

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES



**“FORMULACIÓN DE ALTERNATIVA ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN
PARA LA IGLESIA SAN JUAN”**

**(Comunidad: San Juan del Oro – Municipio Las Carreras – Prov. Sud Cinti
Chuquisaca)**

POR:

FLORENCIO YEVARA MARTÍNEZ

**EN LA ASIGNATURA DE PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL CIV-502
(MENCIÓN ESTRUCTURAS)**

SEMESTRE - I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS MATERIALES

**“FORMULACIÓN DE ALTERNATIVA ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN
PARA LA IGLESIA SAN JUAN”**

**(Comunidad: San Juan del Oro – Municipio Las Carreras – Prov. Sud Cinti
Chuquisaca)**

Por:

FLORENCIO YEVARA MARTÍNEZ

SEMESTRE - I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M.Sc.Ing. Arturo Juan Jesus Dubravcic Alaiza
DOCENTE DE CIV-502

M.Sc.Ing. Ernesto R. Alvarez Gozávez
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

M.Sc. Ing. Elizabeth Castro Figueroa
**VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

TRIBUNAL:

M.Sc.Ing. Dimar Fernández Sulca.

M.Sc.Ing. Weimar Mejía Mogrovejo.

M.Sc.Ing. Mabel Zambrana Velasco.

Dedicatoria:

El presente trabajo está dedicado con todo mi amor a mi amada familia, por ayudarme a hacer realidad mis sueños y metas con su incesante apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por darme la vida, fortaleza, paciencia y dedicación.

A mis amados padres: por el apoyo, comprensión y la más sublime belleza y regocijo de su presencia.

A mis hermanos: por estar siempre conmigo en los buenos y malos, alegres y tristes momentos. Por brindarme su apoyo y buen sentido de humor, incluso en los momentos más difíciles.

A todos mis amigos y amigas de la universidad que tuve el placer de conocer y compartir gratos momentos.

A todos los docentes y profesores que me brindaron sus conocimientos, amistad y su valioso tiempo.

CONTENIDO

CAPÍTULO I – ASPECTOS GENERALES	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.2.1. <i>Investigación Histórica</i>	3
1.2.2. <i>Estilo Arquitectónico</i>	6
1.2.3. <i>Caracterización de Materiales</i>	6
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.4. FORMULACIÓN.....	7
1.5. SISTEMATIZACIÓN.....	7
1.6. HIPÓTESIS.....	8
1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.7.1. <i>Objetivo General</i>	8
1.7.2. <i>Objetivos Específicos</i>	8
1.8. ALCANCES.....	9
1.9. LIMITACIONES.....	9
1.10. CRITERIOS GENERALES.....	9
1.11. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.11.1. <i>Académica</i>	11
1.11.2. <i>Técnica</i>	11
1.11.3. <i>Social</i>	11
1.12. UBICACIÓN.....	12
CAPÍTULO II – MARCO TEÓRICO	13
2.1. GENERALIDADES.....	13
2.1.1. <i>Grados de intervención</i>	14
2.1.2. <i>Procedimientos de intervención</i>	15
2.1.2.1. <i>Estudio y conocimiento del objeto a restaurar</i>	15
2.1.2.2. <i>Eliminación de añadidos</i>	15
2.1.2.3. <i>Consolidación</i>	15
2.1.2.4. <i>Reintegración</i>	16
2.1.2.5. <i>Integración</i>	16

2.1.3. <i>Principios de Intervención</i>	16
2.1.4. <i>Elección de materiales y técnicas de restauración</i>	18
2.2. INTERVENCIONES A CIMENTACIONES	18
2.2.1. <i>Recalce de cimentaciones</i>	18
2.2.1.1. <i>Inyección de concreto</i>	19
2.2.1.2. <i>Inyección de resinas expansivas</i>	19
2.2.2. <i>Sustitución de piezas</i>	19
2.3. MUROS DE ADOBE	20
2.3.1. <i>Patologías en muros de adobe</i>	22
3.3.1.1. <i>Humedad</i>	22
2.4. CUBIERTA	23
CAPÍTULO III – DIAGNÓSTICO	25
3.1. INTRODUCCIÓN	25
3.2. CIMENTACIÓN	26
3.2.1. <i>Factores intervinientes</i>	27
3.3. MUROS	30
3.3.1. <i>Fachada Frontal</i>	32
3.3.2. <i>Fachada Lateral Derecha</i>	34
3.3.3. <i>Fachada Lateral Izquierda</i>	36
3.3.4. <i>Fachada Posterior</i>	38
3.4. INTERIOR DE LA IGLESIA	40
3.5. CUBIERTA	40
3.6. INTERIOR DEL TECHO (CIELO FALSO)	44
3.7. CAMPANARIO	48
3.8. VESTÍBULO	51
3.8.1. <i>Cimentación</i>	53
3.8.2. <i>Muros</i>	54
3.8.3. <i>Cubierta</i>	55
3.8.4. <i>Interior del Vestíbulo</i>	56
CAPÍTULO IV – DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	58
4.1. ESTUDIOS TÉCNICOS PREVIOS	58
4.1.1. <i>Levantamiento topográfico</i>	58

4.1.2. Estudio geotécnico	58
4.2. ANÁLISIS DE CARGAS DE CUBIERTA	59
4.2.1 Carga Permanente	59
4.2.1.1. Tejado	59
4.2.1.2. Cielo Falso	60
4.2.1.3. Cerchas (Tijeras).....	60
4.2.1.4. Carga Permanente en cada Cercha.....	62
4.2.2. Carga Viva	63
4.2.2.1. Carga de Viento	63
4.2.2.1.1. Presión dinámica de diseño mínima	63
4.2.2.1.2. Factores que influyen en la presión dinámica del viento	64
4.2.2.1.2.1. Velocidad básica del viento	64
4.2.2.1.2.2. Factor de direccionalidad del viento K_d	65
4.2.2.1.2.3. Factor de importancia I	66
4.2.2.1.2.4. Categorización de exposición para presión dinámica K_e	66
4.2.2.1.2.5. Efectos de topográficos	68
4.2.2.1.3. Presión dinámica puntual	70
4.2.2.1.4. Presiones dinámicas del viento.....	70
4.2.2.1.4.1. Presión sobre cubierta con viento paralelo a la cumbrera.....	71
4.2.2.1.4.2. Presión del viento con dirección normal a la cumbrera	72
4.2.2.1.5. Presiones generadas	74
4.2.2.1.6. Consideraciones.....	75
4.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PREVIO	75
4.3.1. Cubierta.....	75
4.3.1.1. Nave central	75
4.3.1.2. Vestíbulo	78
4.3.2. Muros	79
4.4. FORMULACIÓN DE SOLUCIONES	80
4.4.1. Alternativas de solución a fallas estructurales	81
4.4.1.1. Cubierta.....	81
4.4.1.2. Muros	82
4.4.1.1.1. Alternativa 1	83
4.4.1.1.2. Alternativa 2	84

4.4.2. Solución a fallas no estructurales	86
4.4.2.1. Cimentación	86
4.4.2.2. Muros y Campanario	87
4.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE ALTERNATIVAS PLANTEADAS	87
4.5.1. Cubierta.....	87
4.5.2. Cargas de diseño para la cubierta.....	90
4.5.3. Cargas de comprobación de cerchas existentes	92
4.5.4. Cargas de diseño para cercha nueva.....	95
4.5.5. Cargas en los muros laterales.....	99
4.5.6. Cargas para elementos de hormigón armado.....	103

CAPÍTULO V – DISEÑO Y COMPROBACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
..... 106

5.1. DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA.....	106
5.1.1. Diseño Correas	106
5.1.2. Rediseño y verificación de cercha existente.....	108
5.1.3. Diseño de cercha nueva	110
5.2. DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO	114
5.2.1. Diseño de empalmes.....	114
5.2.2. Dispositivos de anclaje.....	116
5.2.3. Diseño de tensores	117
5.3. DISEÑO DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO	117
5.3.1. Vigas.....	117
5.3.2. Columnas.....	122
5.3.3. Diseño de la zapata medianera (Z-5).....	126
5.4. RESUMEN DE DISEÑO.....	128
5.4.1. Elementos de Madera.....	128
5.4.2. Elementos más solicitados de hormigón armado.....	129
5.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	130
5.6. CÓMPUTOS MÉTRICOS	130
5.7. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	130
5.8. PRESUPUESTO GENERAL DE ALTERNATIVA DE RESTAURACIÓN	131
5.9. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN.....	131
5.10. APORTE ACADÉMICO.....	131

CAPÍTULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	136
6.1. CONCLUSIONES	136
6.2. RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFÍA	139
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coorordenadas Geodésicas.....	12
Tabla 2: Propiedades mecánicas del Adobe	21
Tabla 3: Coeficientes de Presión interna GC_{pi}	23
Tabla 4: Coeficientes de Presión Externa.....	24
Tabla 5: Peso estimado por unidad de área (Tejado).....	59
Tabla 6: Peso estimado por unidad de área (Cielo Falso).....	60
Tabla 7: Velocidades básicas del Viento en Ciudades	64
Tabla 8: Factor de Direccionalidad K_d	65
Tabla 9: Factor de Imporancia I	66
Tabla 10: Coeficiente de exposición K_z y K_h	67
Tabla 11: Factor topográfico K	69
Tabla 12: Coeficientes de presión externa C_p para cubiertas, con Viento Normal o Paralelo a la cumbrera.....	71
Tabla 13: Coeficientes de presión en paredes C_p	72
Tabla 14: Coeficientes de Presión externa C_p del edificio.....	72
Tabla 15: Presiones en los Elementos Resistentes a la Fuerza del Viento.....	73
Tabla 16: Cargas de viento consideradas	74
Tabla 17: Reacciones de los muros frente a las cargas.....	77
Tabla 18: Reacciones de muros del vestíbulo.....	79
Tabla 19: Peso propio de elementos de cubierta “ Teja Colonial”.....	88
Tabla 20: Carga de viento en cubierta para un ancho efectivo	89
Tabla 21: Carga de viento en cubierta para un ancho efectivo	89
Tabla 22: Cargas de Viento en elementos resistentes a la fuerza del viento	90
Tabla 23: Combinaciones de Cargas a Barlovento.....	91
Tabla 24: Combinación de cargas a Sotavento	91
Tabla 25: Componente horizontal - carga de viento en cubierta	91
Tabla 26: Peso de elementos de cielo falso.....	92
Tabla 27: Combinaciones de carga para diseño de Cerchas lado Barlovento	93
Tabla 28: Combinaciones de carga para diseño de Cerchas lado Barlovento	93
Tabla 29: Reacciones de la cercha existente.....	94
Tabla 30: Fuerzas internas en cercha existente	95

Tabla 31: Peso de elementos de cielo falso.....	96
Tabla 32: Combinaciones de carga para diseño de Cercha nueva, lado Barlovento.....	97
Tabla 33: Combinaciones de carga para diseño de Cercha nueva, lado Barlovento.....	98
Tabla 34: Reacciones de la cercha nueva.....	99
Tabla 35: Valores de las fuerzas axiales de elementos de la cercha	99
Tabla 36: Reacciones verticales de columnas “lado izquierdo” sin contar peso propio de vigas.....	103
Tabla 37: Reacciones horizontales de columnas	104
Tabla 38: Reacciones verticales de columnas “lado derecho” sin contar peso propio de vigas.....	105
Tabla 39: Propiedades geométricas de correas	107
Tabla 40: Propiedades geométricas de los palos de cercha existente.....	108
Tabla 41: Fuerzas axiales internas de cercha nueva.....	108
Tabla 42: Parámetros de diseño de elemento más solicitado	109
Tabla 43: Esfuerzos admisibles de madera tipo B	109
Tabla 44: Fuerzas axiales internas de cercha nueva.....	110
Tabla 45: Propiedades geométricas de elemento más solicitado- cercha nueva	111
Tabla 46: Parámetros de diseño elemento más solicitado – cercha nueva	112
Tabla 47: porcentaje para los beneficios sociales.....	131
Tabla 48: Incidencias asumidas para cálculo de precios unitarios	131

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Estado actual de la cubierta	2
FIGURA 2: Inscripción póstuma de lápida	4
FIGURA 3: Año de reconstrucción del campanario y de una de las campanas	5
FIGURA 4: Estado de la Torre del campanario	5
FIGURA 5: Fachada frontal y lateral derecha de la iglesia	6
FIGURA 6: Ubicación geográfica	12
FIGURA 7: Mejoramiento del terreno por inyección de concreto	19
FIGURA 8: Sustitución de piezas de la pared	20
FIGURA 9: Formas de pircado de los adobes	22
FIGURA 10: Patología frecuente en cubiertas antiguas	23
FIGURA 11: Plano en planta	25
FIGURA 12: Cimentación	26
FIGURA 13: Disgregación de las juntas de la Cimentación	27
FIGURA 14: Material suelto arrastrado por arroyo	28
FIGURA 15: Proliferación de maleza al lado del Cimiento	28
FIGURA 16: Erosión de pared y cimiento por escurrimiento directo desde el tejado	29
FIGURA 17: Cimentación lado derecho	30
FIGURA 18: Disposición de las filas de adobe	31
FIGURA 19: Arriostramiento con palos entre ambos muros longitudinales	32
FIGURA 20: Anclaje del puntal, en interior y exterior respectivamente	32
FIGURA 21: Fisuras longitudinales en muro frontal	33
FIGURA 22: Caída del revestimiento; fachada frontal	33
FIGURA 23: Desmoronamiento del revestimiento en la parte baja de la fachada frontal	34
FIGURA 24: Erosión en la parte superior de la pared	35
FIGURA 25: Muro de contención lado derecho	36
FIGURA 26: Erosión en muro lateral izquierdo	37
FIGURA 27: Muros de contención lado izquierdo	38
FIGURA 28: Abertura del muro trasero, entre unión con muro lateral derecho	39
FIGURA 29: Erosión bajo de la ventana; pared trasera	39
FIGURA 30: Desprendimiento del revoque en el interior de la iglesia	40
FIGURA 31: Conformación estructural de la cubierta	41

FIGURA 32: Cercha hecha rústicamente permite la forma en bóveda del cielo falso.....	42
FIGURA 33: Empalme en los nudos de la cercha con materiales disponibles en la época.	43
FIGURA 34: Colapso de la cubierta junto con el cielo falso.....	44
FIGURA 35: Entramado de caña hueca para el cielo falso	45
FIGURA 36: Arco de madera del cielo falso.....	46
FIGURA 37: Rotura y colapso de la estructura del cielo falso	46
FIGURA 38: Deformación del cielo falso	47
FIGURA 39: Acumulación de excremento de murciélago.....	48
FIGURA 40: Puerta entre el interior de la iglesia y la torre del campanario.....	49
FIGURA 41: Vista lateral de la torre del campanario	50
FIGURA 42: Desprendimiento del revoque exterior.....	50
FIGURA 43: Vista lateral del vestíbulo	51
FIGURA 44: Cielo falso del Vestíbulo	52
FIGURA 45: Revestimiento en el interior del vestíbulo.....	53
FIGURA 46: Desprendimiento de piedras del cimientó.....	53
FIGURA 47: Erosión en la pared lateral del vestíbulo	54
FIGURA 48: Fisura en la pared frontal del vestíbulo.....	55
FIGURA 49: Caída del alero de la cubierta	56
FIGURA 50: Caída y deterioro del cielo falso del Vestíbulo	57
FIGURA 51: Ubicación de los pozos de prospección.....	58
FIGURA 52: Detalles de la Cercha	61
FIGURA 53: Carga muerta de cerchas existentes.....	62
FIGURA 54: Ubicación geográfica de la edificación.....	66
FIGURA 55: Incremento de velocidad del Viento sobre de una Colina.....	68
FIGURA 56: Diagrama de presiones del viento.....	74
FIGURA 57: Cargas de peso propio en la Cercha.....	76
FIGURA 58: Diagrama de fuerzas axiales de la Cercha.....	76
FIGURA 59: Cargas vivas generadas en la cubierta.....	77
FIGURA 60: Cargas de Peso propio en la cubierta del Vestíbulo	78
FIGURA 61: Diagrama de cargas en muro lateral izquierdo.....	79
FIGURA 62: Diagrama de cargas en muro lateral derecho	80
FIGURA 63: Vista en planta de alternativa estructural de Arriostramiento	85
FIGURA 64: Vista tridimensional de Arriostramiento de la Edificación	86

FIGURA 65: Disposición de correas para teja colonial	88
FIGURA 66: Acciones del Viento sobre cubierta de la nave de la Iglesia	90
FIGURA 67: Cargas de diseño para la cubierta	92
FIGURA 68: Cargas de diseño y comprobación de cercha existente	94
FIGURA 69: Diagrama de cuerpo libre de la cercha existente	95
FIGURA 70: Cercha a ser incluida en la cubierta de la iglesia	96
FIGURA 71: Diagrama de cuerpo libre de la nueva cercha	98
FIGURA 72: Acciones de diseño para elementos de arriostramiento, muro latera izquierdo	100
FIGURA 73: Ancho de franja considerada para determinación de cargas muro lateral izquierdo	100
FIGURA 74: Acciones de diseño para elementos de arriostramiento, muro latera derecho	101
FIGURA 75: Ancho de franja considerada para determinación de cargas muro lateral izquierdo	102
FIGURA 76: Detalles de cercha existente	108
FIGURA 77: Cercha nueva - iglesia	111
FIGURA 78: Esfuerzo de fluencia y rotura del acero en uniones	114
FIGURA 79: Falla por aplastamiento en planchas de anclaje	115
FIGURA 80: fuerzas actuantes en los apoyos de cercha nueva	116
FIGURA 81: Sección efectiva de los diámetros de pernos	117
FIGURA 82; Disposición de armaduras viga C11- C12	122
FIGURA 83: Detalles constructivos de nueva cercha	129
FIGURA 84: Respuesta estructural de estructura biarticulada externamente	133
FIGURA 85: Respuesta estructural de estructura isostática	134
FIGURA 86: Dispositivos de apoyo "fijo y móvil"	134
FIGURA 87: Detalle de inclusión de elemento de H° A° al muro de adobe	135
FIGURA 88:Detalle del calado a realizar a los muros de adobe y cimiento	135