades de densidades o características que rigidicen la estructura. [10]

b. Método de elementos discretos

Es un método indicado para el estudio de medios discontinuos, ya que admite movimiento relativo de dos o más elementos, y más para los cambios de geometría en los que el cálculo es automático. Al momento de evaluar juntas en elementos son difíciles así también para la solución es lenta. [35]

c. Método de elementos rígidos

Método rápido en el estudio dinámico no lineal, porque se usan solo elementos necesarios en geometrías complejas y solo permite en dos dimensiones ser analizado y su formulación es desconocida. [35]

Se mencionan para el análisis en este tipo de construcciones dos tipos:

d. Análisis Límite

Es un análisis rápido, sencillo en construcciones históricas y es adecuado para el diseño ya que da a conocer la carga última en un colapso de la misma.

e. Análisis Elástico – Lineal

Al igual que el análisis límite también es rápido, sencillo ya que ayuda a conocer sectores débiles en una estructura, y los elementos que presentan comportamientos indeseados. Se analiza solo preliminarmente ya que la fuerzas y esfuerzos los sobrestima y los desplazamientos y deformaciones los subestima.

➤ SAP

El programa SAP versión 2000, programa computarizado. Desde su desarrollo ha tenido varias actualizaciones ha estado en continuo desarrollo, para proporcionar a los profesionales una herramienta segura, sofisticada y sencillo de usar ya que se encuentra basada en una interfaz gráfica con mecanismos de plasmar, analizar y diseñar. [36]

El programa puede manejar diseños grandes y complicados de estructuras históricas. Permite el análisis estático de estas estructuras y análisis dinámicos también el análisis de forma no lineal y lineal a través de empleo espectrales y tiempo - historia. [36]

A través del método de elementos finitos, el programa determina los resultados en el léxico de esfuerzos, fuerzas y deformaciones en elementos de sólidos y área, mostrando tablas y gráfica. [36]

La iglesia Santa Lucia es un edificio histórico y su tamaño, es en referencia a una altura de dos niveles resaltando en el pueblo tradicional de ferreñafe, y más su configuración arquitectónica es compleja por eso su diseño se realizará de manera computarizado con el programa SAP 2000 y el método de elementos finitos.

2.2.4.3.Dimensionamiento

En este aspecto se define en detalle la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad.

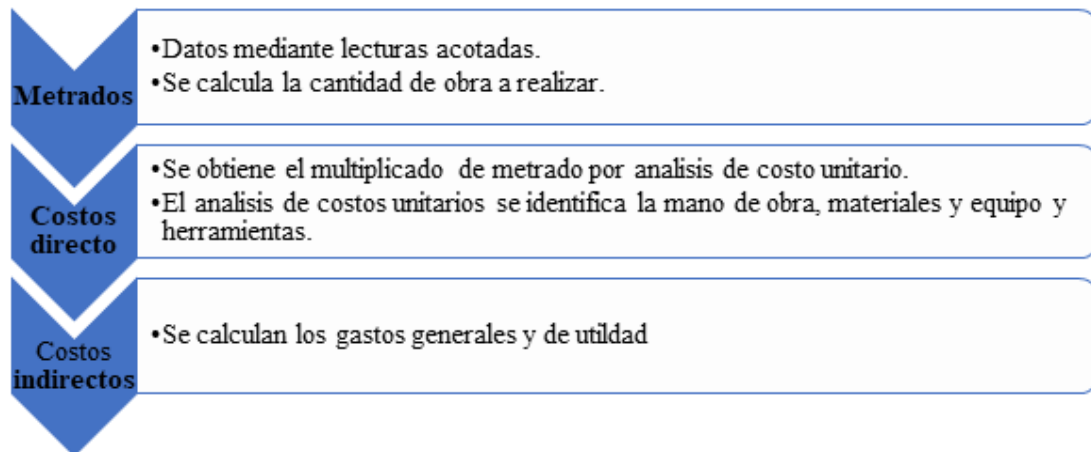
2.2.5. Costo y presupuesto

El presupuesto de un proyecto se encuentra dividido en tres etapas: Metrados, costos directos y costos indirectos.

En la actualidad existen herramientas para calcular de manera práctica y ahorrar tiempos para la elaboración de un presupuesto. Entre ellas tenemos el módulo de S10.

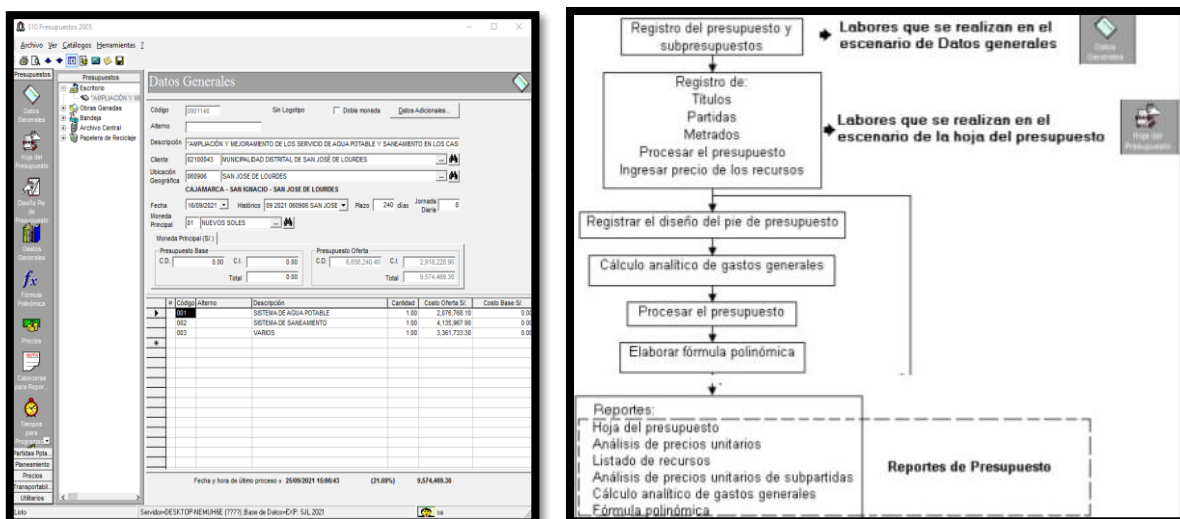
El software S10 es una herramienta que calcula el costo que intervendría construir cualquier obra de ingeniería civil o similar, así como también determinar las cantidades de mano de obra, material y equipo para una determinada obra.

Cuadro 5 Esquema del presupuesto



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Programa S10 y la secuencia de uso



Fuente: Guía de costos y presupuestos con el S10.

2.2.6. Impacto ambiental

La EIA del proyecto establece el equilibrio de acciones humanas con el medio ambiente generando acciones de mitigación de los efectos presentados durante la ejecución de una. Se realizó mediante el análisis matricial empleado la matriz de Leopold o la metodología de Batelle Columbus.

Se necesita clasificar el proyecto en función al tipo de proyecto (Tipo I, II o III), también clasificar el nivel de sensibilidad con el medio ambiente (baja, moderada, alta).

2.2.6.1. Categoría de riesgo ambiental

Para el efecto se ha diseñado una matriz donde se toma en cuenta estos dos parámetros para definir la categoría de riesgo ambiental.

Tabla 7 Seleccionar la categoría de riesgo ambiental.

	Nivel de Sensibilidad		
	Bajo	Moderado	Alto
Tipo I	A	B	B
Tipo II	A	B	C
Tipo III	B	B	C

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales.

Cuadro 6 Categoría de riesgo ambiental

Categoría de riesgo ambiental		
Categoría A:	Proyectos de Bajo Impacto Ambiental	El área de influencia presenta un nivel de sensibilidad bajo, y la magnitud de las obras es mínima.
Categoría B:	Proyectos de Moderado Impacto Ambiental	El área de influencia presenta un nivel de sensibilidad medio, y la magnitud de las obras no representa riesgos significativos.
Categoría C:	Proyectos de Alto Impacto Ambiental	El área de influencia presenta un nivel de sensibilidad alto, y el relleno sanitario que se tiene previsto desarrollar es de significativa magnitud.

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales.

2.2.6.2. Criterios de evaluación del impacto ambiental

Los criterios de evaluación utilizados se definen a continuación:

Cuadro 7 Criterios de evaluación del impacto ambiental

Criterios de evaluación del impacto ambiental	
Criterio	Descripción
Magnitud	Se determina el tamaño de un impacto específico sobre un determinado factor, también a la posibilidad de ocurrencia del impacto, la cual puede resultar alta o baja, dependiendo del tipo de acción.
Signo	Con la utilización del signo se trata de identificar si el impacto es positivo (+), negativo (-) o indiferente (0).
Escala Espacial o Extensión	Se utiliza para determinar la cobertura espacial o geográfica de los impactos de las acciones del proyecto.
Presencia de Medidas Preventivas	Sirven para atenuar los impactos o alteraciones ocurridos a cualquiera de los componentes del ambiente, también ofrece la oportunidad de hacer comparaciones entre las acciones propuestas en el proyecto y otras acciones alternativas de carácter preventivo de los impactos ambientales.
Intensidad	Es la severidad o grado de impacto en que la acción propuesta un impacto afecta uno o varios de los componentes del ambiente.
Relación del Impacto con las Acciones	Los impactos ambientales pueden ser directos o indirectos.

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales.

Cuadro 8 Cuadro comparativo Matriz de Leopold y Metodología de Batelle Colombus

CUADRO COMPARATIVO	
Matriz de leopold	Metodología de Batelle Colombus
Corresponde al método de sistema de red y gráficos	Corresponde a métodos cuantitativos
Método cualitativo	Método cuantitativo
Se basa en columnas (acciones del hombre), filas (factores ambientales que pueden ser alterados)	Emplea indicadores homogéneos para la evaluación sistémica de los impactos ambientales
Identificación de interacciones existentes del proyecto	Planificación a medio y largo plazo del proyecto
Por cada cuadrícula se admiten dos valores: magnitud/Importancia	Definición con una lista de indicadores de impacto con parámetros ambientales, por separado.
Los resultados "indican el grado de impacto que una acción puede tener sobre un factor del medio" (Cotán & Arrollo, 2007)	Los resultados son medibles y cuantificables ya que cada parámetro tiene un índice ponderal
Matriz que puede llegar a contener 100 o 150 cuadrículas	78 parámetros que se ordenan según 18 componentes ambientales agrupados en cuatro categorías ambientales
Se requieren pocos medios para su aplicación	Es costoso de aplicar
Contempla de forma completa los factores físicos, biológicos y socioeconómicos	"Este estudio se efectúa para seleccionar los indicadores de impacto idóneos al proyecto, que están relacionados con los efectos más adversos" (Cotán & Arrollo, 2007)
El sistema es subjetivo, dependerá del enfoque del equipo evaluador	Evita la interpretación subjetiva por su mecanismo de evaluación

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales.

III. Materiales y métodos

3.1. Tipo y nivel de investigación

- La elección del tipo de investigación es porque se realizó obtención de resultados medibles por el modelamiento de la estructura, la cual es “Cuantitativa”.
- La elección del nivel de investigación es porque se observó la estructura en conjunto y se realizó la explicación del estado actual de la iglesia y el reforzamiento estructural modelado en software SAP 2000 y analizado por el método de elementos finitos, la cual es “Descriptiva”.

3.2. Diseño de investigación

La elección del diseño de investigación es porque se aplicó normas y tipos de reforzamiento estructural para una edificación de adobe como lo es la iglesia Santa Lucia, la cual es “No experimental”.

3.3. Población y muestra

- La población considerada para la investigación es la provincia de Ferreñafe.
- La muestra es la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe considerada monumento histórico del Perú en diciembre de 1973 por R.S. N° 2900-72-ED.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Los tipos de técnicas de recolección de datos más usados tenemos: el método de observación, cuestionarios o encuestas, focus group y entrevistas.

Para el estudio se optará como técnica el método de la observación.

La Iglesia Santa Lucia actualmente está a cargo del Párroco José Elmer Fernández Díaz; quien me brindó las facilidades de ingreso a la estructura y de esta forma poder observar los materiales predominantes, tomar medidas de daños, fisuras y grietas, realizar levantamiento topográfico y ensayo SPT para obtención de muestras de suelo y medir la resistencia a la penetración.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el presente estudio se han utilizado los siguientes:

3.6.2.1. Programas de cómputo básico

Microsoft Office: MS Project, Excel, Word.

3.6.2.2. Programas de ingeniería

AutoCAD, SAP 2000, S10

3.6.2.3. Instrumentos Topográficos

Estación total, Trípode, GPS, Mira, Cinta Métrica.

3.6.2.4. Estudio de Mecánica de Suelos y de los materiales

- Resistencia a la penetración: Equipo SPT.
- Contenido de Humedad: Horno eléctrico, taras y balanza electrónica.
- Análisis Granulométrico: Tamices, taras, balanza electrónica.
- Peso específico: Balanza electrónica, fiolas.
- Resistencia a la compresión: ensayo de compresión de elementos ladrillo y adobe.

3.7. Procedimientos

3.7.1. Diagnostico estructural

La iglesia Santa Lucia se encuentra situado en el distrito de Ferreñafe, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque, entre los -6.63890666667 de latitud y -79.78848333333 de longitud y altitud de 37.50 m.s.n.m.

Limita por el:

Norte : con la calle Mons. Francisco Gonzales Burga y el parque principal de Ferreñafe

Este : con la calle Bolívar

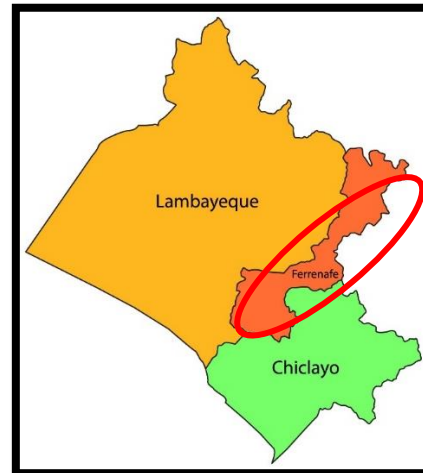
Sur : con la calle Castro de Bulnes

Oeste : con la calle Nicanor Carmona

Figura 18. Ubicación del proyecto (a) Departamento de Lambayeque en el mapa del Perú, (b) Provincia de Ferreñafe en el mapa del Departamento de Lambayeque, (c) Distrito de Ferreñafe en el mapa de la provincia de Ferreñafe, (d) Iglesia santa Lucia de Ferreñafe en el mapa del distrito de Ferreñafe



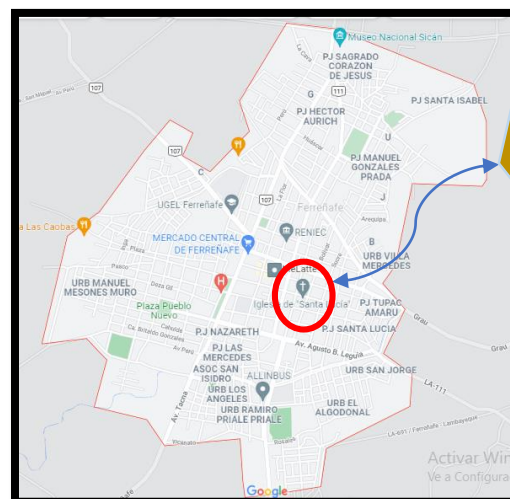
(a)



(b)



(c)



(d)

Fuente: Google y Google Maps.

3.7.1.1. Levantamiento Topográfico

El tipo levantamiento topográfico usado fue el levantamiento plani-almétrico para la obtención de información de medidas planas como alturas en las fachadas, cubiertas y detalles.

3.7.1.2. Estudio de mecánica de suelos

La metodología usada para identificar el comportamiento del suelo en el cual se cimenta la estructura de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe es el ensayo SPT basada en la norma técnica peruana 339.133 y la norma E.050 Suelos y cimentaciones del reglamento nacional de edificaciones. Con las coordinaciones y permisos del párroco Elmer, y el equipo del ensayo SPT de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, se dieron inicio a los trabajos de campo.

3.7.1.3. Sistema constructivo

El sistema constructivo presente en la iglesia santa Lucia de Ferreñafe se dividen en elementos estructurales (las torres, pilastras, bóveda encamonada, arco arbotante y contrafuerte, cúpulas y muros) y no estructurales (el atrio, la portada, los altares) que se identificaron según la topografía realizada.

3.7.1.4. Identificación de materiales en la iglesia Santa Lucia

Se realizó ensayos a los materiales del adobe y ladrillo, donde se identificó las características físicas, químicas y mecánicas.; fueron proporcionados por el párroco.

3.7.2. Fallas en la estructura

Se examinó las fallas estructurales a través de los daños visibles en la iglesia Santa Lucia.

3.7.3. Diseño estructural del refuerzo

Se evaluaron los tres aspectos fundamentales en los que se basa este apartado: estructuración, análisis estructural y dimensionamiento de las respuestas de la estructura. Se identificó la técnica a reforzar en cada elemento estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe, luego se modeló con el programa SAP evaluando las acciones de diseño y los efectos que se generaron.

3.7.4. Presupuesto del refuerzo

Se identificó las partidas que se requerirán para la ejecución del reforzamiento en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe y su análisis unitario obteniendo el presupuesto a nivel del costo directo.

3.7.5. Impacto ambiental

Con la utilización de la Matriz de Leopold se identificó el nivel de riesgo, los riesgos y el planteamiento para reducir los efectos que causarían la ejecución del reforzamiento empleado en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.

IV. Resultados y discusión

4.1. Diagnóstico estructural de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe

La iglesia Santa Lucia, la cual se muestra en la Figura N°18, está localizada en la Plaza de Armas de Ferreñafe, a 20 km al noreste del departamento de Lambayeque.

Figura 19. Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe



Fuente: Elaboración propia

4.1.1. Levantamiento plani-altimétrico

El levantamiento se realizó con el método de triangulación; se consideró el uso de cintas y se pasaron niveles de referencia con nivel láser. Este último brinda un margen de error considerable.

- a. En fachadas se realizó el levantamiento a través de mediciones de los espacios exteriores e interiores desde el nivel de piso hasta la mayor altura de la cubierta o el techo de la iglesia,
- b. La obtención de dimensiones variables en la distribución de piezas de madera presentes en la cubierta se consideró un tramo referencial.

c. Para los detalles constructivos se buscó lugares dañados o colapsados que hagan visibles los espesores, materiales y dimensiones que no den certeza de la tecnología constructiva.

d. Se complementó la información con álbum fotográfico con descripción cada foto para la ubicación en planos, también el estado actual de la estructura histórica, detalles constructivos de bóvedas, contrafuertes, columnas y todos elementos estructurales que más adelante mencionaremos a detalle.

Figura 20. Detalle de muros de adobe.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Detalle de entrepisos



Fuente: Elaboración propia

Anteriormente la extensión de la Iglesia era de una manzana cuadrada, hoy disminuida por varias construcciones; Casa Parroquial, casa particular y otras.

➤ Dimensiones:

Área Total: 3142.70 m².

Área Techada: 1887.30 m².

Perímetro del área total: 241.40 mts.

Altura máxima: 22.90 mts.

➤ Ambientes

Los ambientes presentes en la iglesia son: En el centro se cuenta con el atrio principal, la nave principal, el presbítero, el altar, la tarima y el altar mayor; en el lateral derecho está conformada por el atrio lateral derecho, la capilla del santísimo, la pre-sacristía, la sacristía y un depósito; por el lateral izquierdo se encuentra la librería parroquial, aulas parroquiales, el baptisterio, la cripta, el altar y altar mayor.

La mayoría de estos ambientes tienen como material la loseta en pisos y otros de cemento pulido.

4.1.2. Estudio de suelos y ensayo en laboratorio

a. Información previa

Se cuenta un terreno plano con pendiente inferior del 5%; un área techada de 1512.40 m². Según el **artículo 13.5.4** de la **norma E.050** muestra la **Tabla 1** en el cual se designa la importancia de la estructura. [26]

Denominamos a la iglesia Santa Lucía como **otras estructuras** y menor de tres pisos encontrando el **tipo de edificación "II"**.

Tabla 8 Tipo de edificación.

TABLA 1 TIPO DE EDIFICACIÓN U OBRA PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN (TABLA 6)					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS • (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	III	III	III	II
PORTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	II	I	—	—
BASES DE MAQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	—	—	—
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I
• Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		II	I		
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OBRAS URBANAS.		IV			

Fuente: Norma E.050. [26]

En la **Tabla 3** de la misma norma seleccione la aplicación del método de ensayo de penetración estándar SPT, ya que me permitió identificar la capacidad de carga ultima y obtener muestras representativas para ser analizadas en el laboratorio y de esta manera identificar la presencia de sales y el tipo de material.

Tabla 9 Aplicaciones y limitaciones de los ensayos

TABLA 3 APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS						
Ensayos In Situ	Norma Aplicable	Permitida			No Permitida	
		Técnica de Exploración	Tipo de Suelo(1)	Parámetro a obtener(2)	Técnica de Exploración	Tipo de Suelo(1)
SPT	NTP 339.133	Perforación	Todos excepto gravas	N	Calicata	Gravas
CPT	NTP 339.148	Auscultación	Todos excepto gravas	q_c, f_c	Calicata	Gravas
DPSH	UNE 103 801:1994	Auscultación	Todos excepto gravas	N_{20}	Calicata	Gravas
CTP	ANEXO III	Auscultación	Todos excepto gravas	C_n	Calicata	Gravas
DPL	NTP 339.159	Auscultación	SP, SW, SM (con limos no plásticos)	n	Calicata	Lo restante
Veleta de Campo(3)	NTP 339.155	Perforación/ Calicata	CL, ML, CH, MH. Para todos los casos con IP > 0 y saturados	C_u, S_t	—	Lo restante
Prueba de carga	NTP 339.153	—	Rocas blandas y todo tipo de suelo excepto gravas	Asentamiento vs. Presión	—	Gravas

Fuente: Norma E.050. [26]

El parámetro a obtener con el ensayo seleccionado es “N” que la cantidad de golpes por intervalos de 30cm. de penetración y la **Tabla 4** nos indica que la muestra es alterada, y por ello se transportó en bolsas de plástico para mantenerla inalterada la granulometría del suelo. [26]

Tabla 10 Tipo de muestra

TABLA 4				
TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mib)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtención).
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada	Tubos de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mab)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

Fuente: Norma E.050. [26]

b. Exploración en campo

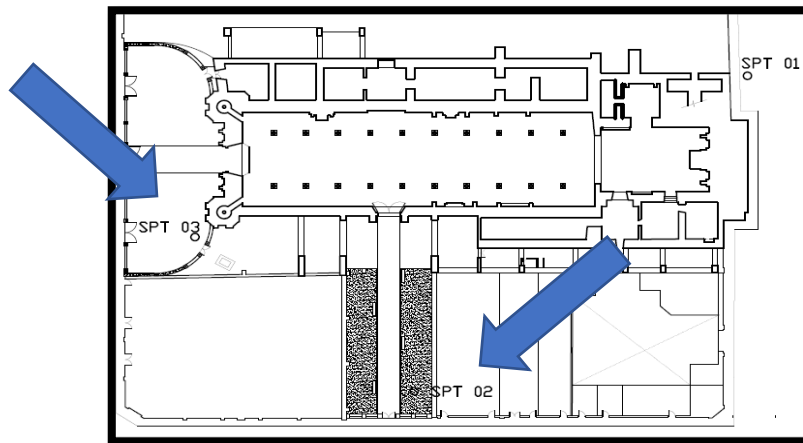
Siendo el área techada de 1512.35 m² y el tipo de edificación “II”, el número de sondeos es tres y se distribuyó de la siguiente manera:

Tabla 11 Cantidad de sondeos

TABLA 6 NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACION	
Tipo de edificación u obra (Tabla 1)	Número de <i>puntos de exploración</i> (n)
I	uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m ² de área techada del primer piso
III	uno por cada 900 m ² de área techada del primer piso*
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Fuente: Norma E.050. [26]

Figura 24. Ubicación de los puntos de sondeo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Ubicación geográfica de puntos de sondeo

SONDEO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
SPT 1	0633959	9265838
SPT2	0633949	9265918
SPT3	0633917	9265895

Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Ensayo SPT (a) Sondeo N°1, (b)y(d) Sondeo N°2, (c) Sondeo N°3, (e) muestras de suelo obtenidas en el ensayo.



(a)



(b)



(c)

Fuente: Elaboración propia

c. Resultados del ensayo

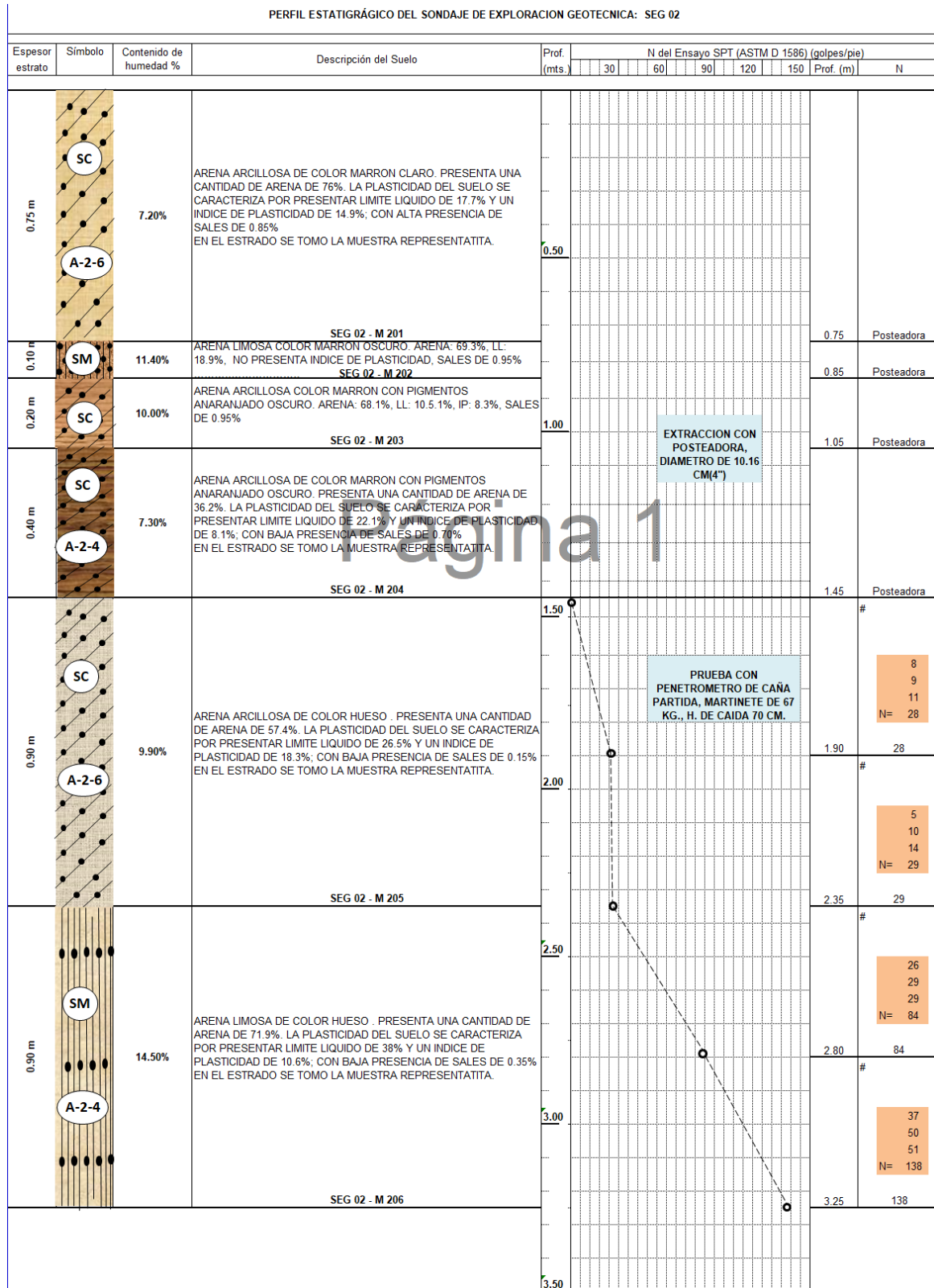
➤ Se muestra el perfil estratigráfico de cada sondaje de exploración.

Tabla 13 Perfil estratigráfico del sondaje de exploración SPT-01

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SONDAJE DE EXPLORACION GEOTECNICA: SEG 01											
Espesor estrato	Símbolo	Contenido de humedad %	Descripción del Suelo	Prof. (mts.)	N del Ensayo SPT (ASTM D 1586) (golpes/pie)					Prof. (m)	N
					30	60	90	120	150		
0.50 m	^^^ ^^^ ^^^ ^^^ ^^^ ^^^ ^^^ ^^^ ^^^ ^^^		RELLENO DE AFIRMADO (MUESTRA NO OBTENIDA- NIVEL DE TERRENO ASFALTADO.)	0.50						0.50	Excavac. manual
0.60 m	SC A-6	14.09%	ARENA ARCILLOSA DE COLOR MARRON CLARO CON PRESENCIA DE PIGMENTOS BLANCOS. PRESENTA UNA CANTIDAD DE ARENA DE 57.3%. LA PLASTICIDAD DEL SUELO SE CARACTERIZA POR PRESENTAR LIMITE LIQUIDO DE 38.3% Y UN INDICE DE PLASTICIDAD DE 31.5%; CON ALTA PRESENCIA DE SALES DE 1.25% EN EL ESTRADO SE TOMO LA MUESTRA REPRESENTATIVA.	1.00						1.10	Posteadora
0.10 m	CL	13.90%	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR HUESO Y MOSTAZA CLARO. ARENA: 45.7%, LL: 35.2%, IP: 21.9%, SALES DE 0.75% SEG 01 - M 101	1.10						1.20	Posteadora
0.10 m	SM	13.00%	ARENA LIMOSA COLOR MARRON CLARO CON PIGMENTOS ANARANJADO Y BLANCO. ARENA: 55.6%, LL: 36.1%, IP: 8.3%, SALES DE 0.40% SEG 01 - M 102	1.20						1.30	Posteadora
0.10 m	CL	13.90%	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR PLOMO CON BLANCO. ARENA: 44.2%, LL: 39%, IP: 24.5%, SALES DE 0.35% SEG 01 - M 103	1.30						1.40	Posteadora
0.10 m	SC	15.00%	ARENA ARCILLOSA COLOR PLOMO CON BLANCO Y POCO ANARANJADO. ARENA: 52.4%, LL: 33.5%, IP: 28.4%, SALES 0.60% SEG 01 - M 104	1.40						1.50	Posteadora
0.10 m	CL	14.10%	ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR PLOMO CON BLANCO Y ANARANJADO. ARENA: 46.3%, LL: 34.2%, IP: 26.6%, SALES 0.45% SEG 01 - M 105	1.50						1.60	Posteadora
0.90 m	SC A-2-6	10.10%	ARENA ARCILLOSA CON GRANO BLANCO Y PLOMO EN MINORIA. PRESENTA UNA CANTIDAD DE ARENA DE 77.8%. LA PLASTICIDAD DEL SUELO SE CARACTERIZA POR PRESENTAR LIMITE LIQUIDO DE 24.8% Y UN INDICE DE PLASTICIDAD DE 12%; CON ALTA PRESENCIA DE SALES DE 0.80% EN EL ESTRADO SE TOMO LA MUESTRA REPRESENTATIVA. SEG 01 - M 106	2.00						2.05	7 8 11 N= 26 26
0.45 m	SM A-2-4	12.50%	ARENA LIMOSA DE COLOR MARRON CLARO CON PRESENCIA DE PIGMENTOS BLANCOS. PRESENTA UNA CANTIDAD DE ARENA DE 71.4%. LA PLASTICIDAD DEL SUELO SE CARACTERIZA POR PRESENTAR LIMITE LIQUIDO DE 34% NO PRESENTA INDICE DE PLASTICIDAD; CON ALTA PRESENCIA DE SALES DE 1.65% EN EL ESTRADO SE TOMO LA MUESTRA REPRESENTATIVA. SEG 01 - M 107	2.50						2.50	13 8 12 N= 33 33
0.45 m	SC A-2-6	11.00%	ARENA ARCILLOSA DE COLOR MARRON CLARO CON PRESENCIA DE PIGMENTOS BLANCOS. PRESENTA UNA CANTIDAD DE ARENA DE 69.3%. LA PLASTICIDAD DEL SUELO SE CARACTERIZA POR PRESENTAR LIMITE LIQUIDO DE 24.9% Y UN INDICE DE PLASTICIDAD DE 13.5%; CON ALTA PRESENCIA DE SALES DE 0.70% EN EL ESTRADO SE TOMO LA MUESTRA REPRESENTATIVA. SEG 01 - M 108	2.95						2.95	10 16 18 N= 44 44
0.45 m	SC A-2-6	11.00%	ARENA ARCILLOSA DE COLOR MARRON CLARO CON PRESENCIA DE PIGMENTOS BLANCOS. PRESENTA UNA CANTIDAD DE ARENA DE 69.3%. LA PLASTICIDAD DEL SUELO SE CARACTERIZA POR PRESENTAR LIMITE LIQUIDO DE 24.9% Y UN INDICE DE PLASTICIDAD DE 13.5%; CON ALTA PRESENCIA DE SALES DE 0.70% EN EL ESTRADO SE TOMO LA MUESTRA REPRESENTATIVA. SEG 01 - M 109	3.00						3.40	30 54 51 N= 135 135

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Perfil estratigráfico del sondaje de exploración SPT-02



Fuente: Elaboración propia

- Se realizaron correcciones a la resistencia por penetración estándar ($N_{\text{correg.}}$), por energía, diámetro de la perforación, longitud de barras y tensión efectiva para el valor de $(N_1)_{60}$ obteniéndose en los tres sondeos los siguientes resultados: [26]

Tabla 16 Correlación para el ensayo SPT-01

D) Correlación entre el ángulo de fricción y el número de penetración estándar				
1. Peck, Hanson y Thornburn (1974)				
$\phi'(grados) = 27.1 + 0.3N_{60} - 0.00054[N_{60}]^2$				
PROF (m)	1,60 - 2,05	2,05 - 2,50	2,50 - 2,95	2,95 - 3,40
N60	17.36	22.04	29.38	90.15
ϕ'(grados)	32.15	33.45	35.45	49.76
2. Shemertmann (1975)				
$\phi' = \tan^{-1} \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\phi'_0}{p_a} \right)} \right]^{0.34}$				
PROF (m)	1,60 - 2,05	2,05 - 2,50	2,50 - 2,95	2,95 - 3,40
N60	17.36	22.04	29.38	90.15
σ'_0	2.74	2.74	2.71	2.34
p_a	1.00	1.00	1.00	1.00
ϕ'(grados)	33.75	35.93	38.73	50.93
3. Hatanaka y Uchida (1996)				
$\phi' = \sqrt{20(N_1)_{60}} + 20$				
PROF (m)	1,60 - 2,05	2,05 - 2,50	2,50 - 2,95	2,95 - 3,40
$(N_1)_{60}$	10.49	13.31	17.85	58.89
ϕ'(grados)	34.48	36.32	38.89	54.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17 Correlación para el ensayo SPT-02

D) Correlación entre el ángulo de fricción y el número de penetración estandar				
1. Peck, Hanson y Thornburn (1974)				
$\phi'(grados) = 27.1 + 0.3N_{60} - 0.00054[N_{60}]^2$				
PROF (m)	1,45 - 1,90	1,90 - 2,35	2,35- 2,80 M	2,80 - 3,25
N60	18.70	19.37	56.10	92.16
ϕ' (grados)	32.52	32.71	42.23	50.16
2. Shemertmann (1975)				
$\phi' = \tan^{-1} \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\phi'_0}{p_a} \right)} \right]^{0.34}$				
PROF (m)	1,45 - 1,90	1,90 - 2,35	2,35- 2,80 M	2,80 - 3,25
N60	18.70	19.37	56.10	92.16
σ'_0	2.76	2.76	2.72	2.72
p_a	1.00	1.00	1.00	1.00
ϕ' (grados)	34.35	34.67	44.96	49.77
3. Hatanaka y Uchida (1996)				
$\phi' = \sqrt{20(N_1)_{60}} + 20$				
PROF (m)	1,45 - 1,90	1,90 - 2,35	2,35- 2,80 M	2,80 - 3,25
(N1)60	11.25	11.65	34.04	55.92
ϕ' (grados)	35.00	35.27	46.09	53.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Correlación para el ensayo SPT-03

D) Correlación entre el ángulo de fricción y el número de penetración estándar

1. Peck, Hanson y Thornburn (1974)

$$\phi'(\text{grados}) = 27.1 + 0.3N_{60} - 0.00054[N_{60}]^2$$

PROF (m)	1,20 - 1,65	1,65 - 2,10	2,10- 2,55 M	2,55 - 3,00	3,00 - 3,45	3,45 - 3,90
N60	12.69	6.01	14.69	26.04	40.74	66.11
ϕ' (grados)	30.82	28.88	31.39	34.55	38.42	44.57

2. Shemertmann (1975)

$$\phi' = \tan^{-1} \left[\frac{N_{60}}{12.2 + 20.3 \left(\frac{\phi'_0}{p_a} \right)} \right]^{0.34}$$

PROF (m)	1,20 - 1,65	1,65 - 2,10	2,10- 2,55 M	2,55 - 3,00	3,00 - 3,45	3,45 - 3,90
N60	12.69	6.01	14.69	26.04	40.74	66.11
σ'_0	2.75	2.75	2.72	2.72	2.68	2.68
p_a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ϕ' (grados)	30.97	24.96	32.34	37.56	41.97	46.68

3. Hatanaka y Uchida (1996)

$$\phi' = \sqrt{20(N_1)_{60}} + 20$$

PROF (m)	1,20 - 1,65	1,65 - 2,10	2,10- 2,55 M	2,55 - 3,00	3,00 - 3,45	3,45 - 3,90
(N1)60	7.66	3.63	8.91	15.80	24.88	40.38
ϕ' (grados)	32.37	28.52	33.35	37.78	42.31	48.42

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Resumen de las correlaciones N60 y ángulo de fricción

SONDEOS	PROF (m)	N60	ϕ' (grados)
SPT 01	1,60 - 2,05	17.36	32.15
	2,05 - 2,50	22.04	33.45
	2,50 - 2,95	29.38	35.45
	2,95 - 3,40	90.15	49.76
SPT 02	1,45 - 1,90	18.70	32.52
	1,90 - 2,35	19.37	32.71
	2,35- 2,80	56.10	42.23
	2,80 - 3,25	92.16	50.16
SPT 03	1,20 - 1,65	12.69	30.82
	1,65 - 2,10	6.01	28.88
	2,10- 2,55	14.69	31.39
	2,55 - 3,00	26.04	34.55
	3,00 - 3,45	40.74	38.42
	3,45 - 3,90	66.11	44.57

Fuente: Elaboración propia

- Se obtuvo como ángulo de fricción promedio 32.15° en los tres sondeos y el tipo de falla local que se encuentra entre el rango de 0.35 a 0.70 de densidad relativa media.

Para la identificación de la capacidad ultima del suelo se aplicaron las siguientes fórmulas y se compararon:

Tabla 20 Cálculo de capacidad de carga neta admisible en SPT-01

FORMULA DADA BOWLES (1977): PARA B < 1,22					
$q_{adm} (neta) = 11,98 * N_{cor} * \left[\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right]^2 F_d \left[\frac{S_e}{2,54} \right]$					
$F_d = 1 + 0,33(D_f/B)$					
N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA B = ANCHO (m) S_e = ASENTAMIENTO EN mm D_f = PROFUNDIDA DE CIMENTACION(m) q_{adm} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)					
DATOS					
SONDEO	N° 01				
PROF (m)	1,60 - 2,05	2,05 - 2,50	2,50 - 2,95	2,95 - 3,40	
N _{cor}	10.49	13.31	17.85	58.89	
B	1	1	1	1	
D _f	1.20	1.20	1.20	1.20	
F _d	1.4	1.4	1.4	1.4	
S _e	15	15	15	15	
q _{adm} (neta) kN/m ²	176.4	223.9	300.2	990.3	
q _{adm} (neta) kg/cm ²	1.73	2.19	2.9	9.7	1.7
MEYERHOF (1965) PARA 1 PULGADA DE ASENTAMIENTO MÁXIMO ESTIMADO: PARA B > 1,22					
$q_{adm} (neta) = 7,99 * N_{cor} * \left[\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right]^2$					
N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA B = ANCHO (m) q_{adm} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)					
DATOS					
SONDEO	N° 01				
PROF (m)	1,60 - 2,05	2,05 - 2,50	2,50 - 2,95	2,95 - 3,40	
N _{cor}	10.49	13.31	17.85	58.89	
B	1.5	1.5	1.5	1.5	
q _{adm} (neta) kN/m ²	121.3	154.0	206.5	681.2	
q _{adm} (neta) kg/cm ²	1.19	1.51	2.02	6.68	1.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Cálculo de capacidad de carga neta admisible en SPT-02

FORMULA DADA BOWLES (1977): PARA B < 1,22					
$q_{adm} \text{ (neta)} = 11,98 * N_{cor} * \left[\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right]^2 \quad Fd \left[\frac{Se}{2,54} \right]$					
$Fd = 1 + 0,33(Df/B)$					
<p>N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA B = ANCHO (m) Se = ASENTAMIENTO EN mm Df = PROFUNDIDAD DE CIMENTACION (m) q_{adm} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)</p>					
DATOS					
SONDEO	N° 02				
PROF (m)	1,45 - 1,90	1,90 - 2,35	2,35 - 2,80	M 2,80 - 3,25	
N _{cor}	11.25	11.65	34.04	55.92	
B	1	1	1	1	
Df	1.50	1.50	1.50	1.50	
Fd	1.5	1.5	1.5	1.5	
Se	15	15	15	15	
q _{adm} (neta) kN/m ²	202.6	209.9	613.0	1007.1	
q _{adm} (neta) kg/cm ²	1.99	2.06	6.0	9.9	2.0
MEYERHOF (1965) PARA 1''(25mm) DE ASENTAMIENTO MÁXIMO ESTIMADO: PARA B > 1,22					
$q_{adm} \text{ (neta)} = 7,99 * N_{cor} * \left[\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right]^2$					
<p>N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA B = ANCHO (m) q_{adm} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)</p>					
DATOS					
SONDEO	N° 02				
PROF (m)	1,45 - 1,90	1,90 - 2,35	2,35 - 2,80	M 2,80 - 3,25	
N _{cor}	11.25	11.65	34.04	55.92	
B	1.5	1.5	1.5	1.5	
q _{adm} (neta) kN/m ²	130.2	134.8	393.8	646.9	
q _{adm} (neta) kg/cm ²	1.28	1.32	3.86	6.34	1.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22 Cálculo de capacidad de carga neta admisible en SPT-03

FORMULA DADA BOWLES (1977): PARA B < 1,22

$$q_{adm} \text{ (neta)} = 11,98 \cdot N_{cor} \cdot \left[\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right]^2 \cdot F_d \cdot \left[\frac{Se}{2,54} \right]$$

$$F_d = 1 + 0,33(D_f/B)$$

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 Se = ASENTAMIENTO EN mm
 D_f = PROFUNDIDAD DE CIMENTACION(m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

SONDEO	N° 03						
PROF (m)	1,20 - 1,65	1,65 - 2,10	2,10 - 2,55	2,55 - 3,00	3,00 - 3,45	3,45 - 3,90	
N _{cor}	7.66	3.63	8.91	15.80	24.88	40.38	
B	1	1	1	1	1	1	
D _f	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
F _d	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
Se	15	15	15	15	15	15	
q _{adm} (neta) kN/m ²	137.9	65.3	160.5	284.6	448.1	727.2	
q _{adm} (neta) kg/cm ²	1.35	0.64	1.6	2.8	4.4	7.1	0.6

MEYERHOF (1965) PARA 1''(25mm) DE ASENTAMIENTO MÁXIMO ESTIMADO: PARA B > 1,22

$$q_{adm} \text{ (neta)} = 7,99 \cdot N_{cor} \cdot \left[\frac{3,28B + 1}{3,28B} \right]^2$$

N_{cor} = RESISTENCIA POR PENETRACIÓN ESTÁNDAR CORREGIDA
 B = ANCHO (m)
 q_{ad} = CAPACIDAD DE CARGA NETA ADMISIBLE (KN/m²)

DATOS

SONDEO	N° 03						
PROF (m)	1,20 - 1,65	1,65 - 2,10	2,10 - 2,55	2,55 - 3,00	3,00 - 3,45	3,45 - 3,90	
N _{cor}	7.66	3.63	8.91	15.80	24.88	40.38	
B	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
q _{adm} (neta) kN/m ²	88.6	41.9	103.1	182.8	287.8	467.1	
q _{adm} (neta) kg/cm ²	0.87	0.41	1.01	1.79	2.82	4.58	0.4

Fuente: Elaboración propia

- La capacidad de carga última del suelo varía un N_{cor}. De 19 golpes entre 2.58 kg/cm² cuando el ancho de la base es menor que 1.22 metros; y 1.71 kg/cm² para un ancho de base mayor que 1.22 metros; que al compararse con los valores de Terzagui para una base menor que 1.22 es 2.38 kg/cm², por lo tanto se considera los resultados como validos.

Se muestran los resultados luego de los ensayos en laboratorio de la muestra alterada obtenida:

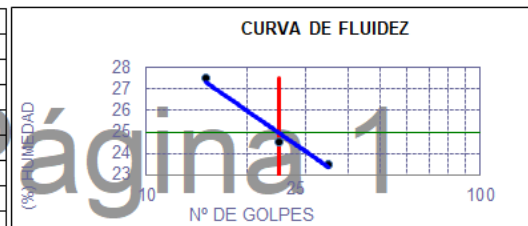
Tabla 23 Ensayo de clasificación del sondaje N°01-muestra N°9

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACION

SONDAJE 1
MUESTRA : M - 109

PROFUNDIDAD : 2,95 m a 3,40 m

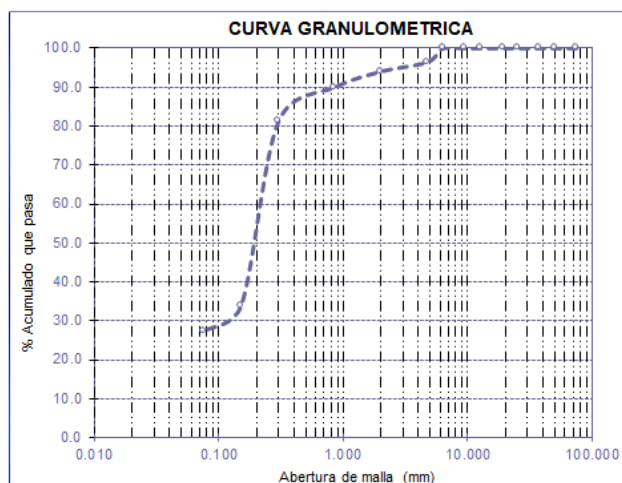
Mallas		% Acumulado	
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa
3"	75.00	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	100.0
N°4	4.75	3.5	96.5
N°10	2.00	5.9	94.1
N°20	0.850	10.0	90.0
N°50	0.3	18.7	81.3
N°100	0.150	66.2	33.8
N°200	0.075	72.8	27.3



Límite líquido	%	24.9
Límite plástico	%	11.9
Índice de plasticidad	%	13.1
Clasificación SUCS		SC
Clasificación AASHTO		A-2-6 [1]

Denominación :

Arena arcillosa



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad (%) 10.95

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales (%) 0.70

Fuente: Elaboración propia

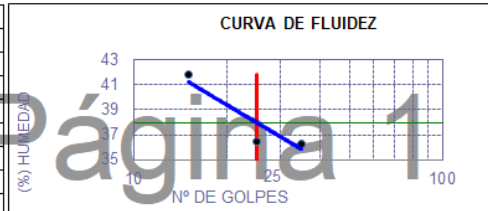
Tabla 24 Ensayo de clasificación del sondaje N°02-muestra N°6

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACION

SONDAJE 2
MUESTRA M - 206

PROFUNDIDAD : 2,35 m a 3,25 m

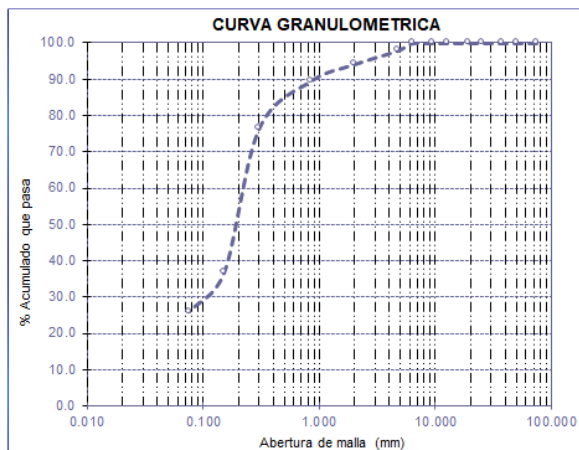
Mallas		% Acumulado	
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa
3"	75.00	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	100.0
Nº4	4.75	2.0	98.0
Nº10	2.00	5.8	94.2
Nº20	0.850	10.3	89.7
Nº50	0.3	23.6	76.4
Nº100	0.150	63.2	36.8
Nº200	0.075	73.9	26.1



Límite líquido	%	38.0
Límite plástico	%	27.4
Índice de plasticidad	%	10.6
Clasificación SUCS		SM
Clasificación AASHTO		A-2-4 (0)

Denominación :

Arena limosa



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad (%) 14.45

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales (%) 0.35

Fuente: Elaboración propia

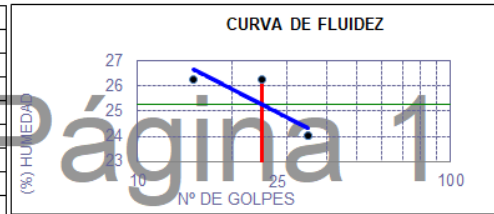
Tabla 25 Ensayo de clasificación del sondaje N°03-muestra N°3

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACION

SONDAJE : 3
MUESTRA : M - 303

PROFUNDIDAD : 3,00 m a 3,90 m

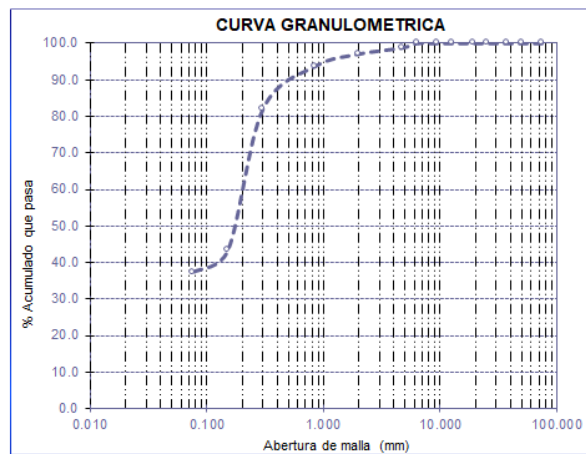
Mallas		% Acumulado	
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa
3"	75.00	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	100.0
Nº4	4.75	1.2	98.8
Nº10	2.00	2.9	97.1
Nº20	0.850	6.2	93.8
Nº50	0.3	18.0	82.0
Nº100	0.150	56.6	43.4
Nº200	0.075	62.6	37.4



Límite líquido	%	25.3
Límite plástico	%	15.4
Índice de plasticidad	%	9.9
Clasificación SUCS		SC
Clasificación AASHTO		A-4 [1]

Denominación :

Arena arcillosa



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad (%) 10.43

contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales (%) 0.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26 Resultados de análisis en el laboratorio

SONDAJE	MUESTRA	LÍMITES DE ATTERBERG		PROF. (m)	CLASIF. SUCS Y AASHTO	EXPOSICIÓN A LOS SALES	
		L. Líquido (%)	L. Plástico (%)				
SEG-01	M-101	38.33	6.80	0,50 m a 1,10 m	SC (A-6,4)	12500	Muy Severa
	M-102	35.33	13.33	1,10 m a 1,20 m	CL (A-6,8)	7500	Severa
	M-103	36.05	27.72	1,20 m a 1,30 m	SM (A-4,2)	4000	Severa
	M-104	39.03	14.56	1,30 m a 1,40 m	CL (A-6,10)	3500	Severa
	M-105	32.5	4.10	1,40 m a 1,50 m	SC (A-6,8)	6000	Severa
	M-106	34.21	7.56	1,50 m a 1,60 m	CL (A-6,10)	4500	Severa
	M-107	24.81	12.84	1,60 m a 2,50 m	SC (A-2-6,0)	8000	Severa
	M-108	34.02	NP	2,50 m a 2,95 m	SM (A-2-4,0)	16500	Muy Severa
	M-109	24.94	11.88	2,95 m a 3,40 m	SC (A-2-6,1)	7000	Severa
SEG 02	M-201	17.67	2.74	0,00 m a 0,75 m	SC (A-2-6,1)	8500	Severa
	M-202	18.89	NP	0,75 m a 0,85 m	SM (A-2-4,0)	9500	Severa
	M-203	22.14	11.61	0,85 m a 1,05 m	SC (A-2-6,0)	9500	Severa
	M-204	22.12	14.04	1,05 m a 1,45 m	SC (A-2-4,0)	7000	Severa
	M-205	26.49	8.21	1,45 m a 1,90 m	SC (A-2-6,2)	1500	Severa
	M-206	38	27.44	1,90 m a 3,25 m	SM (A-2-4,0)	3500	Severa
SEG 03	M-301	22.79	2.15	1,20 m a 2,10 m	SC (A-2-6,2)	500	Moderada
	M-302	21.77	13.32	2,10 m a 3,00 m	SC (A-2-4,0)	0	Insignificante
	M-303	25.26	15.36	3,00 m a 3,90 m	SC (A-4,1)	0	Insignificante

Fuente: Elaboración propia

- La altura máxima alcanzada en los sondeos va desde 3.40 m hasta 3.90m; se observó una configuración estratigráfica bien definida mostrando en la superficie relleno de matriz arenosa, seguido de estratos conformado por arena arcillosa y arena limosa. En la distancia de 3.90 de profundidad muestra un estrato de arena medianamente plástico. Las arenas arcillosas presentan densidad relativa media y en mayor profundidad muy densa y el suelo presenta sales entre severa y muy severa; también cabe recalcar que no se registró nivel freático en ninguno de los tres sondeos así mismo no existe presencia

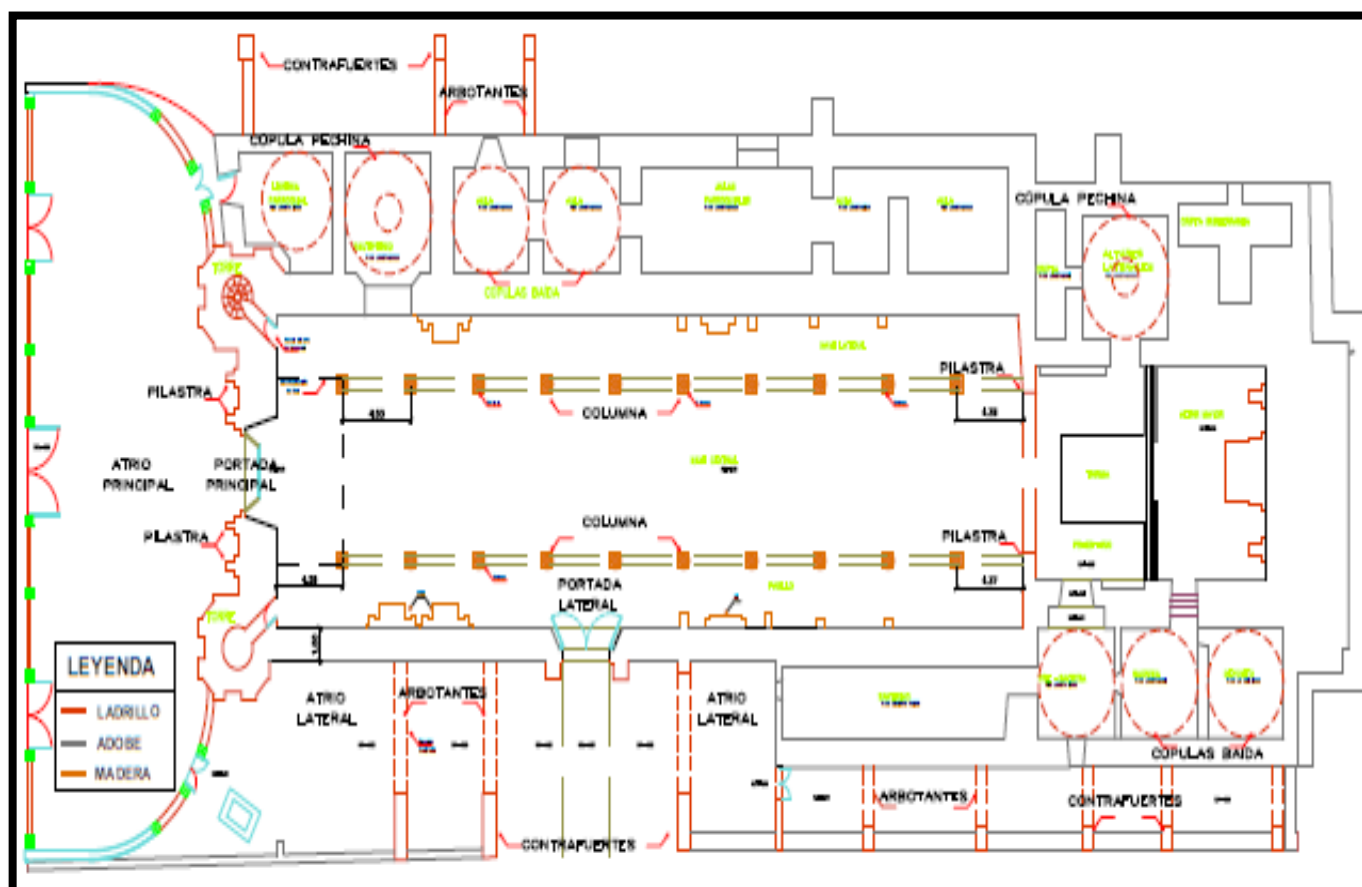
de suelos expansivos ya que no se cuenta con suelos arcillosos, ni tampoco de suelos licuables.

- Se concluye que los pilares de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe se encuentran cimentadas en un terreno apropiado conformado por una arena arcillosa en estado semicompacto.

4.1.3. Sistema constructivo

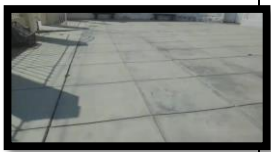


La arquitectura de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe corresponde al siglo XVII, periodo renacentista. Planta rectangular de una sola nave dividida en tres por columnas.

Figura 26. Plano de distribución de ambientes y elementos constructivos






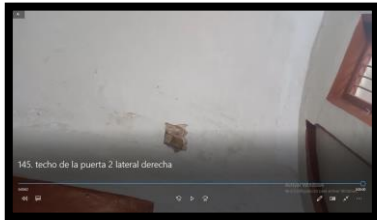

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9 Identificación de los elementos y sus características

SISTEMA CONSTRUCTIVO				
Elemento	Descripción	Dimensiones	Material	Representación
Elemento no estructural				
Atrio	Tiene la forma semi-ovoidal.	Área= 409.02 m ² Perímetro= 105 mts.	baldosas de cemento bruñado	
Portada	Está constituida por un arco de entrada, balcón central y puerta.	Longitud de arco y pilares= 14.30 mts. Espesor de arco = 0.250 mts.	Ladrillo en el arco y madera en el balcón	
Altar	Se encuentran superpuestos en los muros.	Altura máxima= 7.50 mts.	Madera mármol	

Fuente: Elaboración propia

SISTEMA CONSTRUCTIVO				
Elemento	Descripción	Dimensiones	Material	Representación
Elemento estructural				
Torres	Son dos, gemelas, semiesféricas simétricas, de dos cuerpos y tienen pilastres planos. Terminan en cúpulas	Altura total= 22.94 mts. Espesor = 0.90 mts. Ancho = 4.90 mts.	Ladrillo	
Pilastra	En la fachada principal encontramos cuatro, también perimétricos para las cúpulas y en el interior diez y de	Columna interna: Altura total= 8.70 mts. Sección rectangular= 0.50 x 0.30 mts.	Columnas perimetrales son de ladrillo y las internas son de madera pino	

	forma cilindra y simétricas.			
Techo de la nave principal	Tiene la forma de bóveda encamionada formadas por camones y correas.	Luz libre= 8.50 mts, altura de bóveda= 4.90 mts, longitud de bóveda = 65.00 mts.	La cubierta es de caña partida y calaminas, los camones y correas de madera pino.	
Contrafuertes	Unidos en el muro con arco arbotantes, son tres en el lado izquierdo y 7 en el derecho.	Espesor de contrafuerte= 1.00 mts, ancho de contrafuerte= 1.20 mts, altura de contrafuerte = 9.50 mts.	Ladrillo	
Techo en ambientes laterales	Tienen la forma de cúpula baída en ocho elementos y tres de cúpulas de pechina.	Diámetro de cúpula 1.75 mts,	Ladrillo	
Muros	Son cerramientos de ambientes	Espesor promedio 1.10 a 2.00mts.	Adobe	

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que la estructura se ha construido por el sistema aporricado, siendo los muros de cerramientos.

4.1.4. Identificación de materiales en la iglesia Santa Lucia

El adobe es el material predominante en la estructura y está conformado por materiales naturales como la tierra cruda, paja y la arena gruesa, sirve para mejorar su resistencia y durabilidad; se realiza en forma de ladrillo y secada al aire libre, está presente en los muros asentados con barro mezclado con yema de huevo y en espesores promedio de 1.10 a 2.00m y por lo general el perímetro de la iglesia es de 1.80 m; también encontramos ladrillos en cúpulas, bóvedas y torres, así como madera en columnas.

➤ **Características del adobe**

Se encontró un elemento de adobe de la iglesia, se realizaron ensayos en el laboratorio y se muestran los resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 10 Comparación de características encontradas con la norma E. 080

ADOBE			
Descripción	Unidad	Valor obtenido	Observación
Características físicas			
Largo	cm	42.20	< 53.72
Ancho	cm	26.86	=
Altura	cm	10.74	8cm<10.74<12cm
Peso	kg	5.115	
Características químicas			
Índice de acidez o alcalinidad	pH	7.95	PH > 7 - alcalinidad
Sales totales	ppm	12286.50	
Cloruros	ppm	6398.00	
Sulfatos	ppm	7890.00	1500 < SO ₄ < 10000 - severa
Sodio	ppm	667.80	
Densidad Relativa	adim.	1.55	
Densidad Aparente	adim.	1.00	
Humedad	%	1.50	
Porosidad	%	35.00	
Características mecánicas			
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	14.27	< 10.2 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Unidad de adobe de la iglesia Santa Lucia y su ensayo de rotura



Fuente: Elaboración propia

➤ **Características del ladrillo**

Se encontró un elemento de ladrillo de la iglesia, se realizaron ensayos en el laboratorio y se muestran los resultados en la siguiente tabla:

Cuadro 11 Comparación de características encontradas y la norma E. 070

LADRILLO			
Descripción	Unidad	Valor obtenido	Observación
Características físicas			
Largo	cm	29.26	
Ancho	cm	13.86	
Altura	cm	5.40	
Peso	Kg	4.132	
Características químicas			
Índice de acidez o alcalinidad	pH	7.93	PH > 7 - alcalinidad
Sales totales	ppm	48253.00	
Cloruros	ppm	4729.30	
Sulfatos	ppm	53135.50	SO ₄ > 10000 – muy severa
Sodio	ppm	2743.00	
Densidad Relativa	adim.	2.05	
Densidad Aparente	adim.	1.54	
Humedad	%	2.90	
Porosidad	%	41.00	
Características mecánicas			
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	98.13	< 50 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Unidad de ladrillo de la iglesia Santa Lucia y su ensayo de rotura



Fuente: Elaboración propia

➤ **Características de la piedra**

Las caras visibles en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe con respecto a la cimentación está hecha a base de piedra sin labrar, de forma irregular, en una matriz de mortero. No fue factible obtener una muestra del elemento existente.

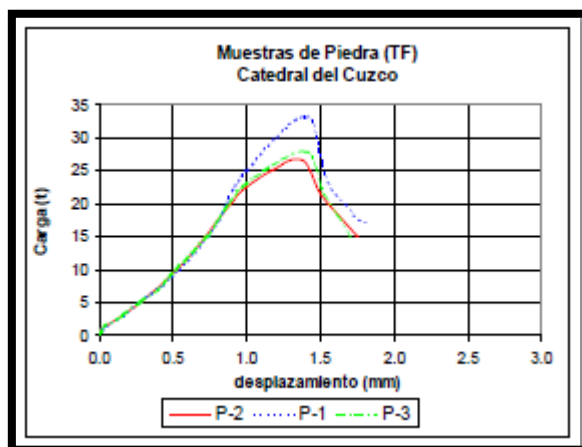
Figura 29. Cimentación de piedra en la iglesia Santa Lucia



Fuente: Elaboración propia

Según el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Catedral del Cusco realizaron ensayos de compresión con probetas cilíndricas con diámetros de 5cm y de 9cm para cuantificar la resistencia y la rigidez de la piedra. [16]

Figura 30. Resultados de muestras de piedra de la Catedral del Cusco








Fuente: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Catedral del Cusco. [16]

El resultado del ensayo fue que la piedra falla por tracción en dirección transversal. Si al aplicar esfuerzos de orden 30% al 50% de la resistencia se observaran fisuras longitudinales; si se incrementan aparecerán grietas en dirección axial seguidamente de grietas por tracciones transversales. Así también la resistencia a la compresión es de 450 kg/cm², módulo de elasticidad de 194000 kg/cm² y densidad de 2.2 g/cm³.





4.2. Tipo de fallas en elementos constructivos de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe

Los daños visibles en la estructura nos dieron a conocer los tipos de fallas en la que están sometidos los elementos constructivos de la iglesia Santa Lucia.

Cuadro 12 Fallas estructurales

FALLAS ESTRUCTURALES			
Elemento	Descripción	Tipo de falla	Representación
Atrio	Se observa fisuras por la exposición a reacciones químicas como son las sales.	Falla por separación parcial	
Portada	En el arco de la puerta muestra el desprendimiento de la pintura y el enlucido por presencia de sales.	Falla por separación parcial	
Altar	El piso presenta rajaduras en la cerámica y en las juntas una separación inadecuada.	Falla por separación parcial	
Torres	El mortero para el rejuntado de ladrillo se está desprendiendo generando ladrillos sueltos, también hay desprendimiento del enlucido.	Falla por separación parcial	
Pilastra	En las columnas exteriores muestran presencia de sales haciendo el desprendimiento de enlucido y en las columnas internas fisuras y pérdida de madera.	Falla por separación parcial	

Fuente: Elaboración propia

FALLAS ESTRUCTURALES			
Elemento	Descripción	Tipo de falla	Representación
Techo de la nave principal	Perdida del material de caña partida en la cubierta interna de la bóveda encamonada.	Falla por separación parcial	
Contrafuertes	El mortero para el rejuntado de ladrillo se está desprendiendo generando ladrillos sueltos.	Falla por separación parcial	
Techo en ambientes laterales	Hay fisuras y grietas en la cúpula de baída del enlucido, así como el resquebrajamiento del tarrajeo y la visualización del material de construcción.	Falla por separación parcial	
Muros	Fisuramiento excesivo en puertas, ventanas y en los muros perimetrales posiblemente debido a esfuerzos excesivos ocurridos por sismos en el pasado.	Falla por separación total	

Fuente: Elaboración propia

4.3. Diseño estructural del refuerzo en la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe

La iglesia Santa Lucia de Ferreñafe siendo un monumento histórico presenta características peculiares en su estructura, así como de los materiales que lo conforman; la modelación de esta estructura no es una tarea fácil. Por eso se hizo uso del análisis inelástico para evaluar el

comportamiento sísmico. El uso del método de los elementos finitos para este tipo de estructura es una ventajosa herramienta de análisis; sin embargo, en algunos elementos es difícil de realizarlo. [11]

Esta construcción de adobe permanece en pie después del último movimiento sísmico en la Provincia de Ferreñafe el 06 de marzo del 2019 de magnitud de 5.4, profundidad 18 Km, siendo una magnitud moderada la cual generaría daños mayores en construcciones débiles o mal construidas; pero en este caso no se han visto derrumbes nada por el estilo en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe.

En la actualidad se consideran los sistemas constructivos con tierra no ser capaces de resistir esfuerzos sísmicos, por eso se realiza el estudio de los tres aspectos fundamentales en el diseño estructural para el caso en estudio.

4.3.1. Estructuración

Para el caso en estudio se identificaron los daños de la estructura y se muestran en el Cuadro N° 12: Fallas estructurales, así como los ensayos en los materiales existentes que lo muestra el Cuadro N° 10 y 11, adobe y ladrillo respectivamente.

Las intervenciones que se han llevado a cabo cumplen con la clasificación de la misma ya que son necesarias para mantener la estructura en condición estable a solicitudes y deseables para mejorar su resistencia sísmica.

Cuadro 13 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe referentes al elemento atrio y portada.

Intervención estructural en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe				
Elemento	Técnica	Material	Descripción	Características de la intervención
Atrio	Substitución de elementos	Baldosas de cemento bruñado	Esto es la substitución completa de un elemento estructural. Los materiales tecnologías utilizadas deben ser similares a los originales.	Reversible
Altar	Substitución de elementos	Cerámica	Esto es la substitución completa de un elemento estructural. Los materiales tecnologías utilizadas deben ser similares a los originales.	Reversible

Fuente: Elaboración propia

Según la norma española UNE 127020 – 1999 EX, esta norma se encuentra en INDECOPI con el nombre de baldosas de terrazo. Las características técnicas son:

- Resistencia a la Flexión : $\geq 5 \text{ M Pa}$, 5 N/mm^2 , 50 Kg/cm^2 .
- Carga de Rotura :

Tamaño de baldosa $\leq 1100 \text{ cm}^2$, le corresponde una carga de rotura de 3.6 KN

Tamaño de baldosa $\geq 1100 \text{ cm}^2$, le corresponde una carga de rotura de 4.70 KN

- Resistencia al Desgaste por Abrasión: desgaste por abrasión $\leq 21 \text{ mm}$.
- Absorción de Agua: Absorción total del agua $< 8\%$ en masa.
- Absorción por caravista $< 0.40 \text{ gr/cm}^2$
- Resistencia al Impacto : Altura mínima de caída 600 mm.

Cuadro 14 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe referentes al elemento portada, torres, pilastra, contrafuertes, techo en ambientes laterales (cúpulas).

Intervención estructural en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe				
Elemento	Técnica	Material	Descripción	Características de la intervención
Portada	Consolidación	Cemento-cal-arena	Retirar las eflorescencias mediante cepillado manual en seco con cepillo de nylon duro. Colocar un nuevo revestimiento con el material seleccionado.	Reversible
Torres	Consolidación Reconstrucción local	Mortero cal-arena + aditivo estabilizador de volumen en el grietas y juntas. Cemento-cal-arena para el enlucido.	Consiste en remover el mortero dañado e inyectar en las grietas el material seleccionado. Los elementos faltantes de ladrillo o dañados se sustituyen con elementos que cumpla con las características de compatibilidad unidas con juntas del mismo material que se inyectan. Membranas a base de aplanados del material seleccionado para incrementar la capacidad del conjunto estructural para soportar las fuerzas de inercia durante un sismo.	Parcialmente reversible

Fuente: Elaboración propia

Intervención estructural en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe				
Elemento	Técnica	Material	Descripción	Características de la intervención
Pilastra	Consolidación	Mortero cal-arena + aditivo estabilizador de volumen en el grietas y juntas.	Consiste en remover el mortero dañado e inyectar en las grietas el material seleccionado. Los elementos faltantes de ladrillo o dañados se sustituyen con elementos que cumpla con las características de compatibilidad unidas con juntas del mismo material que se inyectan.	Parcialmente reversible
	Reconstrucción local	Cemento-cal-arena para el enlucido.	Membranas a base de aplanados del material seleccionado para incrementar la capacidad del conjunto estructural para soportar las fuerzas de inercia durante un sismo.	
Contrafuertes	Consolidación	Mortero cal-arena + aditivo estabilizador de volumen en el grietas y juntas.	Consiste en remover el mortero dañado e inyectar en las grietas el material seleccionado. Los elementos faltantes de ladrillo o dañados se sustituyen con elementos que cumpla con las características de compatibilidad unidas con juntas del mismo material que se inyectan.	Parcialmente reversible
	Reconstrucción local	Cemento-cal-arena para el enlucido.	Membranas a base de aplanados del material seleccionado para incrementar la capacidad del conjunto estructural para soportar las fuerzas de inercia durante un sismo.	
Techo en ambientes laterales (cúpulas baída u cúpulas de pechina)	Consolidación	Mortero cal-arena + aditivo estabilizador de volumen en el grietas y juntas.	Consiste en remover el mortero dañado e inyectar en las grietas el material seleccionado. Los elementos faltantes de ladrillo o dañados se sustituyen con elementos que cumpla con las características de compatibilidad unidas con juntas del mismo material que se inyectan.	Parcialmente reversible
	Reconstrucción local	Cemento-cal-arena para el enlucido.	Membranas a base de aplanados del material seleccionado para incrementar la capacidad del conjunto estructural para soportar las fuerzas de inercia durante un sismo.	

Para esta técnica de consolidación, reconstrucción local en los elementos donde predominan el ladrillo, la norma E.070 recomienda:

a. El mortero:

Debe estar constituida por una mezcla de aglomerante y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del material.

b. Materiales de la mezcla en mortero y en tarrajeo:

- Cemento Portland tipo II: Según la N.T.P 334.009 lo define como cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante a molienda. Para uso general y específicamente, cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

Para nuestro caso en estudio se usará el tipo II, ya que se cuenta con moderada a severa exposición a los sulfatos.

Tabla 27 Requisitos químicos con respecto al tipo de cemento a usar.

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPO DE CEMENTO ^A						
		I	II	II(MH)	III	IV	V	
Oxido de aluminio, (Al ₂ O ₃), máx. %	NTP 334.086	-	6,0	6,0	-	-	-	
Oxido férrico, (Fe ₂ O ₃), máx. %		-	6,0 ^B	6,0 ^{B,C}	-	6,5	-	
Oxido de magnesio, (MgO), máx. %		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
Trióxido de azufre, (SO ₃), ^D máx. %								
Cuando (C ₃ A) ^E es 8% o menos		3,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3	
Cuando (C ₃ A) ^E es más del 8%		3,5	3,0 ^F	3,0 ^F	4,5	2,3 ^F	2,3 ^F	
Pérdida por ignición, máx. %		3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0	
Residuo insoluble, máx. %		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
Silicato tricálcico, (C ₃ S) ^E , máx. %		Véase Anexo A1	-	-	-	-	35 ^C	-
Silicato dicálcico, (C ₂ S) ^E , mín. %			-	-	-	-	40 ^C	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^E , máx. %	-		8	8	15	7 ^C	5 ^B	
Suma de C ₃ S + 4,75C ₃ A ^G , máx. %	-		-	100 ^{C,H}	-	-	-	
Alumino-ferrito tetracálcico, más dos veces el aluminato tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A)), ó solución sólida, (C ₄ AF + C ₂ F), como sea aplicable, máx. %	-		-	-	-	-	25 ^B	

Fuente: N.T.P 334.009 Cementos. Cementos Portland.

Tabla 28 Requisitos físicos con respecto al tipo de cemento a usar

REQUISITOS	Método de ensayo NTP	TIPO DE CEMENTO ^A					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Contenido de aire del mortero ^B volumen %:	334.048						
Máx.		12	12	12	12	12	12
Mín.		-	-	-	-	-	-
Finura, ^C Superficie Específica, (m ² /kg) (Métodos alternativos):							
Ensayo de Turbidímetro	334.072						
Mín.		150	150	150	-	150	150
Max.		-	-	245 ^D	-	245	-
Ensayo de Permeabilidad al aire	334.002						
Mín.		260	260	260	-	260	260
Max.		-	-	430 ^D	-	430	-
Expansión en autoclave, Max., %	334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación:	334.051						
Resistencia a la compresión, MPa							
1 día		-	-	-	12,0	-	-
3 días		12,0	10,0	10,0	24,0	-	8,0
7 días		19,0	17,0	17,0	-	7,0	15,0
28 días		-	-	-	-	17,0	21,0
Tiempo de fraguado							
Ensayo de Vicat ^E , minutos	334.006						
Tiempo de fraguado: no menor que:		45	45	45	45	45	45
Tiempo de fraguado: no mayor que:		375	375	375	375	375	375

Fuente: N.T.P 334.009 Cementos. Cementos Portland.

- Cal Hidratada: La cal hidratada (hidróxido de calcio) es un polvo seco, incoloro y cristalino fabricado mediante el tratamiento de óxido de calcio (cal viva) con agua, en un proceso llamado "apagado". También conocida como cal apagada, cal o cal muerta, la cal hidratada se usa en la producción de morteros, yesos, cementos, pinturas, productos de caucho duro, petroquímicos y en el curtido de pieles.

Según la N.T.P. 334.149 Cales. Cal hidratada para acabados, se presentan dos tipos N y S, para cal hidratada normal para acabados y cal hidratada especial para acabados respectivamente.

Tabla 29 Tipos de cal hidratada

TIPOS DE CAL HIDRATADA	Tipo N	Tipo S
Óxidos de calcio y magnesio (en base no volátil), mín., %	95	95
Dióxido de carbono (en base como es recibida), máx., %:		
Si la muestra se toma en el lugar de fabricación	5	5
Si la muestra se toma en otro lugar	7	7
Óxidos sin hidratar (en base como es recibida), máx., %	---	8

Fuente: N.T.P 334.149 Cal. Cal hidratada.

El porcentaje de residuo de la cal hidratada para acabados debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Residuo retenido en la malla N° 30 (600 μm), máx, % 0,5
- Residuo retenido en la malla N°200 (75 μm), máx, % 15

La pasta elaborada con cal hidratada normal para acabados, Tipo N, debe tener un valor de plasticidad de no menor a 200 cuando es remojada por un periodo de no menos de 16 horas y no más de 24 horas.

La pasta elaborada con cal hidratada especial para acabados, Tipo S, debe tener un valor de plasticidad de no menor a 200 cuando se ensaya empezando dentro de los 30 minutos después de mezclar con agua.

- Arena fina: Según la norma E.070 albañilería, indica que el agrado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas:

Tabla 30 Granulometría de la arena gruesa

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente: Norma E.070 Albañilería

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
 - El módulo de fineza está comprendido entre 1.6 y 2.5.
 - El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
 - No deberá emplearse arena de mar.
- Estabilizador de volumen: Es un grout cementoso, versátil y práctico, de alta resistencia mecánica, no metálico, diseñado para realizar anclajes y rellenos en áreas donde no se requiera alta fluidez. De la misma manera, se puede utilizar como aditivo estabilizador de volumen en mezclas de cemento, mortero y concreto. En base a sus características mecánicas, y su consistencia plástica a fluidez media, se deberá regir a las normas Internacionales de Calidad ASTM C-1107 Y CRD-C-621. ES un excelente mortero hidráulico sin contracción para reparación de fallas.
- Agua: Será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Tabla 31 Tipos de mortero

TABLA 4 TIPOS DE MORTERO				
TIPO	COMPONENTES			USOS
	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: Norma E.070 Albañilería

- Para el mortero se ha considerado una proporción de cemento, cal, arena c: c: a 1:0.5:3,5. Juntas 2cm.´

- Para el tarrajeo se ha considerado una proporción de cemento, cal, arena c: c: a 1:1:5. Juntas 1.5cm.´

c. Unidades de ladrillo dimensiones 29x13.5x5.4cm

Según la norma E.070 Albañilería, se denomina al ladrillo a aquella unidad cuya dimensión peso permite que sea manipulada con una sola mano y se puede seleccionar según su clase:

Tabla 32 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b' mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	+ 7	+ 6	+ 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

⁽¹⁾ Bloque usado en la construcción de muros portantes

⁽²⁾ Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: Norma E.070 Albañilería

Según la resistencia obtenida de 98.13kg/cm², se considera a la unidad de ladrillo de tipo III en la iglesia Santa Lucia.

Tabla 33 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: Norma E.070 Albañilería

Se considerará un ladrillo solido artesanal ya una zona sísmica de 2 y 3 según tabla.

Figura 31. Albañilería de ladrillos agrietada y albañilería intervenida



Fuente: Norma E.070 Albañilería

Cuadro 15 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe referentes al elemento techo de la nave central (Bóveda encamonada)

Intervención estructural en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe				
Elemento	Técnica	Material	Descripción	Características de la intervención
Techo de la nave principal (bóveda encamonada)	Substitución de elementos	Madera pino	Esto es la substitución completa de un elemento estructural. Los materiales tecnologías utilizadas deben ser similares a los originales.	Reversible

Fuente: Elaboración propia

Para la aplicación de la técnica en madera pino, la norma E.010 madera realiza las siguientes indicaciones:

Según la clasificación de la norma E.010 madera, la madera pino se agrupa en el grupo “C”

La selección de la madera debe cumplir con los siguientes requisitos:

Tabla 34 Densidad básica de la madera

Grupo	Densidad Básica g/cm ³
A	> 0,71
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

Fuente: Norma E.010 Madera

Tabla 35 Módulo de elasticidad de la madera

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm ²)	
	E mínimo	E promedio
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Fuente: Norma E.010 Madera

Nota: El módulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras.

(*) Estos valores son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca.

Tabla 36 Esfuerzos admisibles de la madera

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm ²)				
	Flexión fm	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela fc//	Compresión Perpendicular fc ⊥	Corte Paralelo fv
A	20,6 (210)	14,2 (145)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
B	14,7 (150)	10,3 (105)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo

Fuente: Norma E.010 Madera

Se debe cumplir una densidad básica entre 0.40 y 0.55g/cm³, el módulo de elasticidad estará comprendida entre 55000 kg/cm² como mínimo y 90000 kg/cm² en promedio y un esfuerzo admisible en flexión 100 kg/cm².

**Cuadro 16 Técnicas de reforzamiento en la intervención estructural de la iglesia
Santa Lucia de Ferreñafe referentes a los muros de adobe**

Intervención estructural en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe				
Elemento	Técnica	Material	Descripción	Características de la intervención
Muros	Substitución de elementos	Adobe	Esto es la substitución completa de un elemento estructural. Los materiales tecnologías utilizadas deben ser similares a los originales.	Reversible
	Refuerzo externo	Madera y geomalla	La aplicación de refuerzo envuelve todo el muro y por ambas caras, cruzando sobre la viga de remate o solera superior, fijándose a las piezas de madera con grapas. Las mallas se conectan, a través del muro, amarradas por rafias o pita de nylon distanciadas cada 30cm o 50 cm a lo ancho del muro. Los muros que se conservan, son perforados con taladro para conectar ambas caras con los cabos de nylon. En zona de vanos se realiza el retorno con el cruce de la malla proveniente de ambas caras del muro, de este modo se asegura la estabilidad e indeformabilidad de estas zonas vulnerables. [38] Es la mejor alternativa por ser de bajo costo, no requiere refuerzo de cimentación, la cantidad de perforaciones en el muro es mucho menor y tienen propiedades estándares de rigidez y resistencia. [20] Se aplica directamente el revestimiento de barro con paja sobre la geomalla, lográndose una buena adherencia y terminación homogénea, así mismo se logrará mejorar.	

Fuente: Elaboración propia

Según la norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, define como el mortero al material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado (cal, mucílago de cactus, y otros comprobados).

La humedad del mortero no debe pasar el 20% para evitar el agrietamiento. La cantidad de agua es la menor posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento.

a. Materiales:

- Tierra: Según la norma E.080, lo define como un material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa.

- Paja cortada: Es el material de tallo delgado de los cereales, una vez seco y separado de grano.

Se consideró para el mortero una proporción en volumen de 1 parte de paja cortada, 2 partes de tierra, el espesor máximo será de 2 cm indicando en la norma entre 0.5 y 2 cm.

Se consideró para el mortero una proporción en volumen de 2 partes de paja y 1.5 partes de tierra, el espesor máximo será de 5 cm en dos capas de 2.5 cm cada una.

b. Unidades de adobe dimensiones 42x26.5x10.5cm

Según la norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, se denomina al adobe como unidad de tierra cruda, que puede ser mezclada con paja u arena gruesa para mejorar resistencia y durabilidad.

c. Refuerzo con geomalla y cuerdas de rafia

Según la norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, indica que cuando se usen geomallas debe considerarse como mínimo:

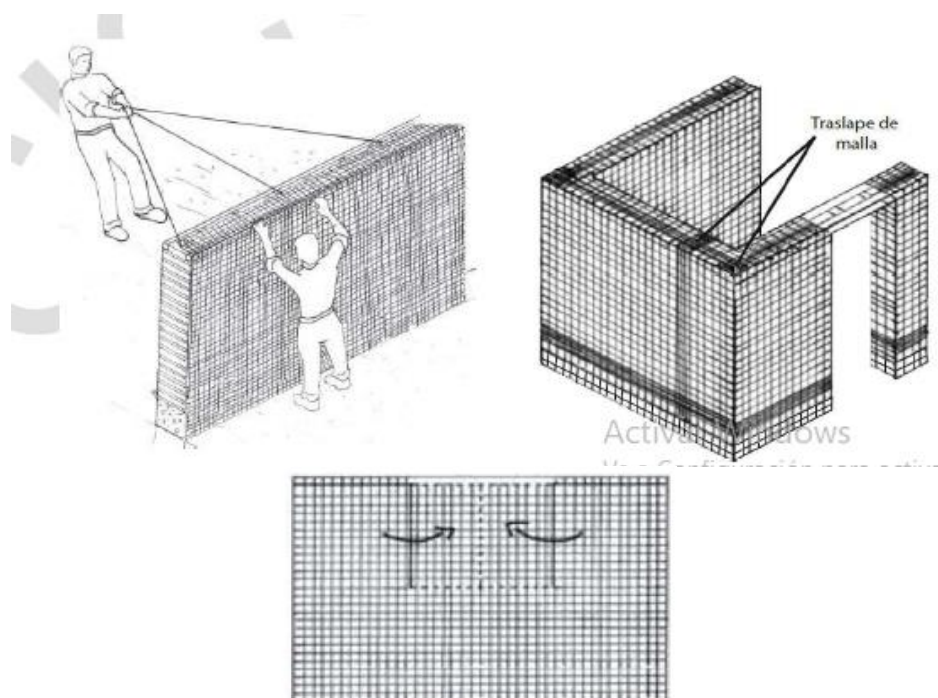
- Madera en rollizos o aserrada con diámetros igual o mayores a 25 mm como refuerzo vertical externo y zonas naturales (cabuya o sisal) de mínimo de 6mm de diámetro como refuerzo horizontal externo.
- Las conexiones de los elementos verticales y horizontales se realizan con cuerdas de nylon o sogas sintéticas, utilizando nudo llano.

El refuerzo de malla sintética de nudos integrados (geomallas), el refuerzo debe ser externo y embutido en el enlucido; debe cumplir las características necesarias:

- Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con o sin diagonales interiores, con abertura máxima de 50mm. y nudos integrados.
- Capacidad mínima de tracción de 3,5 Kn/m, (356.90 kgf/m) en ambas direcciones, para una elongación de 2%.
- Flexibilidad y durabilidad.

Los muros portantes y no potantes, incluyendo los vanos, deben envolverse con las geomallas, tensándolas uniformemente. Deben conectarse las geomallas de ambas caras del muro con cuerdas sintéticas, con una separación máxima de 0.30m. [28]

Figura 32. Esquema de colocación y traslape de refuerzo con geomalla



Fuente: Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada.

4.3.2. Análisis estructural

En este apartado se muestra el modelamiento de la iglesia Santa Lucía con las técnicas mencionadas en el cuadro N° 16 y que nos darán a conocer las respuestas ante un nivel de despeño sísmico.

4.3.2.1. Modelar la estructura

La preparación de un modelo analítico en la iglesia Santa Lucía de Ferreñafe presentó algunas dificultades. La geometría de esta estructura es más confeccionada en comparación con las estructuras aporticadas modernas, por tanto, fue complicado distinguir los elementos de carácter estructural y los de decoración.

- a.** Identificamos los pesos unitarios de cada material en la **Norma E.020 en Anexo 1**, para definir los materiales en el programa SAP 2000:

Tabla 37 Pesos unitarios NTP E-020

ANEXO 1
PESOS UNITARIOS

MATERIALES	PESO kN/m ³ (Kg/m ³)
Aislamientos de:	
Corcho	2,0 (200)
Fibra de vidrio	3,0 (300)
Fibrocemento	6,0 (600)
Poliuretano y poliestireno	2,0 (200)
Albañilería de:	
Adobe	16,0 (1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	18,0 (1800)
Unidades de arcilla cocida huecas	13,0 (1350)
Concreto Simple de:	
Cascote de ladrillo	18,0 (1800)
Grava	23,0 (2300)
Pómez	16,0 (1600)
Concreto Armado	Añadir 1,0 (100) al peso del concreto simple.
Enlucido o Revoque de:	
Mortero de cemento	20,0 (2000)
Mortero de cal y cemento	18,5 (1850)
Mortero de cal	17,0 (1700)
Yeso	10,0 (1000)
Líquidos:	
Aceites	9,3 (930)
Acido Murfático	12,0 (1200)
Acido Nitríco	15,0 (1500)
Acido Sulfúrico	18,0 (1800)
Agua dulce	10,0 (1000)
Agua de mar	10,3 (1030)
Alcohol	8,0 (800)
Gasolina	6,7 (670)
Kerosene	8,7 (870)
Petróleo	8,7 (870)
Soda Cáustica	17,0 (1700)
Maderas:	
Coníferas	7,5 (750)
Grupo A*	11,0 (1100)
Grupo B*	10,0 (1000)
Grupo C*	9,0 (900)
* NTE E.101 Agrupamiento de Madera para Uso Estructural (E.010 Madera)	

Fuente: Norma E.020. [24]

Tabla 38 Lista de especies agrupadas en madera

Anexo 3 LISTA DE ESPECIES AGRUPADAS			
	NOMBRE		GRUPO
	COMUN	CIENTIFICO	
1	AZUCAR HUAYO	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	A
2	ESTORAQUE	<i>Miroxylon peruiiferum</i>	
3	HUACAPU	<i>Minuartia guianensis</i>	
4	PUMAQUIRO	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	
5	QUINILLA COLORADA	<i>Manilkara bidentata</i>	
6	SHIHUAHUACO MARRON	<i>Dipteryx odorata</i>	
7	AGUANO MASHA	<i>Machaerium inundatum</i>	B
8	ANA CASPI	<i>Apuleia leiocarpa</i>	
9	CACHIMBO COLORADO	<i>Cariniana domestica</i>	
10	CAPIRONA	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	
11	HUAYRURO	<i>Ormósia coccinea</i>	
12	MANCHINGA	<i>Brosimum uleanum</i>	
13	BOLAINA BLANCA	<i>Guazuma crinita</i>	C
14	CATAHUA AMARILLA	<i>Hura crepitans</i>	
15	COPAIBA	<i>Copaifera officinalis</i>	
16	DIABLO FUERTE	<i>Podocarpus rospigliosii</i>	
17	LAGARTO CASPI	<i>Calophyllum brasiliense</i>	
18	MASHONASTE	<i>Clarisia racemosa</i>	
19	MOENA AMARILLA	<i>Aniba amazonica</i>	
20	MOENA ROSADA	<i>Ocotea bofo</i>	
21	PANGUANA	<i>Brosimum utile</i>	
22	PAUJILRURO BLANCO	<i>Pterygota amazonica</i>	
23	TORNILLO	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	
24	UTUCURO	<i>Septotheca tessmannii</i>	
25	YACUSHAPANA	<i>Terminalia oblonga</i>	

Fuente: Norma E.010. [23]

Cuadro 17 Pesos unitarios de los materiales de la Iglesia Santa Lucia

Pesos Unitarios	
Materiales	Peso kN/m ³ (Kgf/m ³)
Albañilería de:	
Adobe	16.0 (1600)
Unidades de arcilla cocida sólidas	18.0 (1800)
Maderas:	
Grupo C	9.0 (900)

Fuente: Norma E.020. [24]

Para determinar el módulo de elasticidad del ladrillo (E_m), la norma E.070 indica que para unidades de arcilla $E_m = 500f_m$.

En la tabla siguiente hallamos el valor de f_m :

Tabla 39 Resistencias características de la albañilería

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_b	PILAS f_m	MURETES v_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Silice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

Fuente: Norma E.070. [27]

Si el $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$, el módulo de elasticidad es de 1700 MPa.

Tabla 40 Módulo de elasticidad de la madera

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm ²)	
	E mínimo	E promedio
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Fuente: Norma E.010. [23]

Cuadro 18 Módulo de elasticidad de los materiales de la Iglesia Santa Lucia

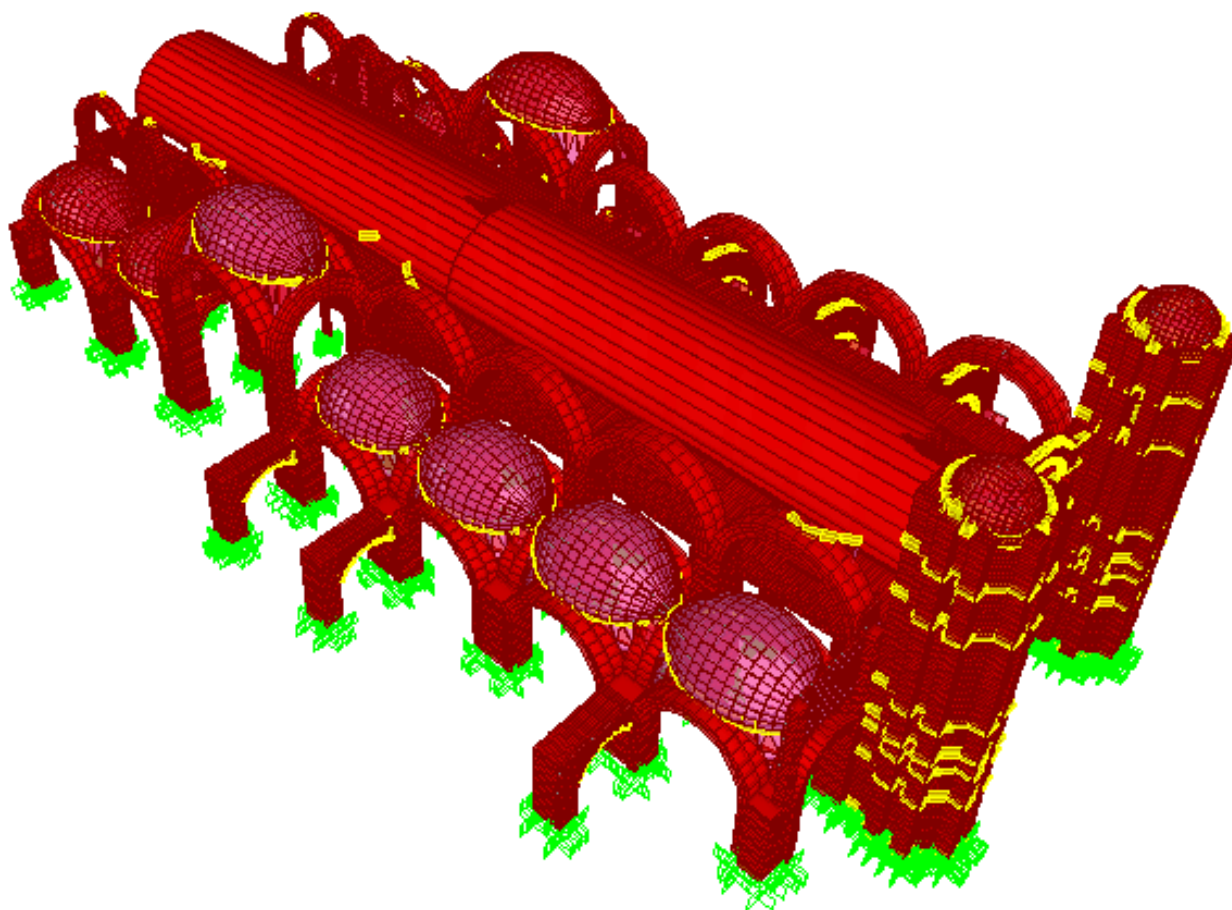
Módulos de elasticidad		
Materiales	Módulo de elasticidad MPa (kgf/cm ²)	Norma
Adobe	200.00 (2040)	E.080
Unidades de arcilla cocida sólidas	1700.00 (17500)	E. 070
Madera	8826.00 (55000)	E. 010

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones

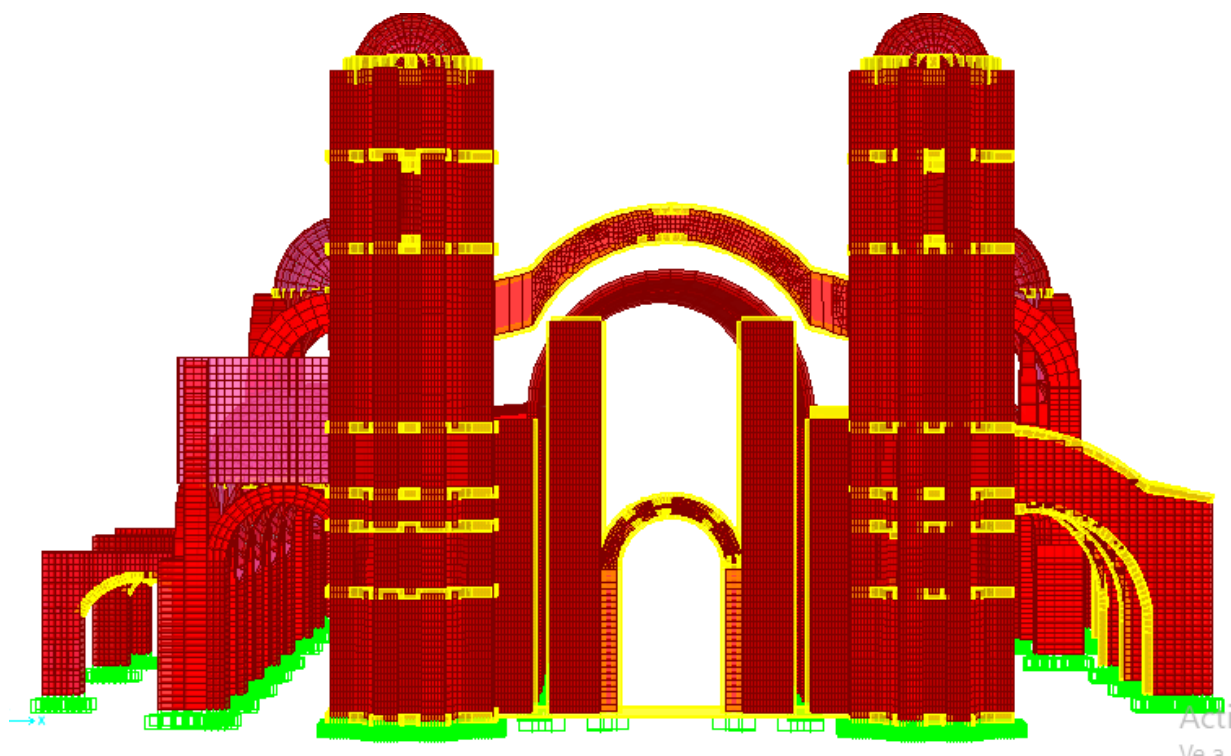
De manera genérica el procedimiento tradicional del análisis permite apenas tener una idea aproximada de estado de esfuerzos debido a cargas gravitacionales. En solicitaciones de sismicidad la finalidad es mínima de lograr una comprensión cualitativa del comportamiento de la estructura [16]; es por ello en este apartado está dedicado a mostrar los esfuerzos que producen cada elemento con el refuerzo aplicado en modelos de elemento finitos para un estudio cualitativo similar a mi estudio.

En el modelamiento consideró representar a las columnas como elementos de tipo cáscara con uniformidad en espesores, tanto las bóvedas como cúpulas fueron representadas con elementos de tipo cascara con acciones de membrana y de flexión. [16]

Figura 33. Modelo de elementos finitos en SAP 2000 de la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe



Fuente: Programa computarizado SAP 2000.

Figura 34. Modelo 3D – Vista XZ

Fuente: Programa computarizado SAP 2000.

4.3.2.2. Acciones de diseño

Se identificó los parámetros para el análisis de la estructura, según norma E.030. Diseño sismorresistente:

4.3.2.2.1. Cargas por peso propio

Esta carga está considerada automáticamente por el programa de modelamiento SAP 2000, asignado a partir de las propiedades de los materiales con la geometría de los elementos, mostrados en el capítulo anterior.

4.3.2.2.2. Carga sísmica

a. Zonificación sísmica

El distrito de Ferreñafe, Provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, se encuentra ubicada en la zona sísmica 4, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 41 División del territorio peruano por zonas sísmicas

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
LAMBAYEQUE	FERREÑAFE	CAÑARIS	3	DOS DISTRITOS
		INCAHUASI		
		FERREÑAFE	4	CUATRO DISTRITOS
		MANUEL A. MESONES MURO		
		PITIPO		
	PUEBLO NUEVO			
	LAMBAYEQUE	SALAS	3	UN DISTRITO
		CHOCHEPE	4	ONCE DISTRITOS
		ILLIMO		
		JAYANCA		
		LAMBAYEQUE		
		MOCHUMI		
		MORROPE		
		MOTUPE		
		OLMOS		
		PACORA		
		SAN JOSÉ		
		TÚCUME		
		CAYALTI		
CHICLAYO				

Fuente: Norma E.030. [25]

Figura 35. Mapa del Perú dividido en zonas sísmicas



Fuente: Norma E.030. [25]

Se identifica el factor Z (fracción de la aceleración de la gravedad) en la siguiente tabla:

Tabla 42 División del territorio peruano por zonas sísmicas

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E.030. [25]

Se clasifica a la Zona 4 con $Z=0.45$.

b. Factor de suelo "S"

Según a los datos obtenidos por el estudio de mecánica de suelos, el material en la cimentación es arena arcillosa con índice de plasticidad menor al 20% y un contenido de humedad menor del 40%, por ello el tipo de perfil del suelo es S2- Suelos intermedios.

Tabla 43 Clasificación del suelos

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{v}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E.030. [25]

Tabla 44 Factor de Suelo "S"

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E.030. [25]

Tabla 45 Periodos “Tp” y “TL”

Tabla N° 4 PERÍODOS “ T_P ” Y “ T_L ”				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E.030. [25]

Conociendo el tipo de suelo S2, el factor de suelo “S” es igual a 1.05, y los periodos “Tp y TL” son 0.6 y 2.0 respectivamente.

c. Categoría, sistema estructural y regularidades de las edificaciones

Tabla 46 Categoría y factor de uso

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma E.030. [25]

Se consideró a la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe, como edificaciones importantes, “B”, donde el factor de “U” es igual a 1,3.

d. Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

Tabla 47 Sistemas estructurales

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Norma E.030. [25]

Según la tabla anteriormente mencionada el coeficiente básico de reducción R_o , para albañilería confinada es 3.

Tabla 48 Restricciones a las irregularidades

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Norma E.030. [25]

Según la norma E.030 también indica que para la iglesia Santa Lucia no se permiten irregularidades extremas es por ello que se utilizó como 1.

e. Periodo fundamental de vibración

Según norma E.030 se estima de la siguiente forma: $T = h_n / C_T$

Donde:

$C_T = 60$ para edificios de albañilería.

$h_n =$ Altura del edificio =

$$T = 22.30 / 60 = 0.372 \text{ (Periodo)}$$

f. Factor de amplificación sísmica (C)

Según los datos obtenidos de T y T_P los cuales corresponden a 0.372 y 0.60, entonces se evaluó:

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 (T_P / T)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 (T_P * T_L / T^2)$$

Como resultado el coeficiente de amplificación sísmica $C = 2,5$.

Cuadro 19 Resumen de parámetros en el análisis.

Resumen de los parámetros		
Parámetro	Símbolo	Valor
Zona sísmica	zona	Zona 4
Factor de zona	Z	0.45g.
Tipo de perfil de suelo	Perfil	S ₂ – suelos intermedios
Factor de amplificación del suelo	S	1.05
Periodos	$T_P - T_L$	0.6 – 2.0
Categoría de la edificación	categoría	B – especificaciones importantes
Factor de uso	U	1.3
Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica	R	3
Facto de amplificación sísmica	C	2.5

Fuente: Elaboración propia

Se calcula por formula $R = R_0 \times I_a \times I_p$

Tabla 49 Reducción de fuerza sísmica “R”

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.45	R ₀	3	3
U	1.30	I _a	1.00	1.00
S	1.05	I _p	1.00	1.00
T _P	0.60	R	3	3
T _L	2.00	g	9.81 m/s ²	

Fuente: Elaboración propia

g. Cálculo de la cortante basal

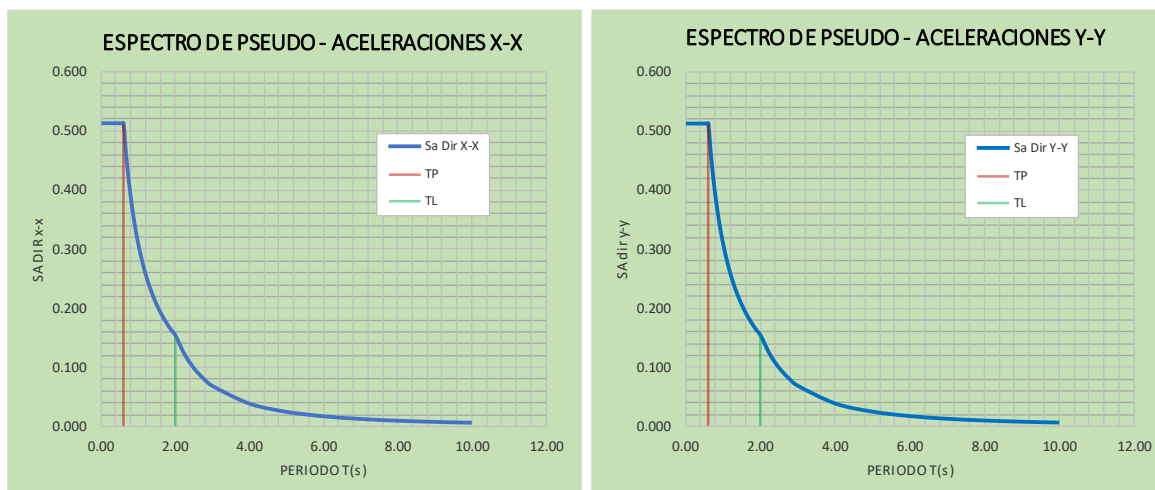
Se calculó la fuerza cortante estática en la base $V = \frac{ZUCS}{R} * P =$

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P = \frac{(0.45 * 1.3 * 2.5 * 1.05)}{3} * P = 0.51P$$

Después de obtener todos los parámetros hallamos el espectro de pseudo-aceleraciones X-X y Y-Y, se calcula de la siguiente formula:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} * g = \frac{(0.45 * 1.3 * 2.5 * 1.05)}{3} * g = 0.51g$$

Figura 36. Espectro de pseudo - aceleración



Fuente: Elaboración propia

Tabla 50 Resultados del espectro de pseudo – aceleración para ingresar en el programa SAP 2000.

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	0.512	0.512
2.50	0.02	0.512	0.512
2.50	0.04	0.512	0.512
2.50	0.06	0.512	0.512
2.50	0.08	0.512	0.512
2.50	0.10	0.512	0.512
2.50	0.12	0.512	0.512
2.50	0.14	0.512	0.512
2.50	0.16	0.512	0.512
2.50	0.18	0.512	0.512
2.50	0.20	0.512	0.512
2.50	0.25	0.512	0.512
2.50	0.30	0.512	0.512
2.50	0.35	0.512	0.512
2.50	0.40	0.512	0.512
2.50	0.45	0.512	0.512
2.50	0.50	0.512	0.512
2.50	0.55	0.512	0.512
2.50	0.60	0.512	0.512
2.31	0.65	0.473	0.473
2.14	0.70	0.439	0.439
2.00	0.75	0.410	0.410
1.88	0.80	0.384	0.384
1.76	0.85	0.361	0.361
1.67	0.90	0.341	0.341
1.58	0.95	0.323	0.323
1.50	1.00	0.307	0.307
1.36	1.10	0.279	0.279
1.25	1.20	0.256	0.256
1.15	1.30	0.236	0.236
1.07	1.40	0.219	0.219
1.00	1.50	0.205	0.205
0.94	1.60	0.192	0.192
0.88	1.70	0.181	0.181
0.83	1.80	0.171	0.171
0.79	1.90	0.162	0.162
0.75	2.00	0.154	0.154
0.59	2.25	0.121	0.121
0.48	2.50	0.098	0.098
0.40	2.75	0.081	0.081
0.33	3.00	0.068	0.068
0.19	4.00	0.038	0.038
0.12	5.00	0.025	0.025
0.08	6.00	0.017	0.017
0.06	7.00	0.013	0.013
0.05	8.00	0.010	0.010
0.04	9.00	0.008	0.008
0.03	10.00	0.006	0.006

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3.Efectos de las acciones de diseño

4.3.2.3.1. Por cargas de servicio – esfuerzos en la edificación

Se realizó con la finalidad de identificar si el modelo es correcto antes de aplicar la carga de sismo. Se tomó una sección de 1.00 metro de la iglesia y el programa cálculo los esfuerzos por lo que al compararlo se obtuvo el siguiente resultado:

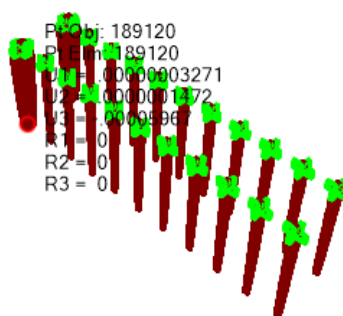
$$\sigma_{base} = \frac{\text{Carga axial}}{\text{Area de seccion de transversal}}$$

$$\sigma_{base} = \frac{69.20 \text{ Tonf}}{2 \times 1 \times 1.6} = \frac{21.6 \text{ Ton}}{m^2} = 0.216 \text{ MPa}$$

Con los resultados obtenidos en el programa se encuentra en orden de 0.21 MPa el cual indica que los resultados son similares.

Con respecto a las deformaciones por el peso propio se encontró que los contrafuertes contrarrestan las deformaciones e impedir que se desplome la estructura.

Figura 37. Análisis en los pilares internos de la iglesia Santa Lucia por cargas por su propio peso.



Fuente: Elaboración propia

4.3.2.3.2. Por cargas de sismo – análisis sísmico lineal

$$V = 1.54P$$

Se consideró el peso de la edificación por su peso específico de cada material y geometría de la iglesia, la cual dio como resultado 4864.50tonf, reemplazando en la fórmula anterior obtenemos $V=7491.33\text{tonf}$.

Por cargas de sismo – análisis dinámico modal espectral

Se obtuvo un $S_e=0.51g$, se ingresó el espectro al programa SAP 2000

Cuadro 20 Desplazamiento elástico en el análisis modal espectral en la dirección X-X

Punto	ID	U1(m)	U2(m)	U3(m)	h	$\Delta 1_{\text{elast}}$	$\Delta 2_{\text{elast}}$	$\Delta 3_{\text{elast}}$
1	Torre 1	0.00254	0.00222	0.00030	22.90	0.011	0.010	0.001
2	Torre 2	0.00324	0.00110	0.00005	22.90	0.014	0.005	0.000
3	Contrafuerte	0.00075	0.00110	0.00005	8.50	0.009	0.013	0.001
4	Cúpulas	0.00050	0.00010	0.00030	9.00	0.006	0.001	0.003
5	Pilares	0.00056	0.00030	0.00021	8.70	0.006	0.003	0.002
6	Boveda encamonada	0.00088	0.00081	0.00055	13.80	0.006	0.006	0.004

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 21 Desplazamiento elástico en análisis espectral en la dirección Y-Y

Punto	ID	U1(m)	U2(m)	U3(m)	h	$\Delta 1_{\text{elast}}$	$\Delta 2_{\text{elast}}$	$\Delta 3_{\text{elast}}$
1	Torre 1	0.00354	0.00265	0.00030	22.90	0.015	0.012	0.001
2	Torre 2	0.00382	0.00120	0.00005	22.90	0.017	0.005	0.000
3	Contrafuerte	0.00175	0.00120	0.00005	8.50	0.021	0.014	0.001
4	Cúpulas	0.00050	0.00090	0.00030	9.00	0.006	0.010	0.003
5	Pilares	0.00056	0.00030	0.00021	8.70	0.006	0.003	0.002
6	Boveda encamonada	0.00122	0.00101	0.00055	13.80	0.009	0.007	0.004

- Se consideró a la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe como una estructura pesada; concluyendo que los esfuerzos obtenidos por cargas verticales son menores a la resistencia. La resistencia del material asciende a 45 MPa con un mortero de 6.5 a 8 MPa.
- La acción de sismo en la dirección X (transversal) se obtiene un desplazamiento máximo de 2cm en la parte superior de las torres y el desplazamiento horizontal máximo en la parte superior de la bóveda es de 8mm en ambos casos se consideran relativamente pequeños.
- Los esfuerzos por acciones del peso propio son moderados en compresión casi en todos los elementos de cúpulas y tienen un valor máximo de 0.25 MPa se muestran de color rojo-; también pequeñas tracciones solo en algunas zonas de orden 0.25 MPa; ambos se encuentran en los límites admisibles.
- Los esfuerzos por acciones del sismo actuando en dirección X (transversal) aparecen con signos positivos de orden 6 a 7 MPa los máximos en los elementos de la torre y en dirección y (longitudinales) de la misma forma.

- Los resultados obtenidos indican que los materiales de los que está constituida la estructura tiene cierta capacidad frente a acciones de compresión y poca resistencia a los esfuerzos en tracción. Se identificó que fue construida para soportar cargas de gravedad, así como en los arcos y bóvedas la fuerza resultante radica en el núcleo central y a la vez no producen tracciones elevadas.
- Con respecto a su comportamiento sísmico se identificó que no fueron diseñados para estas solicitudes, por su gran peso en comparación a su resistencia, poca ductilidad. A la actualidad resistente en acciones de sismo de moderada intensidad y esto se debe a los muros transversales lo cual simula contrafuertes para los muros longitudinales.
- Realizado el análisis sísmico lineal y elástico de la iglesia, se obtuvieron desplazamientos horizontales en la parte superior de los pilares en 8mm, se considerarían pequeños.
- Según el análisis sísmico se generarían en las bóvedas esfuerzos de tracción de rango 0 a 8 MPa con $R=1$, sustentado la falla frágil esperada.
- En los arcos se hallaron esfuerzos cortantes de hasta 6.5 MPa y esfuerzos normales en dirección vertical en las columnas de 28 MPa mostrándose como excesivos con respecto al material existente.
- Se concluye que la secuencia de falla es primero las bóvedas, luego en arcos y finalizando con los pilares. En el caso de los muros del perímetro se esperan que los efectos sean leves por los contrafuertes que lo soportan.

4.3.3. Dimensionamiento

Una vez determinada la respuesta de la estructura antes las solicitudes de peso propio y el sismo con respecto a los tipos de reforzamiento adoptados, se definió en este apartado el detalle constructivo de cada elemento, así como la importancia estructural que brindarán al monumento histórico.

4.3.3.1. Sustitución de elementos en atrio

- a. Se iniciarán los trabajos de demolición en toda el área de atrio existente equivalente a $1,105.70\text{m}^2$, piso de baldosa de cemento que tiene un espesor de 2cm; para esta actividad se hará uso del martillo neumático de 21 a 24kg. y un compresor neumático de 76 HP.

- b.** Luego se procederá a los trabajos de trazo, nivelación y replanteo para definir correctamente los límites del atrio, así como el nivel +0.10, +0.20, +0.30, -0.10 del atrio principal y lateral derecho; para esta actividad se hará uso de los equipos topográficos, así como de materiales acero para el estacado, yeso y pintura para delimitar las áreas y niveles.
- c.** Para la sustitución de los elementos en los atrios se usará baldosa de cemento con acabado bruñado de dimensiones de 30x30cm. y espesor 2cm, con mortero de cemento portland tipo MS y arena en proporción de 1:5. La colocación se realizará sobre un falso piso limpio y humedecido.
- Las características técnicas de las baldosas deben regirse a la norma española UNE 127020 – 1999 EX, de INDECOPI donde la resistencia a la flexión sea mayor a 5 MPa, la carga de rotura de 3.6 KN. Para esta actividad se hará uso también de los materiales arena fina, cemento portland tipo MS.
- d.** Esté trabajo estará completo al eliminar los materiales excedentes y provenientes de demoliciones con el apoyo de un cargador sobre llantas y un camión volquete de 11m³.

Figura 38. Baldosa de cemento de 30x30cm.



Fuente: Tienda Promart.

Con todas las actividades anteriormente mencionadas se logrará contrarrestar la acción de los sulfatos severos con el uso del cemento portland tipo MS.

4.3.3.2.Consolidación en la portada principal y portada lateral derecha

- a.** En esta técnica se iniciarán los trabajos de extracción de eflorescencia en el arco de la portada principal y portada lateral derecho, de manera manual con el uso de brochas

secas de nylon de 2" o 4" dependiendo de las juntas o de la superficie a tratar, con la finalidad de eliminar parcial o totalmente las eflorescencias para un posible revestimiento o tratamiento. Para esta actividad se hará uso de un andamio de madera para los trabajos en alturas superiores a 1.5m.

- b. Se plantea revestir con mortero de cemento portland tipo MS, cal y arena en proporción 1:1:5, e=1.5 cm., en zonas limpias, humedecida, libre de eflorescencia y alineadas.
- c. Se procederá con las actividades de pintado de las superficies revestidas en dos pasadas. La calidad de la pintura látex deberán ser lavables a base de látex acrílico y/o sintético con pigmentos de alta calidad, con un rendimiento de 40 a 45 m²/ gl para 1 mano, viscosidad (KU a 25° C) de 100 a 110, tiempo de secado al tacto máximo 1 hora.
- d. Esté trabajo estará completo al eliminar los materiales excedentes y provenientes de demoliciones con el apoyo de un cargador sobre llantas y un camión volquete de 11m³.

Con todas las actividades anteriormente mencionadas se logrará contrarrestar la acción de los sulfatos severos con el uso del cemento portland tipo MS y de esta manera lograr que el revestimiento perdure y no se origine la erosión del mismo.

4.3.3.3.Sustitución de elementos en altar principal

- a. Se iniciarán los trabajos de demolición en toda el área del altar principal existente equivalente a 77.50m², de cerámica; para esta actividad se hará uso de un martillo neumático de 21 a 24kg. y una compresora neumática de 76 HP.
- b. Luego se procederá a los trabajos de trazo, nivelación y replanteo para definir correctamente los límites del altar, así como el nivel +1.10; para esta actividad se hará uso de los equipos topográficos.
- c. Para la sustitución de elementos en el altar se usará cerámico de dimensiones de 30x30cm., con mortero de cemento portland tipo MS y arena en proporción de 1:5 y un acabado con fragua crema. La colocación se realizará sobre un falso piso limpio y humedecido. La cerámica se rige por la norma española UNE 127020 – 1999 EX.
- d. Esté trabajo estará completo al eliminar los materiales excedentes y provenientes de demoliciones con el apoyo de un cargador sobre llantas y un camión volquete de 11m³.

Con todas las actividades anteriormente mencionadas se logrará contrarrestar la acción de los sulfatos severos con el uso del cemento portland tipo MS.

Figura 39. Cerámica de 30x30cm.



Fuente: Tienda Promart.

4.3.3.4.Consolidación en las torres, pilastra, contrafuertes, techo en ambientes laterales (cúpulas).

- a. En esta técnica se iniciarán los trabajos de remoción del mortero dañado de los elementos como son las torres, pilastra, contrafuertes, cúpulas de material de ladrillo, así como la extracción de las eflorescencias en ladrillos y el mismo mortero. Esta actividad se realizará de manera manual con el uso de brochas secas de nylon de 2” o 4” dependiendo de las junta, grietas o superficie a tratar, con la finalidad de eliminar parcial o totalmente el mortero suelto y las eflorescencias. Para esta actividad se hará uso de un andamio de madera para los trabajos en alturas superiores a 1.5m.
- b. Una vez obtenida la zona de trabajo limpia y humedecida, se procede a inyectar en las juntas o grietas un mortero de cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen en proporción 1:0.5:3.5 con un espesor mínimo de 2cm. Para esta actividad se hará uso de un andamio de madera para los trabajos en alturas superiores a 1.5m.
- c. Se plantea revestir con mortero de cemento portland tipo MS, cal y arena en proporción 1:1:5, e=1.5 cm., en zonas limpias, humedecida, libre de eflorescencia y alineadas.
- d. Se procederá con las actividades de pintado de las superficies revestidas en dos pasadas. La calidad de la pintura látex deberán ser lavables a base de látex acrílico y/o sintético con pigmentos de alta calidad, con un rendimiento de 40 a 45 m²/ gl para 1 mano, viscosidad (KU a 25° C) de 100 a 110, tiempo de secado al tacto máximo 1 hora.
- e. Esté trabajo estará completo al eliminar los materiales excedentes y provenientes de demoliciones con el apoyo de un cargador sobre llantas y un camión volquete de 11m³.

Con todas las actividades anteriormente mencionadas se logrará contrarrestar la acción de los sulfatos severos con el uso del cemento portland tipo MS. Así mismo se está adicionando el estabilizador de volumen que contiene una alta resistencia mecánica, y hace que la mezcla que se comporte como un mortero hidráulico, sin contracción para reparación de fallas; se rigen por las normas Internacionales de Calidad ASTM C-1107 Y CRD-C-621.

4.3.3.5.Reconstrucción local en las torres, pilastra, contrafuertes, techo en ambientes laterales (cúpulas).

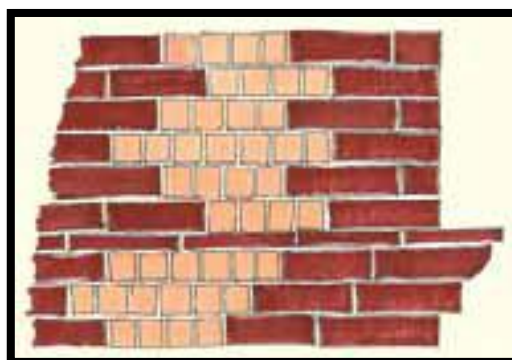
- a. Seguido de la primera actividad en la técnica de consolidación, se emplearán ladrillos nuevos de dimensiones 29x13.5x5.4cm. con el fin de reemplazar los fisurados, erosionados o intemperizados, así como los inexistentes; utilizando un mortero de cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen en proporción 1:0.5:3.5 con un espesor mínimo de 2cm. La reconstrucción se realizará siguiendo los dentados del muro para una mejor traba y adherencia. Los ladrillos serán asentados de manera que el mortero rellene íntegramente al ladrillo previamente humedecido, no se colocaron más de 5 hiladas por día para evitar agrietamientos y expulsión del mortero en las partes bajas (sobrepeso).

La reconstrucción se efectuará por uno o ambos lados del muro dependiendo del estado de deterioro en que se encontrará, llegando solamente hasta la mitad de la sección de muro por cada lado y en una longitud de 1.00m garantizando las trabas necesarias. Para esta actividad se hará uso de un andamio de madera para los trabajos en alturas superiores a 1.5m.

- b. Se plantea revestir con mortero de cemento portland tipo MS, cal y arena en proporción 1:1:5, e=1.5 cm., en zonas limpias, humedecida, libre de eflorescencia y alineadas.
- c. Se procederá con las actividades de pintado de las superficies revestidas en dos pasadas. La calidad de la pintura látex deberán ser lavables a base de látex acrílico y/o sintético con pigmentos de alta calidad, con un rendimiento de 40 a 45 m²/ gl para 1 mano, viscosidad (KU a 25° C) de 100 a 110, tiempo de secado al tacto máximo 1 hora.
- d. Esté trabajo estará completo al eliminar los materiales excedentes y provenientes de demoliciones con el apoyo de un cargador sobre llantas y un camión volquete de 11m³.

Con todas las actividades anteriormente mencionadas se logrará contrarrestar la acción de los sulfatos severos con el uso del cemento portland tipo MS. Así mismo se está adicionando el estabilizador de volumen que contiene una alta resistencia mecánica, y hace que la mezcla que se comporte como un mortero hidráulico, sin contracción para reparación de fallas; se rigen por las normas Internacionales de Calidad ASTM C-1107 Y CRD-C-621.

Figura 40. Albañilería intervenida



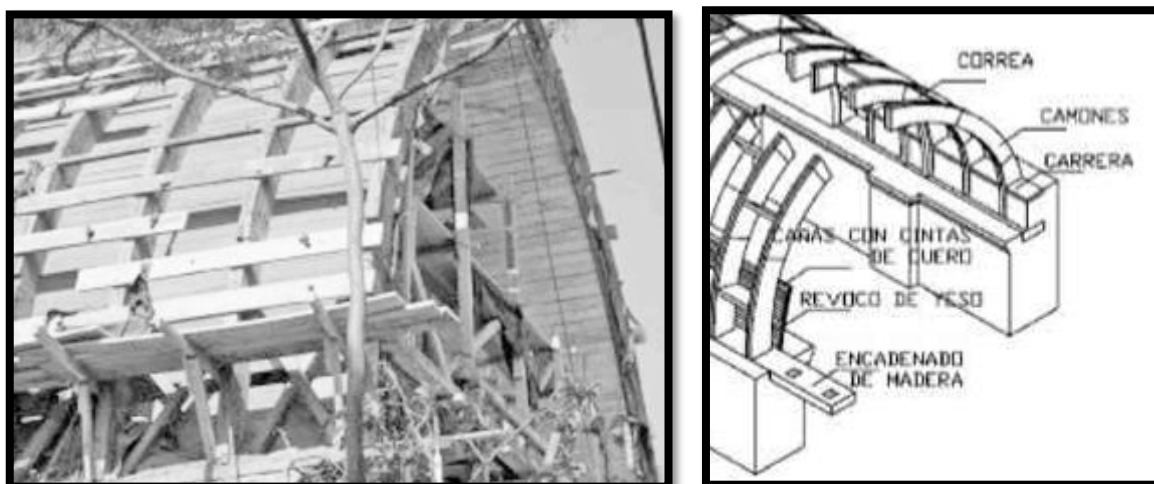
Fuente: Norma E.070 Albañilería

4.3.3.6. Sustitución de elementos en el techo de la nave principal (bóveda encamonada) y pilastras de madera.

- a. Se dará inicio con los trabajos retiro de los elementos de camones y correas dañadas en la bóveda encamonada, de manera manual ya que no se deberá esforzar la estructura en conjunto.
- b. Seguido se emplearán listones de madera pino de dimensiones 58x10x30 cm para los elementos en camones y de 59x15x30cm para los listones que trabajan como correas en la estructura. Es necesario verificar que la madera esté seca, es decir con un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente donde va a ser instalada y en ningún caso se excederá del 22%. Para ello también se hará uso de los materiales como es el alambre negro recocido N°16, clavos de madera con cabeza.
- c. Se continuará con los trabajos de pintado en todas las superficies que lo requieran, para ello se protegerá los demás elementos contra salpicaduras y manchas con plásticos.

Con todas las actividades anteriormente mencionadas se logrará recuperar las zonas fisuradas o erosionadas, para que de esta forma logre resistir el peso de la cobertura de calamina.

Figura 41. Bóveda encamonada de madera



Fuente: Cáceres Vilca Gianmarco, 2020. [37]

4.3.3.7. Sustitución de elementos en muros de adobe

- a. En esta técnica se iniciarán los trabajos de remoción de partículas sueltas y eflorescencias provenientes del mortero de tierra en los muros de adobe. Esta actividad se realizará de manera manual con el uso de brochas secas de nylon de 2" o 4" dependiendo de la junta, grietas o superficie a tratar, con la finalidad de eliminar parcial o totalmente el mortero suelto y las eflorescencias. Para esta actividad se hará uso de un andamio de madera para los trabajos en alturas superiores a 1.5m.
- b. Seguido de la primera actividad, se emplearán adobes nuevos de dimensiones 42x26x10cm. con el fin de reemplazar los fisurados, erosionados o intemperizados, así como los inexistentes en los muros; utilizando un mortero de paja y tierra en proporción 2:1 con un espesor mínimo de 2cm. La humedad de este no debe pasarse del 20% para evitar el agrietamiento.

Con respecto a los materiales a usar en la elaboración de los adobes; la cantidad de agua debe ser la menor posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento, la tierra debe contener los componentes básicos como son arcilla, limo, arena fina y arena gruesa, y la paja cortada debe estar seca; una vez mezclados los materiales se deberá colocar en moldes de la dimensión descrita y secar al aire libre.

La reconstrucción se realizará siguiendo los dentados del muro para una mejor traba y adherencia. Los adobes serán asentados de manera que el mortero de barro rellene íntegramente al adobe, no se colocaron más de 5 hiladas por día para evitar agrietamientos y expulsión del mortero en las partes bajas (sobrepeso).

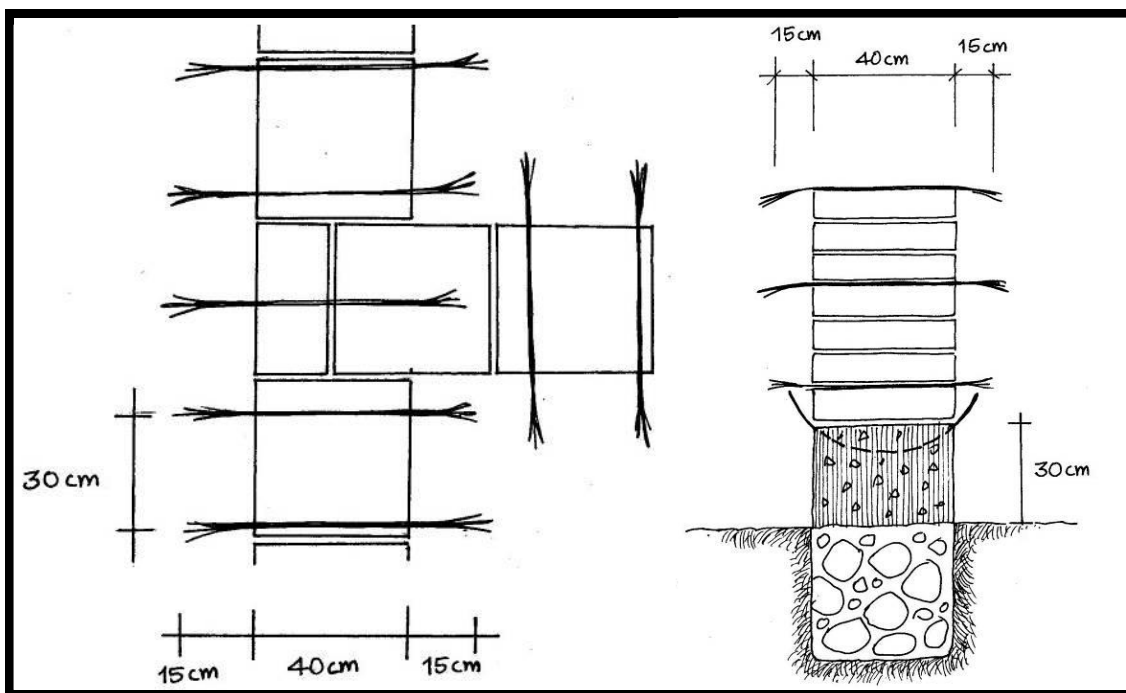
Así mismo se efectuará por uno o ambos lados del muro dependiendo del estado de deterioro en que se encontrará, llegando solamente hasta la mitad de la sección de muro por cada lado y en una longitud de 1.00m garantizando las trabas necesarias. Para esta actividad se hará uso de un andamio de madera para los trabajos en alturas superiores a 1.5m.

- c. De la misma forma se procederá a inyectar en las juntas o grietas el mortero de paja y tierra en proporción 1:2 con un espesor mínimo de 2cm.
- d. Se plantea revestir con mortero de paja y tierra en proporción 2:1.5, espesor máximo será de 5cm. en dos capas de 2.5cm.
- e. Se procederá con las actividades de pintado de las superficies revestidas en dos pasadas.
- f. Esté trabajo estará completo al eliminar los materiales excedentes y provenientes de demoliciones con el apoyo de un cargador sobre llantas y un camión volquete de 11m³.

4.3.3.8. Refuerzo externo en muros de adobe

- a. El refuerzo en muros se iniciará con la inserción de cuerdas de rafia en el interior del muro de extremo a extremo y deben sobresalir 15cm; se colocará cada 30 cm. en un grupo de 4 cuerdas. Las cerdas servirán para fijar la geomalla a los muros de adobe.

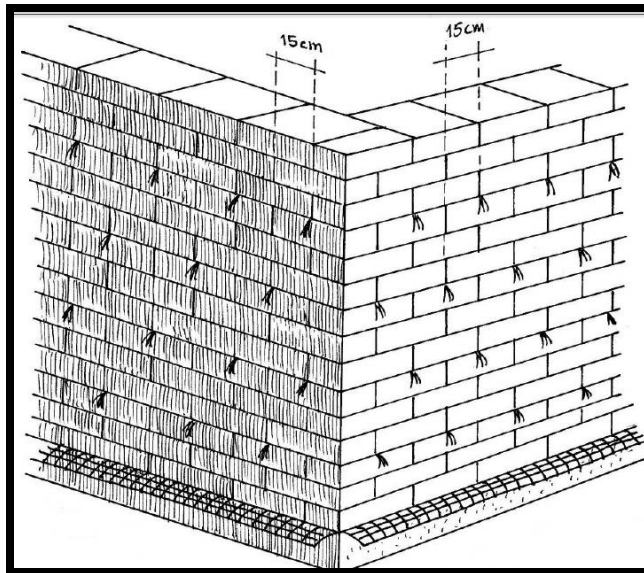
Figura 42. Distribución de rafia en hiladas de los muros de adobe



Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

Se recomienda intercalar las cuerdas cada 15cm. entre hiladas, de esta manera la geomalla quedará bien pegada al muro.

Figura 43. Distribución de rafia en hiladas de los muros de adobe



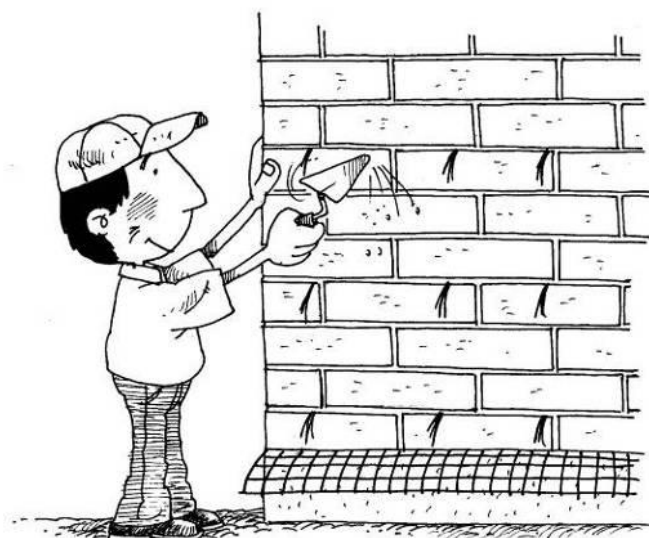
Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

- b.** Se procederá la colocación de la geomalla en muros de adobe. Las geomallas de polipropileno tienen alta resistencia a la tracción y a los rayos ultravioletas UV-A y UV-B, lo que garantiza su función a largo plazo; se comprarán por rollos que miden entre 3 y 5 metros de ancho y entre 50 y 100 metros de longitud como halla en el mercado más cercano.

Se fijarán en los muros de adobe a través de cuerdas de rafia y se realizará de la siguiente manera:

- Limpieza con un badilejo la superficie del muro para eliminar las protuberancias de barro seco.

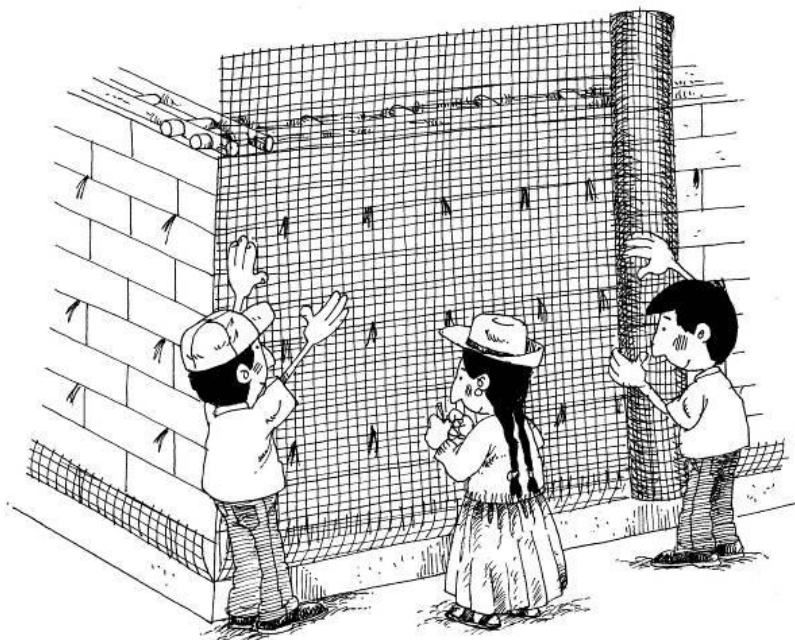
Figura 44. Limpieza del muro



Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

- La geomalla se colocará en cada cara de la pared y se traslapará sobre la viga collar.

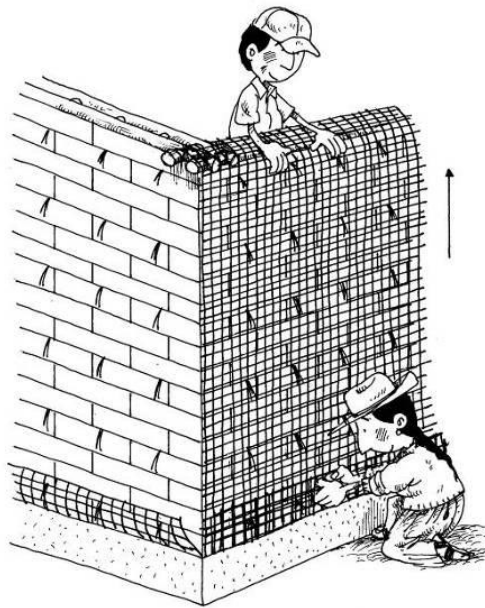
Figura 45. Colocación de geomalla



Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

- Fijar la geomalla usando las cuerdas. Asegúrate de que la geomalla quede bien pegada a las paredes.

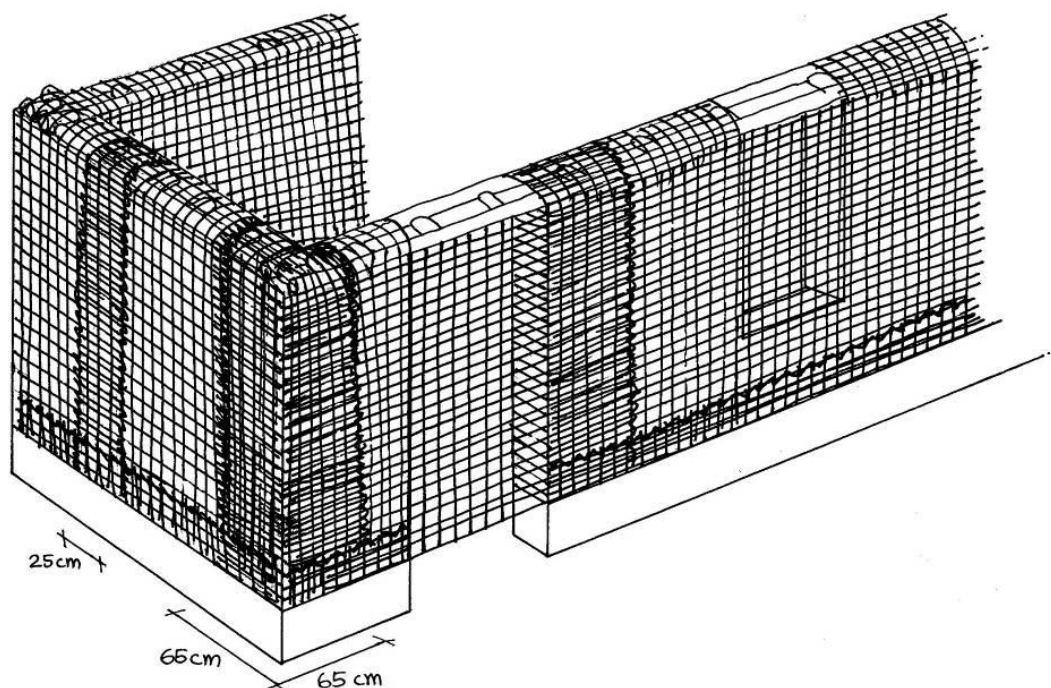
Figura 46. Amarra con rafia a la geomalla.



Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

- Teje con las cuerdas todos los traslapes de geomalla, la cual debe ser 25 cm una sobre otra en las caras del muro y en las esquinas debe considerarse 65cm.

Figura 47. Traslapes de geomalla en esquinas y en la cara de los muros



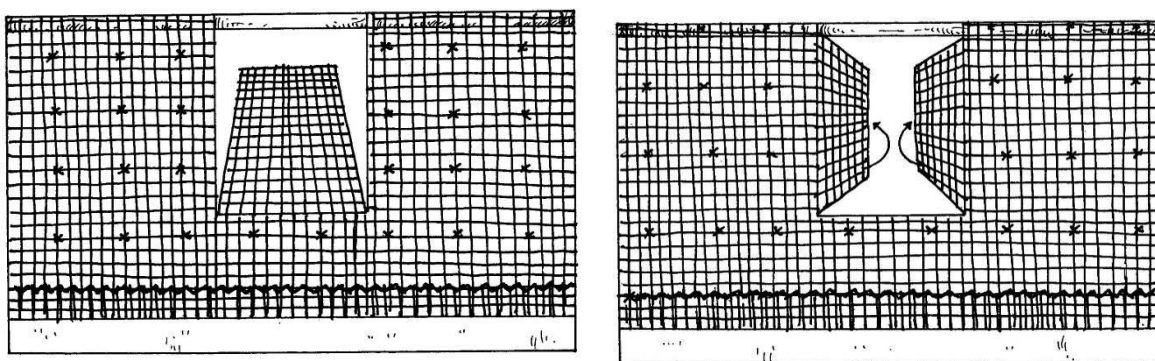
Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

- Fija la geomalla con gramas de acero en lugares donde no este pegada a la pared. No se recomienda clavar a la geomalla con el muro porque disminuirá su resistencia.

Para la colocación de geoamallas en puertas y ventanas se hacen a través de los vanos y se realiza los siguientes cortes.

- En la cara interior de la pared (dentro de la iglesia) corta la geomalla por los lados de la ventana y doblada hacia abajo y en la cara exterior (fuera de la iglesia) corta la geomalla por la mitad y dóblala a cada lado.

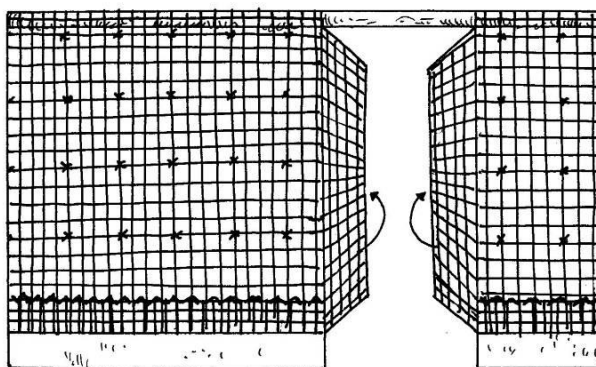
Figura 48. Formas de colocar la geomalla en ventanas.



Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

- En las puertas, corta la geomalla por la mitad y dóblala a cada lado, enseguida téjela fuertemente con los muros a través de las cuerdas y las grapas; de esta manera se asegura la estabilidad e indeformabilidad.

Figura 49. Forma de colocar la geomalla en puertas.



Fuente: Manual de construcción de adobe [38]

- c. Se plantea revestir con mortero de paja y tierra sobre la geomalla en proporción 2:1.5, espesor máximo será de 5cm. en dos capas de 2.5cm, para lograr una buena adherencia y terminación homogénea.
- d. Se procederá con las actividades de pintado de las superficies revestidas en dos pasadas.
- e. Este trabajo estará completo al eliminar los materiales excedentes y provenientes de demoliciones con el apoyo de un cargador sobre llantas y un camión volquete de 11m³.

La geomalla es la mejor alternativa por ser de bajo costo, no requiere refuerzo de cimentación, la cantidad de perforaciones en el muro es mucho menor y tienen propiedades estándares de rigidez y resistencia.

4.4. Presupuesto del refuerzo en la iglesia Santa Lucia

Se identificó las partidas que se requerirán para la ejecución del reforzamiento en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe y su análisis unitario obteniendo el presupuesto a nivel del costo directo.

Cuadro 22 Presupuesto resumen del reforzamiento en la Iglesia Santa Lucia de Ferreñafe

Ítem	Descripción	Parcial (S/.)
01	REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFE	430,674.87
01.01	TRABAJOS PROVISIONALES	10,078.08
01.02	ATRIO	87,424.43
01.03	PORTADA PRINCIPAL	1,136.07
01.04	PORTADA LATERAL DERECHA	951.94
01.05	ALTAR	5,491.39
01.06	TORRES	51,046.98
01.07	PILASTRA	173.57
01.08	TECHO DE LA NAVE PRINCIPAL (BOVEDA ENCAMONADA)	1,287.88
01.09	CONTRAFUERTES	669.37
01.10	TECHO EN AMBIENTES LATERALES (CÚPULA BAÍDA Y CÚPULA DE PECHINA)	685.36
01.11	MUROS	269,904.18
01.12	SEGURIDAD Y SALUD	1,825.62
	COSTO DIRECTO	430,674.87

Fuente: Elaboración propia.

El costo directo para las actividades del reforzamiento en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe es de S/. 430,674.87 (Cuatrocientos treinta mil seiscientos setenta y cuatro con 87/100 soles), con fecha del 10/11/2021. Se costó directo es referencial ya que, al momento de la ejecución, por el paso del tiempo se encontrarán más grietas o fisuras en la estructura.

Se muestra a continuación el presupuesto detallado:

Cuadro 23 Presupuesto detallado del reforzamiento

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFE				430,674.87
01.01	TRABAJOS PROVISIONALES				10,078.08
01.01.01	CARTEL DE OBRA DE 2.40X3.60 MTS	und	1.00	1,078.08	1,078.08
01.01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN	mes	3.00	3,000.00	9,000.00
01.02	ATRIO				87,424.43
01.02.01	DEMOLICIÓN DE PISO DE BALDOSA DE CEMENTO e=2cm	m2	1,101.65	19.70	21,702.51
01.02.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1,101.65	1.75	1,927.89
01.02.03	PISO BALDOSA DE CEMENTO CON ACABADO BRUÑADO e=2cm	m2	1,101.65	57.80	63,675.37
01.02.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	8.15	14.56	118.66
01.03	PORTADA PRINCIPAL				1,136.07
01.03.01	EXTRAER EFLORESCENCIA DEL ARCO EN PORTADA PRINCIPAL	m2	20.23	22.75	460.23
01.03.02	REVESTIMIENTO EN PORTADA PRINCIPAL, PROPORCIÓN CEMENTO, CAL, ARENA= 1:1:5, e=1.5cm	m2	20.23	24.16	488.76
01.03.03	PINTURA LÁTEX EN PORTADA PRINCIPAL	m2	20.23	8.96	181.26
01.03.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	0.40	14.56	5.82
01.04	PORTADA LATERAL DERECHA				951.94
01.04.01	EXTRAER EFLORESCENCIA EN PORTADA LATERAL DERECHA	m2	16.95	22.75	385.61
01.04.02	REVESTIMIENTO EN PORTADA LATERAL DERECHA; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1:5, e=1.5 cm	m2	16.95	24.16	409.51

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01.04.03	PINTURA LÁTEX EN PORTADA LATERAL DERECHA	m2	16.95	8.96	151.87
01.04.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	0.34	14.56	4.95
01.05	ALTAR				5,491.39
01.05.01	DEMOLICIÓN DE PISO CERÁMICO	m2	77.50	19.70	1,526.75
01.05.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	77.50	1.75	135.63
01.05.03	PISO CERÁMICO DE30X30 cm (transito medio)	m2	77.50	49.29	3,819.98
01.05.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	0.62	14.56	9.03
01.06	TORRES				51,046.98
01.06.01	EXTRACCIÓN DEL MORTERO SUELTO EN LAS JUNTAS DEL APAREJO DE LADRILLOS	m2	565.43	22.75	12,863.53
01.06.02	RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	565.43	32.94	18,625.26
01.06.03	RELLENO CON UNIDADES DE LADRILLO, DIMENS. 29x13.5x5.4 cm, MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	11.70	67.60	790.92
01.06.04	REVESTIMIENTO EN TORRES; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1:5, e=1.5 cm	m2	565.43	24.16	13,660.79
01.06.05	PINTURA LÁTEX EN TORRES	m2	556.35	8.96	4,984.90
01.06.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	8.35	14.56	121.58
01.07	PILASTRA				173.57
01.07.01	EXTRACCIÓN DEL MORTERO SUELTO EN LAS JUNTAS DEL APAREJO DE LADRILLOS	m2	1.19	22.75	27.07
01.07.02	RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	1.19	32.94	39.20

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01.07.03	RELLENO CON UNIDADES DE LADRILLO, DIMENS. 29x13.5x5.4 cm, MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	1.00	67.60	67.60
01.07.04	REVESTIMIENTO EN PILASTRA DERECHA; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1:5, e=1.5 cm	m2	1.19	24.16	28.75
01.07.05	PINTURA LÁTEX EN PILASTRA	m2	1.19	8.96	10.66
01.07.06	ELIMINACION DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	0.02	14.56	0.29
01.08	TECHO DE LA NAVE PRINCIPAL (BOVEDA ENCAMONADA)				1,287.88
01.08.01	RETIRO DE CAMONES Y CORREAS DAÑADAS EN BOVEDAS ENCAMONADAS	m2	11.35	18.03	204.64
01.08.02	REPOSICIÓN DE CAMONES Y CORREAS DAÑADAS EN BOVEDAS ENCAMONADAS	m2	11.35	68.06	772.48
01.08.03	PINTURA ESMALTE EN BÓVEDA ENCAMONADA	m2	11.35	27.38	310.76
01.09	CONTRAFUERTE				669.37
01.09.01	EXTRACCIÓN DEL MORTERO SUELTO EN LAS JUNTAS DEL APAREJO DE LADRILLOS	m2	6.00	22.75	136.50
01.09.02	RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	6.00	32.94	197.64
01.09.03	RELLENO CON UNIDADES DE LADRILLO, DIMENS. 29x13.5x5.4 cm, MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	2.00	67.60	135.20
01.09.04	REVESTIMIENTO EN CONTRAFUERTE; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1:5, e=1.5 cm	m2	6.00	24.16	144.96
01.09.05	PINTURA LÁTEX EN CONTRAFUERTE	m2	6.00	8.96	53.76

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01.09.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	0.09	14.56	1.31
01.10	TECHO EN AMBIENTES LATERALES (CÚPULA BAÍDA Y CÚPULA DE PECHINA)				685.36
01.10.01	EXTRACCIÓN DEL MORTERO SUELTO EN LAS JUNTAS DEL APAREJO DE LADRILLOS	m2	6.18	22.75	140.60
01.10.02	RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	6.18	32.94	203.57
01.10.03	RELLENO CON UNIDADES DE LADRILLO, DIMENS. 29x13.5x5.4 cm, MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN; PROPORCIÓN C:C:A 1:0.5:3.5, JUNTA=2cm.	m2	2.00	67.60	135.20
01.10.04	REVESTIMIENTO EN CÚPULAS; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1:5, e=1.5 cm	m2	6.18	24.16	149.31
01.10.05	PINTURA LÁTEX EN CÚPULAS	m2	6.18	8.96	55.37
01.10.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	0.09	14.56	1.31
01.11	MUROS				269,904.18
01.11.01	EXTRACCIÓN DE EFLORECENCIA EN MUROS DE ADOBE	m2	2,018.49	22.75	45,920.65
01.11.02	RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO PAJA, TIERRA PROPORCIÓN P:T 1:2 en juntas e=2cm.	m2	2,018.49	14.99	30,257.17
01.11.03	RELLENO CON UNIDADES DE ADOBE, DIMENS. 42x26.5x10.5 cm, MORTERO PROPORCIÓN P:T 1:2, JUNTA=2cm.	m2	2,018.49	37.68	76,056.70
01.11.04	COLOCACIÓN DE CUERDAS DE RAFIA EN MUROS DE ADOBE, LONG. 85CM	m2	2,045.20	10.38	21,229.18
01.11.05	GEOMALLA EN MUROS DE ADOBE	m2	1,970.76	18.24	35,946.66

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01.11.06	GEOMALLA EN PUERTAS Y VENTANAS EN MUROS DE ADOBE	m2	74.44	18.24	1,357.79
01.11.07	TARRAJEO EN MUROS DE ADOBE , P:T =2:1.5, e=2.5cm EN DOS CAPAS	m2	74.44	36.16	2,691.75
01.11.08	PINTURA LÁTEX EN MUROS	m2	2,045.20	27.38	55,997.58
01.11.09	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES	m3	30.68	14.56	446.70
01.12	SEGURIDAD Y SALUD				1,825.62
01.12.01	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	11.50	11.50
01.12.02	SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN	m	2,926.00	0.62	1,814.12

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1. Metrados

Para el presupuesto del reforzamiento se contempló las siguientes partidas y sus respectivos metrados.

Se muestra en el siguiente cuadro el resumen del presupuesto:

Cuadro 24 Resumen de metrados para el reforzamiento

ITEM	DESCRIPCION	UND	TOTAL
1.00.00	REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFE		
1.01.00	TRABAJOS PROVISIONALES		
1.01.01	Cartel de obra 2.40X3.60 metros.	und	1.00
1.01.02	Alquiler de local para almacén	mes	3.00
01.02.00	ATRIO		
01.02.01	Demolición de piso de baldosa de cemento e=2cm	m2	1101.65
01.02.02	Trazo, niveles y replanteo	m2	1101.65
01.02.03	Piso Baldosa de cemento con acabado bruñado e=2cm	m2	1101.65
01.02.04	Eliminación de material de demoliciones	m3	8.15
01.03.00	PORTADA PRINCIPAL		
01.03.01	Extracción eflorescencia del arco en portada principal	m2	20.23
01.03.02	Revestimiento en portada principal; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm	m2	20.23
01.03.03	Pintura látex en portada principal	m2	20.23
01.03.04	Eliminación de material de demoliciones	m3	0.40
01.04.00	PORTADA LATERAL DERECHA		
01.04.01	Extraer eflorescencias en portada lateral derecha	m2	16.95

ITEM	DESCRIPCION	UND	TOTAL
01.04.02	Revestimiento en portada lateral derecha; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm	m2	16.95
01.04.03	Pintura látex en portada lateral derecha	m2	16.95
01.04.04	Eliminación de material de demoliciones	m3	0.34
01.05.00	ALTAR		
01.05.01	Demolición de piso cerámico	m2	77.50
01.05.02	Trazo, niveles y replanteo	m2	77.50
01.05.03	Piso cerámico de 30 x30 cm (transito medio)	m2	77.50
01.05.04	Eliminación de material de demoliciones	m3	0.62
01.06.00	TORRES		
01.06.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos	m2	565.43
01.06.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm	m2	565.43
01.06.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dimens. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm	m2	11.70
01.06.04	Revestimiento en torres; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm	m2	565.43
01.06.05	Pintura látex en torres	m2	556.35
01.06.06	Eliminación de material de demoliciones	m3	8.35
01.07.00	PILASTRA		
01.07.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos	m2	1.19
01.07.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm	m2	1.19
01.07.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm	m2	1.00
01.07.04	Revestimiento en pilastra; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm	m2	1.19
01.07.05	Pintura látex en pilastra	m2	1.19
01.07.06	Eliminación de material de demoliciones	m3	0.02
01.08.00	TECHO DE LA NAVE PRINCIPAL (Bóveda encamonada)		
01.08.01	Retiro de camones y correas dañadas en bóvedas encamonadas	m2	11.35
01.08.02	Reposición de camones y correas dañadas en bóvedas encamonadas	m2	11.35
01.08.03	Pintura esmalte en bóveda encamonada	m2	11.35

ITEM	DESCRIPCION	UND	TOTAL
01.09.00	CONTRAFUERTES		
01.09.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos	m2	6.00
01.09.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm	m2	6.00
01.09.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm	m2	2.00
01.03.04	Revestimiento en contrafuertes; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm	m2	6.00
01.09.05	Pintura látex en contrafuertes	m2	6.00
01.09.06	Eliminación de material de demoliciones	m3	0.09
01.10.00	TECHO EN AMBIENTES LATERALES (Cúpulas baída u cúpulas de pechina)		
01.10.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos	m2	6.18
01.10.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm	m2	6.18
01.10.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm	m2	2.00
01.10.04	Revestimiento en cúpulas; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm	m2	6.18
01.10.05	Pintura látex en cúpulas	m2	6.18
01.10.06	Eliminación de material de demoliciones	m3	0.09
01.11.00	MUROS		
01.11.01	Extracción de eflorescencia en muros de adobe	m2	2018.49
01.11.02	Relleno en juntas con mortero paja tierra; proporción P:T 1:2, junta=2cm	m2	2018.49
01.11.03	Relleno con unidades de adobe, Dim. 42x26.5x10.5 cm, mortero proporción P:T=1:2, junta 2 cm	m2	2018.49
01.11.04	Colocación de cuerdas de rafia en muros de adobe, Long. 85cm	m2	2045.20
01.11.05	Geomalla en muros de adobe	m2	1970.76
01.11.06	Geomalla en puertas y ventanas en muros de adobe	m2	74.44
01.11.07	Tarrajeo en muros de adobe, p:t= 2:1.5, e=2.5 cm en dos capas	m2	74.44
01.11.08	Pintura látex en muros de adobe	m2	2045.20
01.11.09	Eliminación de material de demoliciones	m3	30.68
01.12.00	SEGURIDAD Y SALUD		
01.12.01	Capacitación en seguridad y salud	glb	1.00
01.12.02	Señalización durante la ejecución	ml	2926.00

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el sustento de metrados:

Cuadro 25 Sustento de metrados del reforzamiento

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
1.00.00	REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFE							
1.01.00	TRABAJOS PROVISIONALES							
1.01.01	Cartel de obra 2.40X3.60 metros.	1.00				1.00	1.00	und
1.01.02	Alquiler de local para almacén	3.00				3.00	3.00	mes
01.02.00	ATRIO							
01.02.01	Demolición de piso de baldosa de cemento e=2cm						1101.65	m2
	Atrio principal	1.00	407.372			407.37		
	Atrio lateral derecho	1.00	694.281			694.28		
01.02.02	Trazo, niveles y replanteo						1101.65	m2
	Atrio principal	1.00	407.372			407.37		
	Atrio lateral derecho	1.00	694.281			694.28		
01.02.03	Piso Baldosa de cemento con acabado bruñado e=2cm						1101.65	m2
	Atrio principal	1.00	407.372			407.37		
	Atrio lateral derecho	1.00	694.281			694.28		
01.02.04	Eliminación de material de demoliciones						8.15	m3
	Atrio principal más atrio lateral derecho	1.00	407.37		0.02	8.15		
01.03.00	PORTADA PRINCIPAL							
01.03.01	Extracción eflorescencia del arco en portada principal						20.23	m2
	Área afectada en el arco	1.00	19.75			19.75		
	Área afectada debajo del balcón	1.00	0.239			0.24		
	Área afectada en la cúpula	1.00	0.239			0.24		
01.03.02	Revestimiento en portada principal; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm						20.23	m2
	Área afectada en el arco	1.00	19.75			19.75		
	Área afectada debajo del balcón	1.00	0.239			0.24		
	Área afectada en la cúpula	1.00	0.239			0.24		

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
01.03.03	Pintura látex en portada principal						20.23	m2
	Área afectada en el arco	1.00	19.75			19.75		
	Área afectada debajo del balcón	1.00	0.239			0.24		
	Área afectada en la cúpula	1.00	0.239			0.24		
01.03.04	Eliminación de material de demoliciones						0.40	m3
	Portada principal	1.00	20.23		0.02	0.40		
01.04.00	PORTADA LATERAL DERECHA							
01.04.01	Extraer eflorescencias en portada lateral derecha						16.95	m2
	Área afectada en el arco	1.00	14.85			14.85		
	Área afectada en la cúpula	1.00	2.103			2.10		
01.04.02	Revestimiento en portada lateral derecha; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm						16.95	m2
	Área afectada en el arco	1.00	14.85			14.85		
	Área afectada en la cúpula	1.00	2.10			2.10		
01.04.03	Pintura látex en portada lateral derecha						16.95	m2
	Área afectada en el arco	1.00	14.85			14.85		
	Área afectada en la cúpula	1.00	2.10			2.10		
01.04.04	Eliminación de material de demoliciones						0.34	m3
	Portada principal	1.00	16.95		0.02	0.34		
01.05.00	ALTAR							
01.05.01	Demolición de piso cerámico						77.50	m2
	Altar mayor	1.00	77.5			77.50		
01.05.02	Trazo, niveles y replanteo						77.50	m2
	Altar mayor	1.00	77.5			77.50		

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
01.05.03	Piso cerámico de 30 x30 cm (transito medio)						77.50	m2
	Altar mayor	1.00	77.5			77.50		
01.05.04	Eliminación de material de demoliciones						0.62	m3
	Altar mayor	1.00	77.50		0.01	0.62		
01.06.00	TORRES							
01.06.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos						565.43	m2
	Área afectada en torre izquierda	1.00	184.35			184.35		
	Área afectada en torre derecha	1.00	372.00			372.00		
	Área afectada en la cúpulas	1.00	9.08			9.08		
01.06.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm						565.43	m2
	Área afectada en torre izquierda	1.00	184.35			184.35		
	Área afectada en torre derecha	1.00	372.00			372.00		
	Área afectada en la cúpulas	1.00	9.08			9.08		
01.06.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm						11.70	m2
	Área afectada en torre izquierda	1.00	4.50			4.50		
	Área afectada en torre derecha	1.00	4.50			4.50		
	Area afectada en la cúpulas	1.00	2.70			2.70		
01.06.04	Revestimiento en torres; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm						565.43	m2
	Area afectada en torre izquierda	1.00	184.35			184.35		
	Area afectada en torre derecha	1.00	372.00			372.00		

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
	Área afectada en la cúpulas	1.00	9.08			9.08		
01.06.05	Pintura látex en torres						556.35	m2
	Área afectada en torre izquierda	1.00	184.35			184.35		
	Área afectada en torre derecha	1.00	372.00			372.00		
	Área afectada en la cúpulas	1.00	9.08					
01.06.06	Eliminación de material de demoliciones						8.35	m3
	Torres	1.00	556.35		0.02	8.35		
01.07.00	PILASTRA							
01.07.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos						1.19	m2
	Área afectada en pilastra central	1.00	0.48			0.48		
	Área afectada en pilastra derecha	1.00	0.71			0.71		
01.07.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm						1.19	m2
	Área afectada en pilastra central	1.00	0.48			0.48		
	Área afectada en pilastra derecha	1.00	0.71			0.71		
01.07.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm						1.00	m2
	Área afectada en pilastra central	1.00	0.50			0.50		
	Área afectada en pilastra derecha	1.00	0.50			0.50		
01.07.04	Revestimiento en pilastra; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm						1.19	m2
	Área afectada en pilastra central	1.00	0.48			0.48		
	Área afectada en pilastra derecha	1.00	0.71			0.71		
01.07.05	Pintura látex en pilastra						1.19	m2
	Área afectada en pilastra central	1.00	0.48			0.48		
	Área afectada en pilastra derecha	1.00	0.71			0.71		

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
01.07.06	Eliminación de material de demoliciones						0.02	m3
	Pilastra	1.00	1.19		0.02	0.02		
01.08.00	TECHO DE LA NAVE PRINCIPAL (Bóveda encamonada)							
01.08.01	Retiro de camones y correas dañadas en bóvedas encamonadas						11.35	m2
	Área afectada en bóveda encamonada	1.00	11.35			11.35		
01.08.02	Reposición de camones y correas dañadas en bóvedas encamonadas						11.35	m2
	Área afectada en bóveda encamonada	1.00	11.35			11.35		
01.08.03	Pintura esmalte en bóveda encamonada						11.35	m2
	Área afectada en bóveda encamonada	1.00	11.35			11.35		
01.09.00	CONTRAFUERTE							
01.09.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos						6.00	m2
	Área afectada en contrafuerte lado izquierdo	1.00	3.00			3.00		
	Área afectada en contrafuerte lado derecho	1.00	3.00			3.00		
01.09.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm						6.00	m2
	Área afectada en contrafuerte lado izquierdo	1.00	3.00			3.00		
	Área afectada en contrafuerte lado derecho	1.00	3.00			3.00		
01.09.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm						2.00	m2
	Área afectada en contrafuerte lado izquierdo	1.00	1.00			1.00		
	Área afectada en contrafuerte lado derecho	1.00	1.00			1.00		
01.03.04	Revestimiento en contrafuertes; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm						6.00	m2
	Área afectada en contrafuerte lado izquierdo	1.00	3.00			3.00		
	Área afectada en contrafuerte lado derecho	1.00	3.00			3.00		

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
01.09.05	Pintura látex en contrafuertes						6.00	m2
	Área afectada en contrafuerte lado izquierdo	1.00	3.00			3.00		
	Área afectada en contrafuerte lado derecho	1.00	3.00			3.00		
01.09.06	Eliminación de material de demoliciones						0.09	m3
	Contrafuertes	1.00	6.00		0.02	0.09		
01.10.00	TECHO EN AMBIENTES LATERALES (Cúpulas baída u cúpulas de pechina)							
01.10.01	Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos						6.18	m2
	Área afectada en cúpula pechina	1.00	1.12			1.12		
	Área afectada en cúpula baída	1.00	5.06			5.06		
01.10.02	Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm						6.18	m2
	Área afectada en cúpula pechina	1.00	1.12			1.12		
	Área afectada en cúpula baída	1.00	5.06			5.06		
01.10.03	Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm						2.00	m2
	Área afectada en cúpula pechina	1.00	1.00			1.00		
	Área afectada en cúpula baída	1.00	1.00			1.00		
01.10.04	Revestimiento en cúpulas; proporción cemento:cal:arena = 1:1:5, e=1.5 cm						6.18	m2
	Área afectada en cúpula pechina	1.00	1.12			1.12		
	Área afectada en cúpula baída	1.00	5.06			5.06		

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
01.10.05	Pintura látex en cúpulas						6.18	m2
	Área afectada en cúpula pechina	1.00	1.12			1.12		
	Área afectada en cúpula baída	1.00	5.06			5.06		
01.10.06	Eliminación de material de demoliciones						0.09	m3
	Cúpulas	1.00	6.18		0.02	0.09		
01.11.00	MUROS							
01.11.01	Extracción de eflorescencia en muros de adobe						2018.49	m2
	Área afectada en muro izquierdo	1.00	952.50			952.50		
	Área afectada en muro derecho	1.00	1018.25			1018.25		
	Área afectada en ventanas	1.00	47.73			47.73		
	Área afectada en puertas	1.00	26.71			26.71		
01.11.02	Relleno en juntas con mortero paja tierra; proporción P:T 1:2, junta=2cm						2018.49	m2
	Área afectada en muro izquierdo	1.00	952.50			952.50		
	Área afectada en muro derecho	1.00	1018.25			1018.25		
	Área afectada en ventanas	1.00	47.73			47.73		
	Área afectada en puertas	1.00	26.71			26.71		
01.11.03	Relleno con unidades de adobe, Dim. 42x26.5x10.5 cm, mortero proporción P:T=1:2, junta 2 cm						2018.49	m2
	Área afectada en muro izquierdo	1.00	952.50			952.50		
	Área afectada en muro derecho	1.00	1018.25			1018.25		
	Área afectada en ventanas	1.00	47.73			47.73		
	Área afectada en puertas		26.71					
01.11.04	Colocación de cuerdas de rafia en muros de adobe, Long. 85cm						2045.20	m2
	Área afectada en muro izquierdo	1.00	952.50			952.50		
	Área afectada en muro derecho	1.00	1018.25			1018.25		
	Área afectada en ventanas	1.00	47.73			47.73		
	Área afectada en puertas	1.00	26.71			26.71		

Ítem	Descripción	Veces	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Total	Und.
01.11.05	Geomalla en muros de adobe						1970.76	m2
	Área afectada en muro izquierdo	1.00	952.50			952.50		
	Área afectada en muro derecho	1.00	1018.25			1018.25		
01.11.06	Geomalla en puertas y ventanas en muros de adobe						74.44	m2
	Área afectada en ventanas	1.00	47.73			47.73		
	Área afectada en puertas	1.00	26.71			26.71		
01.11.07	Tarrajeo en muros de adobe, P:T= 2:1.5, e=2.5 cm en dos capas						74.44	m2
	Área afectada en muro izquierdo	1.00	952.50			952.50		
	Área afectada en muro derecho	1.00	1018.25			1018.25		
	Área afectada en ventanas	1.00	47.73			47.73		
	Área afectada en puertas	1.00	26.71			26.71		
01.11.08	Pintura látex en muros de adobe						2045.20	m2
	Área afectada en muro izquierdo	1.00	952.50			952.50		
	Área afectada en muro derecho	1.00	1018.25			1018.25		
	Área afectada en ventanas	1.00	47.73			47.73		
	Área afectada en puertas	1.00	26.71			26.71		
01.11.09	Eliminación de material de demoliciones						30.68	m3
	Muros	1.00	2045.20		0.02	30.68		
01.12.00	SEGURIDAD Y SALUD							
01.12.01	Capacitación en seguridad y salud						1.00	glb
	Capacitación a los trabajadores del COVID-19	1.00				1.00		
01.12.02	Señalización durante la ejecución						2926.00	ml
	Señalización en obra	1.00	77.00	38.00		2926.00		

Fuente: Elaboración propia.

Partida	01.02.03		PISO BALDOSA DE CEMENTO CON ACABADO BRUÑADO e=2cm			
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m2		57.80
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	24.13	16.09
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.3333	17.20	5.73
21.82						
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0300	27.97	0.84
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0200	4.24	0.08
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.2500	23.73	5.93
0234020018	BALDOSA DE CEMENTO 30x30 cm	m2		1.0500	27.12	28.48
35.33						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	21.82	0.65
0.65						
Partida	01.02.04		ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES			
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65
2.26						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28(hm	1.0000	0.0320	170.42	5.45
12.30						
Partida	01.03.01		EXTRAER EFLORESCENCIA DEL ARCO EN PORTADA PRINCIPAL			
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		22.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0200	24.13	0.48
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0100	17.20	0.17
0.65						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.65	0.02
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0025	20.00	0.05
03014800020001	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		1.0000	8.05	8.05
03014800020003	BROCHA DE NYLON DE 4"	und		1.0000	13.98	13.98
22.10						
Partida	01.03.02		REVESTIMIENTO EN PORTADA PRINCIPAL, PROPORCIÓN CEMENTO, CAL, ARENA			
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2		24.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.13	9.65
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.20	6.88
16.53						
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0179	27.97	0.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0040	4.24	0.02
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.1280	23.73	3.04
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.2720	13.13	3.57
7.13						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50
0.50						

Partida	01.03.03		PINTURA LÁTEX EN PORTADA PRINCIPAL			
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		8.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	24.13	3.86
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0800	17.20	1.38
5.24						
Materiales						
0238010004	LIIJA PARA PARED	plg		0.5000	2.35	1.18
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0400	46.00	1.84
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.0300	18.00	0.54
3.56						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.24	0.16
0.16						
Partida	01.03.04		ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES			
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65
2.26						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28	hm	1.0000	0.0320	170.42	5.45
12.30						
Partida	01.04.01		EXTRAER EFLORESCENCIA EN PORTADA LATERAL DERECHA			
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		22.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0200	24.13	0.48
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0100	17.20	0.17
0.65						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.65	0.02
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0025	20.00	0.05
03014800020001	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		1.0000	8.05	8.05
03014800020003	BROCHA DE NYLON DE 4"	und		1.0000	13.98	13.98
22.10						
Partida	01.04.02		REVESTIMIENTO EN PORTADA LATERAL DERECHA; PROPORCIÓN CEMENTO:CAI			
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2		24.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.13	9.65
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.20	6.88
16.53						
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0179	27.97	0.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0040	4.24	0.02
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol	bol		0.1280	23.73	3.04
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.2720	13.13	3.57
7.13						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50
0.50						

Partida	01.04.03	PINTURA LÁTEX EN PORTADA LATERAL DERECHA						
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		8.96		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	24.13	3.86		
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0800	17.20	1.38		
						5.24		
	Materiales							
0238010004	LIIJA PARA PARED	plg		0.5000	2.35	1.18		
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0400	46.00	1.84		
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.0300	18.00	0.54		
						3.56		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.24	0.16		
						0.16		
Partida	01.04.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES						
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61		
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65		
						2.26		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07		
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78		
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28	hm	1.0000	0.0320	170.42	5.45		
						12.30		
Partida	01.05.01	DEMOLICIÓN DE PISO CERÁMICO						
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		19.70		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.1600	19.04	3.05		
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.3200	17.20	5.50		
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1600	26.54	4.25		
						12.80		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	12.80	0.64		
0301140005	MARTILLO NEUMATICO 21-24KG	hm	1.0000	0.1600	6.31	1.01		
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA 76HF	hm	0.5000	0.0800	65.66	5.25		
						6.90		
Partida	01.05.02	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO						
Rendimiento	m2/DIA	600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : m2		1.75		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0133	19.04	0.25		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0133	17.20	0.23		
						0.48		
	Materiales							
02040300010002	ACERO CORRUGADO fy = 4200	kg var		0.0050	25.00	0.13		
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0027	13.00	0.04		
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.0200	32.67	0.65		
						0.82		
	Equipos							
0301000002	NIVEL TOPOGRAFICO	he	1.0000	0.0133	12.71	0.17		
0301000009	ESTACION TOTAL	he	1.0000	0.0133	16.10	0.21		
0301000015	JALONES	he	2.0000	0.0267	1.57	0.04		
0301000020	MIRA TOPOGRAFICA	he	1.0000	0.0133	1.84	0.02		
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.48	0.01		
						0.45		

Partida	01.05.03		PISO CERÁMICO DE 30X30 cm (transito medio)			
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m2		49.29
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	24.13	16.09
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.3333	17.20	5.73
21.82						
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0100	27.97	0.28
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0060	4.24	0.03
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (-bol			0.1720	23.73	4.08
0225020133	CERAMICA 0.30X0.30 cm PARA TRm2			1.0500	21.19	22.25
02250600020005	FRAGUA CREMA	kg		0.0300	6.00	0.18
26.82						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	21.82	0.65
0.65						
Partida	01.05.04		ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES			
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65
2.26						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28(hm		1.0000	0.0320	170.42	5.45
12.30						
Partida	01.06.01		EXTRACCIÓN DEL MORTERO SUELTO EN LAS JUNTAS DEL APAREJO DE LADRILL			
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		22.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0200	24.13	0.48
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0100	17.20	0.17
0.65						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.65	0.02
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0025	20.00	0.05
03014800020001	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		1.0000	8.05	8.05
03014800020003	BROCHA DE NYLON DE 4"	und		1.0000	13.98	13.98
22.10						
Partida	01.06.02		RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABI			
Rendimiento	m2/DIA	45.0000	EQ. 45.0000	Costo unitario directo por : m2		32.94
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1778	24.13	4.29
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0889	17.20	1.53
5.82						
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0760	27.97	2.13
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0178	4.24	0.08
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (-bol			0.7700	23.73	18.27
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.4126	13.13	5.42
0222190002	ADITIVO ESTABILIZADOR DE VO	kg		0.0500	12.25	0.61
26.51						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.82	0.17
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0222	20.00	0.44
0.61						

Partida	01.06.03 RELLENO CON UNIDADES DE LADRILLO, DIMENS. 29x13.5x5.4 cm, MORTERO CEM					
Rendimiento	m2/DIA	14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m2		67.60
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	24.13	13.79
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.2857	17.20	4.91
						18.70
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° kg			1.0500	4.25	4.46
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CA kg			0.0200	4.25	0.09
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0760	27.97	2.13
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0178	4.24	0.08
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.7700	23.73	18.27
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.4126	13.13	5.42
02160100010004	LADRILLO SÓLIDO ARTESANAL und			21.0000	0.65	13.65
0222190002	ADITIVO ESTABILIZADOR DE VO kg			0.0500	12.25	0.61
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.4000	5.51	2.20
						46.91
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	18.70	0.56
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0714	20.00	1.43
						1.99
Partida	01.06.04 REVESTIMIENTO EN TORRES; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1:5, e=1.5 c					
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2		24.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.13	9.65
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.20	6.88
						16.53
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0179	27.97	0.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0040	4.24	0.02
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.1280	23.73	3.04
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.2720	13.13	3.57
						7.13
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50
						0.50
Partida	01.06.05 PINTURA LÁTEX EN TORRES					
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		8.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	24.13	3.86
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0800	17.20	1.38
						5.24
Materiales						
0238010004	LJA PARA PARED	plg		0.5000	2.35	1.18
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0400	46.00	1.84
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.0300	18.00	0.54
						3.56
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.24	0.16
						0.16
Partida	01.06.06 ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES					
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65
						2.26
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28	hm	1.0000	0.0320	170.42	5.45
						12.30

Partida	01.07.01	EXTRACCIÓN DEL MORTERO SUELTO EN LAS JUNTAS DEL APAREJO DE LADRILLO						
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		22.75		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0200	24.13	0.48		
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0100	17.20	0.17		
						0.65		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.65	0.02		
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0025	20.00	0.05		
03014800020001	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		1.0000	8.05	8.05		
03014800020003	BROCHA DE NYLON DE 4"	und		1.0000	13.98	13.98		
						22.10		
Partida	01.07.02	RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABI						
Rendimiento	m2/DIA	45.0000	EQ. 45.0000	Costo unitario directo por : m2		32.94		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1778	24.13	4.29		
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0889	17.20	1.53		
						5.82		
	Materiales							
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0760	27.97	2.13		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0178	4.24	0.08		
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.7700	23.73	18.27		
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.4126	13.13	5.42		
0222190002	ADITIVO ESTABILIZADOR DE VO	kg		0.0500	12.25	0.61		
						26.51		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.82	0.17		
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0222	20.00	0.44		
						0.61		
Partida	01.07.03	RELLENO CON UNIDADES DE LADRILLO, DIMENS. 29x13.5x5.4 cm, MORTERO CEM						
Rendimiento	m2/DIA	14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m2		67.60		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	24.13	13.79		
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.2857	17.20	4.91		
						18.70		
	Materiales							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°	kg		1.0500	4.25	4.46		
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CA	kg		0.0200	4.25	0.09		
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0760	27.97	2.13		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0178	4.24	0.08		
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.7700	23.73	18.27		
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.4126	13.13	5.42		
02160100010004	LADRILLO SÓLIDO ARTESANAL	und		21.0000	0.65	13.65		
0222190002	ADITIVO ESTABILIZADOR DE VO	kg		0.0500	12.25	0.61		
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.4000	5.51	2.20		
						46.91		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	18.70	0.56		
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0714	20.00	1.43		
						1.99		

Partida	01.07.04 REVESTIMIENTO EN PILASTRA DERECHA; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA=					
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2		24.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.13	9.65
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.20	6.88
16.53						
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0179	27.97	0.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0040	4.24	0.02
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.1280	23.73	3.04
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.2720	13.13	3.57
7.13						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50
0.50						
Partida	01.07.05 PINTURA LÁTEX EN PILASTRA					
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		8.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	24.13	3.86
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0800	17.20	1.38
5.24						
Materiales						
0238010004	LIJA PARA PARED	p/g		0.5000	2.35	1.18
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0400	46.00	1.84
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.0300	18.00	0.54
3.56						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.24	0.16
0.16						
Partida	01.07.06 ELIMINACION DE MATERIAL DE DEMOLICIONES					
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65
2.26						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28(hm		1.0000	0.0320	170.42	5.45
12.30						
Partida	01.08.01 RETIRO DE CAMONES Y CORREAS DAÑADAS EN BOVEDAS ENCAMONADAS					
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2		18.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.13	9.65
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.20	6.88
16.53						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0500	20.00	1.00
1.50						

Partida	01.08.02 REPOSICIÓN DE CAMONES Y CORREAS DAÑADAS EN BOVEDAS ENCAMONADAS					
Rendimiento	m2/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m2		68.06
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.4000	24.13	9.65
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.4000	17.20	6.88
						16.53
Materiales						
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° kg			0.0250	3.50	0.09
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CA kg			0.4560	4.25	1.94
02311000010002	LISTONES DE MADERA PINO DIM und			1.8500	6.80	12.58
02311000010003	LISTONES DE MADERA PINO DIM und			4.9200	7.20	35.42
						50.03
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	0.5000	0.0500	20.00	1.00
						1.50
Partida	01.08.03 PINTURA ESMALTE EN BÓVEDA ENCAMONADA					
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2		27.38
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	24.13	7.72
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.3200	17.20	5.50
						13.22
Materiales						
0238010001	LJA PARA MADERA	plg		0.2780	1.80	0.50
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.2560	32.67	8.36
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.2500	18.00	4.50
						13.36
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13.22	0.40
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	0.5000	0.0200	20.00	0.40
						0.80
Partida	01.09.01 EXTRACCIÓN DEL MORTERO SUELTO EN LAS JUNTAS DEL APAREJO DE LADRILL					
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		22.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0200	24.13	0.48
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0100	17.20	0.17
						0.65
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.65	0.02
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0025	20.00	0.05
03014800020001	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		1.0000	8.05	8.05
03014800020003	BROCHA DE NYLON DE 4"	und		1.0000	13.98	13.98
						22.10
Partida	01.09.02 RELLENO EN JUNTAS CON MORTERO CEMENTO, CAL, ARENA Y ADITIVO ESTABI					
Rendimiento	m2/DIA	45.0000	EQ. 45.0000	Costo unitario directo por : m2		32.94
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1778	24.13	4.29
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0889	17.20	1.53
						5.82
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0760	27.97	2.13
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0178	4.24	0.08
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (bol			0.7700	23.73	18.27
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.4126	13.13	5.42
0222190002	ADITIVO ESTABILIZADOR DE VO kg			0.0500	12.25	0.61
						26.51
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.82	0.17
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0222	20.00	0.44
						0.61

Partida	01.09.03 RELLENO CON UNIDADES DE LADRILLO, DIMENS. 29x13.5x5.4 cm, MORTERO CEM					
Rendimiento	m2/DIA	14.0000	EQ. 14.0000	Costo unitario directo por : m2		67.60
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5714	24.13	13.79
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.2857	17.20	4.91
						18.70
Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N°	kg		1.0500	4.25	4.46
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CA	kg		0.0200	4.25	0.09
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0760	27.97	2.13
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0178	4.24	0.08
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS	(bol		0.7700	23.73	18.27
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.4126	13.13	5.42
02160100010004	LADRILLO SÓLIDO ARTESANAL	und		21.0000	0.65	13.65
0222190002	ADITIVO ESTABILIZADOR DE VO	kg		0.0500	12.25	0.61
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.4000	5.51	2.20
						46.91
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	18.70	0.56
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0714	20.00	1.43
						1.99
Partida	01.09.04 REVESTIMIENTO EN CONTRAFUERTE; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1					
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2		24.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.13	9.65
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.20	6.88
						16.53
Materiales						
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0179	27.97	0.50
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0040	4.24	0.02
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS	(bol		0.1280	23.73	3.04
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.2720	13.13	3.57
						7.13
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50
						0.50
Partida	01.09.05 PINTURA LÁTEX EN CONTRAFUERTE					
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		8.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	24.13	3.86
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0800	17.20	1.38
						5.24
Materiales						
0238010004	LIJA PARA PARED	plg		0.5000	2.35	1.18
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0400	46.00	1.84
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.0300	18.00	0.54
						3.56
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.24	0.16
						0.16
Partida	01.09.06 ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES					
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65
						2.26
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28	hm	1.0000	0.0320	170.42	5.45
						12.30

Partida	01.10.04	REVESTIMIENTO EN CÚPULAS; PROPORCIÓN CEMENTO:CAL:ARENA= 1:1:5, e=1.5						
Rendimiento	m2/DIA	20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2		24.16		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.13	9.65		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	17.20	6.88		
						16.53		
	Materiales							
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0179	27.97	0.50		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0040	4.24	0.02		
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (-bol			0.1280	23.73	3.04		
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		0.2720	13.13	3.57		
						7.13		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	16.53	0.50		
						0.50		
Partida	01.10.05	PINTURA LÁTEX EN CÚPULAS						
Rendimiento	m2/DIA	50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m2		8.96		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.1600	24.13	3.86		
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0800	17.20	1.38		
						5.24		
	Materiales							
0238010004	LJA PARA PARED	plg		0.5000	2.35	1.18		
0240010001	PINTURA LATEX	gal		0.0400	46.00	1.84		
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.0300	18.00	0.54		
						3.56		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.24	0.16		
						0.16		
Partida	01.10.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES						
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61		
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65		
						2.26		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07		
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78		
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28(hm		1.0000	0.0320	170.42	5.45		
						12.30		
Partida	01.11.01	EXTRACCIÓN DE EFLORECENCIA EN MUROS DE ADOBE						
Rendimiento	m2/DIA	400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2		22.75		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0200	24.13	0.48		
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0100	17.20	0.17		
						0.65		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.65	0.02		
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.0025	20.00	0.05		
03014800020001	BROCHA DE NYLON DE 2"	und		1.0000	8.05	8.05		
03014800020003	BROCHA DE NYLON DE 4"	und		1.0000	13.98	13.98		
						22.10		

Partida	01.11.06	GEOMALLA EN PUERTAS Y VENTANAS EN MUROS DE ADOBE						
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2		18.24		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	24.13	7.72		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.3200	17.20	5.50		
						13.22		
	Materiales							
0210020003	GEOMALLA	m2		1.0000	4.55	4.55		
02902000050013	GRAPAS METÁLICAS	kg		0.0047	15.00	0.07		
						4.62		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13.22	0.40		
						0.40		
Partida	01.11.07	TARRAJEO EN MUROS DE ADOBE , P:T =2:1.5, e=2.5cm EN DOS CAPAS						
Rendimiento	m2/DIA	9.0000	EQ. 9.0000	Costo unitario directo por : m2		36.16		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	24.13	21.45		
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.4444	17.20	7.64		
						29.09		
	Materiales							
0207020003	PAJA	m3		0.0612	16.95	1.04		
0207050001	TIERRA SELECCIONADA	m3		0.1500	18.89	2.83		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0250	4.24	0.11		
						3.98		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	29.09	0.87		
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	1.0000	0.1111	20.00	2.22		
						3.09		
Partida	01.11.08	PINTURA LÁTEX EN MUROS						
Rendimiento	m2/DIA	25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m2		27.38		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	24.13	7.72		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.3200	17.20	5.50		
						13.22		
	Materiales							
0238010001	LJA PARA MADERA	plg		0.2780	1.80	0.50		
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.2560	32.67	8.36		
02401500010004	IMPRIMANTE	kg		0.2500	18.00	4.50		
						13.36		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	13.22	0.40		
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	0.5000	0.0200	20.00	0.40		
						0.80		
Partida	01.11.09	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES						
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ. 250.0000	Costo unitario directo por : m3		14.56		
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	19.04	0.61		
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0960	17.20	1.65		
						2.26		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.26	0.07		
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE	hm	1.0000	0.0320	211.86	6.78		
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-28	hm	1.0000	0.0320	170.42	5.45		
						12.30		

Partida	01.12.01		CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD			
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb		11.50
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales						
0290060004	MATERIAL CAPACITACION (PAR	und		23.0000	0.30	6.90
0290060005	MATERIAL CAPACITACION COV.	und		23.0000	0.20	4.60
						11.50
Partida	01.12.02		SEÑALIZACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN			
Rendimiento	m/DIA	300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : m		0.62
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0267	17.20	0.46
						0.46
Materiales						
0241050002	CINTA SEÑALIZADORA PARA LIM	m		1.0500	0.14	0.15
						0.15
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.46	0.01
						0.01

4.4.3. Insumos

Cuadro 26 Relación de insumos

MANO DE OBRA					
0101010003	OPERARIO	hh	5,407.1183	24.13	130,473.76
0101010004	OFICIAL	hh	205.9076	19.04	3,920.48
0101010005	PEON	hh	4,691.0452	17.20	80,685.98
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	188.6643	26.54	5,007.15
MATERIALES					
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	17.5365	4.25	74.53
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	0.2838	3.50	0.99
02040300010002	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60 DE 1/2" X 9 m	var	5.8958	25.00	147.40
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	7.5096	4.25	31.92
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.1680	68.00	11.42
02070200010001	ARENA FINA	m3	90.1087	27.97	2,520.34
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	0.1000	45.00	4.50
0207020003	PAJA	m3	86.9097	16.95	1,473.12
0207050001	TIERRA SELECCIONADA	m3	414.8645	18.89	7,836.79
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	340.1934	4.24	1,442.42

MATERIALES					
0210020003	GEOMALLA	m2	2,045.2000	4.55	9,305.66
0213010007	CEMENTO PORTLAND TIPO MS (42.5 kg)	bol	826.8715	23.73	19,621.66
02130200020005	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol	413.2483	13.13	5,425.95
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	3.1838	13.00	41.39
02160100010004	LADRILLO SÓLIDO ARTESANAL 29X13.5X5.4 cm	und	350.7000	0.65	227.96
02160100010005	ADOBE 42X26.5X10.5 cm	und	10,092.4500	0.37	3,734.21
0222190002	ADITIVO ESTABILIZADOR DE VOLUMEN	kg	29.7771	12.25	364.77
0225020133	CERAMICA 0.30X0.30 cm PARA TRANSITO MEDIO	m2	81.3750	21.19	1,724.34
02250600020005	FRAGUA CREMA	kg	2.3250	6.00	13.95
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	846.0760	5.51	4,661.88
02311000010002	LISTONES DE MADERA PINO DIMENS. 58X10X30CM	und	20.9975	6.80	142.78
02311000010003	LISTONES DE MADERA PINO DIMENS. 59X15X30CM	und	55.8420	7.20	402.06
0234020018	BALDOSA DE CEMENTO 30x30 cm.	m2	1,156.7325	27.12	31,370.59
0234070002	RAFIA DE POLIETILENO	rll	37.0181	45.00	1,665.81
0238010001	LIJA PARA MADERA	plg	571.7209	1.80	1,029.10
0238010004	LIJA PARA PARED	plg	303.4500	2.35	713.11
0240010001	PINTURA LATEX	gal	24.2759	46.00	1,116.69
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal	550.8098	32.67	17,994.96
02401500010004	IMPRIMANTE	kg	532.3445	18.00	9,582.20
0241050002	CINTA SEÑALIZADORA PARA LIMITE SEGURIDAD DE OBRA	m	3,072.3000	0.14	430.12
0290060004	MATERIAL CAPACITACION (PARA CADA TRABAJADOR)	und	23.0000	0.30	6.90
0290060005	MATERIAL CAPACITACION COVID-19 (PARA CADA TRABAJADOR)	und	23.0000	0.20	4.60
0290130021	AGUA	und	0.5500	5.00	2.75

MATERIALES					
02901500260002	CARTEL DE OBRA DE 2.40x3.60 MTS(GIGANTOGRAFIA)	glb	1.0000	350.00	350.00
02902000050013	GRAPAS METÁLICAS	kg	9.6125	15.00	144.19
EQUIPOS					
0301000002	NIVEL TOPOGRAFICO	he	15.6827	12.71	199.33
0301000009	ESTACION TOTAL	he	15.6832	16.10	252.50
0301000015	JALONES	he	31.4834	1.57	49.43
0301000020	MIRA TOPOGRAFICA	he	15.6827	1.84	28.86
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			6,903.28
0301140005	MARTILLO NEUMATICO 21-24KG	hm	188.6640	6.31	1,190.47
0301140006	COMPRESORA NEUMATICA 76HP, 125-175 PCM	hm	94.3320	65.66	6,193.84
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.5596	211.86	330.42
03012200040006	CAMION VOLQUETE 4X2, 210-280 HP 6 M3	hm	1.5597	170.42	265.80
0301230002	ALQUILER DE LOCAL	mes	9.0000	1,000.00	9,000.00
03013400010009	ANDAMIO DE MADERA	día	228.2028	20.00	4,564.06
03014800020001	BROCHA DE NYLON DE 2"	und	2,634.4700	8.05	21,207.48
03014800020003	BROCHA DE NYLON DE 4"	und	2,634.4707	13.98	36,829.90

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Especificaciones técnicas

Las presentes especificaciones serán válidas y aplicables únicamente en las partidas que corresponden a los planos del reforzamiento de la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe y se encuentran plasmadas en los análisis de costos unitarios y por ende en el presupuesto.

Estas especificaciones son compatibles y a la vez se hacen extensivas a las normas siguiente:

- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Manual de Normas ITINTEC
- Especificaciones de los fabricantes.

Ítem	Título, Subtítulo y/o partida
1.00.00	REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFE
1.01.00	TRABAJOS PROVISIONALES
1.01.01	Cartel de Obra 2.40 X 3.60 metros

Descripción

Se construirá de acuerdo a las siguientes dimensiones serán de 3.60 m. de largo por 2.40 m. de alto. En esta partida comprende la confección, pintado y colocación del cartel de obra, los bastidores y parantes serán de madera tornillo, sobre los cuales se colocará un banner plastificado con los datos de la obra:

- Nombre del Proyecto.
- Financiamiento del Proyecto.
- Propietario.
- Ejecutor.
- Monto del Presupuesto Base.
- Beneficiarios.

El colocado del cartel deberá ser en lugar más visible de la obra.

Método de medida

Su medición se realizará por unidad (und.)

Bases de pago

El pago se efectuará de acuerdo a la unidad de medición (und.) la cual será en compensación total por toda la mano de obra incluyendo leyes sociales, materiales y equipo y herramientas.

1.01.02 Alquiler de local para almacén

Descripción

Esta partida comprende el alquiler de un área mínima de 40m² en la zona de ejecución del proyecto, para almacén; debe contar con ambientes espaciosos, contar con electricidad, tener estantes adecuados para los materiales, un extinguidor.

Método de medición

Esta partida se medirá por mes de arriendo (mes).

Bases de pago

El pago se hará de acuerdo al precio unitario contratado en la partida del presupuesto, por mes (mes)

01.02.00 ATRIO**01.02.01 Demolición de piso de baldosa de cemento e=2cm****Descripción**

Comprende la demolición de áreas de piso existentes en estado ruinoso, o fisurado y con dimensiones y niveles que no se acoplan a los atrios que se encuentren dentro del área del terreno destinada a la construcción de nuevos paños de baldosa de cemento pulido en un espesor de 2cm.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de piso que se ha de demoler.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida

01.02.02 Trazo, niveles y replanteo**Descripción:**

Consiste en replantear sobre el terreno los ejes, dimensiones y niveles de los elementos por construir mediante marca provisionales y/o definitivas. El eje del trazo quedara limitados permanentemente a través de dos tarjetas por cada eje, los niveles quedaran permanentes hasta la terminación de la obra. Tanto los trazados los niveles y puntos secundarios, así como el replanteo de un determinado sector y su vinculación con los sectores colindantes deben ser nivelados.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) del trazo en el elemento.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.02.03 Piso baldosa de cemento con acabado bruñado e=2cm**Descripción:**

La baldosa de cemento a utilizarse será hecha a máquina de 30 x 30 cm de acuerdo a las medidas indicadas en presupuesto. La baldosa deberá ser de cemento y presentar una superficie totalmente lisa con un acabado bruñado.

La superficie se realizará sobre un falso piso y debe encontrarse limpia y humedecida, luego se asentarán las baldosas mojadas con mortero 1:5 cemento: arena, previamente fijados los niveles de pisos terminados.

Se tendrá cuidado que las baldosas asiente toda su superficie en el mortero, sin quedar vacíos.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) del piso de baldosa de cemento.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.02.04 Eliminación de material de demoliciones**Descripción:**

Se realiza una vez concluida los trabajos de demoliciones con la finalidad de dejar el terreno completamente limpio de desmonte u otros materiales que interfieran en la iglesia y permita que se retomen las actividades de la misma. La eliminación de material excedente deberá ser periódica, no permitiendo que se acumule y permanezca en obra más de dos días. El material excedente se depositará solamente en los lugares permitidos y que permitan el tránsito libre de las personas.

Método de medición

Se medirá por el volumen en (m³) del material eliminado

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cúbicos, de acuerdo a la partida.

01.03.00 PORTADA PRINCIPAL**01.03.01 Extraer eflorescencia del arco en portada principal****Descripción:**

Se realiza en áreas ya sea de muros, torres, cúpulas, arcos, pilastras, portada, etc. que presenten la aparición de eflorescencias. Los trabajos se realizarán de manera manual con el uso de brochas de nylon de 2" o 4" dependiendo de las juntas o de la superficie a tratar, con la finalidad de eliminar parcial o totalmente las eflorescencias para un posible revestimiento o tratamiento.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie que presente exposición de eflorescencias.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.03.02 Revestimiento en portada principal; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

Descripción:

Esta actividad es parte de los trabajos de acabados en muros, torres, cúpulas, arcos, pilastras, portada, etc. la superficie donde se aplicará la mezcla se limpiará y humedecerá, así también debe estar libre de eflorescencia.

La mezcla será de una proporción en volumen de 1 parte de cemento, 1 parte de cal y 5 partes de arena, el espesor máximo será de 1.5 cm y se preparará en bateas de madera perfectamente limpias de todo residuo anterior, también se hará uso de andamios de madera para una altura mayor 1.50 metros.

El tarrajeo se hará con cintas de la misma mezcla, perfectamente alineadas y aplomadas aplicando las mezclas, pañeteando con fuerza y presionando contra los paramentos para evitar vacíos interiores y obtener una capa no mayor de 1.5 cm., o dependiendo de la uniformidad de los ladrillos.

Las superficies a obtener serán planas, sin resquebraduras, eflorescencias o defectos.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie tarrajada.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.03.03 Pintura látex en portada principal

Descripción:

Se realizará en tarrajeo primarios, superficies limpias, secas y sin eflorescencias.

Se pintará todas las superficies de albañilería que lo requieran, antes del pintado de cualquier ambiente, todo trabajo terminado en él será protegido contra salpicaduras y manchas.

Los elementos estructurales se tratarán según planos, con pintura látex y en las superficies nuevas el número de manos que corresponde es de 02 manos.

La calidad de las pinturas látex estas deberán ser lavables a base de látex acrílico y/o sintético con pigmentos de alta calidad, con un rendimiento de 40 a 45 m²/ gl 01 mano, viscosidad (KU a 25° C) de 100 a 110, tiempo de secado al tacto máximo 1 hora, de acabado mate satinado.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie pintada.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.03.04 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.04.00 PORTADA LATERAL DERECHA**01.04.01 Extraer eflorescencia portada lateral derecha**

Ver ítem 01.03.01. Extraer eflorescencia del arco en portada principal

01.04.02 Revestimiento en portada principal; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

Ver ítem 01.03.02. Revestimiento en portada principal; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

01.04.03 Pintura látex en portada lateral derecha

Ver ítem 01.03.03. Pintura látex en portada lateral derecha.

01.04.04 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.05.00 ALTAR**01.05.01 Demolición de piso cerámico e=8mm**

Ver ítem 01.02.01. Demolición de piso de baldosa de cemento e=2cm

01.05.02 Trazo, nivelación y replanteo

Ver ítem 01.02.02. Trazo, nivelación y replanteo

01.05.03 Piso cerámico de 30 x30 cm (transito medio)**Descripción:**

La cerámica a utilizarse será hecha a máquina de 30 x 30 cm de acuerdo a las medidas indicadas en presupuesto para un tránsito medio.

Las características técnicas de las baldosas deben satisfacer las condiciones de la norma española UNE 127020 – 1999 EX, esta norma se encuentra en INDECOPI con el nombre de baldosas de terrazo. Las características técnicas son:

- Resistencia a la Flexión : $\geq 5 \text{ MPa}$, 5 N/mm^2 , 50 Kg/cm^2 .
- Carga de Rotura :
 Tamaño de baldosa $\leq 1100 \text{ cm}^2$, le corresponde una carga de rotura de 3.6 KN
 Tamaño de baldosa $\geq 1100 \text{ cm}^2$, le corresponde una carga de rotura de 4.70 KN
- Resistencia al Desgaste por Abrasión: desgaste por abrasión $\leq 21 \text{ mm}$.
- Absorción de Agua: Absorción total del agua $< 8\%$ en masa.
- Absorción por caravista $< 0.40 \text{ gr/cm}^2$
- Resistencia al Impacto : Altura mínima de caída 600 mm .

La superficie se realizará sobre un falso piso y debe encontrarse limpia y humedecida, luego se asentarán la cerámica con mortero 1:5 cemento: arena, previamente fijados los niveles de pisos terminados, y se le colocara para finalizar un fraguado.

Se tendrá cuidado que la cerámica se asiente toda su superficie en el mortero, sin quedar vacíos.

Método de medición

Se medirá el área en (m^2) del piso de cerámica.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.05.04 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.06.00 TORRES

01.06.01 Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos

Ver ítem 01.03.01. Extraer eflorescencia del arco en portada principal

01.06.02 Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm

Descripción:

Para uso en muros, torres, cúpulas, arcos, pilastras, portada, etc. de muros de ladrillos; la superficie donde se aplicará la mezcla se limpiará y humedecerá, así también debe estar libre de eflorescencia.

La mezcla será de una proporción en volumen de 1 parte de cemento, 0.5 partes de cal y 3.5 partes de arena, el espesor máximo será de 2 cm y se preparará en bateas de madera perfectamente limpias de todo residuo anterior, también se hará uso de andamios de madera para una altura mayor 1.50 metros; se añadirá aditivo estabilizador de volumen.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie donde se rellenará con mortero.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.06.03 Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm

Descripción:

En esta partida se contempla la colocación de ladrillos con dimensiones de 29x13.5x5.4 cm, en las áreas faltantes de los elementos columnas, torres, cúpulas, bóvedas, muros entre otros.

La mano de obra será calificada, los ladrillos se colocarán a plomo y en línea. El espesor de las juntas de mortero será de 2cm, con mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c: a=1:0.5:3.5, siguiendo las especificaciones de la partida 01.06.02.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie donde se rellenará con elementos de ladrillo y mortero en juntas

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.06.04 Revestimiento en torres; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

Ver ítem 01.03.02. Revestimiento en portada principal; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

01.06.05 Pintura látex en torres

Ver ítem 01.03.03. Pintura látex en portada lateral derecha.

01.06.06 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.07.00 PILASTRA**01.07.01 Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos**

Ver ítem 01.03.01. Extraer eflorescencia del arco en portada principal

01.07.02 Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm

Ver ítem 01.06.02. Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c: a 1:0.5:3.5, juntas 2cm

01.07.03 Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm

Ver ítem 01.06.03. Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm

01.07.04 Revestimiento en pilastra; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

Ver ítem 01.03.02. Revestimiento en portada principal; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

01.07.05 Pintura látex en pilastra

Ver ítem 01.03.03. Pintura látex en portada lateral derecha.

01.07.06 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.08.00 TECHO DE LA NAVE PRINCIPAL (Bóveda encamónada)**01.08.01 Retiro de camones y correas dañadas en bóvedas encamónadas****Descripción**

Comprende el retiro parcial o total de camones y correas en la nave central que está diseñada como bóveda encamónada de madera pino, la cual presenta pollina en cada elemento, así como la fisura de alguno de ellos.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de nave central.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida

01.08.02 Reposición de camones y correas dañadas en bóvedas encamónadas**Descripción:**

En esta partida se contempla la colocación de listones de madera pino de dimensiones 58x10x30 cm al cual se le denomina camones, así como listones de dimensiones 59x15x30cm que vienen a ser las correas.

También se deberá considerar que la madera debe estar seca a un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente donde va a ser instalada y en ningún caso se excederá de un contenido de humedad del 22%.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de nave central.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida

01.08.03 Pintura esmalte en bóveda encamónada**Descripción:**

Se realizará en la madera seca, sin presencia de polilla, se pintará todas las superficies de que lo requieran, antes del pintado de cualquier ambiente, todo trabajo terminado en él será protegido contra salpicaduras y manchas.

Los elementos de madera serán cepillados y lijados con distintas graduaciones, según la calidad de la madera, los nudos y contrahebras.

01.09.00 CONTRAFUERTES**01.09.01 Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos**

Ver ítem 01.03.01. Extraer eflorescencia del arco en portada principal

01.09.02 Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm

Ver ítem 01.06.02. Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c: a 1:0.5:3.5, juntas 2cm

01.09.03 Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm

Ver ítem 01.06.03. Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm

01.09.04 Revestimiento en pilastra; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

Ver ítem 01.03.02. Revestimiento en portada principal; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

01.09.05 Pintura látex

Ver ítem 01.03.03. Pintura látex en portada lateral derecha.

01.09.06 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.10.00 TECHO EN AMBIENTES LATERALES (Cúpulas baída u cúpulas de pechina)**01.10.01 Extracción del mortero suelto en las juntas del aparejo de ladrillos**

Ver ítem 01.03.01. Extraer eflorescencia del arco en portada principal

01.10.02 Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c:a 1:0.5:3.5, juntas 2cm

Ver ítem 01.06.02. Relleno en juntas con mortero cemento, cal, arena y aditivo estabilizador de volumen; proporción c:c: a 1:0.5:3.5, juntas 2cm

01.10.03 Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm

Ver ítem 01.06.03. Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm, mortero cemento, cal, arena y estabilizador de volumen; proporción c:c:a=1:0.5:3.5, junta 2 cm

01.10.04 Revestimiento en pilastra; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

Ver ítem 01.03.02. Revestimiento en portada principal; proporción cemento: cal: arena = 1:1:5, e=1.5 cm

01.10.05 Pintura látex

Ver ítem 01.03.03. Pintura látex en portada lateral derecha.

01.10.06 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.11.00 MUROS

01.11.01 Extracción de eflorescencia en muros de adobe

Ver ítem 01.03.01. Extraer eflorescencia del arco en portada principal

01.11.02 Relleno en juntas con mortero paja tierra; proporción P:T 1:2, junta=2cm

Descripción:

La mezcla será de una proporción en volumen de 1 parte de paja cortada, 2 partes de tierra, el espesor máximo será de 2 cm indicando en la norma entre 0.5 y 2 cm y se preparará en bateas de madera perfectamente limpias de todo residuo anterior, también se hará uso de andamios de madera para una altura mayor 1.50 metros.

Se deberá evitar que el muro se divida en dos por juntas verticales continuas, sean estas longitudinales o transversales.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie donde se rellenará con mortero.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.11.03 Relleno con unidades de adobe, Dim. 42x26.5x10.5 cm, mortero proporción P:T=1:2, junta 2 cm

Descripción:

En esta partida se contempla la colocación de adobes con dimensiones de 42x26.5x10.5 cm, en las áreas faltantes de los muros internos y laterales.

La mano de obra será calificada, los adobes se colocarán a plomo y en línea. El espesor de las juntas de mortero será de 2cm, con mortero paja y tierra; proporción p: a=1:2, siguiendo las especificaciones de la partida 01.11.02.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie donde se rellenará con elementos de adobe y mortero en juntas.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.11.04 Colocación de cuerdas de rafia en muros de adobe

Descripción:

El sistema de refuerzo planteado para la estructura de adobe está constituido por una cubierta de geomalla de polipropileno atada al muro por medio de hilos de rafia, colocados cada 30 cm. Las cuerdas pueden ser de rafia, cintas de agua (usadas en los regalos), soguillas de plástico o soguillas de nylon.

Las cuerdas deben estar insertadas en el muro con la finalidad que atraviese de extremo a extremo y deben sobresalir 15cm a los costados del muro. Cada grupo de cuerdas debe estar espaciado 30 cm. Coloca las cuerdas 3 hiladas de adobe (es decir, sobre las hiladas 4,7,10,13,16,19). Las cerdas servirán para fijar la geomalla a los muros de adobe.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie donde se colocará geomalla de polipropileno.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.11.05 Geomalla en muros de adobe

Descripción:

Las geomallas se compran por rollos que miden entre 3 y 5 metros de ancho y entre 50 y 100 metros de longitud.

Las geoallas se fijan en los muros de adobe a través de cuerdas que se colocan durante la construcción de los muros. Las cuerdas pueden ser de rafia, cintas de agua (usadas en los regalos), soguillas de plástico o soguillas de nylon.

Las geomallas de polipropileno tienen alta resistencia a la tracción y a los rayos ultravioletas UV-A y UV-B, lo que garantiza su función a largo plazo.

Se deberán colocar pegados a las paredes de adobe y saber la manera de colocarlos:

- Limpia con un badilejo la superficie de la pared y con una escobilla húmeda la geomalla embutida en el sobrecimiento para eliminar las protuberancias de barro seco.
- La geomalla coloca en cada cara de la pared y se traslapa sobre la viga collar.
- Fijar la geomalla usando las cuerdas. Asegúrate de que la geoamalla quede bien pegada a las paredes.
- Teje con las cuerdas todos los traslapes de geomalla, la cual debe ser 25 cm una sobre otra en las caras del muro y en las esquinas debe considerarse 65cm.
- Fija la geomalla con gramas de acero en lugares donde no este pegada a la pared. No claves la geomalla ya que disminuirás su resistencia.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie donde se colocará geomalla de polipropileno.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.11.06 Geomalla en puertas y ventanas en muros de adobe

Descripción:

Para la colocación de geoallas en puertas y ventanas se hacen a través de los vanos y se realiza los siguientes cortes.

- En la cara interior de la pared (dentro de la casa) corta la geomalla por los lados de la ventana y doblada hacia abajo y en la cara exterior (fuera de la casa) corta la geomalla por la mitad y dóblala a cada lado.
- En las puertas, corta la malla por la mitad y dóblala a cada lado

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie donde se colocará geomalla de polipropileno.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.11.07 Tarrajeo en muros de adobe, p:t= 2:1.5, e=2.5 cm en dos capas**Descripción:**

Esta actividad es parte de los trabajos de acabados en muros de adobe, la superficie donde se aplicará la mezcla se limpiará y humedecerá, así también debe estar libre de eflorescencia. El tarrajeo protege la geomalla del sol y les da mayor resistencia a las paredes.

La mezcla será de una proporción en volumen de 2 partes de paja y 1.5 partes de tierra, el espesor máximo será de 5 cm en dos capas de 2.5 cm cada una y se preparará en bateas de madera perfectamente limpias de todo residuo anterior, también se hará uso de andamios de madera para una altura mayor 1.50 metros.

El tarrajeo se hará con cintas de la misma mezcla, perfectamente alineadas y aplomadas aplicando las mezclas, pañeteando con fuerza y presionando contra los paramentos para evitar vacíos interiores y obtener una capa no mayor de 5 cm., o dependiendo de la uniformidad de los adobes

Las superficies a obtener serán planas, sin resquebraduras, eflorescencias o defectos.

Método de medición

Se medirá el área en (m²) de la superficie tarrajada.

Bases de pago

El pago se efectuará al precio unitario de contrato por metros cuadrados, de acuerdo a la partida.

01.11.08 Pintura látex en muros de adobe

Ver ítem 01.03.03. Pintura látex en portada lateral derecha.

01.11.09 Eliminación de material de demoliciones

Ver ítem 01.02.04. Eliminación de material de demoliciones

01.12.00 SEGURIDAD Y SALUD**01.12.01 Capacitación en seguridad y salud****Descripción.**

Comprende las capacitaciones dadas por el personal calificado hacia los trabajadores en obra con respecto a la seguridad y salud que se debe considerar mientras se realizan los labores, así

como para informar sobre los lineamientos para la vigilancia, prevención y control de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a SARS-Cov-2 (COVID-19), con el fin de disminuir la probabilidad de contraer la infección respiratoria por el COVID -19 durante el proceso de inicio de ejecución de la Obra.

Método de medición.

La unidad de medida es: Global (glb.)

Bases de pago.

El pago se efectuará al precio unitario de contrato global, de acuerdo a la partida.

01.12.02 Señalización durante la ejecución

Descripción.

Comprende trabajos que deben determinar el área de ejecución y protección de obra.

Método de construcción.

Se asegura que la delimitación sea tal que permita la ejecución y la circulación de los trabajadores en la obra, estando de acuerdo a la necesidad y progresión en la ejecución de la obra.

Se realizará con cintas señaladores amarillas asegurando no exista la peligrosidad de los trabajos.

Método de medición.

La unidad de medida es: Metro (m.)

Bases de pago.

El pago se efectuará al precio unitario será por metro lineal, de acuerdo a la partida.

4.5. Impacto ambiental

4.5.1. Identificación de los aspectos e impactos ambientales en la iglesia Santa Lucía de ferreñafe

Se identificó los posibles impactos negativos o positivos que se generarían con el proyecto en ejecución, a través del método del sistema de red Matriz de Leopold ingresando las actividades consideradas en el presupuesto.

Cuadro 27 Matriz de Leopold del proyecto, (a) Trabajos preliminares, atrio y portada principal, (b) portada lateral derecha, altar, torres, (c) pilastra, techo de la nave principal, contrafuerte, (d) techo en ambientes laterales, muros y (e) resultados

ACCIONES		MATRIZ DE LEOPOLD DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFA										
		FASES DE PROYECTO										
		TRABAJOS PROVISIONALES		ATRIO				PORTADA PRINCIPAL				
		Cartel de Obra	Alquiler de local para Almacén	Demolición de piso de baldosa de cemento e=2cm	Trazo, niveles y replanteo	Piso Baldosa de cemento con acabado bruñido e=2cm	Eliminación de material de demoliciones	Extracción efluencia del arco en portada principal	Revestimiento en portada principal, c.c.a = 1:0.25:3.5, e= 1.5 cm	Pintura latex en portada principal	Eliminación de material de demoliciones	
FACTORES AMBIENTALES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	Emisión de gases y olores	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Partículas en suspensión y polvo	-1 1	/	-5 5	/	-2 2	-6 5	-3 2	-2 2	/	-6 5
	CALIDAD VISUAL	Ruido	-1 1	/	-3 2	-1 1	2 2	-3 3	-1 1	-1 1	-1 1	-3 3
		Paisaje	-1 1	/	-2 2	-1 1	3 3	-1 1	5 6	7 7	7 7	-1 1
	FACTOR SOCIO ECONÓMICO	Salud y Seguridad laboral	/	/	/	3 2	/	/	/	3 3	4 3	/
		Estilo de vida	/	/	/	/	2 3	/	/	/	/	/
		Empleo	3 3	2 2	4 5	4 4	4 3	3 3	3 2	3 3	2 2	4 5
	CULTURALES	Transporte público y comercialización	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Educación	/	/	/	3 2	/	/	/	3 3	4 3	/
		Monumentos	-1 1	/	-2 2	-1 1	3 3	-1 1	5 6	7 7	7 7	-1 1
	Restos arqueológicos	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
EVALUACIÓN POR ACCIÓN		-1 7	2 2	-8 16	8 10	8 16	-8 13	9 17	20 26	23 23	-7 15	
		5	4	-19	26	28	-32	59	120	125	-21	

(a)

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ DE LEOPOLD DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFE

FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES	FASES DE PROYECTO															
			PORTADA LATERAL DERECHA				ALTAR				TORRES							
			11 Extraer eflouescencia portada lateral derecha	12 Revestimiento en portada lateral derecha, c.c.a = 1:0.25:3.5, e=1.5 cm	13 Pintura latex en portada lateral derecha	14 Eliminación de material de demoliciones	15 Demolicion de piso cerámico e=8mm	16 Trazo, nivelación y replanteo	17 Suministro, instalacion de piso cerámico de 30 x30 cm (transito medio)	18 Eliminación de material de demoliciones esp=20%	19 Extracción del mortero suelo en las juntas del aparejo de ladrillos	20 Relleno en juntas con mortero de cal arena y aditivo estabilizado de volumen cae = 4:1:0.5 en	21 Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm c.a=4:1, junta 2 cm	22 Revestimiento en torres, c.c.a = 1:0.25:3.5, e=1.5cm	23 Pintura latex en torre	24 Eliminación de material de demoliciones esp=20%		
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	Emisión de gases y olores	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Partículas en suspensión y polvo	-3	-2	/	-6	-5	/	-1	-6	-3	-1	-1	-2	/	-6	/	
		Ruido	-1	-1	-1	-3	-3	/	-4	-3	-1	-4	-1	-1	-1	-3	/	
	CALIDAD VISUAL	Paisaje	3	7	7	-1	-2	-1	3	4	-1	3	6	4	5	5	5	1
		Salud y Seguridad laboral	/	3	3	/	4	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	FACTOR SOCIO ECONÓMICO	Estilo de vida	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Empleo	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3	3	3	3	2	4	5
		Transporte público y comercialización	/	5	5	/	3	2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	CULTURALES	Educación	/	3	4	3	4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Monumentos	3	7	7	-1	-2	-1	3	-1	3	6	5	5	5	5	5	-1
Restos arqueológicos		4	7	7	1	2	1	3	1	4	5	5	5	5	5	1	1	
EVALUACIÓN POR ACCIÓN		6	26	24	-8	-1	0	5	-7	6	10	11	10	11	11	-7	15	
		15	31	24	12	20	4	16	14	14	18	14	16	13	15			
		33	148	130	-35	-6	2	21	-25	29	52	54	54	53	-21			

(b)

Fuente: Elaboración propia

MATRIZ DE LEOPOLD DE LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA SANTA LUCIA DE FERREÑAFE

FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES	FASES DE PROYECTO															
			PILASTRA				TECHO DE LA NAVE PRINCIPAL (Bóveda encamionada)				CONTRAFUERTES							
			25 Extracción del mortero suelo en las juntas del aparejo de ladrillos	26 Relleno en juntas con mortero de cal arena y aditivo estabilizado de volumen cae = 4:1:0.5 en	27 Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm c.a=4:1, junta 2 cm	28 Revestimiento en Pilastra, c.c.a = 1:0.25:3.5, e=1.5cm	29 Pintura latex en pilastra	30 Eliminación de material de demoliciones esp=20%	31 Retiro de canchales y correas dañadas en bóvedas encamionadas	32 Reposición de canchales y correas dañadas en bóvedas encamionadas	33 Pintura latex en bóveda encamionada	34 Eliminación de desmonte esp=20%	35 Retiro del mortero suelo en las juntas del aparejo de ladrillos en contrafuertes	36 Relleno en juntas con mortero de cal arena y aditivo estabilizado de volumen cae = 4:1:0.5 en	37 Relleno con unidades de ladrillo, Dim. 29x13.5x5.4 cm c.a=4:1, junta 2 cm	38 Revestimiento en contrafuertes c.c.a = 1:0.25:3.5, e=1.5cm	39 Pintura latex en contrafuertes	40 Eliminación de desmonte esp=20%
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	Emisión de gases y olores	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Partículas en suspensión y polvo	-3	-1	-1	-2	/	-6	-2	-2	-6	-3	-1	-1	-2	/	-6	/
		Ruido	-1	-4	-1	-1	-1	-3	-4	-6	-1	-3	-1	-4	-1	-1	-1	-3
	CALIDAD VISUAL	Paisaje	3	6	5	5	5	-1	-4	5	5	-1	3	6	5	5	5	1
		Salud y Seguridad laboral	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	FACTOR SOCIO ECONÓMICO	Estilo de vida	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Empleo	4	4	3	3	3	2	4	4	4	3	3	3	2	4	4	4
		Transporte público y comercialización	/	4	3	3	2	3	5	4	3	3	2	3	2	5	4	3
	CULTURALES	Educación	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Monumentos	3	6	5	5	5	-1	-4	5	5	-1	3	6	5	5	5	-1
Restos arqueológicos		4	5	5	5	5	1	4	5	5	1	4	5	5	5	5	1	
EVALUACIÓN POR ACCIÓN		6	11	11	10	12	-9	-10	6	13	-8	5	10	10	11	13	-7	
		15	18	15	15	14	12	19	21	14	13	13	18	14	18	15	13	
		33	55	57	51	58	-37	-32	32	61	-32	23	52	52	65	65	-29	

(c)

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Descripción de los principales impactos que afectarán en el proyecto

Luego de realizar la interrelación entre los elementos del medio ambiente y las acciones del proyecto, se obtiene los impactos negativos en el factor ambiental “el aire” en partículas en suspensión y polvo en -479 y el ruido en -261; así también se mencionan los impactos positivos resaltantes como la calidad visual como el paisaje en 908, el factor social económico como es el empleo en 599 y culturales como es el de monumentos en 908; datos obtenidos de la matriz de Leopold según muestra el cuadro anterior del apartado (e).

4.5.3. Plan de manejo ambiental

De igual forma se realizó el plan de mitigación ambiental con acciones que ayudaran a mitigar los impactos negativos que genera el desarrollo del proyecto y se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 28 Plan de manejo ambiental

FACTORES AMBIENTALES		ACCIONES		PLAN DE MANEJO AMBIENTAL						P E O R A L F U A C T I O N E S		
				OPERACIÓN								
				Colocar los materiales sueltos en lugares donde el viento no sea tan fuerte	Regar los materiales sueltos después de su acumulación	La eliminación de partículas sueltas no debe exceder de dos días hábiles	Realizar los trabajos en el día	Tratar de alejar a las personas de la obra	Utilizar maquinaria para eliminación del material en perfecto estado de conservación			
		1	2	3	4	5	6					
FACTORES AMBIENTALES	AIRE	Partículas en suspensión	7 6	6 6	3 2				16 14	84		
		Ruido				3 2	6 6	8 8	17 16	106		
EVALUACIÓN POR ACCIÓN			7 6	6 6	3 2	3 2	6 6	8 8	33 30	190	OK	
			42	36	6	6	36	64		190		

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que los impactos ambientales positivos de gran incidencia son mayores que los negativos y se encuentran la calidad visual, el factor social económico y culturales. Con las acciones del plan de manejo ambiental se logrará disminuir los impactos negativos mas no eliminarlos por completo.

V. Conclusiones

- Se dio a conocer a través del levantamiento topográfico plani altimétrico que la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe cuenta con un área techada de 1512.35 m², un perímetro de 298 m y una altura máxima en las torres de 22.30 m; en un terreno plano.
- Usando el Ensayo SPT y el laboratorio de suelos se encontró la capacidad de carga última en la cimentación la cual varía entre 0.6 a 2 kg/cm² cuando el ancho de la base es menor que 1.22 metros; y 0.4 a 1.3 kg/cm² para un ancho de base mayor que 1.22 metros; dando valido los resultados obtenidos según la norma; de la misma forma se cuenta con una estratigrafía bien definida de arenas arcillosas que presenta una densidad relativa media, exposición a los sulfatos de forma severa y no se registró nivel freático hasta la altura de sondeo de 3.90 metros.
- Los materiales predominantes en la iglesia Santa Lucia son el ladrillo (cúpulas, torres, pilares, contrafuertes), madera pino (bóveda encamionada, pilastra interna y viga interna) y adobe (en todos los muros internos y perimetrales); y según el ensayo de la resistencia a la compresión de un elemento de adobe y ladrillo son de 14.27 kg/cm² y 98.13 kg/cm² respectivamente, siendo valores aceptables para las normas que las rigen.
- La estructura se encuentra en un 62.5% con fallas por separación parcial, presentando en sus elementos estructurales fisuras, grietas y presencia de eflorescencia.
- Con la finalidad de contrarrestar los daños antes mencionados se usaron las técnicas de sustitución de elementos, consolidación, reconstrucción local, y refuerzo externo (muros de adobe); el cual se contempla como refuerzo a la geomalla.
- Las cargas que se transmitirán en el atrio son las debidas al tránsito de personas, y al peso propio de la estructura de concreto que formará el piso, y la exposición excesiva a los sulfatos por ello se propuso la técnica de reposición parcial por un piso de baldosa con cemento portlan tipo II para contrarrestar estas eflorescencias.
- Según los parámetros de análisis la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe, se encuentra en zona sísmica 4, con un suelo intermedio S2, se considera como edificaciones importantes. Los esfuerzos por acciones del sismo actuando en dirección X (transversal)

aparecen con signos positivos de orden 6 a 7 MPa los máximos en los elementos de la torre y en dirección y (longitudinales) de la misma forma; es por ello que se considera necesaria el uso de la geomalla; así mismo se indica la secuencia de falla que es primero las bóvedas, luego en arcos y finalizando con los pilares. En el caso de los muros del perímetro se esperan que los efectos sean leves por los contrafuertes que lo soportan. Se indica como solución estructural la de incorporar refuerzo en el interior y exterior en bóvedas y arcos para soportar momentos flectores.

- El refuerzo en los muros de adobe de tipo malla sintéticas de nudos integrados (geomallas), adoptados; considerando una capacidad mínima de tracción de 3.5 kN/m, en ambas direcciones para una elongación de 2% como manda la norma E.080 está otorgando a la estructura flexibilidad y durabilidad.
- Se concluye que los contrafuertes permiten a la estructura dar resistencia de manera global de forma vertical en arcos y muros de adobe, y actualmente son los más dañados por eso se usó la técnica de consolidación y reconstrucción indicando que sean los mismos materiales existentes con los que se cuentan para no perder este gran valor que le brinda a la estructura.
- El costo directo para las actividades del reforzamiento en la iglesia Santa Lucia de Ferreñafe es de S/. 430,674.87 (Cuatrocientos treinta mil seiscientos setenta y cuatro con 87/100 soles), con fecha del 10/11/2021.
- Se concluye que los impactos ambientales positivos de gran incidencia son mayores que los negativos y se encuentran en la calidad visual, el factor social económico y culturales, y más aun con las acciones del plan de manejo ambiental se logrará disminuir los impactos negativos que se generaría con desarrollo del proyecto.

VI. Recomendaciones

Se recomienda abrir nuevas líneas de investigación para el reforzamiento de estructuras consideradas como monumentos históricos ya que aún son visitados o asistidos por la población y se requiere que sean seguras.

Siempre que se realice una investigación para este tipo de estructuras que sean ensayos no destructivos para no perjudicar en su valor intrínseco y su identidad.

El uso del programa SAP 2000 es fundamental en el desarrollo de la evaluación de vulnerabilidad sísmica en estructuras antiguas.

VII. Referencias bibliográficas

- [1] UNESO (2014, Noviembre 27). Patrimonio, [Online]. Available: <https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/digital-library/cdis/Patrimonio.pdf>.
- [2] W. Lobo Quintero, “Evaluación y rehabilitación sismorresistente de monumentos históricos”, Geográfica Venezolana, vol. 2, n° 44, p. 16, 2003.
- [3] S. De los Ríos y R. Córdova, “Centro histórico de Lima. Patrimonio humano y cultural en riesgo” en World monuments fund, Lima, 2007, pp 2.
- [4] RIMACTAMPU "El lugar donde se habla". (2012, Septiembre 2). Lambayeque: demolición imparable de arquitectura del s. XIX [Online]. Available: <https://rimactampu.blogspot.com/2011/09/lambayeque-demolocion-imparable-de.html>.
- [5] Municipalidad Provincial de Ferreñafe. (2019, Octubre 13). Historia de Ferreñafe [Online]. Available: <http://www.muniferrenafe.gob.pe/index.php/ferrenafe/resena-historia.html>.
- [6] RPP (2013, Marzo 26). Chiclayo: Iglesia de Ferreñafe presenta riesgos estructurales [Online]. Available: <https://rpp.pe/peru/actualidad/chiclayo-iglesia-de-ferrenafe-presenta-riesgos-estructurales-noticia-579739>.
- [7] W. Zeña Segura, “Plan de desarrollo turístico distrital Ferreñafe 2020”, Tesis, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2007.
- [8] S. Vega Sánchez, “Proyecto refuerzo y reparación de las cúpulas de la real fábrica de cristales en la granja de San Ildefonso, Segovia”, SERJU R7 CONSULTORES S.L., Segovia, memoria, Tomo I, 2015.
- [9] G. J. Manitio Cahuatijo, “Estado de vulnerabilidad y reforzamiento estructural de un inmueble patrimonial del distrito metropolitano de Quito”, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013.
- [10] F. Cazalla Aznarez, “Análisis metodológico, diseño y cálculo de composites en la rehabilitación del patrimonio histórico arquitectónico del Bajo Guadalquivir”, Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla, 2012.
- [11] F. Peña Mondragón y P. B. Lourenco, “Criterios para el refuerzo antisísmico de estructuras históricas”, Ingeniería Sísmica, n° 87, p. 1, Diciembre 2012.
- [12] I. Rosenmann Becerra y J. Paz Gutiérrez, “Proyecto de restauración de la iglesia San Francisco del Barón”, Universidad de Chile, Universidad Católica, Proyecto, 6, 2011.
- [13] A. Orduña Bustamante, G. Roeder Carbo y F. Peña Mondagrón, “Evaluación sísmica de construcciones históricas de mampostería: comparación de tres modelos de análisis”, Ingeniería Sísmica, n° 77, p. 1, Noviembre 2007.

- [14] O. De la Torre Rangel, R. López Vásquez, A. Salazar Hernández y J. C. Róldan Cabrera, “Evaluación estructural y comportamiento de las reparaciones efectuadas a edificaciones históricas”, Ingeniería Sísmica, p. 2, Junio 2004.
- [15] G. P. Càceres Vilca, “Comportamiento estructural sísmico estático no lineal de bóvedas de silla en monumentos históricos: Reforzamiento estructural de la iglesia de Santa Marta – Arequipa”, Tesis, UNSA, Arequipa, 2020.
- [16] J. Olarte, R. Proaño, H. Scaletti, M. Torres y C. Zavala, “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la catedral del Cusco”, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Estudio, 1, 2019.
- [17] D. H. Apaza Cruz, “Evaluación de mecanismos de colapso generados por acciones sísmicas en la catedral de Puno”, Tesis Magistral, Pontificia universidad católica del Perú, Lima, 2018.
- [18] M. F. Noel Tapia, “Integración de ingeniería inversa y modelamiento numérico para la evaluación sísmica de construcciones históricas de adobe”, Tesis Magistral, Pontificia universidad católica del Perú, San Miguel, 2017.
- [19] C. P. Briceño Meléndez, “Diagnóstico estructural y análisis sísmico de la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylla”, Tesis Magistral, Pontificia universidad católica del Perú, San Miguel, 2016.
- [20] J. A. Quispe Acosta y S. M. Rondón Durand, “Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe en la provincia de Yauyos”, Tesis, Pontificia universidad católica del Perú, Yauyos, 2012.
- [21] Y. W. Esquivel Fernández, “Sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cuzco”, Tesis, PUCP, Cuzco 2009.
- [22] ANDINA. (2009, ABRIL 4). Con S/.70 mil iniciarán restauración de iglesia colonial Santa Lucía de Ferreñafe [Online]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-con-s70-mil-iniciaran-restauracion-iglesia-colonial-santa-lucia-ferrenafe-227245.aspx>.
- [23] SENCICO, “Norma E.010 Madera, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [24] SENCICO, “Norma E.020 Cargas, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [25] SENCICO, “Norma E.030 Diseño sismorresistente, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [26] SENCICO, “Norma E.050 Suelos y cimentaciones, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [27] SENCICO, “Norma E.070 Albañilería, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.

- [28] SENCICO, “Norma E.0.80 Diseño y construcción con tierra reforzada, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [29] SENCICO, “Norma E.0.90 Estructuras metálicas, Reglamento nacional de edificaciones”, Estado del Perú, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 2020.
- [30] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, “NTP 339.133 Suelos. Método de ensayo de penetración estándar SPT”, INDECOPI, Norma Técnica Peruana, 1ra edición, 1999.
- [31] C. Bákula Budge, Ley general del patrimonio cultural de la nación 28296 y su reglamento, Instituto nacional de cultura, Lima, 2007.
- [32] J. Mendoza Dueñas, Topografía. Técnicas modernas, Primera edición. Lima: SEGRIN EIRL, 2012.
- [33] L. N. Huamán Ramirez y V. P. Roncal Espinoza, “Evaluación, análisis y diseño del reforzamiento de la iglesia San Pedro de Lambayeque y capillas adscritas”, Tesis, universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2015.
- [34] R. Meli Piralla. Diseño estructural. México: Grupo Noriega Editores, 2015.
- [35] EECCP-EU-India Economic Cross Cultural Program (2006, Febrero 20). Identification of strengthening strategies, Improving the seismic resistance of cultural heritage building, [Online]. Available: <http://www.civil.uminho.pt/eu-india>.
- [36] F. Peña Mondragón, “Estrategias para el modelado y el análisis sísmico de estructuras históricas”, Ingeniería Sísmica, nº 83, p. 20, Febrero 2010.
- [37] E. Hernández, Manual de aplicación del programa SAP2000 v14, CSI Computers and Structures, Inc. CARIBE, Manual, 1, Caribe, 2009.
- [38] G. P. Caceres Vilca, Comportamiento estructural sísmico estático no lineal de bóvedas de silla en monumentos históricos: Reforzamiento estructural de la iglesia de Santa Marta - Arequipa, Arequipa: UNSA, 2020.
- [39] Municipalidad Distrital de la Provincia de Ferreñafe. Libro de Fábrica Ferreñafe 1662-1665. Primera edición. Ferreñafe: 1670.
- [40] L. Meneses Hermoza, “Relación de monumentos históricos del Perú”, Instituto nacional de cultura, Lima, Inf., 1999.
- [41] C. Torres Gilles y N. Jorquera Silva (2018, junio 15). Técnicas de refuerzo sísmico para la recuperación estructural del patrimonio arquitectónico chileno construido en adobe. Informes de la construcción. [Online]. Available: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5902/6982>.

VIII. Anexos

8.1. Panel fotográfico

Figura 50. Ensayo SPT-01



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 51. Instalación del equipo para el ensayo SPT en el sondeo N°01.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 52. Iniciando los trabajos del ensayo SPT.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 53. Recolectando material para ensayos en laboratorio



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 54. Encargado del equipo SPT de la USAT.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 55. Obtención de muestras para los ensayos en laboratorio.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 56. Retiro de la muestra obtenida en la caña partida.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 57. Ensayo SPT N°02



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 58. Colocación del equipo SPT en triangulación.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 59. Ensayo SPT en presencia del párroco Mauro.



Figura 60. Obtención de muestras del sondeo N°02



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 61. Nave Central hecha de bóveda encamionada de madera pino, recientemente cambiado su cobertura de calamina.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 62. Cúpulas baídas las cuales presentan fisuras.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 63. Cúpulas baídas que presenta eflorescencias.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 64. Contrafuertes en muros y cúpulas



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 65. Contrafuertes en el lado izquierdo



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 66. Ladrillos expuestos sin piso y mortero resquebrajado.



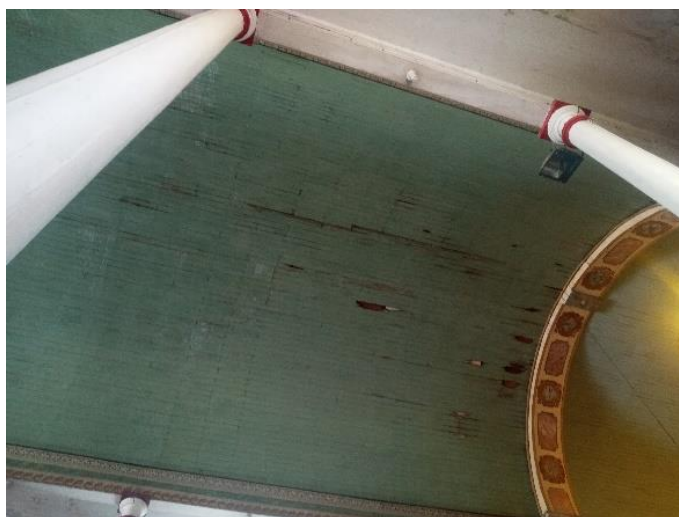
Fuente: Elaboracion propia.

Figura 67. Fisuras en muros de adobe.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 68. Sistema de bóveda, viga y columna de madera pino.



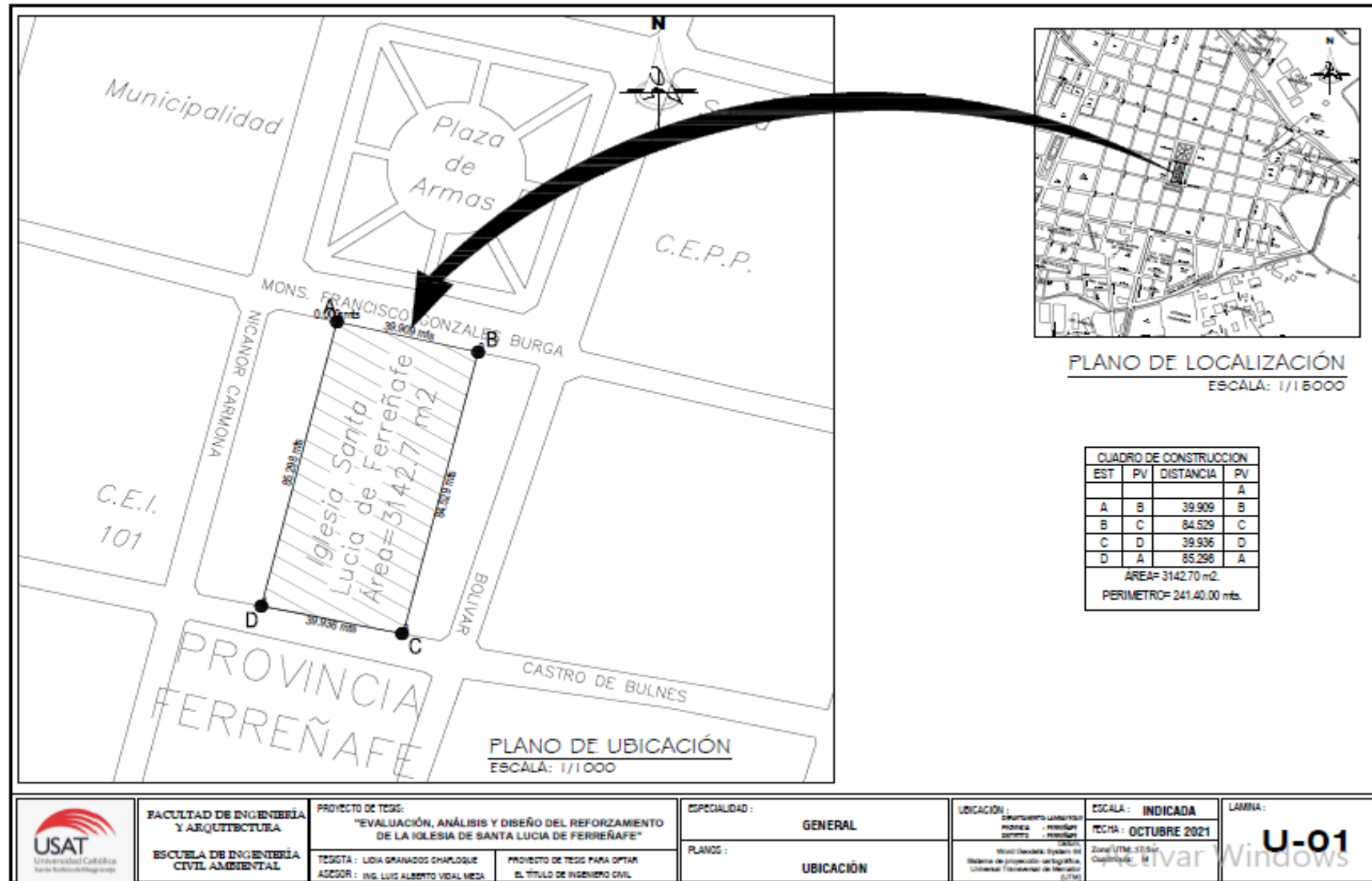
Fuente: Elaboracion propia.

Figura 69. Bóveda encamonada que presenta elementos sueltos por polillas.



Fuente: Elaboracion propia.

8.2. Planos



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

PROYECTO DE TESIS:
 "EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAFE"
 TEGISTA: LIDIA GRANADOS CHAPLOQUE
 ASesor: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MEZA
 PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

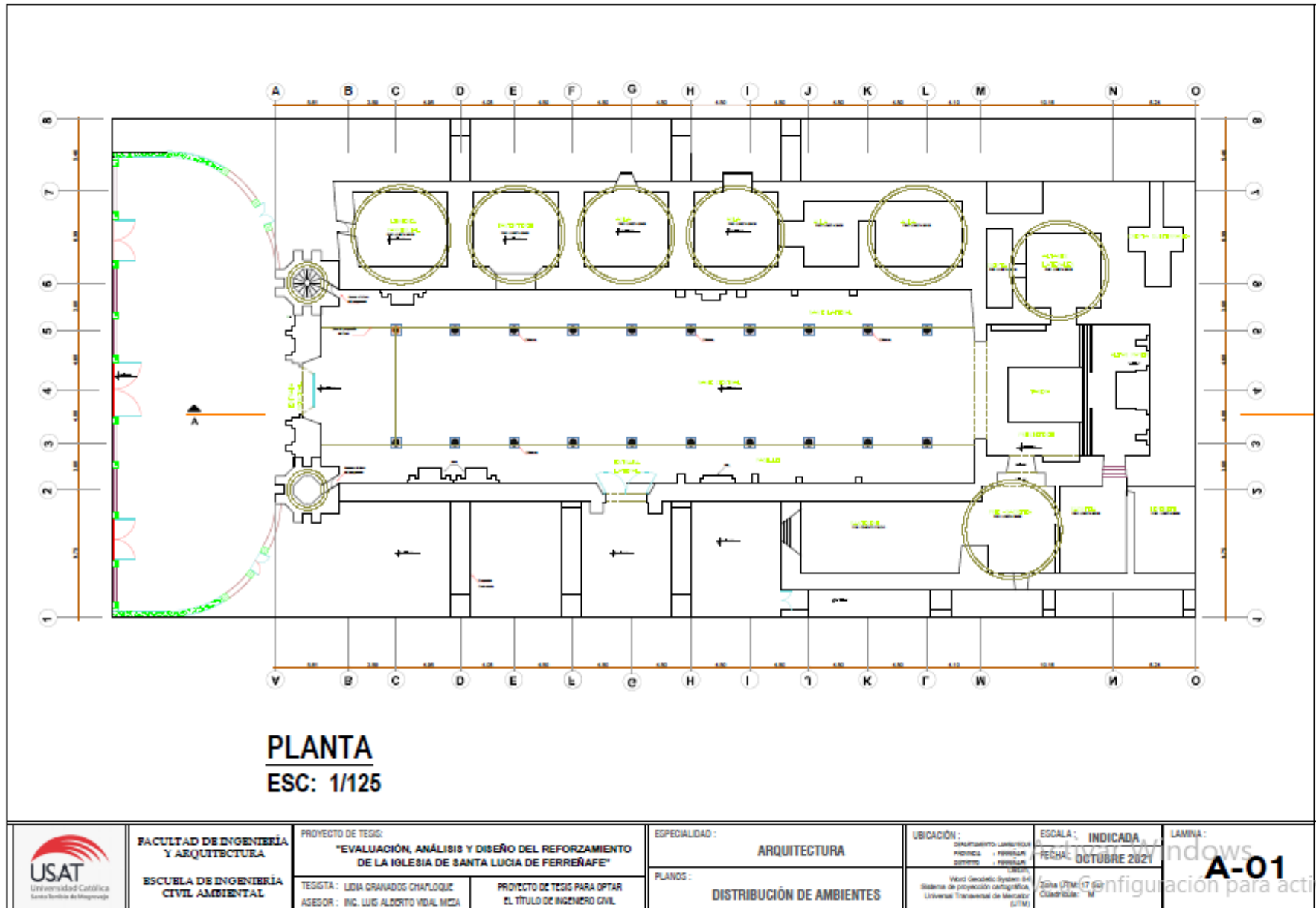
ESPECIALIDAD: GENERAL
 PLANOS: UBICACIÓN

UBICACIÓN:
 Dirección: Universidad Católica Santa Teresita de la Sierra
 Calle: 101
 P.O. Box: 101
 Santa Teresita de la Sierra, C.E.P.P.

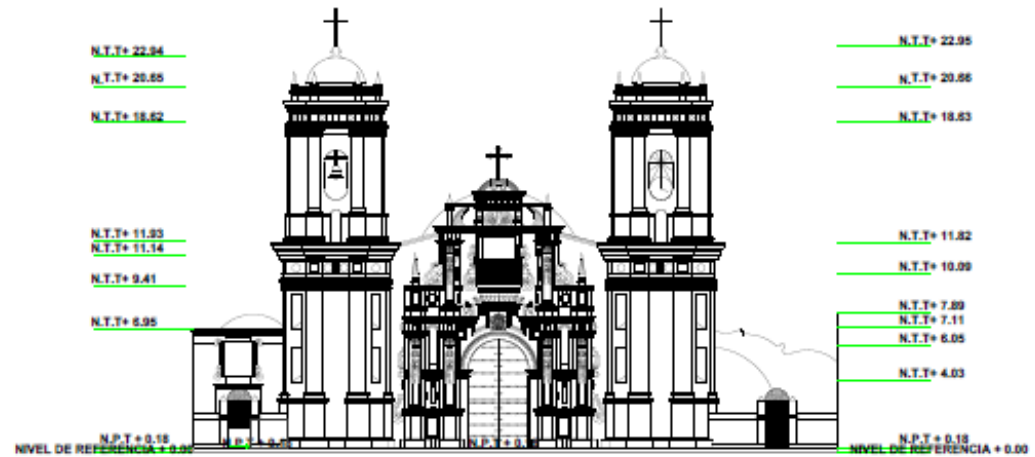
ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2021

LAMINA: U-01

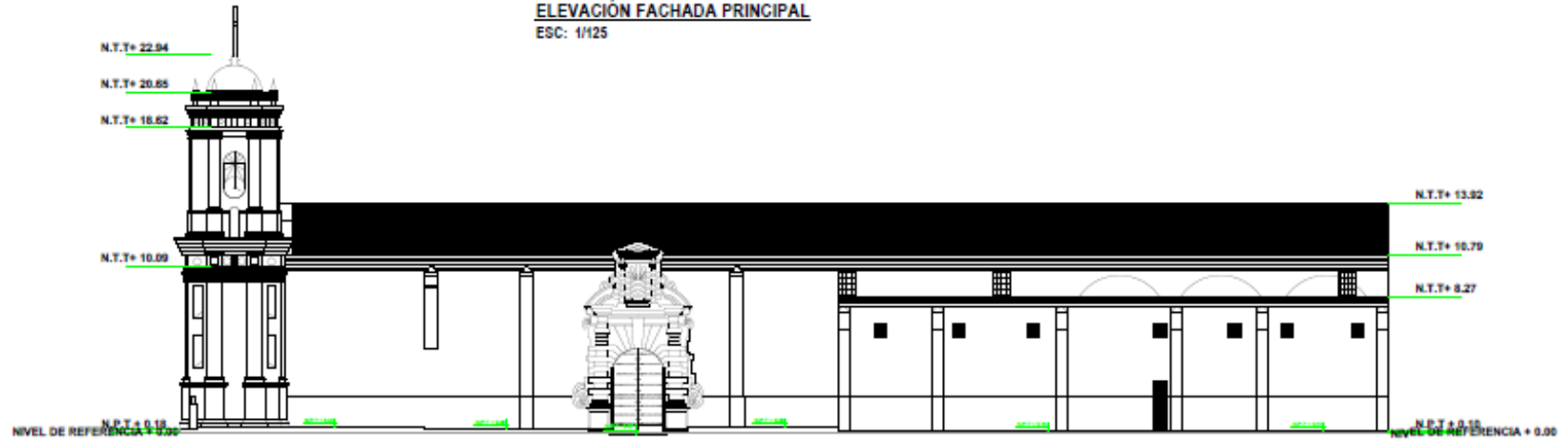
Ve a Configuración para act...



 <p>USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS:</p> <p>"EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAFE"</p>	<p>ESPECIALIDAD:</p> <p>ARQUITECTURA</p>	<p>UBICACIÓN:</p> <p>Urbanismo Arquitectónico Pública - Religión Centro - Religión Urbano</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p> <p>FECHA: OCTUBRE 2021</p>	<p>LAMINA:</p> <p>A-01</p>
		<p>TESISTA: LIDIA GRANADOS CHAPLOQUE</p> <p>ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MIZA</p>	<p>PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PLANS:</p> <p>DISTRIBUCIÓN DE AMBIENTES</p>	<p>Word Geodetic System: S4 Sistema de proyección cartográfica: Universal Transversal de Mercator (UTM) Datum: Elevación: Cuerda: Cuerda:</p>	<p>Configuración para activar</p>



ELEVACIÓN FACHADA PRINCIPAL
ESC: 1/125



ELEVACIÓN FACHADA LATERAL DERECHA
ESC: 1/125

 USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL	PROYECTO DE TESIS: "EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAFE"	ESPECIALIDAD: ARQUITECTURA	UBICACIÓN: Distrito de Lumbayasi Provincia de Ferreñafe Departamento de Tarma	ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2021	LAMINA: A-02
		TESISISTA: LIDIA GRANADOS CHAPLOQUE ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MIZA	PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL	PLANOS: ELEVACIÓN FACHADA LATERAL DERECHA	WINDOS Windows Configuración para activar	



ELEVACIÓN FACHADA LATERAL IZQUIERDA

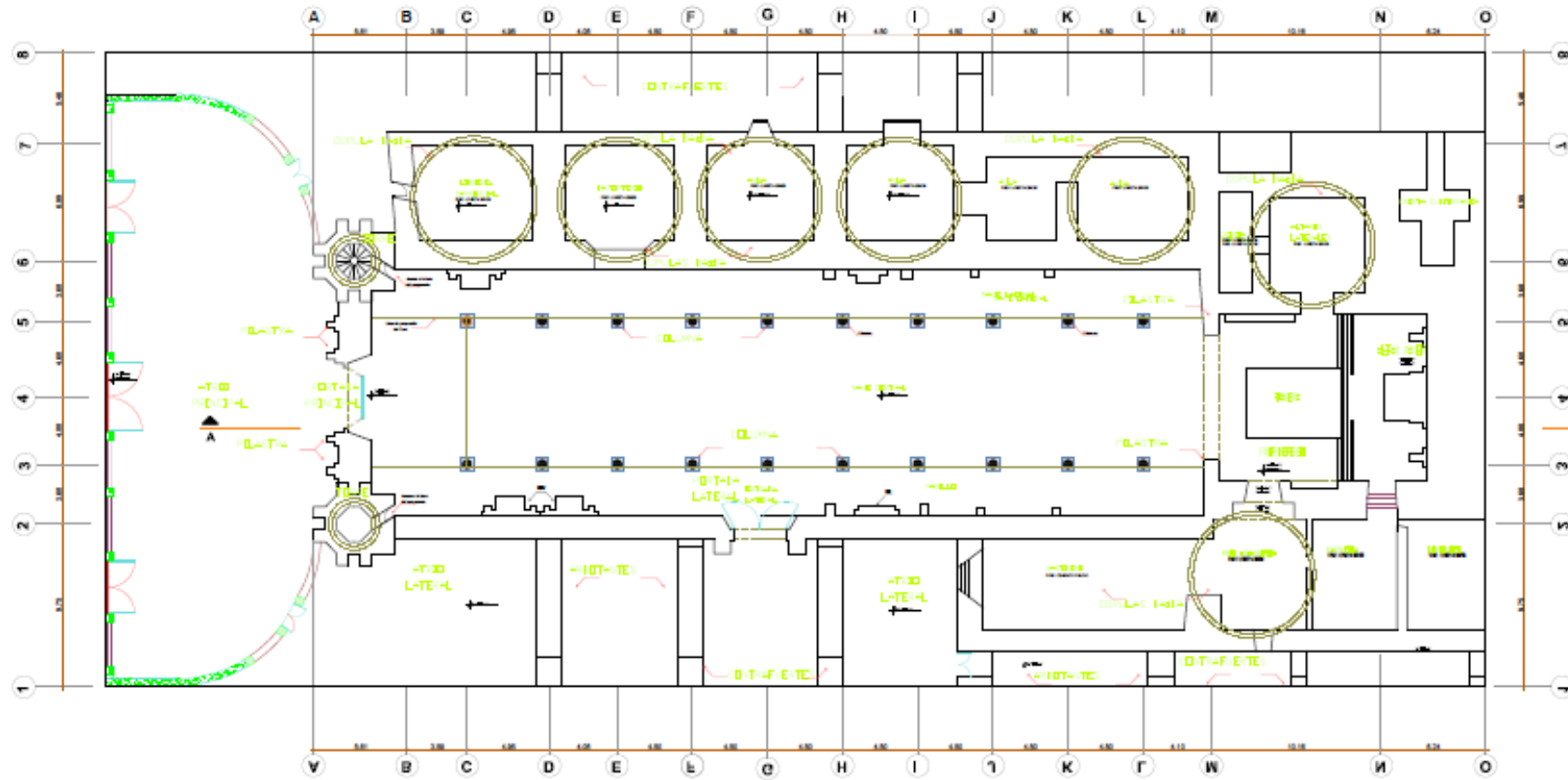
ESC: 1/125



CORTE A-A

ESC: 1/125

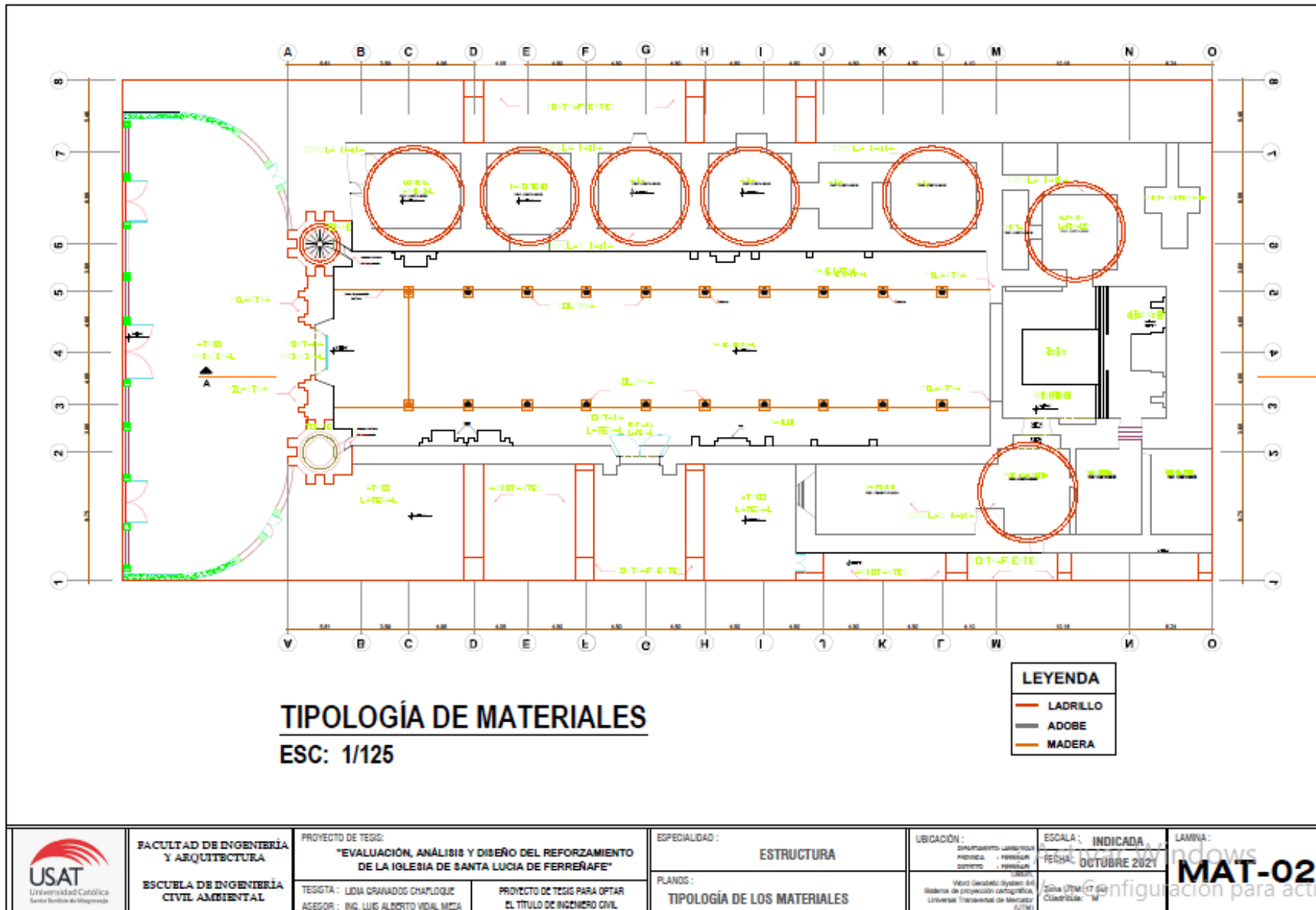
 <p>USAT Universidad Católica Santa Teresita de Mogrovejo</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS:</p> <p>"EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAFE"</p>	<p>ESPECIALIDAD :</p> <p>ARQUITECTURA</p>	<p>UBICACIÓN :</p> <p>Departamento: Lambayeque Provincia: Ferreñafe Distrito: Ferreñafe</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p> <p>FECHA: OCTUBRE 2021</p>	<p>LAMINA:</p> <p>A-03</p>
		<p>TESISTA: LIDIA GRANADOS CHAPLOQUE</p> <p>ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MIZA</p>	<p>PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PLANOS:</p> <p>ELEVACIÓN Y CORTE A-A</p>	<p>Word Geodetic System 8.4 Sistema de proyección cartográfica, Universidad Transversal de Moravia (UTM)</p>	<p>Configuración para activar</p>



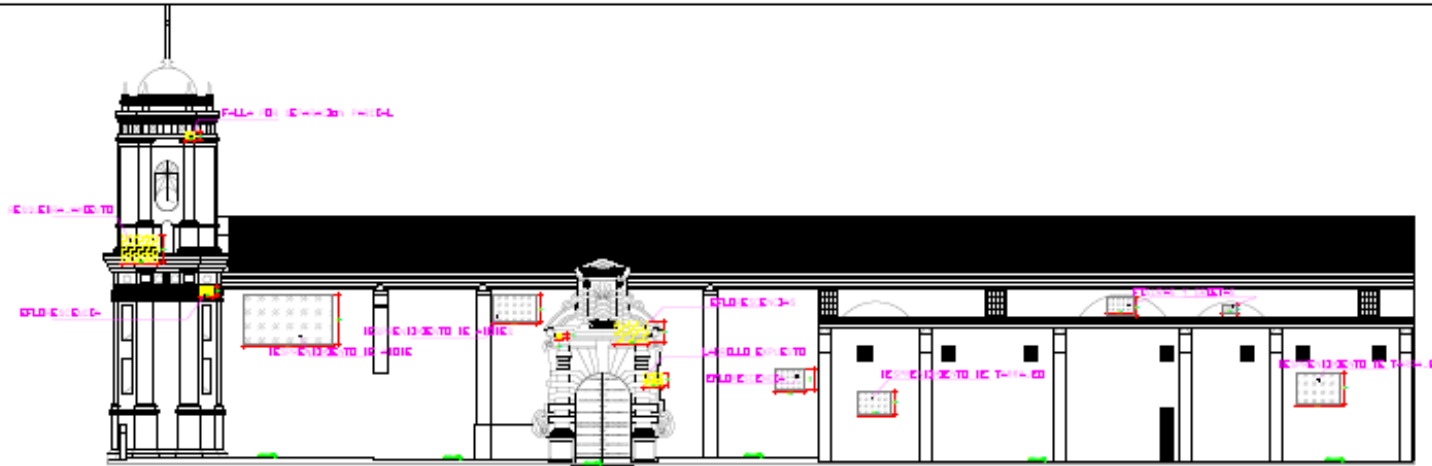
ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ESC: 1/125

 <p>USAT Universidad Católica Santa Teresita de Magreque</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS:</p> <p>"EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAFA"</p>	<p>ESPECIALIDAD:</p> <p>ESTRUCTURAS</p>	<p>UBICACIÓN:</p> <p>Distrito de San Juan, Provincia de Huancayo, Departamento de Huancayo</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p> <p>FECHA: OCTUBRE 2021</p>	<p>LAMINA:</p> <p>SE-01</p>
		<p>TESISTA: LUDIA GRANADOS CHAPLOQUE</p> <p>ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MIZA</p>	<p>PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PLANOS:</p> <p>SISTEMA ESTRUCTURAL</p>	<p>Software: AutoCAD 2011</p> <p>Sistema de proyección cartográfica: UTM</p> <p>Unidad de medición de longitud: (UTM)</p>	



 <p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS: "EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAPE"</p>	<p>ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA</p>	<p>UBICACIÓN: Departamento: Lambayeque Provincia: Ferreñafe Distrito: Ferreñafe</p>	<p>ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2021</p>	<p>LAMINA: MAT-02</p>
	<p>TESISTA: LIDIA GRANADOS CHAPLOQUE ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MIZA</p>	<p>PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PLANDS: TIPOLOGÍA DE LOS MATERIALES</p>	<p>WATER: Sistema de proyección cartográfica: Universal Transversal de Mercator (UTM) Datum: WGS 84</p>	<p>2014 (TM) (T 60) Configuración para activar</p>



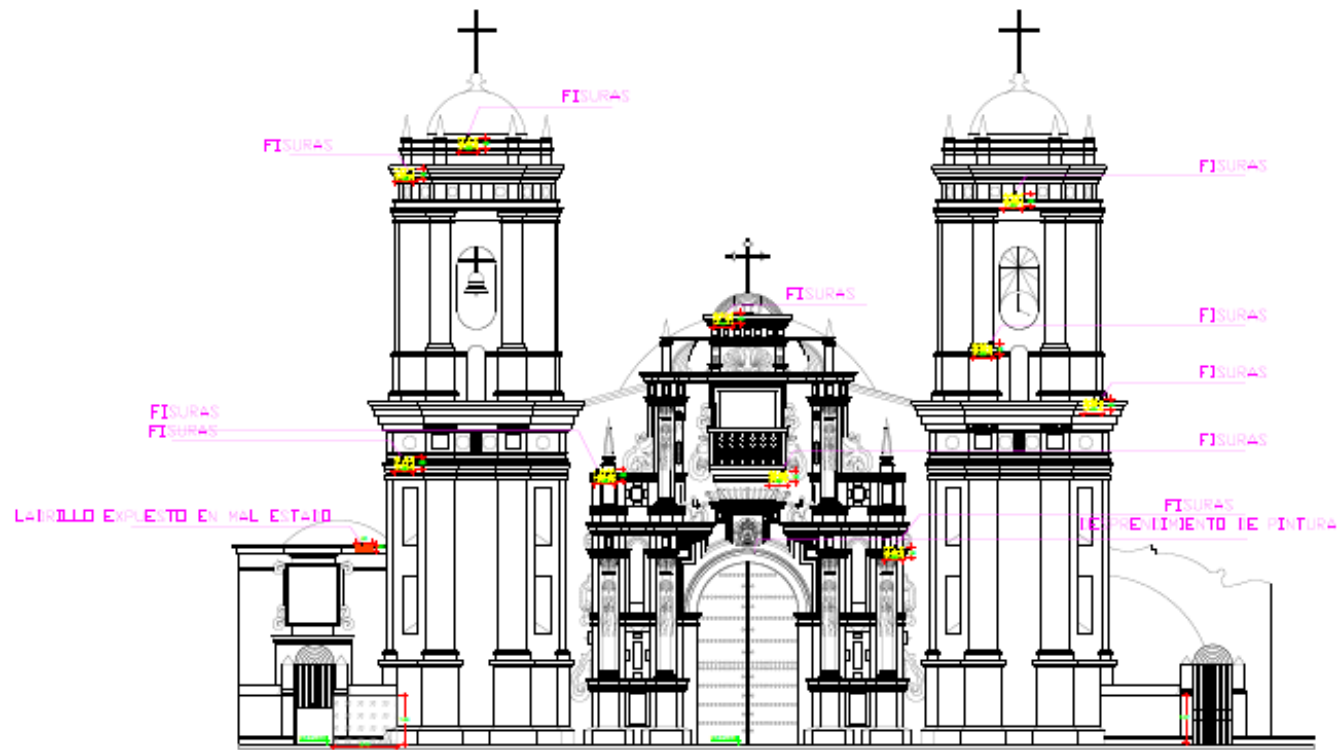
ELEVACIÓN FACHADA LATERAL DERECHA
 ESC: 1/125

LEYENDA	
	ÁREAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL
	ÁREAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL
	REFORZAMIENTO
	REFORZAMIENTO



ELEVACIÓN FACHADA LATERAL IZQUIERDA
 ESC: 1/125

<p>USAT Universidad Católica Santa Teresita del Magno</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS:</p> <p>"EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAFE"</p>	<p>ESPECIALIDAD :</p> <p>ESTRUCTURA</p>	<p>UBICACIÓN :</p> <p>Dpto. Arequipa - Calle Comercio - Ferreñafe</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p> <p>FECHA: OCTUBRE 2021</p>	<p>LAMINA:</p> <p>TF-01</p>
		<p>REGISTRO: LIDIA GRANADOS CHAPLOQUE</p> <p>ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MICA</p>	<p>PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PLANO:</p> <p>TIPO DE FISURAS</p>	<p>Wint Geodetic System 3D Sistema de proyección cartográfica: Universal Transversal de Mercator (UTM)</p>	



ELEVACIÓN FACHADA PRINCIPAL
ESC: 1/75

LEYENDA	
	ABRILES EXPUESTOS EN MAL ESTADO
	LADRILLO EXPUESTO EN MAL ESTADO
	EFLORESCENCIAS
	FIGURAS Y GRIETAS

<p>USAT Universidad Católica Sancti Spiritus del Imperio</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS: "EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCÍA DE FERREÑAFE"</p>	<p>ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA</p>	<p>UBICACIÓN: DEPARTAMENTO LAMBAYECA PROVINCIA FERREÑAFE CENTRO URB. SANTA LUCÍA</p>	<p>ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2021</p>	<p>LAMINA: TF-02</p>
		<p>TESISTA: LIDIA GRANADOS CHAPUQUE ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MIZA</p>	<p>PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PLANO: TIPO DE FIGURAS</p>	<p>UBICACIÓN: VIA DE GRUPO SYSTEM 84 SISTEMA DE PROYECCIÓN CARTOGRAFICA UNIVERSIDAD TRANSACCIONAL DE MERCADO (UTM)</p>	<p>ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2021</p>



ELEVACIÓN FACHADA LATERAL DERECHA
 ESC: 1/125



ELEVACIÓN FACHADA LATERAL IZQUIERDA
 ESC: 1/125

 <p>USAT Universidad Católica Santo Tomás de Aquino</p>	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL</p>	<p>PROYECTO DE TESIS: "EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE LA IGLESIA DE SANTA LUCIA DE FERREÑAFÉ"</p>	<p>ESPECIALIDAD: ESTRUCTURA</p>	<p>UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: LAMBERSON PROVINCIA: FERREÑAFÉ CANTÓN: FERREÑAFÉ</p>	<p>ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2021</p>	<p>LAMINA: TR-02</p>
		<p>TESISTA: LIDIA GRANADOS CHAPLOQUE ASESOR: ING. LUIS ALBERTO VIDAL MICA</p>	<p>PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL</p>	<p>PLANOS: TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO</p>	<p>Wint Geographic System 8.4 Sistema de proyección cartográfica, Universal Transverse de Mercator (UTM)</p>	