

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EVALUACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN DESIGN Y LA
TECNOLOGÍA BIM COMO HERRAMIENTA EN LA
ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO: CREACIÓN DEL
COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL NIÑO
SALVADOR DEL MUNDO–ALTO PUNO, DISTRITO, PROVINCIA
Y DEPARTAMENTO DE PUNO, 2018”**

TESIS

PRESENTADA POR:

**LADY MIRELLA FLORES PACHO
PAOLA LILIANA MEDINA BUSTAMANTE**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“EVALUACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN DESIGN Y LA TECNOLOGÍA
BIM COMO HERRAMIENTA EN LA ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE
TÉCNICO: CREACIÓN DEL COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL
NIÑO SALVADOR DEL MUNDO–ALTO PUNO, DISTRITO, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE PUNO, 2018”

TESIS PRESENTADA POR:

LADY MIRELLA FLORES PACHO
PAOLA LILIANA MEDINA BUSTAMANTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 DE DICIEMBRE DEL 2018

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

Ing. RAÚL FERNANDO ECHEGARAY CHAMBI

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA

SEGUNDO MIEMBRO

:

Ing. JOSE LUIS CUTIPA ARAPA

DIRECTOR / ASESOR

:

Ing. YASMÁN TEÓFILO VITULAS QUILLE

TEMA: Diseño de proyectos

ÁREA: Construcciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcciones y gerencia



DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a la gran familia que pertenezco orgullosamente. A mi madre por su paciencia y enseñanza quien es la responsable de todo lo bueno que hay en mi vida, a mi padre por su preocupación y cuidado; y a ambos por su incondicional apoyo y comprensión. A mi hermana Karem, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mis las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día más.

Lady Mirella

A Dios por ser mi padre celestial y por bendecirme con todo lo que viene de su mano, a mis padres Jaime y Nila pues son mi principal cimiento para mi formación personal y profesional, en ustedes veo un ejemplo a seguir, sus virtudes y valores me hacen admirarlos cada día más.

A mis hermanos, Karen por ser mi mejor amiga, mi confidente y consejera desde pequeña, Ronald por ser uno de mis motivos que me hace querer ser mejor persona, A mis abuelitos Humberto y Bertha, porque han fomentado en mí el deseo de superación y triunfo en la vida. A mis queridos tíos y primos, gracias por darme aliento y motivación constante para seguir adelante y a Ciro por ser mi mejor amigo, espero contar siempre con tu valiosa amistad.

Paola Liliana

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios por la vida. Gracias a mis padres, Dora y Wiliam, a mi querida hermana Karem, a mi cuñado Ronald y a mi adorada Fernandita por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. A mi familia, en especial a mis tías Elizabeth, Doris y tío Fernando, por ser verdaderas inspiraciones de persona y ayudarme a mantenerme en la ruta del éxito.

A mis amigos de la Universidad con quienes sin duda el periodo universitario fue un mejor pasar, de los cuales aprendí y viví momentos inolvidables. Les deseo lo mejor en su futuro como Ingenieros.

Lady Mirella

A Dios, por brindarme las incontables oportunidades, A mis padres Jaime y Nila, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en cada decisión y meta que tengo, por ser mi ejemplo a seguir y que junto con mis hermanos Karen, Luigui y Ronald son mi fuente de motivación e inspiración para superarme día a día. A mi prima Cristel y a mis abuelitos, personas vitales en mi vida.

A mis amigos de universidad Leidy, Edson, Lucero y mis compañeros de clase código 11, que con sus enseñanzas, risas y compañía hicieron más grato el camino a esta meta.

Paola Liliana

A nuestros docentes de nuestra querida Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en especial a los ingenieros Raúl, Roberto, José Luis, Yasmani y Jaime por sus enseñanzas, atención y amabilidad en todo lo referente a nuestra vida como alumnas de grado, gracias por contribuir a que este sueño se haga realidad.

A nuestros amigos de la vida; Ciro, Sharon, Samantha, Gerson, Blanca; quienes siempre fueron un pilar emocional fundamental en nuestras vidas, estando siempre presente cuando los necesitamos y a los cuales siempre apreciaremos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	17
RESUMEN	19
ABSTRACT.....	20
CAPÍTULO I	21
1. INTRODUCCIÓN	21
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.4. HIPÓTESIS.....	23
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	23
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	24
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24
CAPÍTULO II	26
2. REVISIÓN DE LITERATURA	26
2.1. ANTECEDENTES	26
2.2. MARCO TEÓRICO	32
2.2.1. LEAN PROJECT MANAGEMENT	32
2.2.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA FILOSOFÍA “LEAN”	32
2.2.1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LEAN CONSTRUCTION.....	33
2.2.1.3. LEAN PRODUCTION (PRODUCCIÓN “LEAN”)	33
2.2.1.4. LEAN CONSTRUCTION.....	38
2.2.1.5. LEAN PROJECT MANAGEMENT (GERENCIA DE PROYECTOS “LEAN”).....	40

2.2.1.6. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM (SISTEMA DE ENTREGA DE PROYECTOS “LEAN”).....	47
2.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	50
2.2.2.1. MÓDULOS DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	51
2.2.2.1.1. NECESIDADES Y VALORES	51
2.2.2.1.2. CRITERIOS DE DISEÑO.....	52
2.2.2.1.3. CONCEPTOS DE DISEÑO	52
2.2.2.2. PROCESO DE LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO	52
2.2.2.3. HERRAMIENTAS PARA LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO	54
2.2.2.3.1. INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD).....	54
2.2.2.3.2. CONSTRUCTABILIDAD	58
2.2.3. DISEÑO SIN PERDIDAS.....	60
2.2.3.1. MÓDULOS DE DISEÑO SIN PÉRDIDAS	60
2.2.3.1.1. CONCEPTO DE DISEÑO	60
2.2.3.1.2. DISEÑO DE PROCESO	60
2.2.3.1.3. DISEÑO DE PRODUCTO.....	61
2.2.3.2. PROCESOS DE UN DISEÑO SIN PÉRDIDAS	61
2.2.4. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING).....	63
2.2.4.1. LAS VENTAJAS MÁS IMPORTANTES DEL BIM.....	64
2.2.4.2. LA METODOLOGÍA BIM.....	66
2.2.4.3. LINEAMIENTOS DEL BIM	67
2.2.4.4. BIM EN LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	68
2.2.4.5. BIM EN LA ETAPA DE DISEÑO DE PROYECTOS.....	68
2.2.4.6. TECNOLOGÍAS BIM EN EL PERÚ Y EL MUNDO.....	69
2.2.4.7. SOFWARES BIM PARA ARQUITECTURA.....	77
2.2.4.8. SOFWARES BIM PARA INGENIERÍA	79
2.2.5 LAST PLANNER	82
CAPÍTULO III.....	87

3.1. MATERIALES	87
3.1.1. POBLACIÓN:.....	87
3.2. MÉTODOS	87
3.2.1. REVISIÓN TEÓRICA Y CAPACITACIÓN LEAN-BIM	87
3.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO (SEGÚN LEAN PROJECT MANAGEMENT)	89
3.2.2.1. NECESIDADES Y VALORES	89
3.2.2.2. CRITERIOS DE DISEÑO.....	93
3.2.2.3. CONCEPTOS DE DISEÑO	94
3.2.2.3.1. PROYECTO ARQUITECTÓNICO	94
3.2.2.3.2. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA	105
3.2.2.3.2.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	105
3.2.2.3.2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	132
3.2.3. DISEÑO SIN PERDIDAS.....	135
3.2.3.1 DISEÑO DEL PROCESO	135
3.2.3.1.1. DISEÑO ESTRUCTURAL	135
3.2.3.1.2. DISEÑO DE OTRAS ESPECIALIDADES.....	190
3.2.3.1.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO	191
3.2.3.2. DISEÑO DEL PRODUCTO	191
3.2.3.2.1. MODELAMIENTO DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO	191
3.2.3.2.2. MODELAMIENTO DEL PROYECTO ESTRUCTURAL.....	193
3.2.3.2.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO	223
3.2.3.2.3.1. PLANOS ESTRUCTURALES.....	223
3.2.3.2.3.2. METRADOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESRUCTURAS	226
3.2.3.2.3.3. PRESUPUESTO	231
3.2.4. LAST PLANNER.....	232

CAPÍTULO IV	235
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	235
4.1. DEFINICIÓN DE PROYECTO	240
4.1.1. MUESTRAS	240
4.1.1.1. MÉTODO CONVENCIONAL.....	240
4.1.1.2 MÉTODO LEAN DESIGN	242
4.1.2. PROCESOS DE EVALUACIÓN.....	242
4.2. DISEÑO DEL PRODUCTO	248
4.2.1 ELABORACIÓN DE PLANOS	248
4.2.2 ELABORACIÓN DE METRADOS.....	250
4.2.3 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO	252
4.3 LAST PLANNER	253
CAPÍTULO V	258
5. CONCLUSIONES	258
CAPÍTULO VI.....	261
6. RECOMENDACIONES	261
CAPÍTULO VII	262
7. REFERENCIAS	262
ANEXOS	266

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aforo por componentes del proyecto	104
Tabla 2: Áreas construidas por componentes del proyecto	105
Tabla 3: Esfuerzo en distintas profundidades.....	113
Tabla 4: Cálculo de “r” para distintas profundidades.....	113
Tabla 5: Descripción de prospecciones efectuadas	113
Tabla 6: Valores Típicos de Propiedades de Suelos y Rocas	123
Tabla 7: Valores de Es según tipo de suelo.....	126
Tabla 8: Valores de μ_s según tipo de suelo	126
Tabla 9: Características de suelo de calicata C-1	129
Tabla 10: Puntos topográficos obtenidos de levantamiento topográfico..	132
Tabla 11: Coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica en sentido X y Y	142
Tabla 12: Procedimiento para obtención de espectro	144
Tabla 13: Factores de forma	147
Tabla 14: Modos de vibrar y participación modal, Cascarón externo.....	151
Tabla 15: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón externo en sentido X y Y	153
Tabla 16: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón externo	154
Tabla 17: Modos de vibrar y participación modal, Cúpula Central	154
Tabla 18: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno (cúpula central) en sentido X y Y	157
Tabla 19: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón interno (cúpula central)	157
Tabla 20: Modos de vibrar y participación modal, Ojivales.....	158
Tabla 21: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno (ojivales) en sentido X y Y	158
Tabla 22: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón interno (ojivales)	159
Tabla 23: Límites para la distorsión del entrepiso según norma E-30	159
Tabla 24: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central	160
Tabla 25: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central	162
Tabla 26: Desplazamientos laterales, Bóvedas Ojivales	164
Tabla 27: Combinaciones básicas de diseño	181

Tabla 28: Procedimiento del modelado en Revit Structure del Templo Niño Salvador del Mundo	194
Tabla 29: Pictogramas utilizados en el flujo de procesos según Lean Design	240
Tabla 30: Cuadro comparativo cualitativo de la elaboración de planos en el software Autocad y en el software BIM Revit	249
Tabla 31: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit	250
Tabla 32: Tabla comparativa de metrados elaborados por el método tradicional Vs generados por el software Revit.....	250
Tabla 33: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit	251
Tabla 34: Tabla comparativa de presupuesto parcial elaborados por el método tradicional Vs elaborado en base a metrados generados por el software Revit	252
Tabla 35: Plan maestro del expediente técnico de muestra.	254
Tabla 36: Leyenda del plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra.....	255
Tabla 37: Plan semanal del expediente técnico de muestra.	257
Tabla 38: Leyendas de áreas construidas	282
Tabla 39: Presupuesto de proyecto Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo	286
Tabla 40: Listado de partidas de estructuras del templo Niño Salvador del Mundo.....	326

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de actividades según Lean Production	34
Figura 2: Actividades de transformación y de flujo	35
Figura 3: Triadas del Sistema de entrega de proyectos "lean"-LPDS	48
Figura 4: Módulos de la fase definición del proyecto	51
Figura 5: Procesos de la Definición del proyecto (Ballard y Zabelle, 2000)	53
Figura 6: Actores o agentes sociales que integra el IPD.....	55
Figura 7: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007)del Proceso Tradicional del diseño	57
Figura 8: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007) del Proceso Integrado del Diseño	57
Figura 9: Curva de MacLeany adaptado de "Integrated Project Delivery: A Guide" (2007) The American Institute of Architects (AIA).....	58
Figura 10: Etapas del proyecto donde se puede aplicar la Constructabilidad	59
Figura 11: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas	60
Figura 12: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas	61
Figura 13: Comparación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de una estructura, con los dos sistemas.....	67
Figura 14: Tiempo de Utilización de BIM según Regiones	70
Figura 15: Aumento porcentual de implementación de BIM del 2013 al 2015	70
Figura 16: Mapa que muestra países con uso obligatorio de BIM en proyectos públicos.....	71
Figura 17: Niveles de adopción de BIM en USA.....	72
Figura 18: Diagnóstico de la situación actual de formación de capital humano de BIM en Chile	73
Figura 19: Porcentaje de usuarios que utilizaron BIM para diferentes tipos de proyectos	73
Figura 20: Sistema de trabajo de Last Planner	84
Figura 21. Esquema de los planes necesarios en el proyecto.....	85
Figura 22: Flujo de la metodología Last Planner System	86
Figura 23: Reunión de reconocimiento de necesidades y valores con beneficiarios (feligreses)	90

Figura 24: Reunión de coordinación con beneficiarios, promotores y equipo proyectista.....	91
Figura 25: Reunión de coordinación entre especialistas de diferentes especialidades.....	91
Figura 26: Reunión de coordinación entre especialistas de ingeniería y arquitectura	91
Figura 27: Reunión de coordinación con promotores, consultores y equipo proyectista.....	92
Figura 28: Constatación y delimitación del terreno.....	93
Figura 29: Pruebas insitu para programa de investigación de suelos	93
Figura 30: Primera propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo	94
Figura 31: Segunda propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo	95
Figura 32: Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo.....	96
Figura 33: Distribución funcional del Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo	96
Figura 34: Distribución en planta del Templo Niño Salvador del Mundo .	97
Figura 35: Concepción de la forma del Templo Niño Salvador del Mundo	98
Figura 36: Bóveda de crucería de arcos ojivales y cúpula de arcos ojivales	98
Figura 37: Bóvedas del cascarón interno	99
Figura 38: Sección del proyecto que muestra cascarón interno y cascarón externo	99
Figura 39: Fachada oeste del Templo Niño Salvador del Mundo.....	100
Figura 40: Fachada norte del Templo Niño Salvador del Mundo.....	100
Figura 41: Fachada este del Templo Niño Salvador del Mundo.....	101
Figura 42: Fachada sur del Templo Niño Salvador del Mundo	101
Figura 43: Vista del Bloque 2 (Zona académica y administrativa).....	103
Figura 44: Vista del Bloque 3 (Salón de Usos Múltiples)	104
Figura 45: Ubicación del terreno destinado para el proyecto	106
Figura 46: Acceso al terreno destinado para el proyecto.....	106
Figura 47: Zona del proyecto en mapa Geológico	108
Figura 48: Mapa geológico del cuadrángulo 32-v (Puno)	110
Figura 49: Distribuciones de presiones correspondiente a una carga concentrada vertical en la superficie del semi-espacio.....	112

Figura 50: Isobaras o bulbo de presiones verticales bajo una carga puntual	112
Figura 51: Ubicación y delimitación de calicatas planteadas	114
Figura 52: Supervisión y toma de datos en excavación con maquinaria de calicatas planteadas.	114
Figura 53: Verificación de la calidad de roca encontrada en el fondo de calicata N° 4 utilizando martillo de geólogo	116
Figura 54: Supervisión de realización de ensayo de compresión confinada de roca en laboratorio	118
Figura 55: Muestras de rocas después de ser sometidas a ensayo de compresión confinada de roca en laboratorio	118
Figura 56: Ábaco para determinar el tipo de falla que se presentara en la zona de estudio	120
Figura 57: Características que presenta la falla por corte local	121
Figura 58: Diferenciación entre zapatas rígidas y flexibles	124
Figura 59: Detalle de zapata más crítica del Templo Niño Salvador del Mundo	124
Figura 60: Valores de α , α_{prom} y ar	127
Figura 61: Relación entre esfuerzo normal y esfuerzo cortante	129
Figura 62: Curvas de nivel obtenidas a partir de levantamiento topográfico	134
Figura 63: Perfil de corte A-A y B-B	135
Figura 64: Primera propuesta de cascaron interno de Templo	135
Figura 65: Sistema estructural final de cascarón interno del Templo	136
Figura 66: Mapa Eólico del Perú	146
Figura 67: Distribución de presiones y succiones de la cubierta tipo domo, observe que la presión es local y la succión actúa en la mayor parte de la superficie del domo	148
Figura 68: Modelo 3D del cascarón externo	149
Figura 69: Modelo 3D de Cúpula central (Cascarón interno)	150
Figura 70: Modelo 3D de bóvedas ojivales (Cascarón interno)	150
Figura 71: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cascarón externo	160
Figura 72: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cúpula central	162
Figura 73: Desplazamiento por acción sísmica, Bóvedas ojivales	164

Figura 74: Elementos componentes de Cascarón Externo para diseño en acero.....	166
Figura 75: Diseño en acero de elementos componentes del Cascarón Externo.....	167
Figura 76: Valores “ P-M Ratio Colors & Values” de Armadura AM-CE-01	168
Figura 77: Diseño en acero de Armadura AM-CE-02.....	169
Figura 78: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-01	170
Figura 79: Diseño en acero de Armadura AM-CE-03.....	171
Figura 80: Elementos componentes de Cúpula Central para diseño en acero	172
Figura 81: Diseño en acero de elementos componentes de la cúpula central	172
Figura 82: Diseño en acero de Armadura-01	173
Figura 83: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento cobertura	174
Figura 84: Valores “ P-M Ratio Colors & Values “de Armadura 02	175
Figura 85: Diseño en acero de Armadura-03	176
Figura 86: Bóveda tipo 1	176
Figura 87: Bóveda tipo 2	177
Figura 88: Bóveda tipo 3	177
Figura 89: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-1.....	178
Figura 90: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-2.....	179
Figura 91: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-3.....	180
Figura 92: Diseño de C°A° Vigas - Dirección radial de Cascarón Externo (SAP 2000)	182
Figura 93: Envoltorio de Diagrama de Momentos, viga 25x110cm de Cascarón externo	182
Figura 94: Envoltorio de Diagrama de Cortantes, viga 25x110 cm de Cascarón Externo	183
Figura 95: Diseño de C°A° Columnas C-1 - Dirección radial Cúpula de Cascarón Interno (SAP 2000).....	184
Figura 96: Diseño de Columnas C-2 Cálculo de Área de Columnas - Dirección Y-Y, bloque 1	184

Figura 97: Envolvente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna Ø80 cm
Cúpula central Cascaron Interno..... 185

Figura 98: Diseño de C°A° Columnas C-7 y C8 - Dirección radial Cascaron
Externo (SAP 2000) 185

Figura 99: Envolvente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x60 cm
de Cascaron Externo..... 186

Figura 100: Envolvente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x40
cm de Cascaron Externo 186

Figura 101: Parámetros para el diseño de ménsula M-1 187

Figura 102: Render del programa Lumion del modelo 3D importado de
Sketchup del proyecto arquitectónico 192

Figura 103: Vista lateral del templo en Lumion del modelo 3D importado
de Sketchup 192

Figura 104: Vista en planta del Complejo Sociocultural Parroquial en
Lumion del modelo 3D importado de Sketchup..... 193

Figura 105: Paso 1 para exportación de Revit a AutoCAD 223

Figura 106: Paso 2 para exportación de Revit a AutoCAD 224

Figura 107: Plano de Cascaron externo del bloque B1:Templo Niño
Salvador del Mundo de proyecto en formato dwg AutoCad..... 225

Figura 108: Plano de Cascaron interno del bloque B1:Templo Niño
Salvador del Mundo del proyecto en formato dwg AutoCad 225

Figura 109: Tabla de planificación de Revit Structure 226

Figura 110: Pestaña “campos” en recuadro de propiedades de tabla de
planificación..... 227

Figura 111: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla..... 227

Figura 112: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades
de tabla de planificación 228

Figura 113: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla de
planificación..... 228

Figura 114: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades
de tabla de planificación 229

Figura 115: Muestra de metrados de columnas generados por Revit
Structure..... 230

Figura 116: Elaboración de plan maestro con todos los Stakeholders 232

Figura 117: Plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra
..... 233

Figura 118: Muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra	234
Figura 119: Porcentaje de actividades cumplidas de muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra	234
Figura 120: Flujo de procesos según Lean Design para obtención del Expediente Técnico de muestra	236
Figura 121: Participación de Stakeholders en las etapas de elaboración del Expediente Técnico de muestra	237
Figura 122: Flujo de procesos y pictogramas utilizados en el método tradicional de elaboración de expediente técnico de muestra	238
Figura 123: Flujo de procesos según Lean Design de la elaboración del expediente técnico de muestra	239
Figura 124: Coordinación entre involucrados de un proyecto de edificación	242
Figura 125: Especialidades más importantes	243
Figura 126: Participación de los constructores en la etapa de diseño	244
Figura 127: Estudio de otras alternativas	246
Figura 128: ¿Cómo agrega valor a su diseño?	246
Figura 129: ¿En qué especialidad se producen las mayores modificaciones?	248
Figura 130: Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo	281

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

BIM : Building Information Modeling

CAD : Computer Aided Design

IPD : Integrated Project Delivery

LPM : Lean Project Management

LPDS: Lean Project Delivery System

LCI : Lean Construction Institute

VSM : Mapeo de la cadena de valor

TPM : Mantenimiento Productivo Total

POE : Evaluación post-ocupación

CDI : Corporación de Desarrollo Tecnológico

RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones

CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción

ACI : American Concrete Institute

IFC : Industry Foundation Classes

NTP : Norma Técnica Peruana

MEF : Método de los Elementos Finitos

SAP : Structural Analysis Program

ASTM: American Society for Testing and Materials

SUM : Sala de Usos Múltiples

ASCE: American Society of Civil Engineers

ASSHTO: American Association of State Highway and Transportation
Officials

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

GPS : Global Positioning System

BM : Bench Mark

MDF : Medium Density Fibreboard

INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

DL : Dead Load

LL : Live Load

RESUMEN

El presente proyecto de investigación busca evaluar la Filosofía Lean Design utilizando como herramienta principal la tecnología BIM en la etapa de definición y diseño del expediente técnico “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno-2018”. El proyecto referido se encuentra proyectado en el Centro Poblado de Alto Puno, contemplado en un área total de terreno de $2697.22 m^2$ y está organizado en tres bloques, la muestra utilizada fué el bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo. El desarrollo de la investigación se inició con la conceptualización de la Filosofía Lean Design y la metodología BIM para que en una segunda etapa sean aplicados en la elaboración del expediente técnico con el objetivo de ser evaluados mediante comparaciones con el método tradicional en muestras representativas y base de datos de proyectos similares. El Lean Design es el alineamiento de valores, conceptos y criterios, representa la primera fase del lean Project Delivery System, basado en la filosofía de “maximizar el valor y reducir los desperdicios” verificando las necesidades del cliente y optimizando al máximo los recursos. La tecnología BIM utiliza softwares que trabajan de manera integrada siendo el más utilizado Revit Structure, herramienta de modelado 3D, que ayuda a crear documentación, generar planos y reporte de metrados en un entorno coordinado. Lean Design se ve influenciado por el BIM por la variabilidad de los tiempos de elaboración de proyectos, con la filosofía “Lean” el objetivo es reducirlos y el BIM ayuda con las funcionalidades de visualización 3D de formas, precisión y rápida generación de diseños alternativos. La aplicación de la investigación logró optimizar la elaboración del expediente técnico de muestra en comparación con el método tradicional.

Palabras Clave: Lean Design, Building Information Modeling (BIM), optimización, expediente técnico, Templo

ABSTRACT

The present research project seeks to evaluate the Lean Design Philosophy using BIM technology as the main tool in the definition and design stage of the technical file "Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno-2018". The referred project is projected in the smaller town of Alto Puno contemplated in a total land area of 2697.22 m² and is organized in three blocks, the sample used was block B1: Templo Niño Salvador del Mundo. The development of the research began with the conceptualization of the Lean Design Philosophy and the BIM methodology to be applied in the preparation of the technical file in order to be evaluated by comparisons with the traditional method in samples representative and database of similar projects. Lean Design is the alignment of values, concepts and criteria, represents the first phase of the lean Project Delivery System, based on the philosophy of "maximize value and reduce waste" by verifying customer needs and optimizing resources. The BIM technology uses software that works in the integrated way being the most used Revit, which is a 3D modeling tool that helps create documentation, generate plans and report measurements in a coordinated environment. Lean Design is influenced by the BIM due to the variability of project development times, with the "Lean" philosophy the objective is to reduce them and the BIM helps with the 3D visualization features of forms, precision and rapid generation of alternative designs. The application of the research was able to optimize the elaboration of the technical file of sample compared to the traditional method.

Keywords: Lean Design, Building Information Modeling (BIM), optimization, technical files, temple.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La productividad y grado de eficiencia de los proyectos realizados en el Perú son categorizados en su mayoría como regulares a deficientes, debido a que se sigue utilizando la metodología tradicional donde se encuentran inconsistencias en la formulación de proyectos en las diferentes especialidades involucradas en su construcción, siendo los principales factores: la incompatibilidad de planos entre especialidades, la falta de coordinación entre los profesionales proyectistas, estudios preliminares inconsistentes y hasta en muchas ocasiones inexistentes, errores de diseño arquitectónicos y estructurales, incompatibilidad con la normativa vigente, falta de constructabilidad en el diseño, metrados, presupuestos y cronogramas no ajustados a la realidad. Estos factores influyen de manera directa en el tiempo y costo de ejecución de obra, generando ampliaciones de plazo, adicionales de presupuesto y reformulaciones realizadas durante la fase de ejecución.

Otro aspecto que interviene en la eficacia de planificación de proyectos es la utilización recurrente de tecnologías convencionales que no trabajan con sistemas integrados de información que podrían optimizar el tiempo de producción del proyecto, como se evidencia en el modelamiento 2D en formato CAD que abarcan largos tiempos de dibujo en planos de planta, detalles, cortes, perfil y elevaciones, asimismo los metrados de cada especialidad al ser realizados a criterio del proyectista pueden presentar errores de cálculos y tomar tiempos considerables que conjuntamente con el dibujo de planos podrían ser aprovechados en la maduración de la idea y conceptos de diseño.

Los proyectos de construcción desarrollados en nuestra Región bajo la metodología tradicional que no presentaron los problemas antes mencionados son pocos o inexistentes, en contraste con otros países y ciudades donde se incrementó el porcentaje de proyectos que mostraron un mejor flujo de trabajo y optimizaron el valor de los expedientes técnicos gracias a la implementación de nuevas metodologías de gestión de proyectos, lamentablemente en nuestro entorno aún existe resistencia a la adaptación de estas nuevas metodologías y tecnologías por parte de los involucrados en la definición y diseño del proyecto.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnología BIM como herramienta en la definición y diseño del proyecto: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnológica BIM como herramienta en la elaboración del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la aplicación de la filosofía Lean Design en la etapa de definición del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en base a registros de datos de proyectos similares.

- Realizar una comparación cualitativa y cuantitativa de la generación de planos a partir del modelamiento 3D en Revit Structure con la elaboración de planos 2D en AutoCAD de una muestra representativa de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- Comparar y evaluar la precisión del metrado generado por el software Revit Structure con el metrado realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- Comparar y evaluar el tiempo del metrado generado por el software Revit Structure con el metrado realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- Comparar y evaluar el presupuesto obtenido a partir de los metrados generado por el software Revit Structure con el presupuesto realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnológica BIM como herramienta optimiza la elaboración del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- La aplicación de la filosofía Lean Design optimiza la etapa de definición del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; mediante las herramientas IPD y constructabilidad
- La utilización del software Revit Structure optimiza el proceso y reduce el tiempo de elaboración de planos en comparación a los generados con el software AutoCAD de una muestra representativa de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- La precisión del metrado generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el metrado realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- El tiempo de obtención de metrados generado por el software Revit Structure es menor que el tiempo de elaboración de metrados realizados a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.
- El presupuesto obtenido a partir de los metrados generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el presupuesto realizado a criterio del proyectista, tomando como muestra representativa las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La industria de la construcción representa un factor muy importante para el desarrollo de la sociedad, porque crea infraestructuras para el bienestar, desenvolvimiento y calidad de vida de las personas. La construcción tradicional sigue en franca evolución

ya que se dan constantes actualizaciones e innovaciones en cuanto a normativas, metodologías y tecnologías.

Si no se adopta una mejora continua haciendo uso de las innovaciones en la etapa de definición y diseño de proyectos se continuaría con la producción de expedientes técnicos de baja calidad lo que ocasionaría una mala inversión del presupuesto destinado al sector construcción y una baja competitividad regional estancando el desarrollo de la sociedad.

Por lo que se propone el uso de herramientas “Lean” como el IPD, la constructabilidad, el Last Planner y herramientas tecnológicas bajo la metodología BIM que incrementan la productividad, eliminan los trabajos repetitivos, emiten documentación y reportes para la fase de ejecución, generando resultados acordes a la Filosofía Lean Design, el cual está basado en la optimización del diseño de proyectos. Estos beneficios se verán reflejados en la elaboración del expediente técnico: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018”, que tiene como tarea específica la creación de espacios destinados a la oración, celebraciones sagradas, entre otros, que satisfagan las necesidades espirituales, físicas, e intelectuales de los feligreses de Alto Puno.

A su vez con esta investigación, se beneficiarán aquellos proyectistas que estén desarrollando proyectos o deseen formar sus propias empresas, al igual que estudiantes afines al tema de la gestión de proyectos en el rubro de la construcción.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Entre las investigaciones relacionadas a la presente investigación se tiene:

Vásquez (2006) en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil titulado “EL LEAN DESIGN Y SU APLICACIÓN A LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN” plantea que:

Hoy en día los mayores esfuerzos se concentran en mejorar los métodos constructivos, las herramientas, la calidad de mano de obra, etc., dejando a la deriva lo que sucede durante la elaboración de los planos y de la secuencia del diseño, (...). Por ello esta tesis propone mejorar las etapas de Definición y Diseño de los proyectos de edificación usando las técnicas “lean”, las cuales se vienen aplicando en nuestro país desde hace unos años y con gran éxito en la construcción de edificaciones, pero aplicados solo a la ejecución de la obra. De esta forma, se amplía también la visión acerca del uso de las técnicas “lean”, desarrollando y explicando qué es el Lean Project Management, el modelo Lean Project Delivery System, y específicamente la Definición y el Diseño “lean”. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 1)

La investigación concluye: que el modelo Lean Project Delivery System (LPDS) del Lean Project Management proporciona las herramientas necesarias para gerenciar cualquier proyecto de edificación donde se quiere maximizar el valor y minimizar las pérdidas desde el inicio del proyecto hasta su uso final, (...). Respecto a la incompatibilidad de planos, se encontró que este refleja un 35% de los problemas ocurridos en la obra debido a un mal diseño del proyecto, un porcentaje notoriamente

mayor que los otros problemas existentes, lo que nos indica a dónde deben enfocarse los esfuerzos para el mejoramiento de esta fase. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 103)

Finalmente, en cuanto al diagnóstico realizado, se observó que existe un total desconocimiento en el medio acerca del uso de intranets y modelación 3D o 4D para el desarrollo del diseño, solo un 18% dice conocerlos, así como de cualquier otra tecnología para esta fase. Lo que nos indica que, si bien en la ejecución de obras de construcción se han ido presentando nuevas tecnologías, la fase de diseño se ha quedado estancada en la evolución del uso de tecnologías que ayuden a hacerla más eficiente. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 104)

Espinoza y Pacheco (2014) en su tesis para optar el grado académico de Magister en Dirección de la construcción titulado “MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCTABILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM” menciona que:

Actualmente la Industria de la Construcción en el Perú, viene creciendo de manera acelerada y a pesar de su crecimiento, los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: incumplimiento de los plazos y sobre costos, baja productividad, insuficiente calidad, altos índices de accidentes en comparación con otros sectores de producción, entre otros. La mayoría de estos problemas atribuibles a una ineficiente gestión desde etapas tempranas y a una inadecuada planificación y control de proyectos.

Hoy en día, existe software como el AutoCAD que es muy generalizado y no estandarizado. Esta tecnología basada en la representación gráfica, aparte de demandar tiempo para su elaboración, no son compatibilizadas entre sí, es decir entre plantas, cortes y elevaciones de la misma especialidad o de diferentes especialidades de un proyecto, resultando con ello la propagación de errores frecuentes en el diseño, los cuales se

manifiestan en la fase de construcción a expensas del promotor, el contratista o el arquitecto (stakeholders), que se ven afectados por dichos re-trabajo y sobrecostos.

Nuevas tecnologías presentes en el mercado ofrecen algunas herramientas para mitigar estos problemas, disminuyendo los costos, los plazos y mejorando la calidad de los trabajos. BIM, acrónimo de Building Information Modeling, es una de estas. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 4)

La investigación se basó en identificar los beneficios derivados de realizar una coordinación digital en etapas tempranas del proyecto utilizando tecnologías BIM y conceptos de constructabilidad. Para ello la propuesta de mejora se centró en la etapa de pre-construcción donde se analizó los factores que afectan a la constructabilidad mediante el uso de herramientas BIM teniendo como resultado general el aumento del porcentaje de constructabilidad en un 84%, es decir, que se revisó de manera virtual el proyecto en todos sus especialidades, se corrigió las incompatibilidades y se analizó los puntos críticos del proyecto (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014).

Asimismo, se Pacheco (2015) realizó: *“un comparativo económico, confrontando el proyecto ejecutado de manera tradicional versus el proyecto ejecutado utilizando herramientas BIM y constructabilidad, obteniendo una diferencia de \$ 29,255.72 a favor del proyecto ejecutado mediante aplicación de BIM, es decir que el proyecto se puede reducir en dicha monto”* (pág 102).

Freire y Alarcón (2001) en su artículo titulado “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE DISEÑO EN PROYECTOS. ACHIEVING A LEAN DESIGN PROCESS” afirman que:

La influencia de la etapa de diseño en los resultados de los proyectos, tanto económica como técnicamente es extremadamente importante. Es precisamente en esta etapa donde se conceptualizan las ideas y especulaciones del cliente en un modelo físico materializable; definiendo sus necesidades y requerimientos a través de procedimientos, planos, y especificaciones técnicas. Sin embargo, la administración y la ingeniería del diseño han sido escasamente examinadas y ejemplificadas, (...). Este artículo propone una metodología para el mejoramiento del proceso de diseño, basándose en los conceptos y principios de gestión de producción “lean” aplicados al área de diseño (Lean Design). Tras una breve descripción de la base teórica de la metodología, se describe en detalle cada una de sus etapas, resaltando los aspectos más importantes. Posteriormente, se muestran los resultados de una aplicación de la metodología en una empresa de diseño, enfatizando los potenciales mejoramientos que son posibles con este nuevo enfoque de gestión del proceso de diseño. (Freire & Alarcón, 2001, pág. 62)

La gestión del proceso de diseño de acuerdo a los principios de “lean production” reúne diferentes perspectivas para modelar, analizar y comprender al proceso. Específicamente, considera al proceso de diseño como un conjunto de tres modelos distintos: conversión, flujo y generación de valor. De esta forma, se propuso y se aplicó en una empresa de diseño una metodología de mejoramiento que fue basada en estos principios y conceptos. Los exitosos resultados de la aplicación de la metodología validan su uso, generando mejoramientos en el proceso de diseño al reducir errores de los productos, tiempos de ciclo y la proporción de las actividades que no agregan valor; por ende incrementando la productividad en un 31%. Al mismo tiempo, el desempeño de los proyectos mejoró al proveer la construcción con productos de mejor calidad, menor variabilidad y en menor tiempo. Más aún, los resultados son sólo una fracción del

potencial de mejoramiento que es posible con el apoyo estratégico de las empresas y el compromiso de toda la organización. (Freire & Alarcón, 2001, pág. 78)

Vilca (2014) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulado “OPTIMIZACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODEL – MODELADO DE INFORMACIÓN PARA EDIFICACIONES) APLICADO AL “CENTRO DE EDUCACIÓN CONTINUA UNA-PUNO” explica:

Gracias a las nuevas tecnologías se ha pasado del tradicional dibujo a mano de planos en dos dimensiones a la existencia de software que posibilita el desarrollo de todo el proceso arquitectónico en tres dimensiones (proyecto y construcción). Permitiendo trabajar con un sistema integrado de información donde cualquier cambio que se ha hecho en cualquier lugar y en cualquier momento es automáticamente coordinado a través del proyecto entero, (...). Tanto es así que un nuevo cambio se está produciendo en el sector de la construcción, poco a poco CAD (Computer Aided Design) da paso a BIM (Building Information Modeling). Según un estudio realizado en EE.UU. por McGraw-Hill Construction (2009), la mitad de la industria está empleando BIM para el desarrollo de sus proyectos o alguna herramienta actual relacionada con BIM, esto supone un incremento de usuarios en los dos últimos años de un 71% en el continente norteamericano .

Para demostrar la eficiencia realizó la elaboración de un proyecto de ingeniería en el que se utilizaran todas las herramientas que esta tecnología nos ofrece, y se midió cualitativamente todos los parámetros para determinar porque se debería usar e implantar, así como también se concluyó cuáles son las variables que no permiten que se expanda el uso de la misma, cuales son las limitaciones y cuanto influye, la elaboración de éste

mediante las herramientas que ofrece el BIM han de servir hasta la culminación del proyecto definitivo. (Vilca Peralta, 2014, pág. 9)

Como resultados se obtuvo que el modelamiento en planta (2D) como en una vista 3D posibilitan la visualización completa del proyecto, esto además permite obtener información como cortes, elevaciones, vistas foto realistas que dan una idea preconcebida del diseño final y detalles de manera automática lo que garantiza invertir el recurso tiempo en aspectos más puntuales como la concepción de varias alternativas en lugar de invertir este tiempo conceptualizando cortes, elevaciones u otra documentación, de esta manera el tiempo ahorrado es aprovechado en la realización de mejores diseños. En la especialidad de estructuras se ahorró tiempo dando más espacio a enfocarse en el análisis de diferentes propuestas de diseños estructurales, la seguridad, economía y eficiencia estructural que se debe ofrecer a las edificaciones, así como la mejora de la ingeniería de detalle. En el diseño de instalaciones eléctricas y sanitarias se optimizó el tiempo porque los planos han sido realizados conforme se hizo el diseño, asimismo las herramientas específicas para la especialidad facilitaron la fase de cálculo, diseño y dibujo. La realización de los metrados ha sido optimizada ya que el software ofrece la posibilidad de realizar un cómputo de materiales parametrizados en el modelo dinámico o modelo BIM que son fáciles de manejar por el usuario (Vilca Peralta, 2014).

“CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO” dice:

CLAUSULA TERCERA: OBJETO DEL CONVENIO

El presente convenio tiene por objeto establecer las condiciones de mutuo colaboración entre el obispado de Puno y la Universidad del Altiplano a fin de consolidar

esfuerzos, recursos y capacidades para concretar la elaboración del proyecto a nivel del perfil y definitivo para la construcción del templo “Niño Salvador del Mundo”, cuya ubicación del terreno situado en el Centro Poblado de Alto Puno, de la ciudad de Puno. El convenio suscrito en el 2016, se viene implementando en el 2016 y 2017, a través de la participación estudiantil mediante iniciativas como la presente materializada a través del proyecto de investigación propuesto.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. LEAN PROJECT MANAGEMENT

2.2.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA FILOSOFÍA “LEAN”

La filosofía Lean Construction se origina en la industria de la producción o a lo que se conoce como Lean Production, donde nació nuevas ideas y sistemas de producción empleando conceptos de eliminación del desperdicio, producir cantidades de productos a bajo costo y una mejora continua.

La tendencia de mejora en las empresas manufactureras viene desde finales de 1890 teniendo a *Frederick W. Taylor* como uno de los representantes más resaltantes de la época quien innovo estudiando y difundiendo la administración científica del trabajo, fundando el movimiento conocido como “Administración Científica del Trabajo” cuyo pensamiento se basa en la eliminación de las pérdidas de tiempo, dinero, recursos, horas hombre, y otros mediante un método científico. *Taylor* afirmaba que “El principal objetivo de la administración debe ser: asegurar la máxima prosperidad del empleador como del empleado”. De este pensamiento de *Taylor* denominado “Taylorismo” se obtiene la formalización del estudio de los tiempos y el establecimiento de estándares, a partir de los cuales *Frank Gilbreth* añade el desglose del trabajo en tiempos elementales. *Gilbreth* fue el fundador de la técnica moderna del estudio de movimientos, con la que se buscaba establecer la reducción del tiempo y la fatiga en una operación. De esta manera

Taylor, Gilbreth y otros temporáneos iniciaron los primeros conceptos de eliminación de desperdicios de tiempos y el estudio de movimientos (...). En los años 30, los encargados de dirigir la empresa automotriz Toyota implementaron una serie de mejoras en las líneas de producción de tal forma que estas mejoras faciliten la continuidad en el flujo de materiales, así como la flexibilidad a la hora de fabricar otros productos. Terminada la segunda guerra mundial la empresa Toyota con sus ingenieros a cargo *Taiichi Ohno* y *Shingeo Shingo* vieron la necesidad de afianzar lo realizado en los años 30, debido a la necesidad de fabricar variedad de productos, pero en pequeñas cantidades, de esta manera crean los conceptos de Just In Time, Waste Reduction, Pull System, los que con otras técnicas de puesta en flujo, crean el Toyota Production System. (Quispe Quispe, 2015, págs. 25,26)

2.2.1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LEAN CONSTRUCTION

En 1992, en Finlandia *Lauri Koskela*, profesor universitario, en su tesis de doctorado “Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción”, estableció una nueva filosofía de planificación de proyectos en la construcción, reformulando los conceptos tradicionales de planificación y control de proyectos basándose en el modelo de Lean Production. (Pons Achell, 2014)

Es así que con este aporte se dió inicio a la filosofía Lean Construcción y a la creación de Lean Construction Institute en agosto del año 1997 (Quispe Quispe, 2015, pág. 27)

2.2.1.3. LEAN PRODUCTION (PRODUCCIÓN “LEAN”)

La denominación Lean Production fue denominado en el año 1990 por el *Dr. James Womack* en colaboración del *D.Jones* y *D. Roos* en el libro “The Machine that Changed the world”, el cual explicaba un sistema de sistema de gestión de plantas

industriales que usaban menos esfuerzo, inversión, instalaciones, inventarios y tiempo humano; este sistema fue difundido en todo el mundo (Vásquez Ayala, 2006).

El sistema de producción “Lean” se basa en la Teoría de Flujos que consiste en un flujo de procesos de conversión de la materia prima hasta el producto final, dentro de los cuales se generan dos tipos de actividades las productivas que si agregan valor al proceso y las actividades improductivas que no agregan valor; ambos tipos de actividades consumen recursos, tiempo y esfuerzo, la diferencia es que las productivas están dirigidas a los requerimientos del cliente mientras que las improductivas no lo hacen.

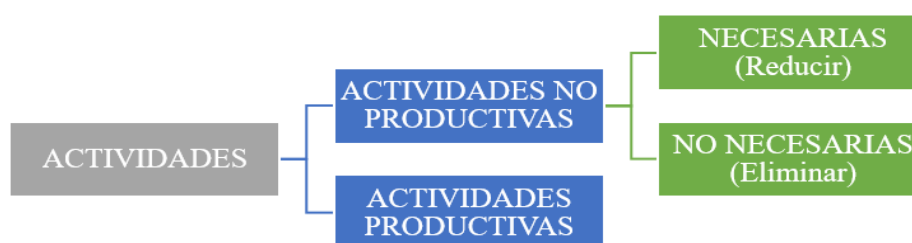


Figura 1: Clasificación de actividades según Lean Production

Fuente: (Guzmán Tejada, 2014)

El objetivo principal del sistema en el que se basa la filosofía Lean es reducir o eliminar toda actividad que no agregue valor al producto y genere desperdicios de los recursos, tiempo y esfuerzos, pero muchas de estas actividades no necesariamente pueden ser erradicadas.

Para entender de mejor manera el proceso de producción Ballard presentó una cadena de actividades de transformación y de flujos que se muestra a continuación:

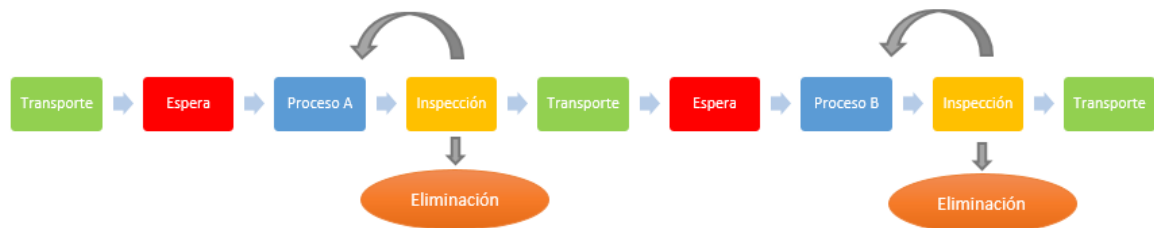


Figura 2: Actividades de transformación y de flujo

Fuente: Ballard, 2000

Como se visualiza en la figura, los procesos en color blanco son las actividades improductivas, uno de ellos son las esperas, las cuales se generan por muchos factores que impiden realizar el siguiente proceso, como pueden ser problemas o deficiencias con el personal, material, etc. Otra actividad no productiva es el movimiento o también llamado transporte, el cual es básico para el traslado de los materiales. Estas dos actividades no agregan un valor al producto y son necesarias para continuar con el proceso de producción, pero hay que tratar de reducir o eliminarlas (en el caso de las esperas).

Las actividades que no productivas son Pérdidas que según el Lean Production se divide en 7 tipos:

Sobre – Producción

Se refiere a producir más de lo que demanda el cliente, ya sea este el cliente final del producto o la actividad sucesora en el proceso de producción. Es el peor tipo de pérdida porque da lugar a otra que es el inventario.

Esperas

Es el tiempo perdido entre procesos o dentro de un proceso específico debido a la falta de materiales, herramientas, equipos o información. Representa el mayor porcentaje de los trabajos no Contributivos.

Transporte

Este tipo de pérdida no se refiere al transporte en sí porque como lo veremos más adelante es una actividad que si bien no agrega valor es completamente necesaria para realizar las actividades productivas. Se refiere al exceso de esta actividad, es decir no tener identificados puntos de acopio que hagan que se transporte continuamente los materiales sin generar apoyo a la producción.

Sobre – Procesamiento

Cargar de mayor trabajo del necesario a una actividad simple, los sobrecostos en los que incide no son asumidos por el cliente y generan pérdidas para el proyecto. Es la pérdida más difícil de identificar y reducir.

Inventario

Se refiere a la acumulación de productos o materiales por parte de los subprocesos por diferencias en las demandas entre estos (flujos no balanceados). Este tipo de desperdicio genera también transportes y esperas por lo que eliminarlo es fundamental para obtener ahorros.

Movimientos

Cualquier tipo de movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una actividad, estas pueden ser de personas como de equipos. Este tipo de pérdida está ligado con el estudio de tiempos y movimientos; y se tiene que realizar un estudio mucho más exhaustivo para eliminarlo.

Defectos

Son las pérdidas por los trabajos mal hechos o que presentan defectos por lo que no se pueden entregar a la siguiente actividad en ese estado y para resolver dichos defectos se tienen que incurrir en un costo que tiene que ser asumido por la empresa. (Guzman Tejada, 2014, págs. 9,10)

Los principios de “Lean Production” considerados por *Lauri Koskela* en la “Aplicación of the new Production filosofy to construction” son:

- **Identificar las actividades que no aportan valor:** eliminar o reducir actividades no productivas para lograr un flujo de trabajo continuo y una alta productividad.
- **Incrementar el valor del producto:** conocer las características del producto que el cliente valora e incluirlos en el diseño para igualar y hasta superar las expectativas del cliente.
- **Reducir la variabilidad:** La variabilidad genera más actividades improductivas, lo que alarga el tiempo de producción perjudicando a la empresa productora y al cliente
- **Reducción del tiempo de ciclo:** está directamente relacionado con la reducción de actividades improductivas.
- **Simplificación de procesos:** Simplificar los procesos del flujo de producción; tareas más sencillas generan menos gastos.
- **Introducir el mejoramiento continuo:** basada en el Kaisen, filosofía japonesa que busca el mejoramiento continuo

- **Mejorar tanto la transformación como flujo:** Actualizar las tecnologías; el flujo y la transformación están íntimamente ligados y la mejora de uno producirá la mejora del otro componente
- **Referenciar los procesos (Benchmarking):** Comparar los procesos de nuestra empresa con los procesos de la empresa líder, así obtener mejores ideas y tener competitividad en nuestro campo laboral.

Para el cumplimiento de la filosofía Lean en la producción se pueden utilizar muchas herramientas, las más conocidas son las 5(S), Mapeo de la Cadena de Valor(VSM), Mantenimiento productivo total (TPM), Pull System, etc.

2.2.1.4. LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction nace de la adaptación filosofía Lean enfocado a la gestión de proyectos del sector construcción siguiendo principios de Lean Production. En términos de Lean Construction Institute, el Lean Construction es una gerencia de producción basada en la entrega de proyectos, es una nueva manera de diseñar y construir productos o servicios.

Esta nueva filosofía surge en respuesta a las carencias que se tienen en construcción en cuanto a productividad, calidad, seguridad y nuevas técnicas. Esto es debido a que si comparamos la productividad de la construcción con la de una industria, la diferencia es notable ya que la última es superior porque los procesos que se manejan en las industrias son optimizados mientras que en la construcción poco o nada se analiza para ser optimizado. (Quispe Quispe, 2015, págs. 32,33)

El principio básico de Lean Construcción es reducir las actividades no productivas en las actividades de construcción, las más comunes son las esperas por falta de

materiales, herramientas y equipos, esperas por actividades previas inconclusas o mal desarrolladas, esperas por falta de una correcta instrucción para el desarrollo de los trabajos, reprocesos constructivos por trabajos mal ejecutados, rediseños, excesiva mano de obra, desplazamientos innecesarios por una mala planificación de zonificación de almacenes en obra, etc.

Lean Construction es aplicable a todas las etapas de un proyecto de construcción desde su planificación hasta la operación, pero cabe resaltar que la industria de la construcción es muy compleja, ya que cada proyecto posee sus propias características y ningún proyecto será igual a otro, por más similares que sean estos pueden ser ejecutados en modalidades distintas; a esto llamamos variabilidad, el cual es un factor inherente de la construcción que entorpece la aplicación de una filosofía Lean, a pesar de ello se pudo adaptar Lean producción a esta industria, creando la filosofía Lean Construction (Guzman Tejada, 2014).

Según Lean Construction Institute las principales diferencias entre Lean Construction y las modalidades actuales de gerencia de proyecto son:

El control es redefinido, de ser “los resultados de un monitoreo” a un “hacer que las cosas pasen”. El rendimiento del sistema de planificación es medido y mejorado para dar confiabilidad al flujo de trabajo y a los resultados predecibles del proyecto.

El rendimiento consiste en maximizar el valor y minimizar las pérdidas en el proyecto. Las prácticas actuales se enfocan en optimizar cada actividad produciendo una reducción del rendimiento total.

La entrega de proyectos es el diseño simultáneo del servicio o producto y su proceso de producción. La práctica actual, aún con el uso de la constructabilidad, es un proceso secuencial que no puede prevenir las iteraciones que producen pérdidas.

El valor para el cliente es definido, creado y entregado a lo largo de la vida del proyecto. En la práctica actual, el dueño define completamente los requerimientos al inicio y la entrega al final, a pesar de los cambios en el mercado, la tecnología y la economía.

El coordinar a través del “jalar” y el flujo continuo es opuesto a la práctica tradicional dada por el “empujar” con una sobre-confianza centralizada en una autoridad y con cronogramas para gerenciar los recursos y coordinar el trabajo.

Descentralizar la toma de decisiones trae transparencia y confianza. Esto significa proveer a los participantes del proyecto de la información sobre el estado de los sistemas de producción y darles la confianza de realizar las acciones. (Vásquez Ayala, 2006, págs. 9,10)

2.2.1.5. LEAN PROJECT MANAGEMENT (GERENCIA DE PROYECTOS “LEAN”)

El Lean project Management es la gestión de proyectos que congrega estrategias de producción donde se maximiza el valor del producto y minimiza las pérdidas, además congrega los conceptos de “diseñar y hacer”. Para el sector construcción se creó un modelo denominado Lean Project Delivery System LPDS que se explicará a continuación.

2.2.1.5.1. IMPLEMENTACIÓN DE FILOSOFÍA LEAN EN LA NORMATIVA PERUANA

El proceso de implementación Lean y BIM en el Perú en los últimos años ha ido descendiendo por muchas razones, entre ellos destaca la coyuntura económica y la insuficiente inversión tecnológica de nuestro país, además que se tiene una alta tasa de centralización BIM en Lima, y se deja de lado las capacitaciones y difusión de información en los demás departamentos del Perú.

Por eso es que es importante que se establezcan estándares de Lean y BIM en el Perú e incluso que se vuelvan una política de estado lo que en la actualidad aún no se ha llevado a cabo. Si hablamos netamente de la aplicación de la filosofía Lean como Lean Construction en el sector construcción, esta aún no se ha adoptado en la gestión del sector público, pero son las grandes constructoras quienes han implementado la filosofía en su empresa, incluso fueron seis empresas peruanas las que fundaron el capítulo peruano de Lean Construction Institute siendo: GRAÑA Y MONTERO, COINSA, COPRACSA, EDIFICA, MARCAN Y MOTIVA; todas ellas aplican las técnicas de la filosofía Lean en la gestión de sus proyectos de construcción desde hace ya varios años.

A nivel de universidades la Pontificia Universidad Católica del Perú difunde los lineamientos Lean con el principal objetivo de elevar el nivel de eficiencia y productividad de los profesionales de nuestro sector.

Si hablamos de la adopción BIM en el Perú, el arquitecto *Quiroz Zurunaga* sostiene que *“La adopción BIM en el Perú la han realizado, fundamentalmente, las empresas constructoras más grandes y las principales gerencias de proyectos. Empresas inmobiliarias están tercerizando servicios de modelado BIM, pero existe también un gran grupo de empresas medianas que en su mayoría no han adoptado BIM, seguidas por*

empresas de servicios de diseño (arquitectos e ingenieros) que siguen aún más rezagadas en este proceso”

Por otro lado, para el arquitecto *Daniel Basurto*, gerente de Operaciones de BBS Perú, la implementación BIM en el país se encuentra en una etapa inicial de investigación y promoción del uso de la tecnología y señala que *“La evolución en los últimos años ha sido promovida por la empresa privada, con mucha influencia en el sector público. Así mismo, la multiplicación de consorcios extranjeros en licitaciones -que ya han desarrollado esa metodología en sus países de origen- ha motivado a diferentes empresas del sector a invertir en la educación de sus profesionales y en la implementación de la metodología en sus áreas de proyecto. Los resultados son impresionantes”*.

Según indica *Germán Elera*, de Finalcad *“Tenemos al estado peruano que está atado de manos porque con todas las buenas intenciones de aplicar BIM en sus proyectos carece de una normativa. Por ello, en algunos casos se ven obligados a ejecutar estos proyectos por administración de entidades no gubernamentales, que sí pueden aplicar esta filosofía”*, asimismo señala que *las empresas en el Perú que implementan BIM se “Podría decir que 3 de cada 10 empresas peruanas, tienen pensado implementar esta filosofía en sus proyectos. Algunas empresas lo vienen integrando dentro de su plan estratégico, con el fin de desmarcarse de la competencia. Otras vienen haciendo ‘pilotos’ con el fin de concientizar y ver los resultados que pueden obtener”*.

Los próximos pasos son involucrar a las principales Entidades y Organismos del gobierno para difundir el valor de Lean Design, Lean Construction y la tecnología BIM y conozcan los beneficios que puede traer en el desarrollo de los proyectos. Para tal fin una de las entidades es CAPECO que ha tenido la iniciativa y viene realizando capacitaciones BIM en el gobierno.

2.2.1.5.2. IMPLEMENTACIÓN DE FILOSOFÍA LEAN EN LA NORMATIVA INTERNACIONAL

En las normas internacionales que estandarizan los lineamientos de Lean Construction se tiene el ISO 9001 Sistema de Gestión de la Calidad, que es una norma de sistemas de gestión de la calidad (SGC) reconocida internacionalmente fundamentado en el cumplimiento de 8 principios de gestión de la calidad, basado a su vez en el ciclo de mejora continua PDCA (Planificar, Hacer, Comprobar, Actuar). La norma ISO 9001 es un referente mundial en SGC, superando el millón de certificados en todo el mundo

Esta norma se centra en la detección y determinación de procesos de la organización como actividad decisiva para su funcionamiento eficaz. El proceso de evaluación del cumplimiento de los ítems exigidos por ISO 9001 será valorado/auditado por personal que reúne todas las competencias técnicas que la Elaboración propia norma determina.

La norma ISO 9001 es aplicable a cualquier organización – independientemente de su tamaño y ubicación geográfica. Una de las principales fortalezas de la norma ISO 9001 es su gran atractivo para todo tipo de organizaciones. Al centrarse en los procesos y en la satisfacción del cliente en lugar de en procedimientos, es igualmente aplicable tanto a proveedores de servicios como a fabricantes.

Dota a la organización de un sistema de gestión de la calidad basado en los estándares normalizados de aceptación y reconocimiento internacional. De este modo la organización obtiene de un valor añadido que generará una ventaja competitiva para clientes y proveedores. Al mismo tiempo aumenta la posibilidad de establecer determinadas relaciones comerciales que requieran / exijan altos niveles de calidad y

eficacia estableciendo enlaces con proveedores certificados. Todo ello repercutiendo de forma directa en la gestión del ahorro y reducción de gastos.

La norma ISO 9001 de sistemas de gestión de la calidad proporciona la infraestructura, procedimientos, procesos y recursos necesarios para ayudar a las organizaciones a controlar y mejorar su rendimiento y conducirles hacia la eficiencia, servicio al cliente y excelencia en el producto.

La certificación ISO 9001 SGC le ayuda a transmitir:

- Compromiso a sus accionistas
- Reputación de su organización
- Satisfacción de cliente
- Ventaja competitiva

Otras normas son: la ISO 21500 e ISO 10006 que nos proporcionan una descripción de alto nivel y complementarias a los metodologías y buenas prácticas en Dirección de Proyectos. La ISO 10006 no es una guía para la gestión de proyectos sino más bien es una recomendación sobre buenas prácticas en Project Management

La ISO 21500 en sus tres primeros capítulos tienen el mismo contenido que los tres primeros capítulos del PMBoK, la diferencia es que la ISO tiene puesto el foco en las organizaciones mientras que el PMI tiene su foco en los profesionales de la dirección de proyectos.

La guía del PMBOK es una norma norteamericana muy reconocida en el campo de la gestión de proyectos al punto que es adoptada en muchos países. Siendo el PMBOK

(Project Management Body of Knowledge) una norma reconocida para la gerencia de proyectos en los Estados Unidos, ha sido incorporada como parte del conjunto de normas de la American National Standard con la denominación ANSI/PMI 99-001-2004. El PMBOK no es el único modelo en esa dirección. Compite con otras propuestas de gerencia de proyectos como el de la Association for Project Management (APM) y Prince (en Reino Unido). No obstante, está posicionado internacionalmente como estándar de gerencia de proyectos. Las certificaciones otorgadas sobre PMBOK, como Certificate Associate in Project Management (CAPM) y Project Management Professional (PMP) son las más reconocidas por las organizaciones. En tanto modelo, el PMBOK no indica cómo hacer las cosas.

2.2.1.5.3. REPERCUSIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN DESIGN EN LA EJECUCIÓN DE OBRA

La aplicación de Lean Design en los expedientes genera beneficios durante su Elaboración propia elaboración o producción, pero también trae ventajas e incluso prevee inconvenientes en la fase de ejecución de obra, se sabe que se tienen dos modalidades de ejecución de obra: por administración directa y por contrata, para ambas modalidades las ventajas son:

- Al utilizar Lean Design gracias al “flujo de procesos” que se elabora con las herramientas como el Last Planner y el IPD en el desarrollo del expediente técnico estaremos cerciorándonos de no evadir o ausentar algunos procedimientos que son de vital importancia para la obtención de un proyecto exitoso y de calidad, por ejemplo
 - a) Los estudios de suelos y estudios topográficos muchas veces no son realizados por cuestiones de tiempo y coste o son sustituidos por datos

simplificados de google Earth, entre otros, pero que pueden generar consecuencia a la hora de ejecución como que el residente de obra se encuentre con un suelo con características incongruentes con los datos consignados en el expediente técnico y este a su vez suponga incorporar partidas que no se consignaron inicialmente repercutiendo así en el plazo y adicionales de obra.

- b) Otro caso que sucede con frecuencia en el método convencional de elaboración de expedientes técnico es que no se realizan las coordinaciones continuas entre todos los involucrados (usuarios, proyectistas, consultores y constructores) lo que genera discrepancias y desconocimientos de datos entre los proyectistas o insatisfacciones por parte del usuario lo que puede traer consigo correcciones , generando una vez más pérdidas de tiempo en retrabajos innecesarios que se pudieron evitar con la gestión de involucrados como sugiere la herramienta IPD de Lean Design.
- Se produce un expediente técnico de calidad visualizado en las documentaciones generadas con la herramienta tecnológica BIM, el cual sigue los lineamientos Lean, principalmente en los metrados, presupuesto y planos.
 - a) En los planos se reducen o en el mejor de los casos hasta se eliminan incompatibles entre todas las especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias, lo que en ejecución se habrá evitado una reformulación del expediente y en el peor de los casos se habría evitado interferencias constructivas entre las especialidades.

- b) En los metrados obtenidos del software BIM al ser más precisos generará un presupuesto más ajustado a la realidad lo que en la fase de ejecución ya no existirá presupuestos adicionales o presupuestos deductivos.

2.2.1.6. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM (SISTEMA DE ENTREGA DE PROYECTOS “LEAN”)

El Lean Project Delivery System LPDS fue desarrollada por *Glenn Ballard* y publicada por el LCI en el año 2000(...). LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior del edificio, instalaciones o infraestructura. El control de la producción, la estructuración del trabajo y el aprendizaje es algo que ocurre continuamente a lo largo de todo proyecto y cada fase contiene actividades e hitos que deben cumplirse a medida que este avanza. (Pons Achell, 2014, pág. 38)

El LPDS utiliza herramientas que facilitan la planificación y control, maximizando el valor y minimizando las pérdidas a lo largo del proceso de construcción. En general, los proyectos se dividen en fases, lo mismo sucede en este modelo LPDS, sin embargo lo que diferencia a este modelo con otros es la definición de cada una de las fases, la relación entre cada fase y los participantes que actúan en ellas. (Vásquez Ayala, 2006, pág. 11)

Este sistema LPDS está conformado por once (11) módulos agrupados en cinco (5) fases, a estos se añaden dos (2) módulos que se extienden a lo largo de las otras cinco (5) fases y un último módulo que es el nexo entre el proyecto terminado y otro nuevo.

Lean Project Management (LPM)

Lean Project Delivery System (LPDS)

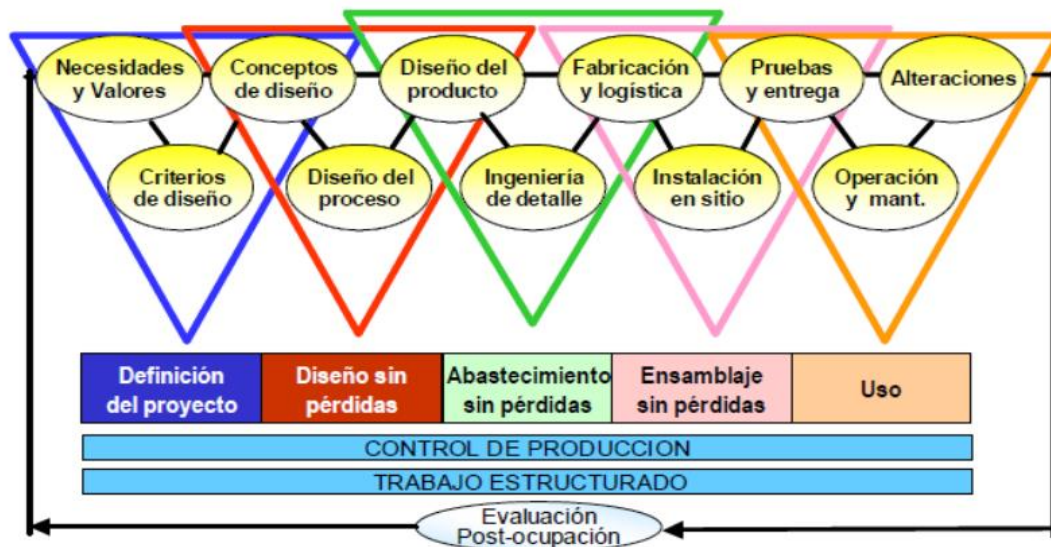


Figura 3: Triadas del Sistema de entrega de proyectos "lean"-LPDS

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

Definición del Proyecto

Dentro de esta fase se incluyen los objetivos (también conocido como necesidades y valores del cliente), conceptos y criterios de diseño. Estos tres módulos están influenciados el uno del otro, por lo que es necesario mantener coordinaciones continuas entre los involucrados.

Diseño Lean

El módulo que conecta la fase de definición de proyecto y el diseño lean son los conceptos de diseño. En esta etapa también se realizan coordinaciones continuas principalmente entre los proyectistas tanto para el diseño del producto y proceso.

Los diseños convencionales por lo general se ejecutan de manera dividida e individualista entre los profesionales proyectistas lo que genera retrabajos por

incompatibilidades entre especialidades encontradas a lo largo del desarrollo de los diseños, con Lean design se genera una comunicación continua en la cual se desarrollan nuevas alternativas en el diseño de un proyecto.

Suministro Lean

Una vez obtenido el diseño del producto y del proceso se habla de la fase de suministro Lean, la cual consiste en ingeniería de detalle, fabricación y entrega de los componentes utilizando la base de la filosofía Lean “reducir el tiempo de producción de información y materiales”. En esta fase se habla del término de la entrega Just-in-Time de materiales a la obra, que consiste de suministrar solo la cantidad necesaria y en el tiempo requerido.

Ensamblaje Lean o ejecución Lean

Esta fase inicia con la adquisición de información, materiales, mano de obra, equipos y herramientas para la ejecución de la obra, instalaciones y culmina con el uso de la infraestructura por parte del usuario. En esta etapa será de vital importancia tener la capacitación de Lean construcción en los encargados y jefes directos de la obra como son los supervisores, residentes y capataces, de esta manera estaremos generando un trabajo proactivo y así ellos sepan liderar de la mejor manera la dirección de la obra.

Uso y mantenimiento Lean

Se inicia con el uso de los usuarios de la infraestructura y la aceptación de ella después de haber pasado por varias pruebas para certificar su calidad; y culmina con el cierre de la obra después de haber realizado las correcciones pertinentes,

Es en esta fase que se debe evaluar las deficiencias y problemas que se tuvo a lo largo de todas las anteriores fases para tenerlo en cuenta en un próximo proyecto y poder mejorar continuamente.

Control de producción

Este módulo al igual que la estructuración del trabajo está presente de manera paralela a las 5 anteriores fases mencionadas. El control de producción está basado en el control de flujo de trabajo y de la unidad productora mediante herramientas como es el fundamental uso del “Ultimo planificador” (Last planner).

Estructuración del trabajo

Este módulo tiene como objetivo hacer un flujo de trabajo más confiable y rápido mientras se añade valor para el cliente. Y también nos habla de la concordancia que tiene el desarrollo de los procesos y operaciones con el diseño del producto.

Bucle de aprendizaje

El Bucle de aprendizaje o también llamado Evaluación post-ocupación (POE), es la evaluación y aprendizaje del procedimiento del Lean Project Delivery System. realizado durante el proceso de entrega. vínculo de retroalimentación desde el final de un proyecto hasta el comienzo de uno nuevo.

2.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

La fase de Definición del proyecto está compuesta por los tres módulos que se visualizan en la imagen: Necesidades y valores, criterios de diseño y conceptos de diseño.

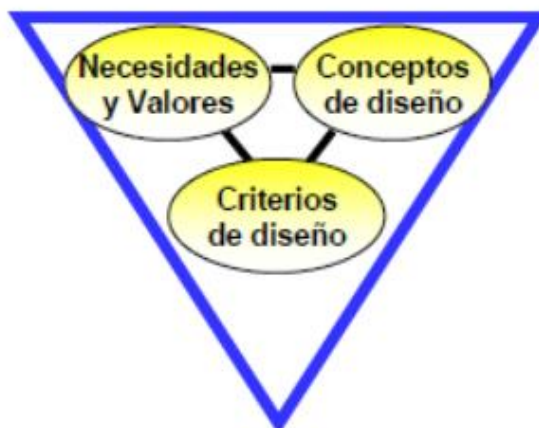


Figura 4: Módulos de la fase definición del proyecto

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

2.2.2.1. MÓDULOS DE DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.2.2.1.1. NECESIDADES Y VALORES

Una necesidad es el estado de privación que siente un individuo (Kotler, 1989), esta necesidad se materializa en un deseo, el cual depende de factores tales como los estilos de vida, la condición social, la condición cultural, la condición familiar, los gustos, las preferencias, etc., este deseo acompañado de un determinado poder adquisitivo se convierte en una demanda de mercado. Los valores por otro lado son los atributos o aptitudes que los clientes perciben de nuestros productos y que pueden satisfacer en mayor o menor grado sus necesidades.

Para un producto inmobiliario de vivienda, las necesidades y valores dependerán del segmento de mercado al cual nos queramos dirigir, pudiendo ser por ejemplo, condiciones que tienen que ver con la ubicación, la distribución, las condiciones estructurales, el equipamiento, las instalaciones y los acabados. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 13)

2.2.2.1.2. CRITERIOS DE DISEÑO

Orihuela Astupinaro y Orihuela Astupinaro (2005) afirma “Los criterios de diseño son las pautas que se toman en cuenta para la concepción de una idea o concepto, las cuales provienen de la experiencia y conocimientos de los temas relacionados a esta idea o concepto” (pág.13).

Existen 2 tipos de criterios de diseño: un criterio general, el cual se refiere a las necesidades primarias del usuario; y un criterio de detalle, referido a aspectos más específico del diseño.

En el sector construcción del Perú, estos criterios se basan en el Reglamento Nacional de edificaciones, Normas Técnicas Peruanas, etc.

2.2.2.1.3. CONCEPTOS DE DISEÑO

El LPDS define a este módulo como el nexo entre la definición del proyecto y el diseño Lean.

El concepto es la idea o pensamiento que se tiene de cualquier cosa plasmado en palabras, dibujos, bocetos o anteproyectos y se da una vez que haya sido determinado provisionalmente las necesidades y valores, y se hayan definido los principales criterios de diseño. Cabe resaltar que no se trata de una secuencia de módulos sino todo lo contrario se debe llegar a un acuerdo entre necesidades y valores, criterios y conceptos de diseño si es posible mediante iteraciones.

2.2.2.2. PROCESO DE LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

El Lean Construcción Institute recomienda seguir los siguientes pasos para la Definición del Proyecto:

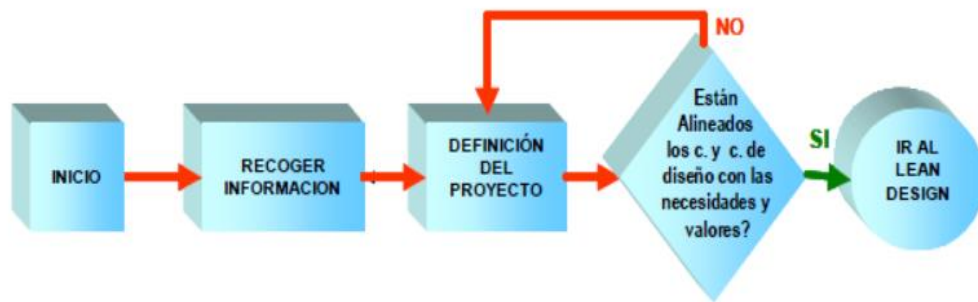


Figura 5: Procesos de la Definición del proyecto (Ballard y Zabelle, 2000)

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

Pablo Orihuela A. y Jorge Orihuela A. en su artículo “Aplicaciones de Lean Design a Proyectos Inmobiliarios de Vivienda”, definen los procesos de la siguiente manera:

- **Inicio**- Comienza con la identificación de la oportunidad de mercado, luego de lo cual habrá que elaborar un perfil que nos dé una idea de la viabilidad del negocio y después se debe pasar a definir el equipo del proyecto.
- **Recopilación de información**-Por un lado implica estudiar lo que los inversionistas o promotores esperan del proyecto, por otro lado es necesario investigar el perfil de los clientes de nuestro mercado meta y entender los intereses y puntos de vista de todos los involucrados, así también es imprescindible obtener la reglamentación y normativa aplicable a la ubicación del proyecto y las condiciones del sitio, no solo las físicas como el tipo de suelo, la topografía o las cimentaciones vecinas, sino también las condiciones socioeconómicas del sector, el equipamiento urbano adyacente, la tendencia futura de la zona, etc.
- **Preparación y Reunión sobre la Definición del Proyecto**-En la preparación se debe contar con algunos criterios de diseño preliminares y con el desarrollo de

diferentes alternativas a través de esquemas o bocetos de diseño acompañados con algunos presupuestos y cronogramas tentativos. En las reuniones, en las cuales deben participar activamente los proyectistas y demás involucrados, se debe desarrollar una perspectiva de trabajo en equipo para alinear los conceptos de diseño.

- **Alineación de las necesidades, criterios y conceptos de diseño**-Este es un punto clave para concluir con esta fase, si los tres módulos tienen un buen grado de alineación, entonces podemos pasar a la etapa del Diseño “Lean”. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 14)

2.2.2.3. HERRAMIENTAS PARA LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.2.2.3.1. INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)

IPD es una evolución del LPDS que además incorpora los diferentes niveles de colaboración y modelos de contrato entre múltiples partes. La gestión y ejecución integrada del proyecto o IPD es un enfoque de la ejecución de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas empresariales en un proceso que aprovecha colaborativamente el talento y los puntos de vista de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para el cliente, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en todas las fases de diseño, fabricación y construcción. (Pons Achell, 2014, pág. 45)



Figura 6: Actores o agentes sociales que integra el IPD

Fuente: Pons Achell, 2014

Los principios del IPD se basa en un trabajo colaborativo que a su vez se basa en la confianza. Hoy en día muchos proyectos son realizados de manera individual por parte de los integrantes e involucrados lo que puede generar un proyecto deficiente, con el IPD se logran mejores resultados, para ello es muy importante la formación de un equipo integrado y multidisciplinario, donde cada persona responsable debe seguir los principios del IPD, trabajen de manera conjunta y efectiva.

Las funciones de los participantes involucrados como equipo son: tener en cuenta los intereses comunes; deben definir de manera mutua los valores, intereses, metas y objetivos de los actores participantes; deben adaptar una forma flexible al proyecto y deben desarrollar acuerdos definiendo las funciones de cada participante.

Miembros del equipo integrado multidisciplinario:

Como líder del equipo debe existir un coordinador del proyecto, “Será la persona encargada de presidir las reuniones de la fase de la Definición del proyecto, recoger las opiniones de todos los especialistas y encausar las ideas para llegar a acuerdos, es decir

lograr el objetivo final de esta fase que es la de alinear los propósitos, los criterios y conceptos de diseño en una misma dirección.” (Vásquez Ayala, 2006, pág. 48)

Las funciones para cada participante o agente social que integra el IPD son:

Otro componente son los proyectistas, aquí están los arquitectos, ingenieros estructuralistas, ingenieros sanitarios, ingenieros electricistas y demás especialistas. Así mismo todos los proyectistas deben tener coordinación directa con el constructor para entender cómo funciona el proyecto integrado y cómo va a ser completado y así poder identificar y solucionar problemas potenciales de diseño que tradicionalmente se descubren recién en la fase de ejecución de obra.

Acerca del constructor se afirma que la naturaleza del alcance de los servicios del constructor se ve afectada principalmente en el IPD por su pronta participación en el proyecto y su participación en el equipo integrado. En concreto, aumenta el papel del constructor de una manera significativa durante las primeras etapas de diseño, en el que los constructores ahora prestan servicios estratégicos tales como programación de la producción, estimación del coste, ajuste de las fases, evaluación de los sistemas, revisiones de constructabilidad, y programas tempranos de compras y adquisiciones.

Los constructores se introducen en las fases iniciales del proyecto para aportar su experiencia y participar plenamente en el diseño del proyecto. El resultado es un mayor papel a la hora de comentar e influir en la innovación del diseño. Este aumento de su función durante la fase de diseño requiere que el constructor proporcione de manera continua estimaciones del coste objetivo del valor del diseño (Target Value Design) durante la fase de diseño. (Pons Achell, 2014, pág. 50)

Otros agentes integrantes del IPD son los clientes o usuarios, el subcontratista, los ejecutores en obra, y proveedores.

A continuación, se observa una comparación entre el proceso tradicional del diseño y un proceso integrado de diseño.

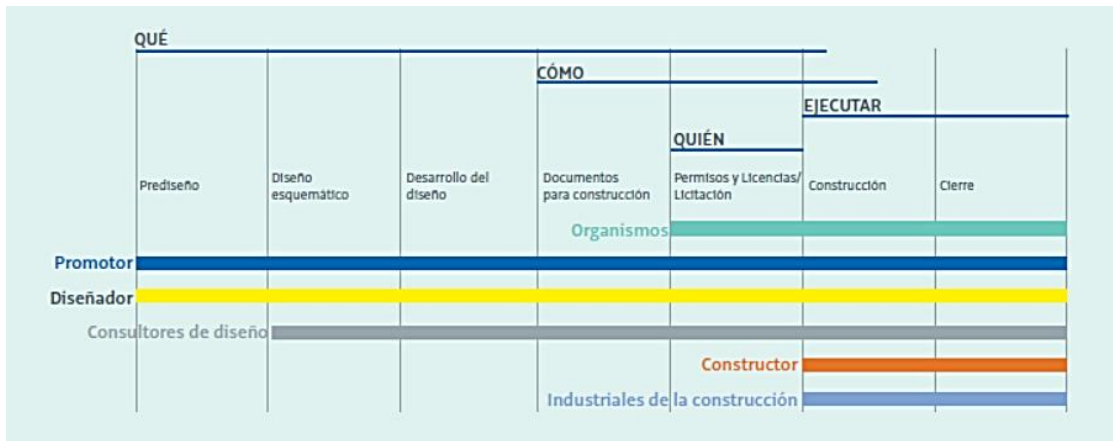


Figura 7: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007) del Proceso Tradicional del diseño

Fuente: Pons Achell, 2014

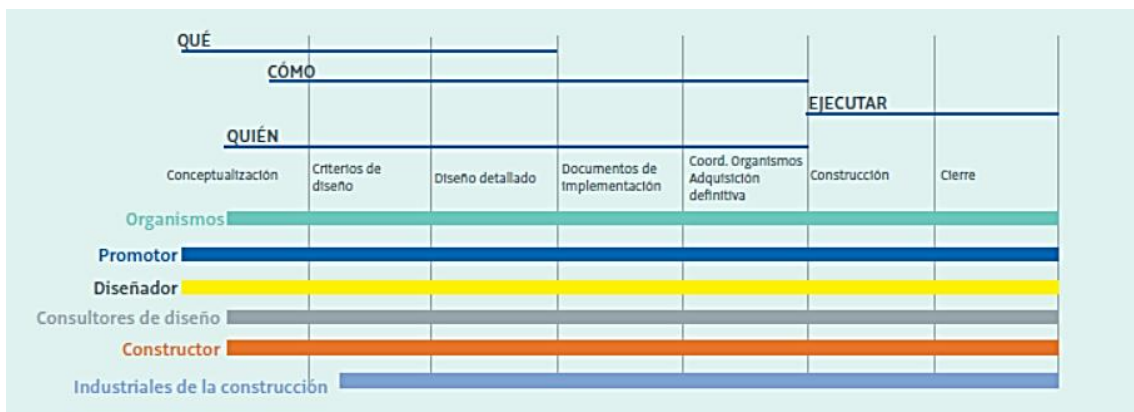


Figura 8: Adaptación del Integrated Project Delivery: A Guide (2007) del Proceso Integrado del Diseño

Fuente: Pons Achell, 2014

FASES DE UN PROYECTO INTEGRADO

En un proyecto integrado movemos las decisiones de diseño aguas arriba tanto como sea posible, donde estas decisiones son más efectivas y menos costosas, lo que

supone replantear las fases típicas de un proyecto tradicional. La curva de *Mac Leamy* ilustra el concepto de toma de decisiones sobre el diseño en una fase temprana del proyecto, cuando la oportunidad de influir positivamente en los resultados se maximiza y los costes de los cambios se minimizan. (Pons Achell, 2014, pág. 48)

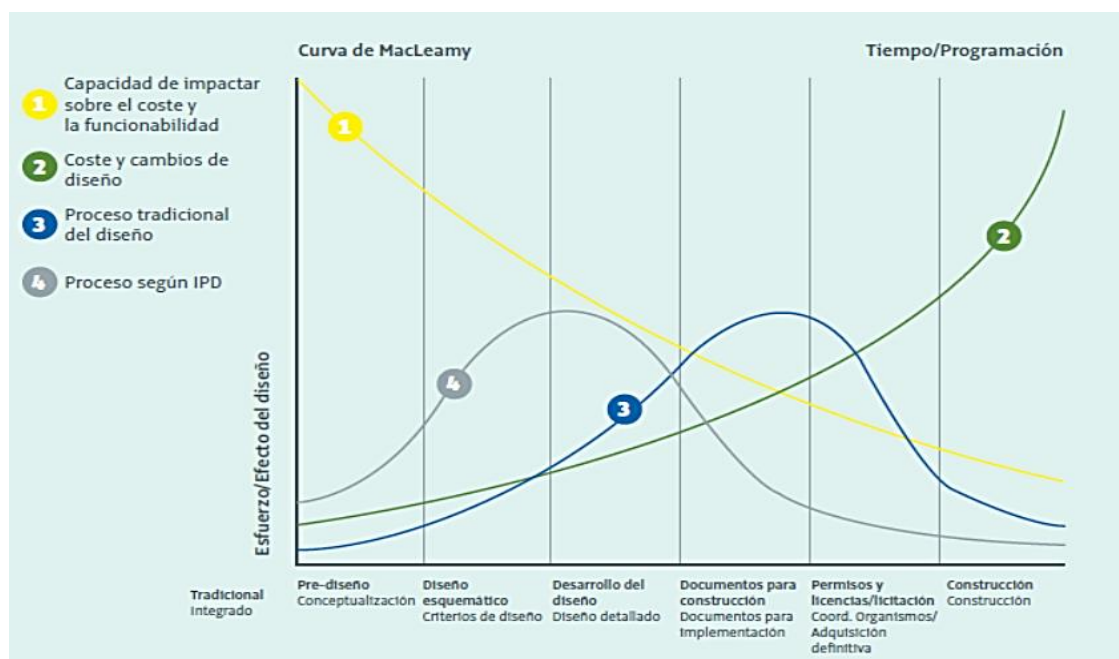


Figura 9: Curva de MacLeamy adaptado de "Integrated Project Delivery: A Guide" (2007) The American Institute of Architects (AIA)

Fuente: Pons Achell, 2014

2.2.2.3.2. CONSTRUCTABILIDAD

La constructabilidad es una herramienta para la definición de proyectos que va acorde a la filosofía Lean Production ya que reduce defectos y optimiza varios factores del proyecto en sus diferentes etapas.

Es decir, la constructabilidad es la participación activa de personal con experiencia y capacidad en la industria de la construcción como en todas sus actividades preliminares a un proyecto. Esto ayuda a optimizar la fase de ejecución al prever en la fase de diseño o procura los problemas que pueda presentarse en obra y así tomar medidas preventivas

que permitan solucionar o reducir las interferencias e incompatibilizaciones de manera anticipada y ágil. (Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 123)

La constructabilidad es aplicable no solo en la etapa de ejecución sino de manera estratégica también en las etapas más tempranas como la planificación y diseño del proyecto, donde se puede obtener beneficios como la reducción de costos, acortes cronogramas y plazos, mejorar de la calidad, tener un mejor control de riesgos y en general tener menos problemáticas en la ejecución de obra.

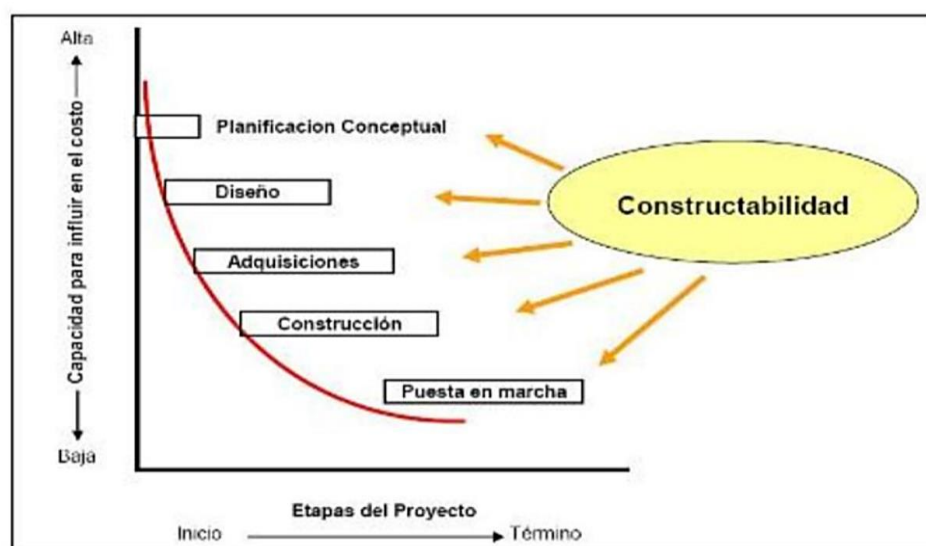


Figura 10: Etapas del proyecto donde se puede aplicar la Constructabilidad

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

La constructabilidad desarrolla todo su potencial cuando se reconoce la compleja interacción de los factores que afectan a los procesos de diseño, construcción y mantenimiento en el ámbito del proyecto. Por tanto, su objetivo no está orientado únicamente a la facilidad de construcción del proyecto, sino que intenta ser un sistema por el cual se busca la facilidad constructiva y la calidad del producto resultante en las decisiones acerca de la ejecución de la obra, como respuesta a los factores que influyen en el proyecto y los objetivos del mismos, Por lo tanto, la constructabilidad no finaliza con la ejecución de la obra, sino que engloba las actividades de mantenimiento

(instalaciones, reposición de materiales, acabados etc.) con una importancia análoga.

(Espinoza Rosado & Pacheco Echevarría, 2014, pág. 140)

2.2.3. DISEÑO SIN PERDIDAS

El diseño sin pérdidas también se compone por 3 módulos, uno de ellos “Conceptos de diseño” compartido con la fase anterior (Definición del proyecto), y dos más los cuales son el Diseño del Proceso y Diseño del Producto. Esta fase se basa en un diseño del producto de forma simultánea con el diseño del proceso.

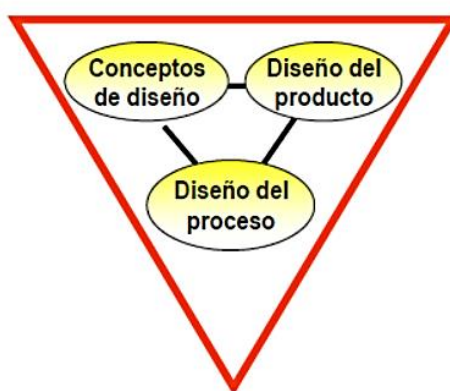


Figura 11: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

2.2.3.1. MÓDULOS DE DISEÑO SIN PÉRDIDAS

2.2.3.1.1. CONCEPTO DE DISEÑO

Este módulo ya se trató en la fase anterior

2.2.3.1.2. DISEÑO DE PROCESO

Es la secuencia de pasos y el desarrollo de procedimientos concretos para lograr la fabricación de un producto. En nuestro caso esto implica que los proyectistas además de los conocimientos propios de sus especialidad, conozcan también los procesos constructivos de aquello que están diseñando, de tal manera que sus planos y especificaciones sean los más óptimos para lograr la forma más fácil de construirlos, por

ejemplo (...), un ingeniero estructural al momento de diseñar una subzapata debe conocer todos los detalles que implicará su proceso constructivo, o un ingeniero sanitario debe saber que aquella junta de expansión que está especificando, está disponible en el mercado. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 17)

2.2.3.1.3. DISEÑO DE PRODUCTO

Es el paso previo a la producción y consiste en estructurar coordinadamente las diferentes actividades de los diseñadores para obtener como resultado, un conjunto de especificaciones que nos digan como va a ser el producto. En nuestro caso, es la ingeniería de detalle expresada en los planos y especificaciones de las diferentes especialidades, que nos describen las características técnicas de como será la edificación. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 17)

2.2.3.2. PROCESOS DE UN DISEÑO SIN PÉRDIDAS

Según el Lean Construcción Institute los pasos recomendados son:



Figura 12: Módulos de la fase Diseño Sin Pérdidas

Fuente: Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005

- Organizar equipos multidisciplinarios- Esto implica evitar que los proyectistas trabajen aisladamente, diseñando los planos de su especialidad sin tener en cuenta su relación con los demás integrantes del equipo, para esto es necesario comprometerlos a tomar decisiones e interactuar en diferentes etapas y direcciones.

- Contemplar múltiples alternativas-En este paso, la base es la innovación, esto implica que el equipo busque y encuentre las oportunidades de proponer nuevas alternativas que generen valor a los clientes y beneficios a la empresa. Para esto es necesario que el equipo comparta su información y evite la costumbre de decidir por la única alternativa, por la más conocida o por la de siempre, esto es muy cómodo y frecuente, en esta etapa es necesario tener en cuenta que los re-trabajos que hubiera que hacer por el hecho de considerar una nueva alternativa, no deben ser considerados como “perdida” sino todo lo contrario. La decisión final debe tomar el tiempo necesario para ser muy bien evaluada y debe ser hecha en el último momento posible.
- Trabajar en forma Estructurada-El trabajo estructurado implica la consideración de todas las etapas e involucrados en el proyecto, tales como la logística, las compras, la construcción, los fabricantes, los instaladores, los usuarios, etc., por lo que es necesaria la presencia de un coordinador y la existencia de una especie de protocolo entre los involucrados, de tal manera que el diseño del producto se haga conjuntamente con el diseño del proceso.
- Minimizar las iteraciones negativas- Como ya hemos dicho, no todo re-trabajo en la etapa de diseño es una iteración negativa, por ejemplo, si volvemos a revisar los detalles de una losa baja con el ingeniero estructural con la finalidad de optimizar su espesor, porque hemos optimizado el paso de las tuberías de desagüe y esto implica un recalcu, este re-trabajo no sería una iteración negativa, pero si tenemos que reajustar los ejes de todos los planos porque cuando ya estaban listos recién se nos ocurrió chequear los linderos del terreno, esa si es una iteración negativa y esas son las que se deben de evitar.

- Usar el sistema del Último Planificador-Al igual que en la etapa de obra, el último planificador puede ser el residente o el maestro de obra, en el diseño puede ser el coordinador del proyecto, este por ejemplo puede haber previsto que no se inicie el anteproyecto mientras no se tenga el certificado de parámetros urbanísticos, el cual debería haber salido en tal fecha, a partir de la cual, el arquitecto dispondría de 10 días para entregar el primer anteproyecto al ingeniero estructural.
- Usar tecnologías que faciliten el Diseño “Lean”-Actualmente están cada vez más disponibles diferentes tecnologías de información que nos permiten visualizaciones en 3D y 4D, o en general el uso de cualquier sistema y tecnología de información a través del internet. El usar estas tecnologías nos facilitarán la posibilidad de conseguir con mayor eficacia el Diseño “Lean”. (Orihuela Astupinaro & Orihuela Astupinaro, 2005, pág. 18)
- En esta investigación se toma como principal herramienta tecnológica la tecnología BIM, la cual se profundiza en los siguientes items.

2.2.4. BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

Las siglas BIM provienen del conjunto de palabras en inglés que significan “Building Information Modeling” y son la base de una metodología que envuelve todo aquello que pueda ser construido (Build) en un proceso de modelado tridimensional durante su ciclo de vida. Lo definimos así porque crea y administra toda la información (Information) de un proyecto en un modelo virtual único (Modeling) donde todos los agentes implicados trabajan de manera colaborativa.

Según (GrantThornnton, 2018): *“La metodología BIM está suponiendo una verdadera revolución tecnológica para la cadena de producción y gestión de la edificación y las infraestructuras”* (pág.4).

Los agentes implicados en una construcción se ven envueltos en el proceso colaborativo de diseño desde el inicio del proyecto, lo que permite establecer responsabilidades, trazar acuerdos y decisiones, identificar errores de manera anticipada y minimizar el riesgo final por falta de coordinación.

Además, *“Entre todos los valores positivos que demuestra esta metodología, la coordinación de la documentación generada en todas las fases de proyecto asegura la fiabilidad de la información que se va creando durante la construcción del activo. Esta coordinación sería mucho más difícil sin los estándares de interoperabilidad que maneja la metodología BIM, que permiten trabajar con formatos de archivo comunes, independientemente del software que se utilice”* (GrantThornnton, 2018, pág. 4)

2.2.4.1. LAS VENTAJAS MÁS IMPORTANTES DEL BIM

En una plataforma BIM, desde el principio, el proyecto se crea en 3D. Las paredes, por ejemplo, se crean como volúmenes. Entonces, se puede asociar de manera inmediata los materiales que componen esta pared. En paralelo con el dibujo del proyecto y su creación, es posible conocer la cantidad de ladrillo, el volumen de mortero y del área de pintura que estas paredes consumen. Si se añade un costo a estos materiales, se crea de manera simultánea el presupuesto del proyecto. (Molinare, 2012, pág. 1)

DIBUJO TÉCNICO

Otro aspecto muy interesante es que mientras se diseña un proyecto y se configuran sus componentes, el dibujo técnico se preparando en paralelo. Los materiales

que componen los elementos de diseño tienen propiedades gráficas que se mostrarán automáticamente en diversas formas, ya sea en las vistas de planta, sección y elevación. Dado que las diversas vistas se crean a partir de un modelo único, hay una reducción significativa en los errores de diseño, tales como una discrepancia entre una planta y un corte. Después de completar el modelo, si todos los materiales han sido correctamente asociados, la presentación del proyecto se puede complementar con perspectivas creadas dentro del propio programa, sin la necesidad de migración entre plataformas. (Molinare, 2012, pág. 2)

UNA SOLA PLATAFORMA PARA TODAS LAS ARISTAS DE UN PROYECTO

En una secuencia ideal de trabajo, para aprovechar todo el potencial del proceso BIM, después de que el diseño arquitectónico ha sido aprobado, entran en juego una serie de profesionales que van a crear otros proyectos, también utilizando la plataforma BIM. El Revit, por ejemplo, producido por Autodesk, tiene tres modos de proyectos: Architecture, para proyectos de arquitectura; Structure, para el proyecto estructural; MEP, para proyecto eléctrico, hidráulicos y equipos mecánicos. En este escenario ideal, cada profesional pone en marcha su proyecto, también en 3D, sobre el modelo de diseño arquitectónico. Se obtienen de esta forma todas las instalaciones y especialidades en un modelo de proyecto único. Con eso en la mano puede, por ejemplo, comprobar la interferencia del aparato de aire acondicionado con el sistema estructural, y en el caso de coincidencia también se propone las soluciones en la etapa de diseño, teniendo menos problemas para en la obra. Incluso, hay herramientas que comprueban de forma automática las interferencias entre estos proyectos, así, la computadora no deja pasar nada de lo que algunos profesionales pudieron no haber notado. (Molinare, 2012, pág. 2)

DEL 3D AL 2D

Otro aspecto importante, es el de saber equilibrar aquello que tiene que ser modelado en 3D y lo que puede ser detallado con las herramientas de dibujo en 2D. No es necesario modelar cada perno, ya que se puede crear una vista del detalle a una mayor escala de las partes necesarias del proyecto. Así mismo tampoco es necesario modelar cada pieza de cerámica de un piso. Se puede crear una tabla vinculada, que automáticamente multiplica la superficie por el número de piezas necesarias para cada metro cuadrado de revestimiento de piso. En este artículo he tratado de presentar algunas de las ventajas que el uso de BIM puede proporcionar. Sin embargo, al ser un proceso complejo, se requiere una gran cantidad de tiempo, pero sin duda sus ventajas para los profesionales compensan aquella inversión. Dado a que es una plataforma creada específicamente para el proyecto, se incluyen muchas herramientas que dirigen el diseño del edificio en un solo programa, sin necesidad de hacer la transición entre los distintos softwares informáticos. Dentro de un mismo programa es posible estudiar los volúmenes del proyecto, crear dibujos técnicos, hacer tablas cuantitativas, crear detalles y hacer una presentación con perspectivas. (Molinare, 2012, pág. 4)

2.2.4.2. LA METODOLOGÍA BIM

BIM es un nuevo avance tecnológico al diseño, construcción y gestión de las obras. Es de una metodología que ya ha comenzado a cambiar la perspectiva en la que se ven los edificios, cómo estos trabajan y la forma del proceso constructivo. (Choclán Gámez, 2014) afirma: *“En el sector de la construcción, la incompatibilidad entre los sistemas generalmente impide que los miembros del grupo de trabajo puedan intercambiar la información de forma más precisa y rápida; este factor es la causa de un gran número de problemas en el proyecto generando el aumento de costos y plazos de estos”* (pág.6). A su vez (Choclán Gámez, 2014) menciona: *“La adopción del sistema*

BIM y el uso de sus modelos digitales durante todo el ciclo de vida de la obra supone un paso en la buena orientación para la eliminación de costos de una incorrecta interoperabilidad de información”. Al respecto (Teicholz, 2013) Se deben sumar nuevos procesos y adaptar los existentes; es fundamental entender que no solo se define como una nueva tecnología o la evolución de la ya existente, se define como un nuevo proceso de trabajo mejorado”(pág.20).

2.2.4.3. LINEAMIENTOS DEL BIM

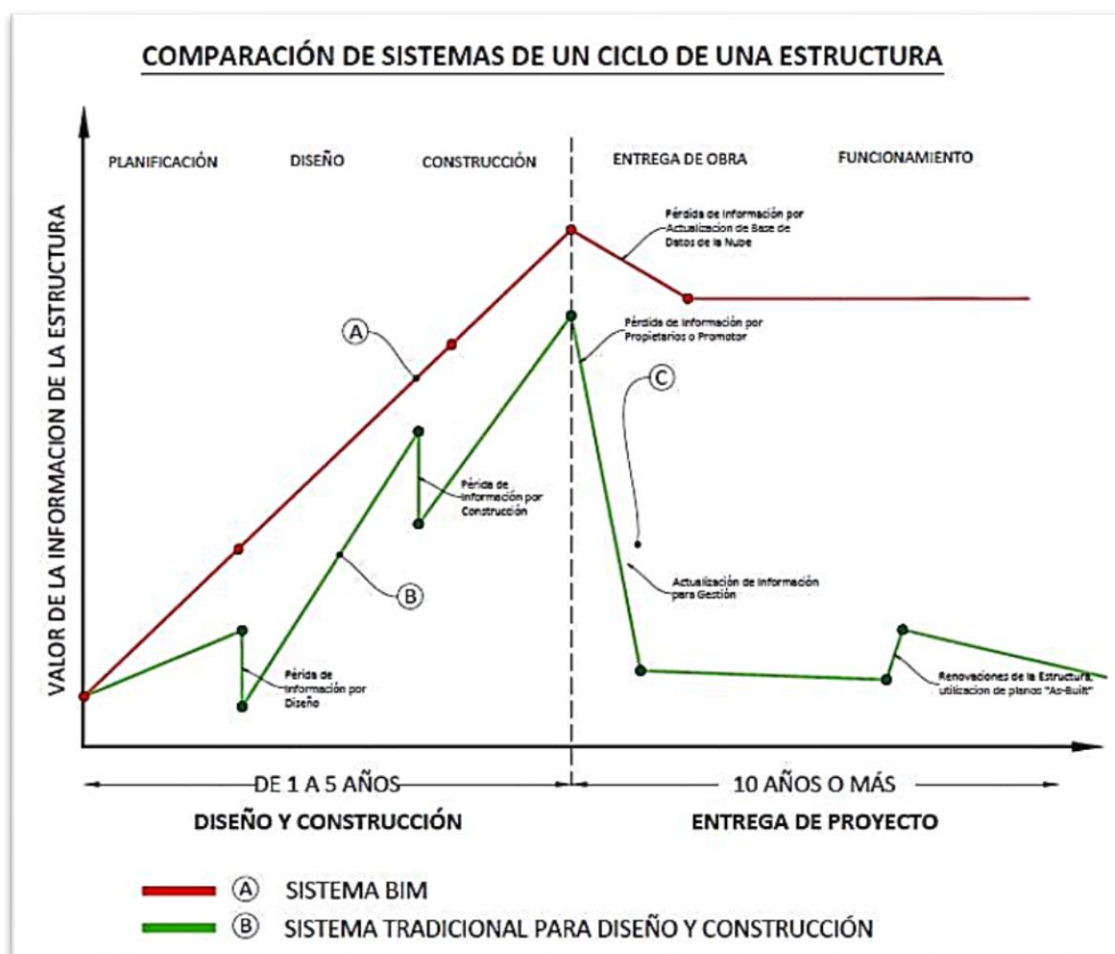


Figura 13: Comparación gráfica de las pérdidas de datos durante el tiempo de vida de una estructura, con los dos sistemas

Fuente: Pacheco Borja, 2017

El objetivo fundamental del BIM es evitar la pérdida de información a lo largo del ciclo del proyecto, con el método tradicional, y que obliga a un mayor esfuerzo de

producción en la cantidad de información en las distintas fases del proyecto. Este resultado de aplicación del sistema BIM en el valor de la información se puede ver de manera clara en la figura 13.

El proceso de los trabajos en el sistema BIM mantiene una línea de constante crecimiento del valor de la información versus la falla y pérdida de información en el sistema tradicional. Para el desarrollo de esta premisa de no perder el valor de la información, se requiere un cambio en el proceso de toma de decisiones, donde la afectación sea beneficiosa en el costo final de un proyecto. (Gámez, 2014, pág 5)

2.2.4.4. BIM EN LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

El uso de BIM contribuye a facilitar la definición de los requisitos de proyecto y su aceptación como bases del diseño, ejecución y explotación de los distintos intervinientes.

BIM puede usarse en estudios previos de planeamiento, mediante modelos volumétricos que permiten estudiar la viabilidad de los proyectos aunando información relativa al programa funcional, los sistemas constructivos, su coste y el análisis de su ciclo de vida.

2.2.4.5. BIM EN LA ETAPA DE DISEÑO DE PROYECTOS

- El uso de BIM facilita la comunicación entre los agentes que intervienen (diferentes disciplinas del diseño, cliente, otras partes interesadas), haciendo que la información sea más accesible y transparente y esté siempre actualizada.
- Permite y facilita la toma temprana de decisiones, priorizándolas en función del valor que aportan o de las restricciones de diseño del proyecto. La toma temprana

de decisiones producirá una reducción del esfuerzo en retrabajos y, por tanto, una optimización en términos de coste.

- Facilita la participación en la fase de diseño a los futuros responsables de fases posteriores, construcción, mantenimiento y explotación, lo que conlleva una optimización de su futura intervención.
- La incorporación de estos agentes permite la toma de decisiones en fase de diseño, en aquel momento en el que se puede controlar de forma más eficiente el coste de las fases posteriores.
- Mejora la comunicación entre agentes y reduce las incoherencias entre disciplinas, mejorando la calidad final del producto.
- Contribuye a la automatización de procesos, entre otros, la generación de entregables con la consiguiente reducción en los tiempos de realización del diseño.
- Permite analizar la constructabilidad y simular la construcción de las soluciones diseñadas, reduciendo riesgos e incertidumbre para las fases posteriores.
- Incrementa la calidad de los proyectos con la posibilidad de realizar auditorías en cualquier momento de su ejecución.
- Permite un mayor control del coste (5D) de construcción y mantenimiento.

2.2.4.6. TECNOLOGÍAS BIM EN EL PERÚ Y EL MUNDO

2.2.4.6.1. TECNOLOGÍA BIM EN EL MUNDO

En su investigación (McGraw Hill Construction, 2013) menciona que: *“La Tecnología para el modelado de Edificios BIM, fue inicialmente desarrollado en Europa, y se viene desarrollando aceleradamente, por empresas privadas y gobiernos. Sólo en EEUU entre el 2007 y 2012 la adopción del BIM ha subido del 28% al 71%”* (pág.6).

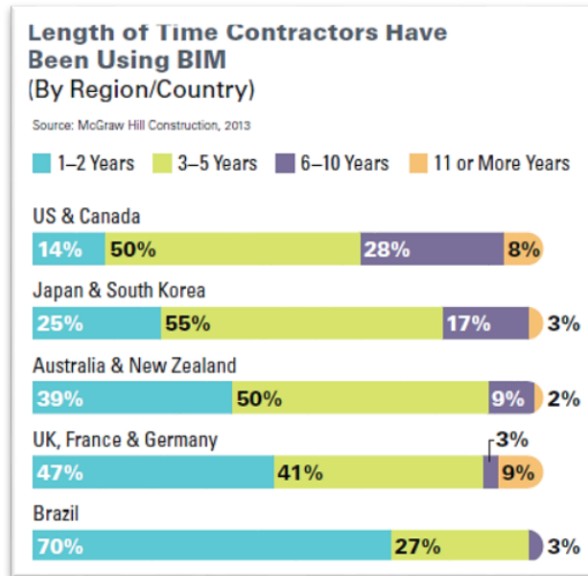


Figura 14: Tiempo de Utilización de BIM según Regiones

Fuente: McGraw Hill Construction, 2013

En la siguiente imagen se observa el incremento de uso de BIM en diferentes países del mundo.

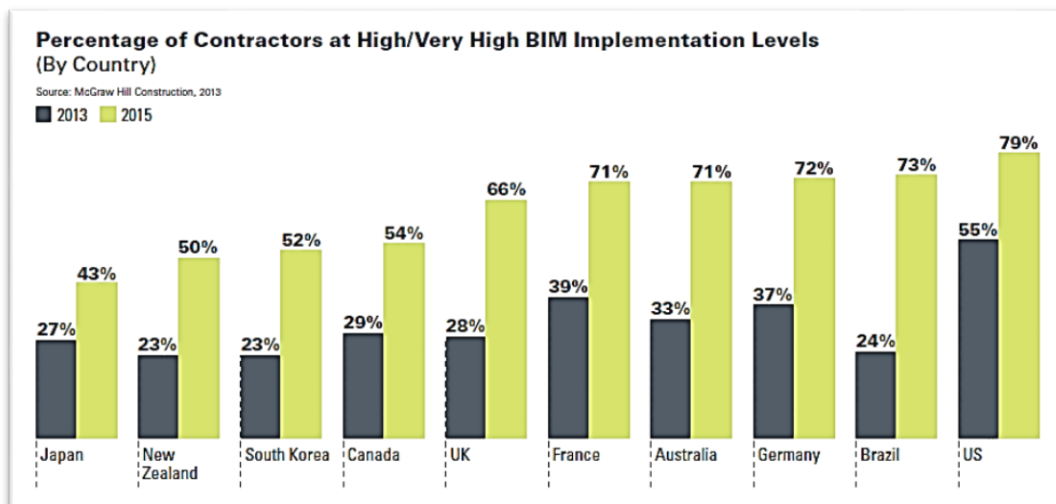


Figura 15: Aumento porcentual de implementación de BIM del 2013 al 2015

Fuente: McGraw Hill Construction, 2013

El estimado de Implementación Alto de BIM para el 2015 supera en la mayoría de países el 50%, que nos muestra el futuro y la importancia de BIM en los próximos años.

En Europa ya se viene formalizando una hoja de ruta gubernamental con el fin de implantar de forma progresiva el uso de BIM en la realización, ejecución y mantenimiento de proyectos.

En países donde es más frecuente el uso de BIM, se empezó a generalizar el uso de esta tecnología en la explotación de las edificaciones públicas, con el fin de conseguir su optimización.

El Colegio Oficial y Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid (COAIN, 2016) en su revista mensual afirma: “En el Reino Unido su empleo es obligatorio y en Alemania lo será en 2020 para infraestructuras de transporte y otras aplicaciones”(pag.5).

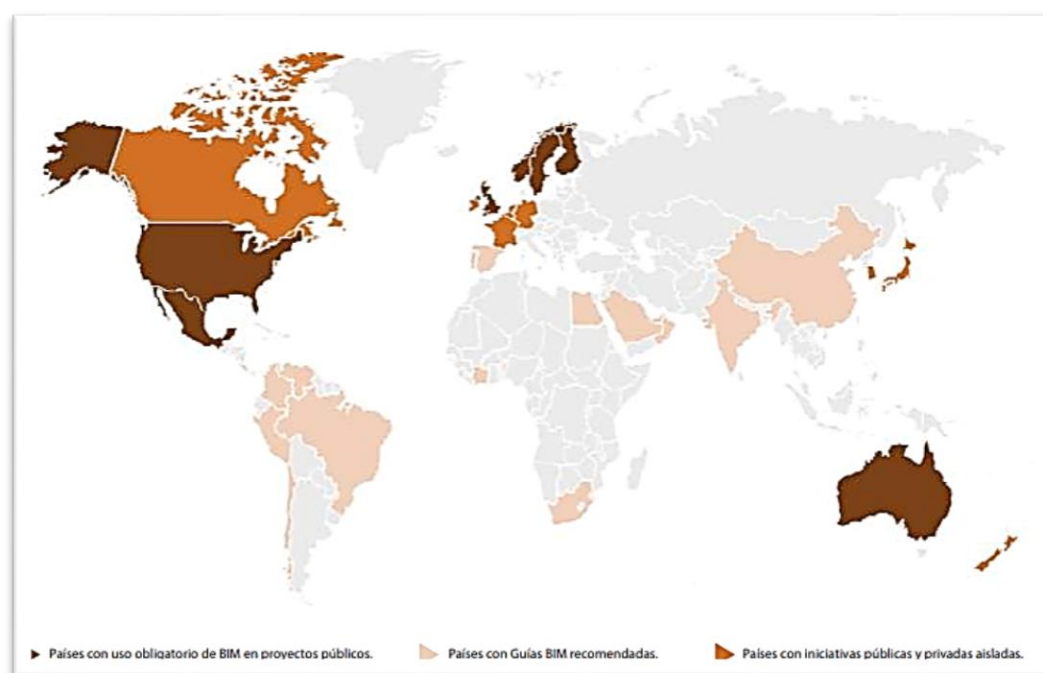


Figura 16: Mapa que muestra países con uso obligatorio de BIM en proyectos públicos

Fuente: López, 2016

En algunos países, como EEUU, UK y Finlandia, el BIM se combina con sistemas de contratación colaborativos que permiten compartir riesgos y beneficios y que maximizan sus ventajas.

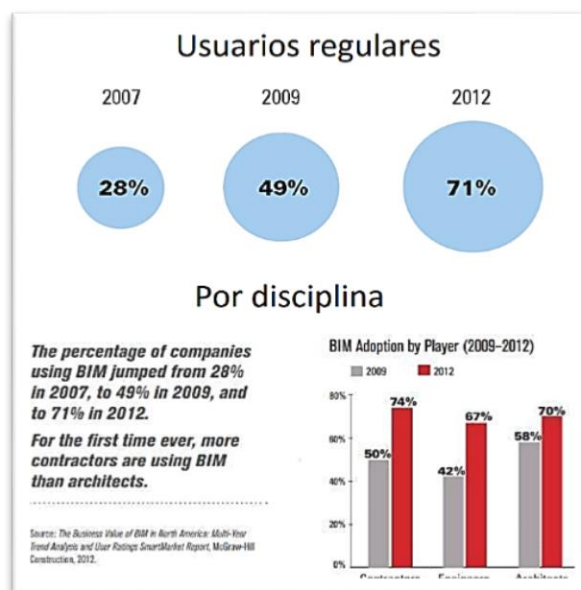


Figura 17: Niveles de adopción de BIM en USA

Fuente: McGraw Hill Construction, 2012

2.2.4.6.2. TECNOLOGÍA BIM EN LATINOAMÉRICA

Al respecto (Pacheco, 2015) comenta:

A falta de la información necesaria e involucramiento en las políticas de las empresas públicas, privadas y entidades gubernamentales, la adopción del BIM en Latinoamérica aún no es una realidad concreta. Sin embargo, ya existen iniciativas para la difusión y adopción de éstas tecnologías, siendo los realizados en Chile uno de los casos más resaltantes.

En Chile, la Cámara Chilena de la Construcción (el similar de Capeco en el Perú) desde el año 2007 viene asumiendo el liderazgo para romper la barrera del desconocimiento, promoviendo la difusión del uso del BIM por medio de charlas dictadas gratuitamente. Tres años después, el mismo gobierno aprobó con financiamiento una política de “Implementación y promoción de la tecnología BIM en Chile”, a cargo de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) y de siete importantes constructoras de ese país. (pag.38)

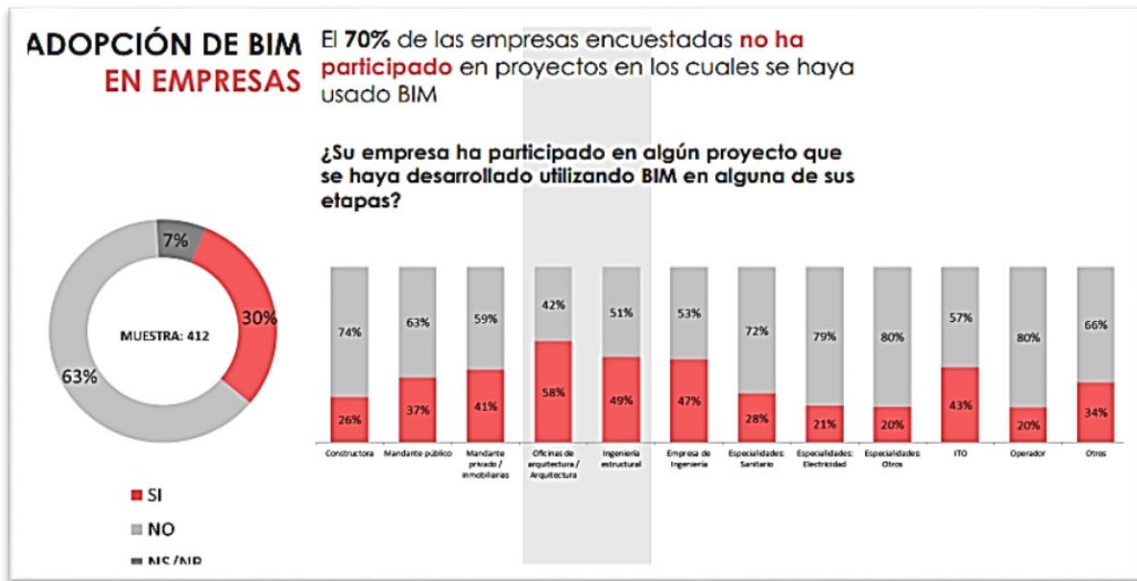


Figura 18: Diagnóstico de la situación actual de formación de capital humano de BIM en Chile

Fuente: CORFO, 2016

Según la Encuesta Nacional BIM 2016 de Chile el uso de BIM es transversal a todo tipo de proyectos, destacándose los edificios menores a 250 m² como el caso de uso más frecuente entre usuarios regulares y ocasionales (51%).

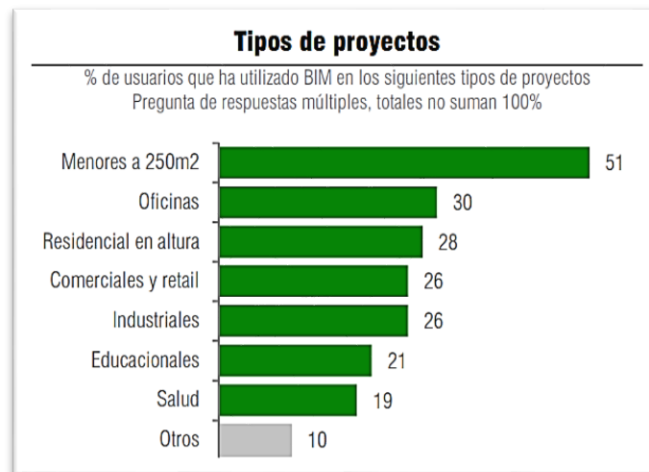


Figura 19: Porcentaje de usuarios que utilizaron BIM para diferentes tipos de proyectos

Fuente: Uchilefau, 2016

2.2.4.6.3. TECNOLOGÍA BIM EN PERÚ

En el Perú, el uso del BIM aún es limitado y no se cuenta con estadísticas de su implementación. Sin embargo, se viene empleado y tomando impulso en renombradas constructoras en el Perú como son Graña y Montero, AESA, MARCAN, COSAPI, JJC, QUIMERA, ODEBRECHT, IMCO, FIMA Y EL PORTILLO; debido a ello la Cámara Peruana de la Construcción ha conformado el comité BIM.

Diversos factores humanos, como la falta de información a tiempo, incompatibilidades, demora en las respuestas a los RFIs y la mala interpretación de la documentación, hacen que actualmente se genere un sobrecosto en los proyectos de construcción, originando así muchas deficiencias en la comunicación entre los diversos actores del proyecto (cliente, proyectistas y constructor). Motivados por brindarle la mejor solución a esta problemática, destacados profesionales ligados al sector construcción deciden conformar el Comité BIM del Perú, con respaldo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), que tiene como objetivo principal difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación BIM para lograr uniformidad y calidad en el sector construcción nacional. De esta forma, las ventajas de migrar al diseño BIM permitirían al Perú competir con países de Latinoamérica en la carrera de edificaciones más grandes, más eco-amigables y de menores desperdicios en el mundo. (CAPECO, 2013, pág. 1)

El comité BIM es un grupo técnico que incorpora profesionales que forman parte en todas las etapas de un proyecto, incluyendo a clientes, proyectistas y constructores, con experiencias directas en la aplicación del BIM en el Perú y en proceso de desarrollo. Con la creación de este comité se busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, difundir los avances en el uso de herramientas,

experiencias y resultados de la aplicación del BIM, promover las capacitaciones de herramientas BIM en los distintos especialistas y participar en la generación de un mercado con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados. A su vez, el Comité BIM, ha preparado una serie de documentos denominados Protocolos BIM que serán usados como la base para el desarrollo de Proyectos utilizando esta Metodología

El Comité BIM en el Perú tiene como objetivo (CAPECO, 2013, pág. 1): “*Liderar el cambio de paradigma de los profesionales en los proyectos de arquitectura, ingeniería y construcción con un crecimiento ordenado y responsable, recopilar las iniciativas y resultados reales de BIM en el Perú, consolidar las experiencias y promover la difusión de las buenas prácticas en la gestión y el uso de Herramientas BIM.*”

2.2.4.6.4. TECNOLOGÍA BIM EN LA REGIÓN PUNO

En nuestra región, existe una escasa información y, por consiguiente, adopción de BIM. Si bien es cierto los profesionales implicados en las etapas de diseño y ejecución presentan un conocimiento en ciertas áreas de aplicación, este es de carácter enfocado y con intenciones de aprovechamiento personal, es decir, de acuerdo a la necesidad de aplicación; en consecuencia, se desconoce las potencialidades globales que BIM ofrece como una metodología de gestión y manejo de proyectos. (Calle, 2018, pág.33)

Por otra parte, Vilca (2014) en su tesis para optar el grado académico de Ingeniero Civil titulado “Optimización de costos y tiempos en la gestión de proyectos de ingeniería utilizando la Tecnología BIM (Building Information Model-Modelado de Información para edificaciones) aplicado al “Centro de Educación Continua UNA-Puno” evidenció resultados positivos al aplicar la tecnología BIM en el proyecto mencionado, concluyéndose que:

Sus herramientas han sido muy útiles y necesarias por lo que agiliza en todos los sentidos los resultados esperados, optimiza los recursos porque el único encargado es el especialista dejando de lado a los dibujantes y metristas asistentes que tienden a cometer errores y hacen mucho uso del recurso tiempo, los tiempos se reducen por el mismo hecho de que ofrece herramientas puntuales, de fácil manejo y que se adaptan a las necesidades, por lo que se ha cumplido con los objetivos planteados. (Vilca, 2014, pág.166)

A su vez, el resultado obtenido mediante la implementación de la tecnología BIM en el modelo metodológico planteado en el proyecto: “Ampliación 17 Instalación de Banco de Compensación Capacitiva en la S.E. Puno”:

La propuesta metodológica diseñada, en su aplicación, mejoró la productividad de diseño generando mayor documentación AS-BUILT entregada al cliente en el Dossier de Calidad (Anexo M: Tabla M.4) que demostraron mejoría en la calidad de diseño al superar el análisis con una escala de calidad mejorada y al evidenciar satisfacción, apreciación y valoración positiva en los diagramas analizados en el ítem 4.3.5. Además, optimizó el costo y tiempo de ejecución con una diferencia positiva de US\$ 6422.60 (Tabla N°28) exonerada de utilidades, costos directos e indirectos; y con un porcentaje adelantado de ejecución de carácter permanente por 9 semanas, cumpliéndose el plazo establecido sin necesidad de ampliaciones de obra de acuerdo a la Figura N° 38: curva “S” del proyecto. (Calle, 2018, pág.143)

De todas formas, queda claro que el uso del BIM, como afirma Alcántara (2013): *“Aplicado a los proyectos de construcción, está en pleno desarrollo y es una oportunidad para mejorar los tradicionales procesos de gerencia del diseño y/o construcción de los proyectos y cuyos beneficios podrían ser percibidos en cualquiera de las etapas del proyecto”* (pág. 19).

2.2.4.7. SOFWARES BIM PARA ARQUITECTURA

2.2.4.7.1. BIM EN SKETCHUP

Si nos centramos en el software, podemos considerar como BIM un programa que, entre otras cosas, parametriza los elementos con los que trabaja y que asocia la geometría que se nos muestra en pantalla a metadatos como el tipo de elemento (pilar, cerramiento, forjado, etc.) o su material (hormigón, vidrio, acero, etc.).

Gracias a esta forma de trabajar, diseño, gestión y visualización 3D del modelo se realiza a la vez y en paralelo, lo que permite ahorrar (mucho) tiempo y aumentar nuestra eficiencia.

Desde hace algunos años, SketchUp ha encaminado sus pasos hacia la creación de herramientas BIM y a mejorar la compatibilidad de archivos. Esto se ha materializado en dos de las novedades que traen las últimas versiones de SketchUp.

CLASIFICADOR BIM

Gracias al clasificador BIM, podemos etiquetar la geometría como muros, losas, tejados o cualquier tipo de objeto estándar del sector, de forma que los metadatos correspondientes se integran al instante en el modelo.

IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS IFC

IFC son las siglas de “Industry Foundation Classes” y es un formato de archivo de metadatos abierto. Se creó con el objetivo de llegar a convertirse en un formato común para distintos programas de arquitectura, ingeniería y construcción. Actualmente, es uno de los formatos adoptados por Building Smart como estándar.

2.2.4.7.2. BIM EN LUMION

La interoperabilidad del software es uno de los impulsores clave de un enfoque BIM efectivo. Lumion hace su contribución con la capacidad de importar y administrar actualizaciones y cambios de diseño, con tipos de archivos de datos 3D que incluyen .dae, .fbx y .SKP y muchos otros. Incluyendo Revit, Sketchup, ArchiCAD, (gracias al plugin directo con lumion) o Allplan, Vectorworks, Microstation, etc

Lumion gestiona de forma lineal y sencilla la importación y reimportación de modelos actualizados desde casi cualquier software BIM o software de modelado 3D.

La introducción de MyLumion.com, por ejemplo, ha definido un paso más para ayudar a los arquitectos a respetar los fundamentos del método BIM. Esta función le permite visualizar modelos 3D contextualizados en sus respectivos entornos gracias a una simple publicación en la nube. Cualquier persona puede acceder y ver panoramas 3D en línea con cualquier dispositivo desde cualquier lugar con conexión a Internet. desde un sitio de construcción con un teléfono móvil o tableta simplemente seleccionando el enlace que mylumion.com produce automáticamente.

Es fácil imaginar un proceso de colaboración rápido y efectivo a partir de un modelo en Revit (por ejemplo), cargándolo en Lumion y definiendo la contextualización de una escena realista. Los diseñadores podrían ofrecer respuestas de inmediato, de modo que el ciclo de iteración de diseño / visualización sea completo y no destructivo.

Una segunda iteración sería suficiente gracias al simple clic en el botón de recarga en Lumion y omitir la fase de recreación y regeneración de la escena del proyecto. Por lo tanto, después de un cambio en Revit en la oficina, un cliente podría actualizar y mostrar el resultado en su dispositivo móvil.

LA CONTRIBUCIÓN DE LUMION A LA METODOLOGÍA BIM.

Dada la actual fase de implementación de BIM en el mundo, Lumion está haciendo todo lo posible para contribuir a la interoperabilidad. El intercambio de datos y la comunicación para el diseño de la comunicación se convierten en parte del marco general que BIM está intentando optimizar en los diversos procesos de implementación.

2.2.4.8. SOFWARES BIM PARA INGENIERÍA

2.2.4.8.1. BIM EN REVIT STRUCTURE

Revit Structure es el software para modelación estructural, que brinda modelación física y analítica para hacer diseños, coordinación y documentación, como también enlaces bi-direccionales a aplicaciones de análisis que son líderes en la industria.

Una vez que el modelo desarrollado por el arquitecto se da por concluido, o por lo menos lo suficientemente desarrollado para pasar al cálculo estructural, este modelo se hace llegar al encargado de dicho cálculo, que tendrá que modelar la estructura en base a la arquitectura pero dentro de su propio proyecto, creando así modelos distintos que al final se van a combinar en el archivo de coordinación, en el que se analizarán todas los conflictos y problemas que puedan surgir en la fase de construcción.

Los programas de cálculo de estructuras que tienen estándar BIM, podrán de alguna manera, leer y traducir, los archivos IFC para poder introducir estos datos, calcular y reintroducir dentro del modelo los resultados estructurales que nos propongan.

Revit nos va a permitir modelar la estructura como volúmenes, de cualquier material estructural, tanto sea hormigón armado o prefabricado, estructuras metálicas, de madera, etc y por último en el caso del hormigón armado podremos modelar las barras de

acero que dicho hormigón contenga, pero como hemos dicho nunca como resultado de cálculo.

El programa nos va a permitir introducir cargas, comprobar geometrías, para que la transición a cualquier programa de cálculo sea lo más limpia posible. Es evidente que el programa de cálculo de estructuras que mayor compatibilidad tiene con Revit, será Robot Structural Analysis, programa de la misma casa Autodesk, pero con versión en estándar de cálculo americano.

Se puede modelar desde el borrador o sobre archivos 2D CAD hechos por el arquitecto. O, para tener una coordinación aún más poderosa, puede hacer enlace directamente a modelos arquitectónicos 3D inteligentes desde los softwares AutoCAD Architecture o Revit Architecture.

Los resultados del análisis actualizan su modelo Revit Structure con precisión, mientras que la tecnología de manejo de cambios paramétricos coordina esas actualizaciones en cualquier parte de su diseño y documentación. El resultado final: El modelo de integración incrementa la eficiencia, mejora la precisión, y moderniza la coordinación con su equipo de diseño.

Los diseñadores de estructuras pueden crear el modelo, y los ingenieros o arquitectos especializados lo pueden completar agregando elementos de carga y combinaciones de ella, estableciendo condiciones para la presentación y funciones importantes antes de realizar el análisis. Otra forma de trabajo puede ser aquella en que los ingenieros estructurales construyen por sí mismos los modelos físicos, y luego continúan el proceso de análisis, mientras que los dibujantes completan los documentos de la construcción. Revit Structure simplifica la creación de los dibujos estructurales generando automáticamente dibujos y programas directamente desde el modelo físico.

2.2.4.8.2. BIM EN SAP2000

SAP2000 es un programa comercial de cálculo de estructuras basado en el Método de los Elementos Finitos (MEF). El origen de su nombre viene de sus siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural). El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

SAP2000 nos permite realizar:

- Análisis lineal
- Análisis dinámico por espectros de respuesta
- Cargas Móviles
- Análisis en el dominio de la frecuencia
- Elementos de barra, shell (cáscara) y sólido
- Dimensionamiento de hormigón, verificación de estructuras metálicas y dimensionamiento de armadura para elementos Shell
- Módulo de pretensado, totalmente integrado, para introducción de los cables de pretensado conectados a todo tipo de elemento y cálculo automático de pérdidas instantáneas
- Posibilidad de considerar los efectos geoméricamente no lineales de PDelta (Es un análisis no lineal que toma en cuenta la deformación inicial de una estructura al someterla a las cargas consideradas. Al sufrir deformaciones, las fuerzas originales actuando sobre la estructura deformada genera excentricidades y por lo tanto momentos y torsiones adicionales) en cargas estáticas y dinámicas
- Generación automática de mallas de elementos finitos, con elementos de 4 nudos

INTERCAMBIO REVIT STRUCTURE CON SAP2000

Para realizar el intercambio es necesario el uso del plugin de comunicación entre Revit Structures y SAP2000 v19.

Una vez creado el modelo en Revit Structures y ajustado el modelo analítico (que es el que realmente se exporta), el plugin CSIxRevit para SAP2000 solo deja la opción de exportar el modelo de Revit a SAP o de SAP a Revit, pero NO deja la actualización de un modelo ya exportado. Esto implica que tras la primera modificación los dos modelos ya no son iguales.

Se exporta desde Revit un archivo de extensión. exr que debe ser importado una vez abierto SAP2000. El modelo importado tiene bastantes deficiencias; desaparecen los huecos de losas y muros y alguna pieza se descoloca.

El proceso de importación incluye un proceso de mapeado de secciones en el que se comparan las secciones de Revit con la base de datos de secciones de SAP (en este caso la de la AISC norteamericana). Las secciones de hormigón por tanto no han sido reconocidas.

La exportación desde SAP como se ha comentado obliga a que sea un modelo nuevo, nunca modificar el existente.

2.2.5 LAST PLANNER

La metodología Last Planner System se basa en la filosofía “Lean Production” desarrollada por *Herman Glenn Ballard* y *Gregory A. Howell*, en la cual los autores indican que:

- El sistema busca incrementar la fiabilidad de la planificación y por consecuencia mejorar los desempeños.

- El sistema trabaja en base a restricciones, es decir todas las actividades tienen dificultades para poder ser realizadas, mientras más restricciones se liberen, más actividades pueden ser ejecutadas.
- El sistema entrega herramientas de planificación y control efectivas para proyectos complejos, inciertos y/o rápidos.
- El sistema está diseñado para mejorar el control de la incertidumbre aumentando la confiabilidad de los planes.
- El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles del sistema de planificación.
- La esencia de este sistema es trabajar directamente con el último planificador, el cual puede ser: capataz, jefe de obra, supervisor, subcontratista, administrador de terreno, entre otros.
- El último planificador es quien define lo que será realizado y quien realizará el trabajo.

MARCO TEÓRICO

El marco teórico que soporta Last Planner® es realmente sencillo. Su principio básico se basa en aumentar el cumplimiento de las actividades de construcción mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación.

El proceso de planificación con Last Planner debe centrarse principalmente en la gestión del “puede”, así mayor será la posibilidad de un avance real, ya que, el avance puede verse afectado si la cantidad de actividades que “puede” ejecutarse es baja. Para evitar esto, los planificadores deben concentrar sus esfuerzos en liberar restricciones que

impidan que la tarea puede iniciar o continuar. De esta forma se agranda el conjunto “puede” aumentando las opciones de avance.

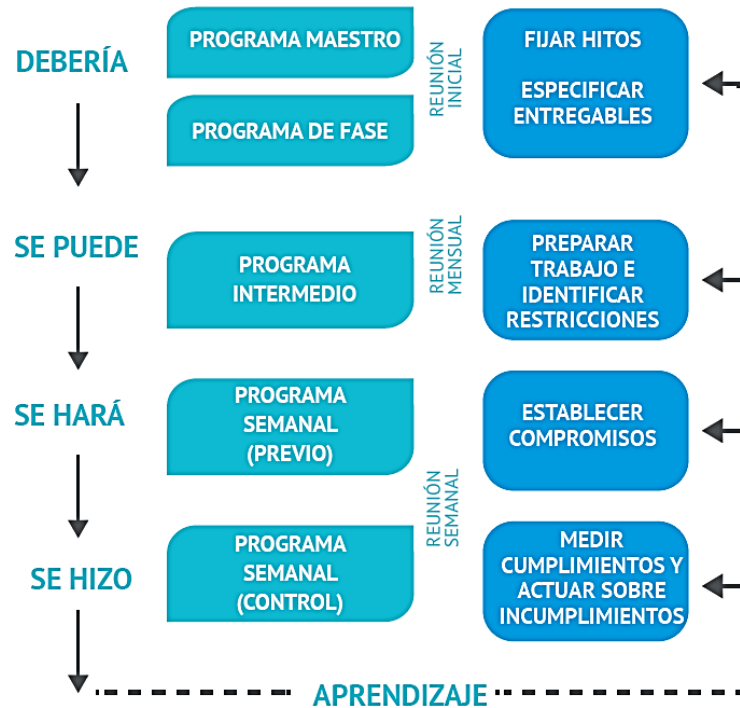


Figura 20: Sistema de trabajo de Last Planner

Fuente: Rodríguez, Alarcón y Pellizer, 2011

Cuando las actividades por algún motivo no fueron realizadas, se tiene que indagar los motivos por el cual no pudieron ser completadas, para eso se buscan las causas de no cumplimiento, ya que estos son los primeros pasos para generar una mejora.

Lo que realmente entrega la mejora es dar acción correctiva al problema que permita generar un flujo de trabajo continuo, es decir, definir que actividades o estrategias se van a hacer para realizar la actividad no cumplida.

IMPLEMENTACIÓN

La implementación de Last Planner® es muy sencilla pero requiere de un estricto cumplimiento. Esta consiste en general en crear planificaciones intermedias y semanales,

enmarcadas dentro de la programación inicial o plan maestro del proyecto, analizando las restricciones que impiden el normal desarrollo de las actividades. Estas tres planificaciones forman una especie de pirámide (Fig. 21) en donde la base que la sustenta es el plan maestro.

En la determinación de los planes deben participar el equipo de trabajo del proyecto. Cada uno de los miembros debe contribuir a que los planes sean congruentes entre sí.

El plan maestro cubre todas las actividades de construcción del proyecto; desde su inicio hasta su terminación. El plan intermedio se obtiene del plan maestro y puede realizar para un plazo de 3 meses. Cuando se ejecute el primer plan intermedio, se debe crear otro para las actividades del próximo trimestre, y así sucesivamente hasta terminar la obra. El plan semanal se determina con base en el plan intermedio. Este plan contiene las actividades que se ejecutarán cada semana.



Figura 21. Esquema de los planes necesarios en el proyecto

Fuente: Díaz, 2007

Un paso de estricto cumplimiento en el desarrollo de cada uno de los planes, es la revisión de las restricciones para su realización. Cada plan debe estudiarse cuidadosamente con el fin de determinar si existe restricción para su cumplimiento. Una actividad no debe ser planeada si existe una restricción para realizarla. Cada proyecto

tiene restricciones particulares; no obstante, las principales son: Falta de diseños, materiales, mano de obra, equipos y actividades previas sin realizar.

A continuación, se muestra el flujo de la metodología Last Planner System, donde ITE es Inventario de Trabajo Ejecutable

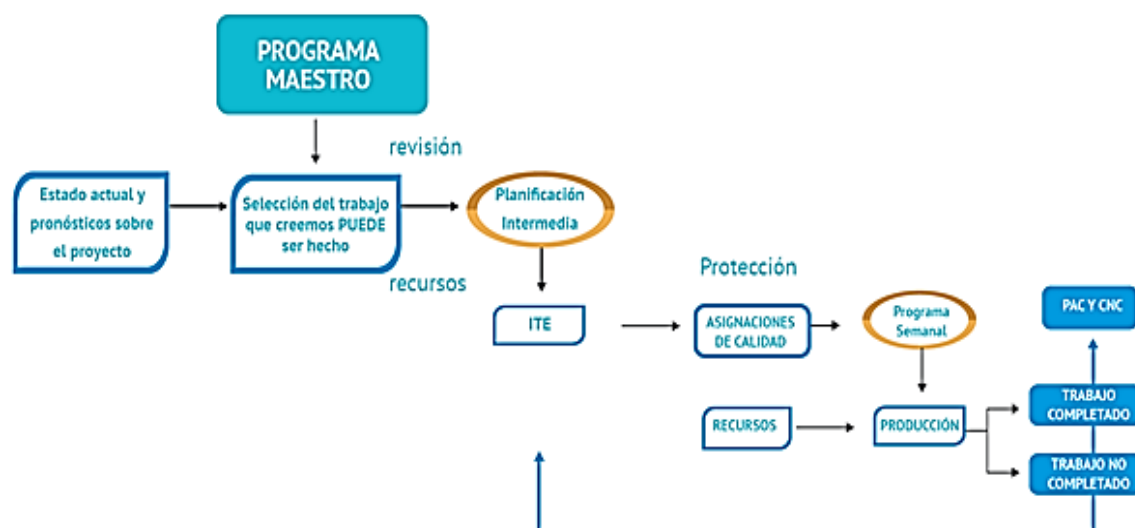


Figura 22: Flujo de la metodología Last Planner System

Fuente: Díaz, 2007

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. POBLACIÓN:

Proyectos de inversión

3.1.2. MUESTRA:

Proyecto “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno”

3.2. MÉTODOS

3.2.1. REVISIÓN TEÓRICA Y CAPACITACIÓN LEAN-BIM

A) REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CAPACITACIÓN LEAN

El Lean Construction, como ya se explicó en los anteriores ítems, está basado en la gestión de proyectos de construcción y sigue los principios de la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final. Para la implementación de Lean Construction, el cual engloba a Lean Design, debemos entender que Lean es una filosofía, es decir una forma de pensar y ver la gestión en un proyecto, pero que a su vez se plasma en herramientas, un sistema de gestión o procesos concretos.

Lean se caracteriza por su flexibilidad en los procesos y sistemas que usa, pero es muy sólida en su filosofía, de esta manera se entiende que cualquier persona puede crear herramientas acordes a la filosofía Lean, es por ello que en la actualidad existen una diversidad de herramientas Lean.

En la actualidad en la región Puno se tiene acceso limitado a capacitaciones presenciales sobre la filosofía y herramientas Lean, pero su aplicación en proyectos y la investigación en el tema se ha ido incrementando en los profesionales del sector construcción.

Para la implementación de la filosofía Lean en el proyecto “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno” ha sido de vital importancia el uso del material virtual proveniente del Lean Construction Institute PERÚ, el cual es una organización sin fines de lucro y que tiene como principal objetivo la implementación de LEAN en la industria de la construcción en el Perú, utilizando principios, fundamentos y prácticas comunes de la filosofía. Este instituto presenta una guía para proyectos Lean y publicaciones de LCI, también desarrolla planes de estudios de capacitación donde abordan temas específicos como Last Planner, Introducción a Lean, Target Value Design, entre otros, muchas de estas capacitaciones y publicaciones se dan también de manera virtual las cuales nos resultaron accesibles. Además de esta organización existen corporaciones en ciudades vecinas como Cusco y Arequipa que brindan capacitaciones virtuales y presenciales en determinadas fechas, de las cuales también se pudo sacar beneficio.

Es así que para la elaboración del expediente técnico “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno” fue necesario el estudio y capacitación Lean en los proyectistas de la especialidad de estructuras para luego poder capacitar e involucrar a las demás especialidades de arquitectura e ingeniería eléctricas así como las otras partes conformantes del proyecto, se sabe que la efectividad de la implementación de Lean Design es de arriba hacia abajo, es decir mientras más arriba esté el promotor de la

filosofía es mejor, en este caso de la planificación del expediente técnico mencionado los proyectistas son los directos encargados de la gestión y coordinación del proyecto, ellos deben ser los líderes encargados de motivar a todas las partes componentes del proyecto a realizar un trabajo colaborativo en equipo, conducir todo el proceso de implementación y saber lidiar con la resistencia al cambio

B) CAPACITACIÓN DEL SOFTWARE BIM

La herramienta virtual que sigue los lineamientos de Lean Design es la tecnología BIM que congrega softwares caracterizados por el uso de información de forma coordinada y colaborativa entre las diversas especialidades referidas a la construcción, en la presente investigación para la fase de diseño del producto se tomó como principal herramienta Lean el software BIM: REVIT, para ello se realizó la respectiva capacitación mediante cursos online de la corporación INNOVA TRAINING CENTER de la ciudad de Arequipa, ya que al igual que el aprendizaje de Lean, las capacitaciones del software Revit, recién se vienen están implementando en los centros de cómputos del departamento de Puno.

3.2.2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO (SEGÚN LEAN PROJECT MANAGEMENT)

3.2.2.1. NECESIDADES Y VALORES

En esta etapa se analizaron y estudiaron las necesidades y valores de la población beneficiaria(feligreses) y las expectativas de los promotores del proyecto (Representantes del Obispado y Autoridades del Centro Poblado de Alto Puno).

Se estableció un equipo multidisciplinario conformado por los especialistas de cada área involucrada en el proyecto: Arquitectos, ingenieros civiles e ingeniero eléctrico,

así como consultores de cada especialidad, constructores, beneficiarios, entre otros; así se logró crear una plataforma de trabajo colaborativa de inicio a fin del proceso de elaboración del expediente técnico.

Para conseguir resultados óptimos se utilizaron herramientas Lean como son el IPD (Integrated Project Delivey) y la constructabilidad.

El IPD se aplicó mediante reuniones continuas con el equipo integrado, que en una atmósfera de mutuo respeto y tolerancia, eran libres de transmitir sus opiniones durante el desarrollo del proyecto y colaborar juntos e individualmente para lograr el intercambio de información de manera transparente. Cada opinión de los integrantes del equipo fue válida, no habiendo jerarquización a la hora de tomar decisiones. Se consultaron con los agentes que componen el trabajo para analizar las posibles decisiones, llegando a un entendimiento global del grupo de trabajo, en otras palabras, cada decisión tomada era consultada con cada especialidad y llegando a un acuerdo común era validada.



Figura 23: Reunión de reconocimiento de necesidades y valores con beneficiarios (feligreses)

Fuente: Elaboración propia



Figura 24: Reunión de coordinación con beneficiarios, promotores y equipo proyectista

Fuente: Elaboración propia



Figura 25: Reunión de coordinación entre especialistas de diferentes especialidades

Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Reunión de coordinación entre especialistas de ingeniería y arquitectura

Fuente: Elaboración propia

La constructabilidad se aplicó durante la concepción de las propuestas arquitectónicas, estructurales y eléctricas con el objetivo de mejorar la calidad del proyecto y obtener diseños más fáciles y económicos de construir. En ella jugaron un papel importante los Consultores en cada área, aportando con su experiencia y capacidad en la industria de la construcción en las decisiones tomadas para la realización de los diseños en cada área. A su vez, en el área de Costos y Presupuestos, se incluyó la participación de los constructores, a los cuales se les hizo las consultas sobre los materiales existentes en la Región, los procesos constructivos más adecuados y económicos que se puedan optar.



Figura 27: Reunión de coordinación con promotores, consultores y equipo proyectista

Fuente: Elaboración propia

Para tener un mayor entendimiento de la zona destinada a construcción, se verificó la situación legal del terreno, se realizó un reconocimiento visual del terreno, se verificó que las medidas indicadas en la Escritura correspondan a las encontradas en campo realizando un trazo insitu con yeso y estacas, se constató que no se contaba con servicios sanitarios y eléctricos y se realizó un programa de investigación de suelos con los datos obtenidos en dicho reconocimiento.



Figura 28: Constatación y delimitación del terreno

Fuente: Elaboración propia



Figura 29: Pruebas insitu para programa de investigación de suelos

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2. CRITERIOS DE DISEÑO

Para la concepción de las propuestas de ingeniería se utilizaron las normativas vigentes en el país. Los criterios técnicos se basaron en el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismoresistente, E.050 Suelos y Cimentaciones, E.060 Concreto Armado, E.090 Estructuras Metálicas, IS.0.10, OS.030), Reglamento de metrados, guías de diseño AISC, entre otros. Los especialistas de las especialidades de Arquitectura e Instalaciones Eléctricas utilizaron las normativas correspondientes a su área.

3.2.2.3. CONCEPTOS DE DISEÑO

3.2.2.3.1. PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Siguiendo los lineamientos de Lean Design, se trabajó inicialmente con múltiples alternativas de proyecto. Se realizaron dos propuestas de anteproyectos arquitectónicos, los cuales después de ser expuestos a la población beneficiaria (feligreses) y el Obispado fueron sometidos a una elección del proyecto que mejor se acomodaba a las necesidades y valores de la parte usuaria, evitando así modificaciones y retrabajos en etapas posteriores.



Figura 30: Primera propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Elaboración propia



Figura 31: Segunda propuesta de anteproyecto arquitectónico del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Elaboración propia

El diseño arquitectónico de la propuesta elegida fue desarrollado por los Arquitectos encargados, para la mejor comprensión del proyecto se utilizaron programas pertenecientes a la tecnología BIM, como son SKETCHUP para el modelamiento 3D y LUMION para la generación de vistas y el videorrecorrido.

El proyecto arquitectónico presenta tres bloques. El bloque 1 en el cual se encuentra la zona de culto, el bloque 2 que contiene a su vez tres sub bloques a, b y c que contienen a la zona académica, la zona administrativa y la zona residencial respectivamente, y por último el bloque 3 contiene la zona de servicio comunitario. Estos bloques están distribuidos en zona de uso público, semi público y privado. El proyecto tiene dos ingresos principales que se conectan al bloque 1, zona de culto, y dos accesos

secundarios que sirven para acceder al bloque 2 y al bloque 3 zona parroquial y zona de servicios comunitarios respectivamente.



Figura 32: Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

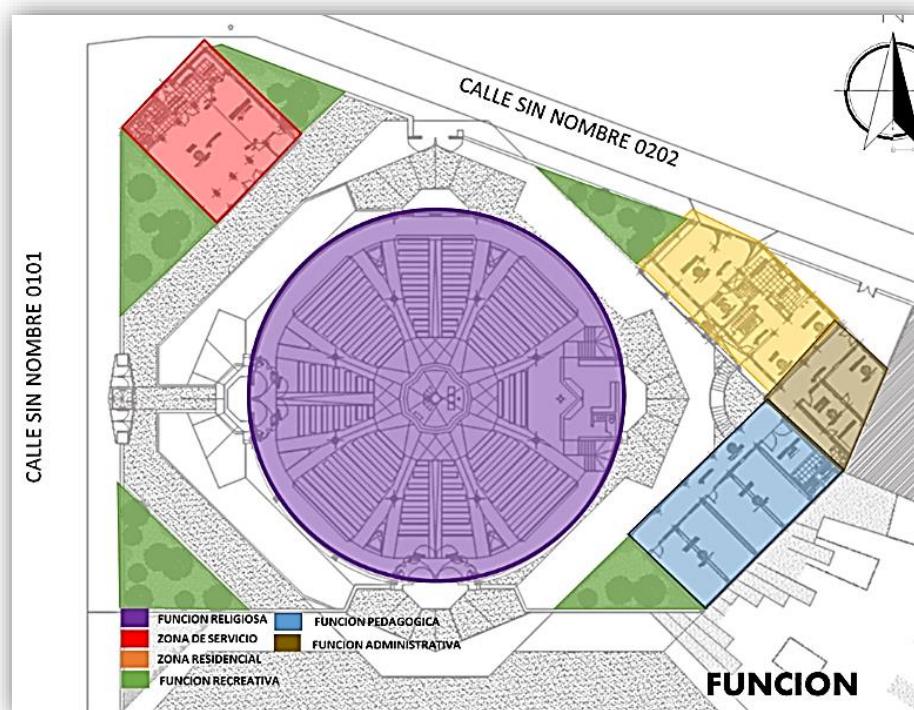


Figura 33: Distribución funcional del Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

El bloque 1, zona de culto, está dado por el Templo Niño Salvador del Mundo, esta infraestructura tiene una capacidad de aforo para 500 personas. El bloque tiene tres accesos dos de uso público, de estos uno comunica directamente con una explanada aledaña y el otro con un atrio de ingreso ambos ingresos interiormente dan a un espacio de recepción, nártex, el ultimo acceso es de uso privado, y accede a la sacristía. La distribución del templo es radial teniendo como espacio central al santuario alrededor del cual se disponen ocho naves una de las cuales está destinado simultáneamente a la sacristía, coro y baptisterio, además estas naves van alternándose con áreas destinadas a cuatro nichos y dos confesionarios. La propuesta contempla una circulación radial en haces que conectan el centro con la circulación perimetral.

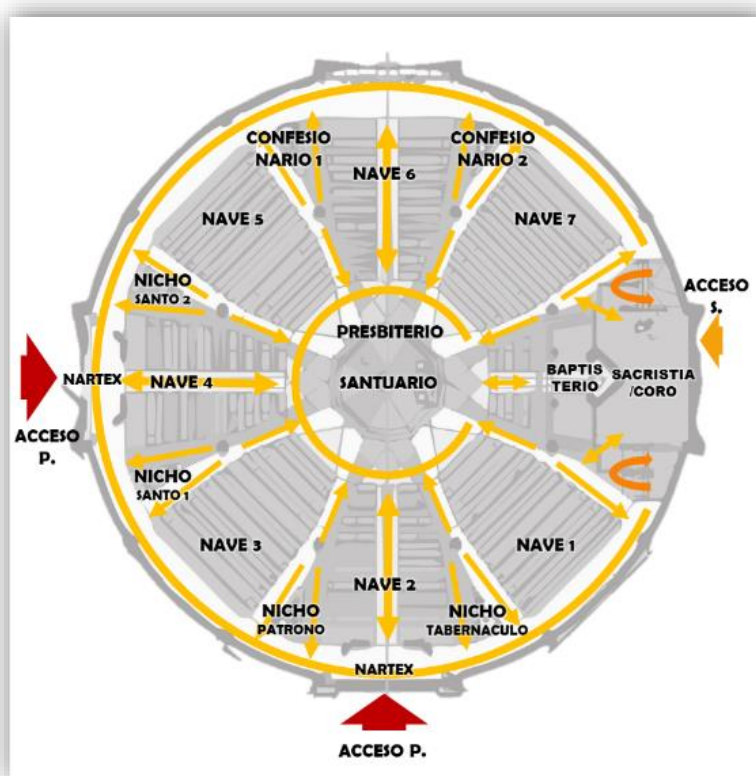


Figura 34: Distribución en planta del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

DISEÑO FORMAL EXTERIOR DEL TEMPLO

Formalmente el templo está dado por una cúpula que metaforiza al “Globus Crucifer”. Es así que el templo toma la forma del símbolo de este misterio. “la cruz sobre una esfera”, la esfera como metáfora del mundo que es salvado en la muerte de Jesús simbolizado por la cruz. El templo es entonces un domo que, mediante un espejo de agua, completa la figura de una esfera además en su cima se contempla una torrecilla (linterna) para generar la cruz.

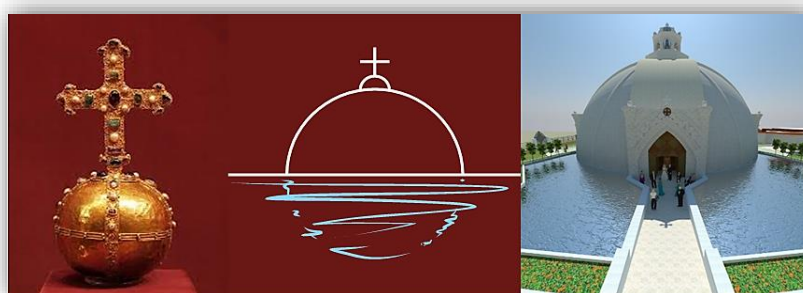


Figura 35: Concepción de la forma del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

A) DISEÑO FORMAL INTERIOR DEL TEMPLO

El templo está constituido por dos cascarones uno externo y uno interior. El cascaron externo es un domo mientras que el cascarón interior se compondrá por bóvedas que toman como base formal los ojivales, cuadrados y octágonos

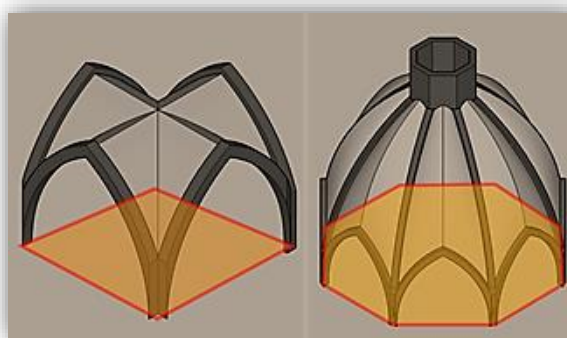


Figura 36: Bóveda de crucería de arcos ojivales y cúpula de arcos ojivales

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

El cascarón interno está compuesto por una bóveda central en torno al cual se disponen ocho (08) bóvedas de crucería de arco ojival.

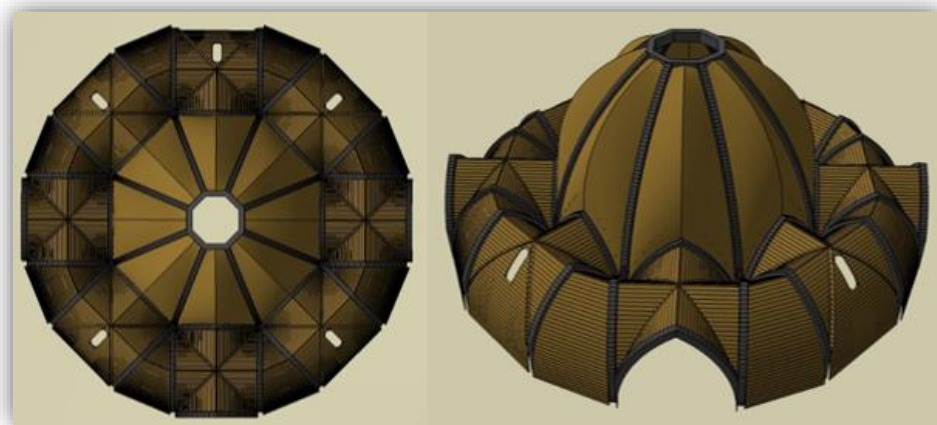


Figura 37: Bóvedas del cascarón interno

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

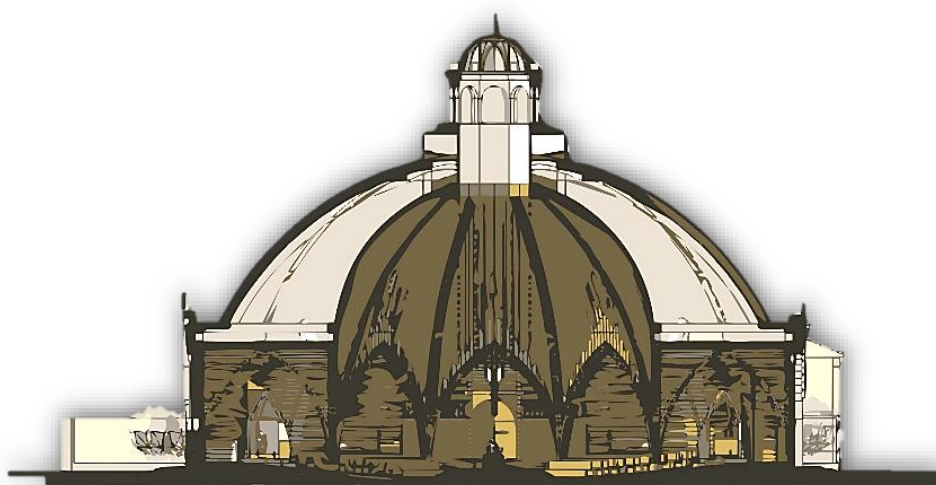


Figura 38: Sección del proyecto que muestra cascarón interno y cascarón externo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

LAS FACHADAS

Por el diseño compositivo del templo, este presenta cuatro fachadas, perfectamente orientados hacia el oeste, norte, este y sur, estas fachadas tienen como tema

compositivo el de mostrar escenas icónicas de la vida de Jesucristo que marcaron su existir como aquel niño destinado a salvar al mundo a través de su Elaboración propia vida. Dos son accesos principales (fachadas oeste y sur) estos accesos permiten el ingreso del público al templo, otro la fachada (este) que da hacia el complejo parroquial permite el ingreso a la sacristía y la última fachada (norte) presenta grandes vitrales con el fin de permitir la iluminación natural al templo.

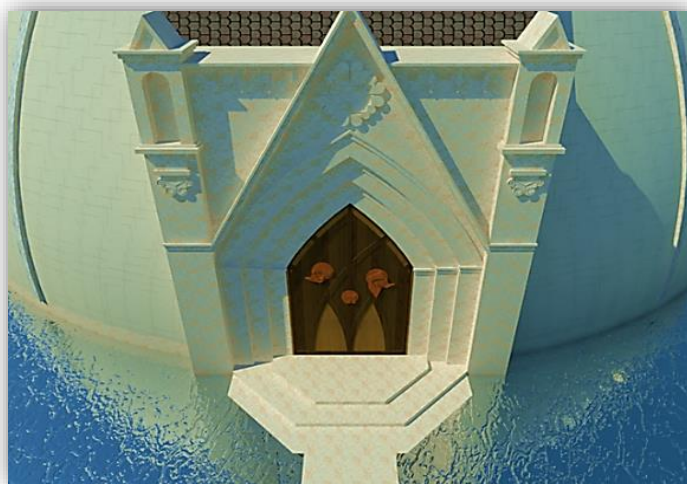


Figura 39: Fachada oeste del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado



Figura 40: Fachada norte del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado



Figura 41: Fachada este del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado



Figura 42: Fachada sur del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Memoria descriptiva de Arquitectura del expediente técnico elaborado

El bloque 2 dividido en sub bloques (a, b y c) contiene tres zonas: zona académica, zona administrativa y zona residencial.

Sub Bloque a, zona académica, esta construcción de uso semipúblico contiene cuatro aulas talleres de 48 m^2 aprox. Y servicios higiénicos básicos para hombres y mujeres, todo distribuido en dos niveles. Este módulo está articulado a través de pasadizos que dan al patio central del complejo y que se extiende también al sub bloque b, zona administrativa. A su vez estos pasadizos ubicados en cada nivel están comunicados por una escalera circular ubicado en el patio del complejo.

Sub Bloque b, zona administrativa, este bloque de carácter semipúblico tiene acceso desde la vía sin nombre 0202. El bloque funcionalmente contempla un despacho con un una secretaria y sala de espera en el primer nivel, en el segundo nivel se presenta una sala de reuniones, un estar y biblioteca distribuidos entre este nivel y un mezzanine interno. En el entrepiso de este nivel también se plantea un pequeño depósito desde el cual se accede a la azotea. La azotea contiene espacios para instalaciones sanitarias y eléctricas, áreas de mantenimiento a los que se accede desde el segundo nivel por una escalera de gato.

Sub Bloque c, zona residencial, esta construcción constituido por la casa cural es de carácter privado, y como tal presenta dos accesos uno vehicular que da directamente a la vía sin nombre 0202 y otro principal que da al patio del complejo, este bloque distribuido en dos niveles contiene una sala, un comedor, una cocina, un SS.HH. Una lavandería, y un dormitorio de servicio con baño propio en el primer nivel, mientras que en el segundo nivel hay cuatro dormitorios cada uno con baño propio, un estar y una terraza. La articulación de todos estos espacios se da a través de pasillos que se comunican mediante una escalera interna.



Figura 43: Vista del Bloque 2 (Zona académica y administrativa)

Fuente: Elaboración propia

El bloque 3, zona de servicio comunal, está conformado por una sala de usos múltiples que alterna sus funciones entre un auditorio, salón de reuniones y un velatorio, tal construcción presenta un acceso que da a un atrio de ingreso que se encuentra en la intersección de las vías 0101 y 0202, además de este acceso al exterior también se comunica internamente al complejo. Este bloque está programado con un salón de 95 m² aprox., una recepción, dos servicios higiénicos y un deposito/cocineta. Todos estos espacios están articulados a partir del hall de recepción que distribuye a todos los espacios.



Figura 44: Vista del Bloque 3 (Salón de Usos Múltiples)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Aforo por componentes del proyecto

AFORO				
B1		1 Nivel	498	508
		2 Nivel	10	
B2	B2a	1 Nivel	50	121
		2 Nivel	50	
	B2b	1 Nivel	8	
		2 Nivel	8	
	B2c	1 Nivel	1	
		2 Nivel	4	
B3		1 Nivel	60	60
Aforo Total				689

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Áreas construidas por componentes del proyecto

ÁREAS CONSTRUIDAS (m²)				
B1		1 Nivel	1022.65	1089.40
		2 Nivel	66.75	
B2	B2a	1 Nivel	169.99	831.28
		2 Nivel	169.99	
	B2b	1 Nivel	73.87	
		2 Nivel	124.05	
	B2c	1 Nivel	146.69	
		2 Nivel	146.69	
B3		1 Nivel	129.87	129.87
Área Total Construida				2050.55
Área libre 42.79%				1154.15
Área Ocupada				3204.70
Área total del terreno				2697.22

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3.2. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

3.2.2.3.2.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de mecánica de suelos tuvo como principal objetivo de calcular la capacidad de carga del terreno mediante las propiedades físicas determinadas en el laboratorio, para aplicarlas en los cálculos estructurales de cimentación del proyecto: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, Distrito, Provincia y Departamento de Puno”

El alcance del trabajo, determinó en primer lugar las condiciones del suelo como material de fundación y en segundo lugar estableció dicha capacidad en relación a la interacción suelo-estructura prediseñada, como lo expresa la Norma técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones.

UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en el Departamento de Puno, Provincia de Puno, Distrito de Puno, Centro Poblado de Alto Puno. El terreno colinda por el norte con una

vivienda y algunos predios, por el oeste con calle “sin nombre” y por el sur-este con la Avenida Tiquillaca.



Figura 45: Ubicación del terreno destinado para el proyecto
Fuente: Elaboración propia

ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO:

Se accede al área de estudio por la av. Tiquillaca.



Figura 46: Acceso al terreno destinado para el proyecto
Fuente: Elaboración propia

CONDICIÓN CLIMÁTICA

Las condiciones climáticas en el ámbito geográfico que abarca el presente estudio, corresponde al tipo semi-seco y frío en su generalidad. Durante el año las estaciones climáticas son prácticamente dos: Una húmeda caracterizado por sus precipitaciones pluviales (noviembre a marzo) época apropiada y recomendable para la construcción de estructuras de concreto; y la otra época seca caracterizado por la ausencia de lluvias y baja temperatura nocturna.

MÉTODO DE TRABAJO

Se realizó:

- Reconocimiento del terreno
- Formulación del Programa de Investigación
- Recopilación de información previa
- Ubicación de calicatas
- Toma de muestras
- Investigación en Campo
- Ensayos de laboratorio
- Evaluación de los ensayos de campo y laboratorio
- Perfiles estratigráficos
- Conclusiones y recomendaciones.

GEOLOGIA EN EL ÁREA DE PROYECTO

GEOMORFOLOGÍA

Regionalmente la zona del proyecto se divide en tres (03) unidades geométricas importantes: Cordillera Oriental, Altiplano, Cordillera Occidental. La zona se caracteriza por presentar complejos estructurales y litológicos, las cuales han sido modeladas por los agentes erosivos, existen zonas de escarpamiento y aterrazamiento con

pendientes suaves. La zona de estudio para el proyecto se encuentra en el Centro Poblado de Alto Puno, presentando una topografía caracterizada por pendientes suaves.

GEOLOGÍA LOCAL

La región Puno está caracterizada geológicamente por rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas, las secuencias estratigráficas cubren edades desde el Cámbrico hasta el Cuaternario. Se describe la estratigrafía de la región considerando los siguientes dominios morfoestructurales debido a que controlan los afloramientos de las unidades:

- Cordillera Occidental y Altiplano
- Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llano Amazónico

El terreno del proyecto está ubicado en av. Tiquillaca perteneciente al grupo Barroso.

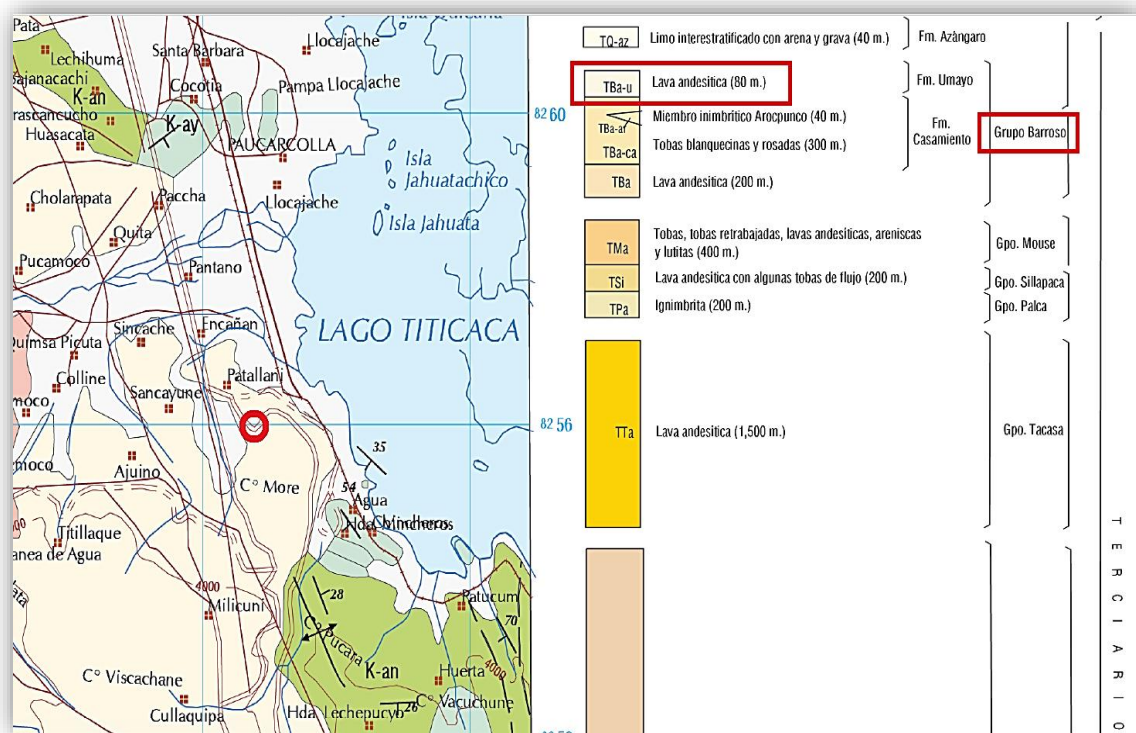


Figura 47: Zona del proyecto en mapa Geológico

Fuente: INGEMMET

- **GRUPO BARROSO**

La formación consiste en una serie erosionada de andesitas y traquitas, proviene de conos volcánicos por glaciación pre-pleistocénica donde las tobas dominan sobre las lavas. El grupo fue dividido en tres unidades cada una separada por una discordancia: el volcánico Chilca, el volcánico Barroso y el volcánico Pumpuruni.

El Grupo Barroso, vinculado a aparatos volcánicos, cierra la secuencia volcánica terciaria de la región Andina.

Litológicamente el Barroso está compuesto por lavas, brechas de flujo, aglomerados y tobas andesíticas, traquiandesíticas y dacíticas. En partes presenta lavas andesítico-basálticas y en otras lavas hornblendicas, comprendiendo fases efusivas y explosivas.

Las unidades litológicas del Grupo Barroso, son numerosas habiendo sido identificadas como formaciones o unidades volcánicas, a las cuales se dieron nombres locales.

Las rocas del Grupo Barroso constituyen un metalotecto de interés al haberse descubierto yacimientos epitermales oro-argentíferos, entre otros yacimientos polimetálicos.

El área de estudio estuvo sometido a diversos fenómenos de degradación y gradación que actúan como agentes modificadores de la superficie, los procesos meteóricos y fenómenos climáticos como: el intemperismo y el agua. Bajo el dominio de determinadas condiciones climáticas, el primero por la temperatura del medio ambiente y sus cambios abruptos entre el calor y el frío que dan lugar a la meteorización de la roca.

3.2.2.3.2.1.1. CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL ESTUDIO

A) NÚMERO Y PROFUNDIDADES DE LAS PROSPECCIONES

Se entiende por prospección a todas las actividades concernientes a: calicatas, sondeos mecánicos, pruebas continuas de penetración o métodos geofísicos; que nos permitan conocer las características geotécnicas y disposición del terreno.

En base a las características de los materiales existentes, para la exploración, la ubicación de los Calicatas y las profundidades alcanzadas estuvieron de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Se establece realizar tres calicatas en el bloque I (Templo “Niño Salvador del Mundo”) en un área de 990 m^2 aproximadamente y 1 calicata en el bloque II (Estructuras Complementarias: zona aulas, zona de servicio, zona administrativa y vivienda cural; en un área de 390 m^2 aproximadamente. Considerando que la norma E 050 “Suelos y cimentaciones” del Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el número mínimo de puntos a reconocer serán tres y nunca inferiores a éste.

La profundidad de las calicatas fue determinada inicialmente en función al bulbo de presiones. El bulbo de presiones en cimentaciones, o bulbo de tensiones, es el lugar geométrico del espacio de suelo en cuyos puntos se producen incrementos de carga vertical considerables por efecto de la aplicación de una carga. La presión de contacto en cimentaciones es la presión sobre el terreno de apoyo producida por el peso de una zapata y todas las fuerzas que actúan sobre ella. Estas fuerzas se desarrollan perpendicularmente a la superficie de contacto. Los esfuerzos que transmite al terreno una cimentación directa van disminuyendo progresivamente en profundidad. Las curvas que unen los puntos del suelo de igual presión (isobaras) adoptan la forma de bulbo, de ahí la denominación de bulbo de presión.

Para obtener la distribución de esfuerzos en el suelo debido a la acción de algunos tipos de carga se emplean algunos modelos propuestos por Boussinesq en los que el suelo se considera un medio elástico semi-infinito.

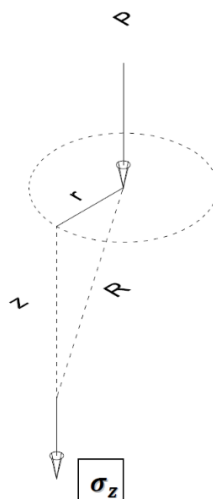


Figura 49: Distribuciones de presiones correspondiente a una carga concentrada vertical en la superficie del semi-espacio

Fuente: Cruz Velasco, 2015

$$\sigma_z = \frac{3P}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2} \right)^{\frac{5}{2}}$$

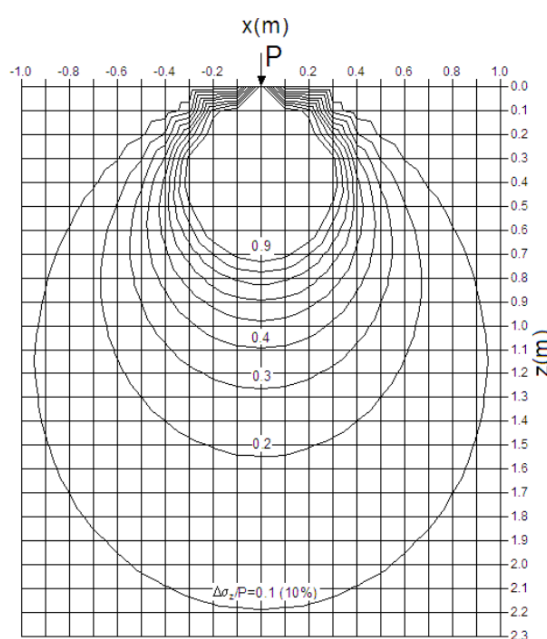


Figura 50: Isobaras o bulbo de presiones verticales bajo una carga puntual

Fuente: Cruz Velasco, 2015

En el caso de estudio, la carga en la zona más crítica será: 3086 kg

Tabla 3: Esfuerzo en distintas profundidades

Z(m)	σ_z (kg/m ²)
1	1473.456
2	368.364
3	163.717
4	92.091
5	58.938
6	40.929
7	30.071

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Cálculo de “r” para distintas profundidades.

Z (m)	r
1	2.924
2	2.661
3	3.681
4	5.694
5	6.595
6	3.397
7	1.048

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Descripción de prospecciones efectuadas

PROSPECCIÓN	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD
C - 1	Calicata a cielo Abierto	-2.00 m.
C - 2	Calicata a cielo Abierto	-1.50 m.
C - 3	Calicata a cielo Abierto	-2.20 m.
C - 4	Calicata a cielo Abierto	-1.55 m.

Fuente: Elaboración propia

Durante la ejecución de este sondeo se realizó un muestreo de los suelos prospectados, obteniendo muestras representativas de cada horizonte, siendo identificadas, marcadas y colocadas en recipientes adecuados para su remisión al Laboratorio de suelos, con el objeto de efectuar los análisis respectivos.

Las potencias y características principales de los diversos horizontes de los suelos encontrados en cada prospección se indican en el acápite correspondiente a estratigrafías en el anexo 5.



Figura 51: Ubicación y delimitación de calicatas planteadas

Fuente: Elaboración propia



Figura 52: Supervisión y toma de datos en excavación con maquinaria de calicatas planteadas.

Fuente: Elaboración propia

B) CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS

Calicata N° 01:

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-0.60 m. SM: Arena limosa

0.00-2.00 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

2.00 m. : Roca ígnea (Andesita)

Calicata N° 02:

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-1.50 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

1.50 m. Roca ígnea (Andesita)

Calicata N° 03:

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-1.10 m. SM: Arena limosa

0.00-2.20 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

2.00 m Roca ígnea (Andesita)

Calicata N° 04:

Muestra la siguiente secuencia:

Nivel Freático : No se ha detectado

Sistema Empleado : Calicatas a cielo abierto

Clasificación del suelo:

0.00-1.55 m. GM Grava limosa

Descripción Litológica:

1.50 m. Roca ígnea (Andesita)

De los resultados obtenidos en los sondajes N° 01, 02, 03 y 04 en el Sub-Suelo del área de emplazamiento de la estructura a cimentarse se estableció las características del Perfil estratigráfico siguiente: la presencia de roca andesita alterada y que los estratos de espesores variables están constituidos, principalmente por grava limosa y arena limosa.



Figura 53: Verificación de la calidad de roca encontrada en el fondo de calicata N° 4 utilizando martillo de geólogo

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3.2.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Una vez recolectadas las muestras de suelo y roca de las calicatas, las muestras fueron remitidas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, las que llegaron en forma de muestras alteradas del tipo Mab,

contenidas en bolsas de plástico debidamente protegidas para evitar pérdida significativa de humedad. En laboratorio se verificó la clasificación visual de las muestras y se procedió a ejecutar los siguientes análisis:

a. Ensayos Estándar:

-Ensayos de Contenido de humedad ASTM D 4643

-Ensayos de Análisis Granulométrico ASTM D 422

-Ensayos de Límites de Consistencia ASTM D 4318

-La clasificación de suelos se realizó utilizando el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) ASTM D 4318-94

-Ensayo de densidades máximas y mínimas ASTM D 4253

ASTM D 4254

b. Ensayos Especiales:

-Compresión inconfiada de rocas ASTM D2938

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio se procedió a comparar sus resultados con las características de los suelos obtenidos en el campo, efectuándose las compatibilizaciones correspondientes en los casos que fueron necesarios. Así se obtuvieron los perfiles de suelos definitivos, en los anexos se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio.

*Para la determinación de la densidad del suelo se utilizó:

-Ensayos de Densidad de campo ASTM D 1556



Figura 54: Supervisión de realización de ensayo de compresión inconfiada de roca en laboratorio

Fuente: Elaboración propia



Figura 55: Muestras de rocas después de ser sometidas a ensayo de compresión inconfiada de roca en laboratorio

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3.2.1.3. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

A) PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

De acuerdo al análisis de cimentación, trabajo de campo, ensayos de laboratorio, descripción de los perfiles estratigráficos y características del proyecto (según módulos) se ha considerado un tipo de cimentación de:

- **BLOQUE I (TEMPLO):** Zapatas conectadas de concreto armado desplantados a una profundidad de 1.30 m en material de grava limosa desde la superficie del sondaje en estudio.
- **BLOQUE II:** Zapatas aisladas de concreto armado desplantados a una profundidad de 1.30 m en material de grava limosa desde la superficie del sondaje en estudio.
- **BLOQUE III (SUM):** Zapatas aisladas de concreto armado desplantados a una profundidad de 1.30 m en material de grava limosa desde la superficie del sondaje en estudio.

B) CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE

El actual estado de conocimientos en geotecnia suministra una amplia variedad de fórmulas y modelos físicos para el análisis de las fundaciones, desde el punto de vista de la capacidad portante. La utilización correcta de estas herramientas requiere la consideración cuidadosa de los alcances de las teorías y su relación con las condiciones de cada problema particular. Los aspectos principales del problema son los siguientes:

- Configuración topográfica de la superficie del terreno y ubicación de la fundación en relación con la posible formación de superficies de falla o zonas plásticas en el suelo de soporte.

- Disposición de los mantos en el perfil estratigráfico y sus características como peso unitario, nivel freático y parámetros de resistencia al corte.
- Disposición, dimensiones y profundidad de los elementos de fundación.
- Naturaleza, excentricidad e inclinación de las cargas sobre la fundación.

Con base en resultados experimentales, *Vesic* (1973) propuso una relación para el modo de falla por capacidad de carga de cimentaciones descansando en arenas. La figura siguiente muestra esta relación, que contiene la siguiente notación:

C_r = Compacidad relativa de la arena

D_f = Profundidad de la cimentación medida desde la superficie del terreno.

Para el caso de estudio se tienen valores de: $C_r=0.48$, $D_f=1.3m$ y $B^*=1.3m$ y conforme al ábaco siguiente se deduce que el suelo presentará Falla por corte local.

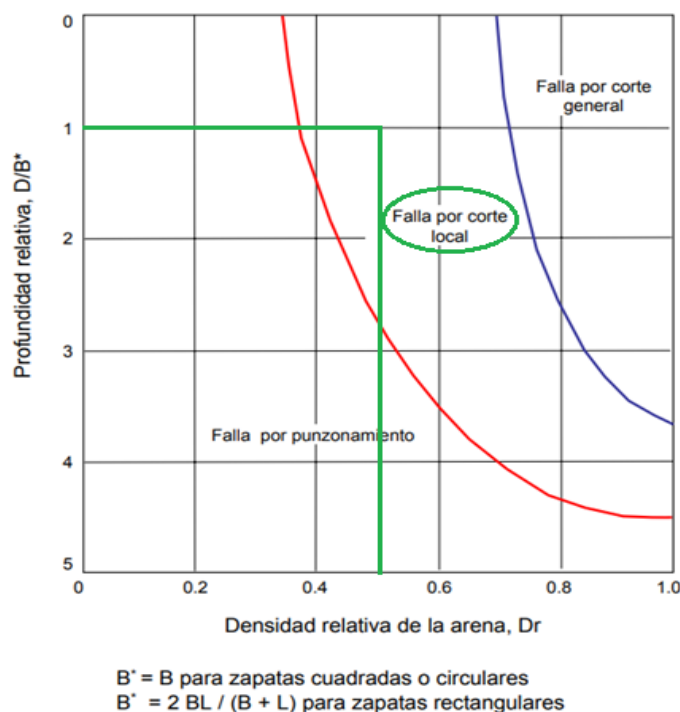


Figura 56: Ábaco para determinar el tipo de falla que se presentara en la zona de estudio

Fuente: *Das*, 2001

La falla por corte local es una falla intermedia entre el corte general y el punzonamiento. Presenta hinchamiento del suelo al lado de la cimentación y compresión vertical del suelo bajo la cimentación.

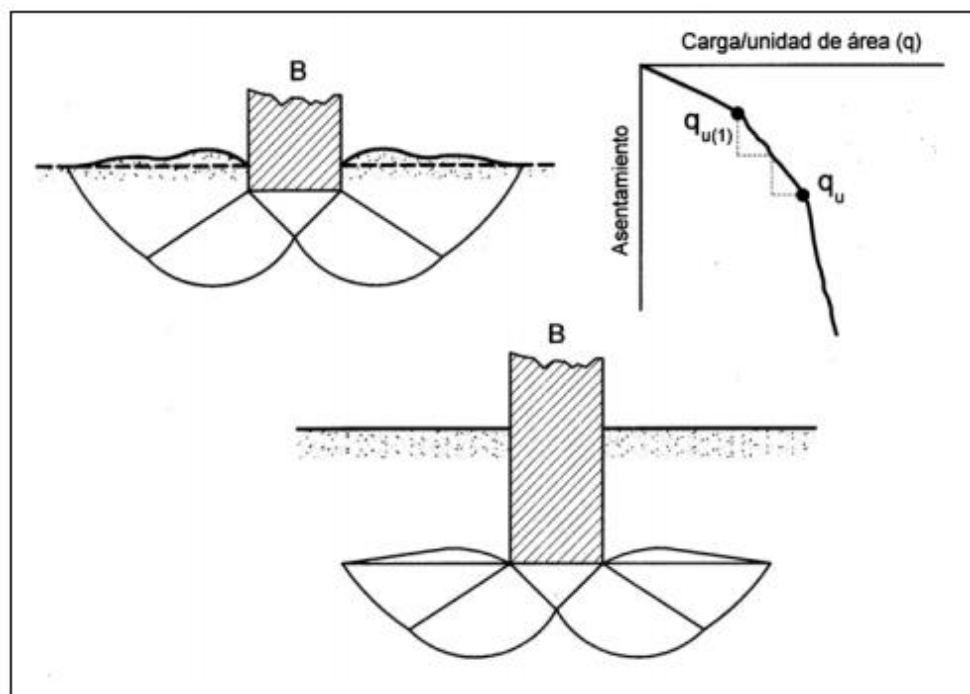


Figura 57: Características que presenta la falla por corte local

Fuente: Das, 2001

FÓRMULA DE TERZAGHI

Utilizando el criterio de Terzaghi-Peck (1967), modificado por Vesic (1973), la capacidad última de carga de suelo se expresa por la siguiente ecuación:

PARA BLOQUE I (Cimentación corrida)

$$q_{ult} = \frac{2}{3} * c * N_c + q * N_q + 0.5 * \gamma * B * N_\gamma$$

Donde:

F.S. = Factor de Seguridad = 3

N_c, N_q, N_γ = Factores de Capacidad de Carga

$$\phi=32.57^\circ, N_c=40.37, N_q=24.79, N_\gamma=32.95$$

$$q = \text{Presión de Sobrecarga (Ton/m}^2\text{)} = \gamma * D_f = 1.53 \text{ Ton/m}^3 * 1.3 \text{ m} = 1.99 \text{ Ton/m}^2$$

$$\gamma = \text{Peso Unitario (Ton/m}^3\text{)} = 1.53 \text{ Ton/m}^3$$

$$d = \text{Profundidad de Cimentación (m)} = 1.30 \text{ m}$$

$$B = \text{Ancho de la Cimentación (m)} = 1.8 \text{ m}$$

Falla general por corte local:

$$q_{ult} = 9.47 \text{ kg/cm}^2$$

La capacidad de carga admisible es:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{F.S.}$$

$$q_{adm} = \frac{9.47}{3} = 3.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 3.16 \text{ kg/cm}^2$$

PARA BLOQUE II Y III (Cimentación aislada cuadrada)

$$q_{ult} = 0.867 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * \gamma * B * N_\gamma$$

Donde:

F.S. = Factor de Seguridad = 3

N_c, N_q, N_γ = Factores de Capacidad de Carga

$$\phi=32.57, N_c=40.37, N_q=24.79, N_\gamma=32.95$$

$$q = \text{Presión de Sobrecarga (Ton/m}^2\text{)} = \gamma * D_f = 1.53 \text{ Ton/m}^3 * 1.3 \text{ m} = 1.99 \text{ Ton/m}^2$$

$$\gamma = \text{Peso Unitario (Ton/m}^3\text{)} = 1.53 \text{ Ton/m}^3$$

d = Profundidad de Cimentación (m) = 1.30 m

B = Ancho de la Cimentación (m) = 1.30 m

Falla general por corte local:

$$q_{\acute{u}lt} = 8.21 \text{ kg/cm}^2$$

La capacidad de carga admisible es:

$$q_{adm} = \frac{q_{\acute{u}lt}}{F.S.}$$

$$q_{adm} = \frac{8.21 \text{ kg/cm}^2}{3} = 2.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 2.74 \text{ kg/cm}^2$$

La determinación del ángulo de fricción se calculó a partir de los ensayos de laboratorio respectivos y se contrastó con valores consignados con la siguiente tabla:

Tabla 6: Valores Típicos de Propiedades de Suelos y Rocas

Material	Compacidad	Densidad Relativa	N (SPT)	γ_{seca} (g/cm ³)	Relación de vacíos	Ángulo de fricción interna
GW: gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75%	90	2.21	0.22	40°
	Media	50%	55	2.08	0.28	36°
	Suelta	25%	< 28	1.97	0.36	32°
GP: gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75%	70	2.04	0.33	38°
	Media	50%	50	1.92	0.39	35°
	Suelta	25%	< 20	1.83	0.47	32°
SW: arenas bien graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	65	1.89	0.43	37°
	Media	50%	35	1.79	0.49	34°
	Suelta	25%	< 15	1.70	0.57	30°
SP: arenas mal graduadas, arenas gravosas	Densa	75%	50	1.76	0.52	36°
	Media	50%	30	1.67	0.60	33°
	Suelta	25%	< 10	1.59	0.65	29°
SM: arenas limosas	Densa	75%	45	1.65	0.62	35°
	Media	50%	25	1.55	0.74	32°
	Suelta	25%	< 8	1.49	0.80	29°
ML: limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75%	35	1.49	0.80	33°
	Media	50%	20	1.41	0.90	31°
	Suelta	25%	< 4	1.35	1.00	27°

Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, pp. 901,992.

C) ASENTAMIENTOS

Asentamientos inmediatos para suelos granulares:

El tipo de cimentación que se utilizó en el bloque B1: Templo es cimentación rígida ya que según siguiente relación:

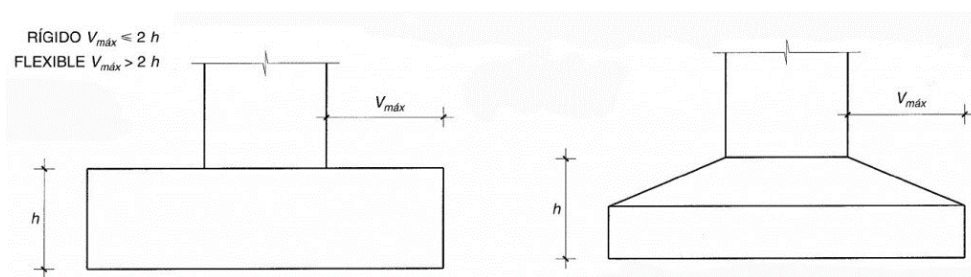


Figura 58: Diferenciación entre zapatas rígidas y flexibles

Fuente: COSTOS, 2016

Para el caso la Zapata C-1, siendo la más crítica, presenta:

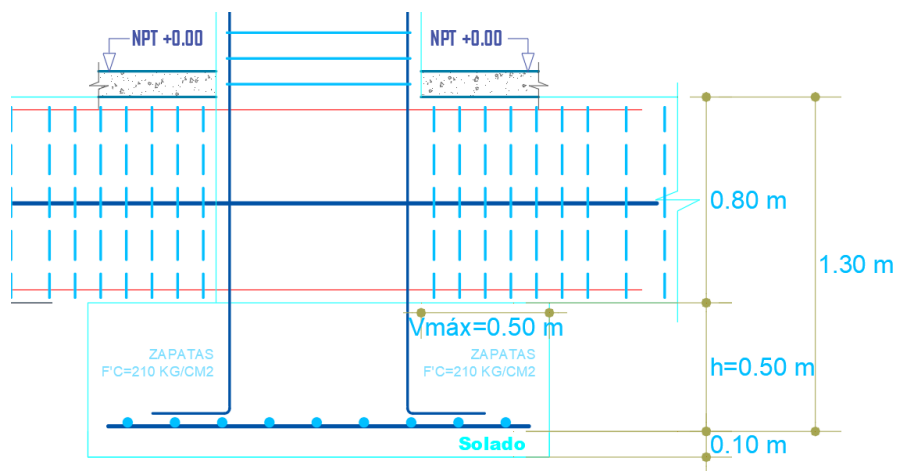


Figura 59: Detalle de zapata más crítica del Templo Niño Salvador del Mundo

Fuente: Elaboración propia

- $V_{máx} = 0.50 \text{ m}$
- $h = 0.50 \text{ m}$

ZAPATA FLEXIBLE: $V_{máx} > 2h$

ZAPATA RÍGIDA: $V_{máx} \leq 2h$

$$V_{\text{máx}} = 0.50 \text{ m} < 2 * 0.50$$

$$0.50 \text{ m} < 2 * 0.50 = 1 \text{ m}$$

Por tanto deduce que es una zapata rígida.

El asentamiento inmediato se expresa como:

$$S_e = \frac{B \cdot q_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) \alpha_r \text{ (Cimentación rígida)}$$

Donde:

S_e = Asentamiento en cm

B= ancho de la cimentación

q_o =Presión de contacto (kg/cm²)

E_s =Módulo de elasticidad del suelo (kg/cm²)

μ_s =Coeficiente de poisson del suelo

Para la cimentación C-1:

$$B=L=1.80 \text{ m}$$

$$q_o = \frac{P}{A}$$

$$q_o = \frac{10000 \text{ kg}}{180 \text{ cm} * 180 \text{ cm}} = 0.3086 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Ver siguiente tabla)}$$

Tabla 7: Valores de E_s según tipo de suelo

Material	E (kg/cm ²)
Arcilla	25 a 125
Muy blanda	50 a 250
Blanda	250 a 500
Medianamente compacta	500 a 1000
Dura	250 a 2500
Arenosa	
Limo	20 a 200
Loes	150 a 600
Arena fina	80 a 120
Suelta	120 a 200
Medianamente densa	200 a 300
Densa	
Arena	100 a 300
Suelta	300 a 500
Medianamente densa	500 a 800
Densa	
Grava	300 800
Suelta	800 a 1000
Medianamente densa	1000 a 2000
Densa	
Concreto	$2 a 3 \cdot 10^5$
Hielo	$7 \cdot 10^5$
Acero	$2.1 \cdot 10^6$

Fuente: CGS(1978); Lambe y Whitman(1969) y Bowles (1982)

El valor de $\mu_s=0.35$ (Ver siguiente tabla)

Tabla 8: Valores de μ_s según tipo de suelo

Tipo de Suelo	Rango de valores típicos	Coeficiente de Poisson, ν (adimensional)	Estimación de E_s a partir de N	
	Módulo de Young, E_s (MPa)		Tipo de suelo	E_s (MPa)
Arcilla:				
Blanda sensible	2,4 - 15	0,4 - 0,5 (no drenada)	Limos, limos arenosos, mezclas levemente cohesivas	$0,4 N_1$
Medianamente rígida a rígida	15 - 50		Arenas limpias finas a medias y arenas levemente limosas	$0,7 N_1$
Muy rígida	50 - 100		Arenas gruesas y arenas con poca grava	$1,0 N_1$
			Grava arenosa y gravas	$1,1 N_1$
Loes	15 - 60	0,1 - 0,3	Grava arenosa y gravas	$1,1 N_1$
Limo	2 - 20	0,3 - 0,35		
Arena fina:			Estimación de E_s a partir de S_u	
Suelta	7,5 - 10	0,25	Arcilla blanda sensible	$400 S_u - 1000 S_u$
Medianamente densa	10 - 20		Arcilla medianamente rígida a rígida	$1500 S_u - 2400 S_u$
Densa	20 - 25		Arcilla muy rígida	$3000 S_u - 4000 S_u$
Arena:			Estimación de E_s a partir de q_c	
Suelta	10 - 25	0,20 - 0,35	Suelos arenosos	$4 q_c$
Medianamente densa	25 - 50	0,30 - 0,40		
Densa	50 - 75			
Grava:				
Suelta	25 - 75	0,2 - 0,35		
Medianamente densa	75 - 100	0,3 - 0,4		
Densa	100 - 200			

Fuente: U.S.Department of the Navy (1982) y Bowles (1988)

El valor de $\alpha_r=0.89$ (ver siguiente tabla):

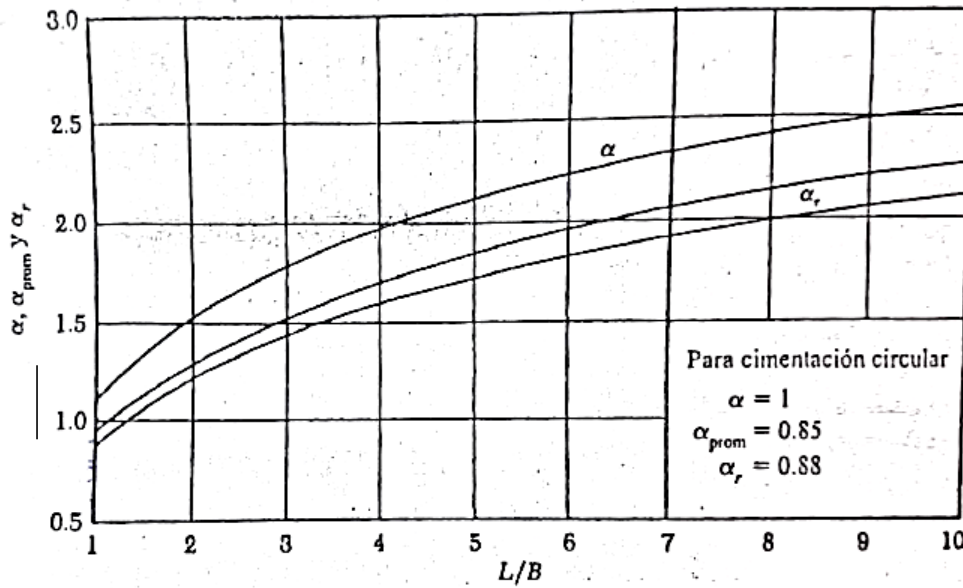


Figura 60: Valores de α, α_{prom} y α_r

Fuente: Das, 2001

Reemplazando valores

$$S_e = \frac{B \cdot q_0}{E_s} (1 - \mu_s^2) \alpha_r$$

$$S_e = \frac{1.80m \times 0.3086 \text{ kg/cm}^2}{8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2} (1 - 0.35^2) \cdot 0.89 = 5.42 \times 10^{-6} \text{ m} = 5.42 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

$$S_e = 5.42 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

D) ESFUERZO DE CORTE

La cohesión de un suelo y su ángulo de fricción interna, componentes del esfuerzo de corte del mismo, pueden obtenerse de diferentes maneras, y entre ellas figuran:

- a) Por medio del aparato de corte directo ideado por Arthur Casagrande
- b) Por la prueba de compresión triaxial
- c) Por la prueba de la Veleta

d) Por de penetración Normal

Según el Ing. *Carlos Crespo Villalaz* en la Prueba de Corte Directo explica “ *Es necesario aclarar aquí que en el campo de la aplicación legítima de los ensayos de corte estos se encuentran actualmente limitados a los suelos limosos con características intermedias entre la arena y la arcilla.*”

En arena los ensayos de corte muy raramente se justifican, ya que el límite inferior del ángulo de fricción interna es igual al ángulo de reposo de la misma, que puede ser obtenido sin ensayos, y la influencia que la compacidad relativa ejerce sobre el valor de ϕ puede estimarse (...). La relación entre el ángulo de fricción interna de un suelo granular y la compacidad relativa del mismo es expresada por *Meyerhof* por medio de las siguientes expresiones:

Para suelos granulares con más del 5% de arena fina y limo:

$$\phi = 25 + 0.15C_r$$

Expresado C_r en porcentaje

Para suelos granulares con menos del 5% de arena fina y limo:

$$\phi = 30 + 0.15C_r$$

Según el análisis granulométrico de la calicata C-1 , se toma la primera fórmula de ϕ :

$$\phi = 25 + 0.15C_r ; C_r=50.44\%$$

$$\phi = 25 + 0.15(50.44)$$

$$\phi =32.57$$

Tabla 9: Características de suelo de calicata C-1

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
 CALICATA : C - 1 ESTRATO: E - 2
 PROFUNDIDAD: 0.60m. - 0.70m.

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200			0.00	100.00		Peso Inicial : 2631 gr
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	100.00		CLASIFICACION DEL SUELO
2"	50.800		0.00	0.00	100.00		Limite Liquido : 52.7%
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00		Limite Plastico : 36.3%
1"	25.400	283.59	10.78	10.78	89.22		Indice Plastico : 16.3%
3/4"	19.050	150.52	5.72	16.50	83.50		CLASIFICACION DEL SUELO
1/2"	12.700	233.49	8.87	25.37	74.63		AASHTO : A-2-7 (1)
3/8"	9.525	140.05	5.32	30.70	69.30		SUCS : GM
1/4"	6.350	154.36	5.87	36.56	63.44		% de Grava : 39.14 %
Nº 4	4.760	67.88	2.58	39.14	60.86		% de Arena : 26.74 %
Nº 6	3.360		0.00	39.14	60.86		% Pasa Nº 200 : 34.12 %
Nº 8	2.380	143.92	5.47	44.61	55.39		
Nº 10	2.000	35.64	1.35	45.97	54.03		
Nº 16	1.190		0.00	45.97	54.03		
Nº 20	0.840	165.15	6.28	52.25	47.75		
Nº 30	0.590		0.00	52.25	47.75		
Nº 40	0.426	126.29	4.80	57.05	42.95		

Fuente: Elaboración propia

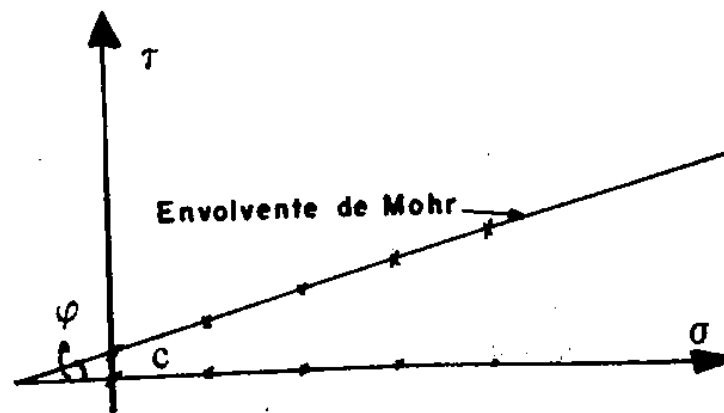


Figura 61: Relación entre esfuerzo normal y esfuerzo cortante

Fuente: Crespo Villalaz

$$\tau = p_i \tan \varphi; p_i = 0.3086 \text{ kg/m}^2$$

$$\tau = 3.086 \text{ Ton/m}^2 * \tan 32.57^\circ$$

$$\tau = 3.086 \times 0.639 = 1.972 \text{ Ton/m}^2$$

3.2.2.3.2.1.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

1. En la ubicación señalada para la estructura en estudio no se detectaron estructuras geológicas como fallas, contactos o pliegues que afecten la estabilidad de la obra, siendo está constituida por depósitos de gravas limosas y presencias de rocas ígneas (andesita).
2. No se detectó presencia de Nivel Freático para el área de construcción en temporada de avenidas.
3. Las condiciones de cimentación son:

BLOQUE I (TEMPLO)

Material de fundación	: Grava limosa
Tipo de Cimentación	: Zapatas de concreto armado y vigas de cimentación
Capacidad Portante	: $q_{adm} = 3.16 \text{ Kg/cm}^2$
D_f (Prof. De desplante)	: -1.3 m.

BLOQUE II

Material de fundación	: Grava limosa
Tipo de Cimentación	: Zapatas de concreto armado
Capacidad Portante	: $q_{adm} = 2.74 \text{ Kg/cm}^2$
D_f (Prof. De desplante)	: -1.3 m.

BLOQUE III

Material de fundación	: Grava limosa
Tipo de Cimentación	: Zapatas de concreto armado

Capacidad Portante : $q_{adm} = 2.74 \text{ Kg/cm}^2$

Df. (Prof. De desplante) : -1.3 m.

4. El Número de Sondajes y la profundidad de las excavaciones efectuadas han sido suficientes para los requerimientos y tipo de material de fundación que se han encontrado, se recomienda que dentro del proceso constructivo se tenga los cuidados necesarios de no alterar las condiciones de cimentación. Además de la correlación de las exploraciones señaladas, en los ítems correspondientes, se observa que existe una continuidad litológica horizontal y lateral de los diferentes estratos.

5. Para la Cimentación de las Columnas de las estructuras se tendrá que adoptar un sistema de cimentación superficial, por medio de zapatas de concreto armado y para el caso de las vigas de conexión de cimentación de concreto armado.

6. La profundidad de la cimentación no deberá de encontrarse a menos de -1.30 m. computados a partir del terreno natural y en todo caso en el estrato en el que se encuentre la roca.

7. Se recomienda la verificación de las cargas de cimentación una vez que se haya diseñado, con los metrados de cargas respectivas, para poder efectuar el contraste de la interacción suelos-estructura.

8. Para el Bloqueo I, asumiendo una zapata conectada que actúa directamente sobre el suelo de fundación, el asentamiento diferencial generado $5.42 \times 10^{-5} \text{ mm}$ es bastante pequeña el que eventualmente puede ser absorbido por la cimentación, y para efectos de seguridad deberá ser chequeada estructuralmente.

9. Para los Bloques II y III, asumiendo una zapata aislada de ancho $B = 1,3 \text{ m}$, que actúa directamente sobre el suelo de fundación, el asentamiento diferencial generado

$5.42 \times 10^{-5} \text{ mm}$ está dentro de los límites permisibles, el que eventualmente puede ser absorbido por la cimentación cuadrada, y para efectos de seguridad deberá ser revisada estructuralmente.

3.2.2.3.2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Con el levantamiento topográfico se logró determinar la configuración del terreno y obtener los datos necesarios para la representación gráfica (planos) de la topografía del terreno, también se pudo obtener la posición sobre la superficie de elementos naturales y estructuras construidas.

Los equipos y materiales utilizados fueron: wincha, jalón, estacas, brújula, GPS, miras, trípode y teodolito

El procedimiento realizado inició con la ubicación del BM, siendo el punto más conveniente para la ubicación del teodolito, desde este punto se emanaron los rayos de observación, con ayuda del GPS diferencial se pudo conocer las coordenadas en el BM. Se procedió a colocar las miras en lugares estratégicos del terreno y zonas aledañas para posteriormente realizar la toma de datos con el teodolito.

Una vez obtenidos los datos(coordenadas) de la zona estudiada, se procedió al trabajo en gabinete. Los datos obtenidos fueron procesados por el programa CIVIL 3D para obtener los planos topográficos.

Tabla 10: Puntos topográficos obtenidos de levantamiento topográfico

PUNTO	ELEVACIÓN	ELEVACIÓN	ESTE	DESCRIPCIÓN
113	389150.266	8251008.93	3996.58	BM
1	389159.859	8251001.85	3996.395	V
2	389212.454	8251004.26	3995.617	V
3	389249.159	8251041.51	3994.726	V
4	389215.048	8251060.65	3993.61	V
5	389222.996	8251071.56	3993.277	V
6	389167.73	8251097.5	3993.369	V

PUNTO	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN
57	389217.888	8251020.12	3995.209	POSTE
58	389179.838	8251032.85	3994.964	POSTE
59	389179.274	8251033.17	3994.891	COLUMNA
60	389179.732	8251044.72	3994.46	COLUMNA
61	389256.738	8251034.73	3994.714	MED
62	389260.183	8251038.41	3994.917	MURO
63	389261.073	8251037.39	3994.564	POSTE

PUNTO (...continuación)	ELEVACIÓN	ELEVACIÓN	ESTE	DESCRIPCIÓN
7	389163.764	8251055.47	3994.525	ESTACA
8	389170.029	8251045.52	3994.686	CAPILLA
9	389169.415	8251033.3	3994.994	CAPILLA
10	389161.464	8251039.95	3994.734	CAPILLA
11	389150.607	8251017.39	3996.045	CASA
12	389149.99	8251002.72	3996.668	CASA
13	389128.648	8251016.03	3996.352	CASA
14	389148.691	8251001.09	3996.663	CASA
15	389146.261	8250989.14	3997.647	CASA
16	389149.293	8250986.52	3997.564	CASA
17	389148.101	8250962.36	3997.865	CASA
18	389170.599	8250965.72	3996.727	BAÑO
19	389156.586	8250950.26	3997.037	AVENIDA
20	389160.44	8250942.86	3997.368	AVENIDA
21	389158.471	8250946.54	3997.176	AVENIDA
22	389179.835	8250954.63	3996.723	AVENIDA
23	389175.934	8250961.98	3996.401	AVENIDA
24	389177.913	8250958.3	3996.516	AVENIDA
25	389196.64	8250975.78	3995.691	AVENIDA
26	389199.036	8250972.22	3995.884	AVENIDA
27	389202.328	8250969.68	3995.996	AVENIDA
28	389213.708	8250988.65	3995.098	AVENIDA
29	389218.918	8250982.13	3995.411	AVENIDA
30	389216.347	8250985.36	3995.242	AVENIDA
31	389211.985	8250989.89	3995.72	POSTE
32	389232.368	8250993.46	3994.908	AVENIDA
33	389226.915	8250999.76	3994.623	AVENIDA
34	389229.656	8250996.57	3994.746	AVENIDA
35	389233.645	8250991.32	3994.827	POSTE
36	389235.187	8250991.95	3994.808	POSTE
37	389250.505	8251021.73	3993.541	AVENIDA
38	389256.573	8251015.93	3993.83	AVENIDA
39	389249.065	8251023.29	3993.92	POSTE
40	389253.529	8251018.73	3993.691	AVENIDA
41	389263.453	8251019.09	3993.918	POSTE
42	389258.083	8251014.14	3993.63	POSTE
43	389265.804	8251025.87	3993.388	AVENIDA
44	389262.702	8251028.5	3993.27	AVENIDA
45	389280.432	8251014.99	3994.687	CASA
46	389246.075	8250995.92	3995.78	CASA
47	389213.383	8250968	3997.077	CASA
48	389204.19	8250962.22	3997.095	CASA
49	389181.277	8250948.34	3997.568	CASA
50	389210.079	8250970.92	3996.188	POSTE
51	389202.552	8250966.86	3995.961	POSTE

PUNTO	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN
64	389254.578	8251040.61	3994.656	MURO
65	389231.263	8251052.44	3994.149	CASA
66	389238.926	8251068.74	3993.724	CASA
67	389226.133	8251074.57	3993.521	TN
68	389216.241	8251066.86	3993.439	POSTE
69	389205.236	8251078.7	3992.926	MONUMENTO
70	389207.828	8251082.53	3992.837	MURO
71	389165.309	8251100.87	3993.954	MURO
72	389154.752	8251093.77	3993.758	ESTACA
73	389154.352	8251085.85	3993.879	ESTACA
74	389153.781	8251077.55	3994.135	ESTACA
75	389152.835	8251061.56	3994.595	ESTACA
76	389165.359	8251098.67	3993.82	TN
77	389163.665	8251076.64	3993.658	TN
78	389162.565	8251059.91	3994.287	TN
79	389161.722	8251049.77	3994.581	TN
80	389184.744	8251091.27	3992.773	TN
81	389181.436	8251071.68	3993.34	TN
82	389178.657	8251055.19	3994.033	TN
83	389177.131	8251044.06	3994.386	TN
84	389203.34	8251081.98	3992.771	TN
85	389198.448	8251065.62	3993.544	TN
86	389194.508	8251052.69	3994.037	TN
87	389190.422	8251037.49	3994.714	TN
88	389221.797	8251074.39	3993.155	TN
89	389214.758	8251059.65	3993.657	TN
90	389209.835	8251049.08	3994.132	TN
91	389203.708	8251036.32	3994.626	TN
92	389234.507	8251063.4	3993.561	TN
93	389224.785	8251042.45	3994.419	TN
94	389218.587	8251028.89	3994.812	TN
95	389249.989	8251039.41	3994.714	TN
96	389232.093	8251019.75	3994.983	TN
97	389221.926	8251008.47	3995.458	TN
98	389224.954	8251006.72	3995.368	TN
99	389213.001	8250997.53	3995.884	TN
100	389188.462	8250978.88	3996.3	TN
101	389169.676	8250965.53	3996.625	TN
102	389213.462	8251021.6	3995.158	TN
103	389203.46	8251017.43	3995.251	TN
104	389183.448	8251008.97	3995.628	TN
105	389168.963	8251003.04	3996.044	TN
106	389208.387	8251030.63	3994.805	TN
107	389199.955	8251026.81	3995.058	TN
108	389182.241	8251017.33	3995.43	TN

PUNTO (...continuación)	ELEVACIÓN	ELEVACIÓN	ESTE	DESCRIPCIÓN
52	389179.642	8250950.81	3997.429	POSTE
53	389173.616	8250942.66	3997.51	CASA
54	389176.449	8250969.5	3996.758	BAÑO
55	389177.412	8250968.02	3996.494	BAÑO
56	389173.413	8251002.93	3996.014	POSTE

PUNTO	ELEVACIÓN	NORTE	ESTE	DESCRIPCIÓN
109	389169.159	8251010.82	3995.877	TN
110	389191.721	8251036.39	3994.835	TN
111	389175.933	8251038.35	3994.665	TN
112	389169.977	8251039.03	3994.694	CAPILLA

Fuente: Elaboración propia

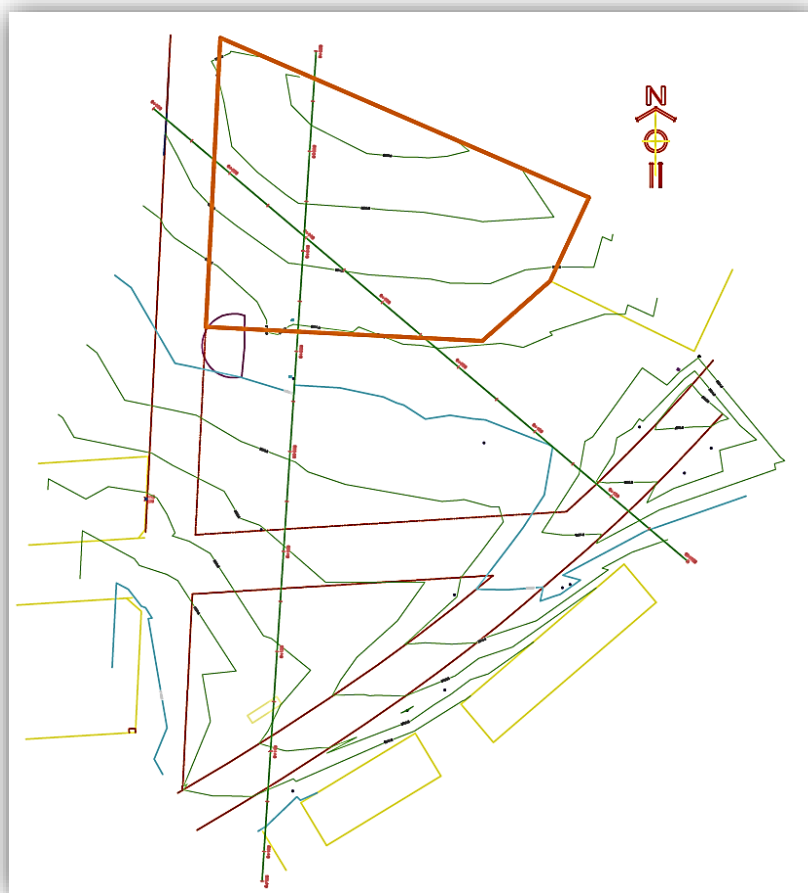


Figura 62: Curvas de nivel obtenidas a partir de levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia

El desnivel topográfico llega hasta 0.50 m con referencia al jr. Sin nombre 0202 y la propiedad pública del municipio, con una pendiente aproximada del 1.20% y 1.50%.

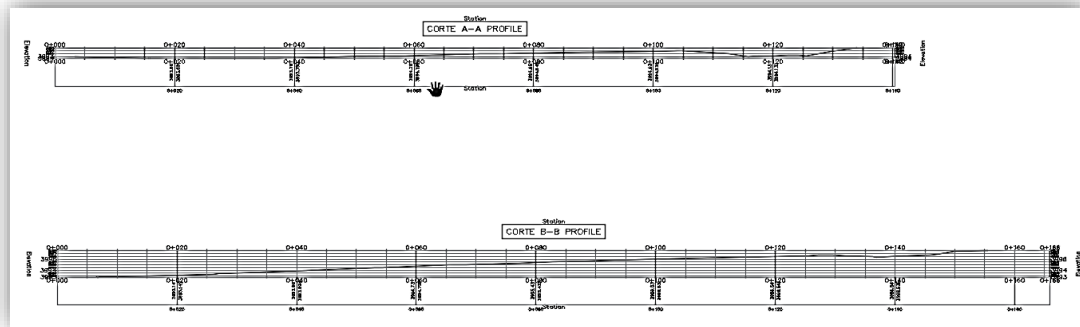


Figura 63: Perfil de corte A-A y B-B

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. DISEÑO SIN PÉRDIDAS

3.2.3.1 DISEÑO DEL PROCESO

3.2.3.1.1. DISEÑO ESTRUCTURAL

En esta etapa se realizaron múltiples alternativas de sistemas estructurales del anteproyecto arquitectónico, cada alternativa fue presentada al consultor del equipo técnico de Ingeniería, el diseño estructural desde ya se sabe que son evolutivos e iterativos, pero gracias a la constructabilidad y experiencia de los consultores se pudo definir el sistema estructural más funcional, resistente y económico para el proyecto, ahorrando el tiempo de iteración.

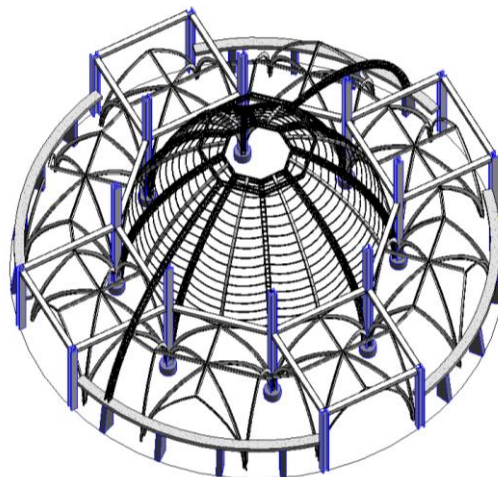


Figura 64: Primera propuesta de cascaron interno de Templo

Fuente: Elaboración propia

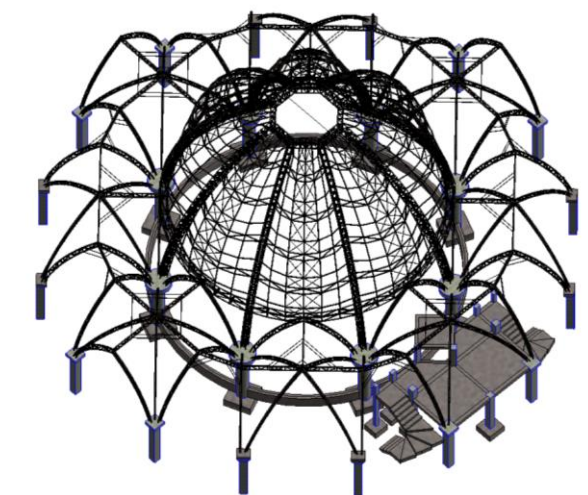


Figura 65: Sistema estructural final de cascarón interno del Templo

Fuente: Elaboración propia

El cálculo estructural del bloque 1: TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO - ALTO PUNO, se ha realizado a partir del anteproyecto arquitectónico, el cual señala la forma y geometría inicial del proyecto. El planteamiento estructural no modifica lo arquitectónico adecuándose y respetando el anteproyecto. Según el planteamiento estructural satisface la funcionalidad y las exigencias estructurales considerando el proceso constructivo, funcionalidad en términos estructurales. Así mismo, la estructura analizada presenta un adecuado comportamiento – desempeño sísmico según lo estipulado en la norma sismorresistente E-30.

La concepción del modelo estructural pretende sintetizar las características reales del proyecto, con una configuración estructural capaz de resistir las distintas solicitaciones de carga a la que estará sometida la estructura durante su vida de servicio. El modelo considerado para el presente proyecto está representado por elementos tipo Frame y Shell, compuestas por el sistema de armaduras y cerchas metálicas, así como vigas y columnas en concreto armado.

El templo Niño Salvador del Mundo por estar compuesto por varias geometrías: una estructura en forma semiesférica en el exterior y estructuras en formas de bóvedas al

interior se divide en dos cascarones (cascarón externo y cascarón interno), para un adecuado desempeño sísmico y en cumplimiento de lo establecido por la Norma Técnica E-30. Así mismo, estos son caracterizados según la funcionalidad arquitectónica y estructuralmente adoptada de manera adecuada, y se menciona a continuación los cascarones y sus sistemas estructurales.

- Cascarón exterior: Sistema estructural, armaduras y cerchas con perfiles metálicos, vigas y columnas de concreto armado, con $T=0.586$ seg. Estructuralmente muestra un adecuado comportamiento – desempeño sísmico. Así mismo, los componentes estructurales en conjunto, según el periodo fundamental y participación de masa, tienen una adecuada rigidez, resistencia y ductilidad, por lo cual se concluye que tiene un adecuado desempeño sísmico. Consecuentemente, los elementos no estructurales deberán ser asegurados según los detalles constructivos plasmados en los planos; los muros de 3 m de altura dispuestos en la base de la estructura semiesférica son confinados por columnas y vigas. La cobertura compuesta por una capa de fibrocemento, otra capa de impermeabilizante y una última capa de cerámico deben de tener especificaciones técnicas de aseguramiento. Cabe aclarar, que todo componente no estructural deberá ser verificada en la ejecución – instalación de las mismas garantizando su seguridad frente a eventos sísmicos.

- Cascarón interno: Sistema estructural, armaduras y cerchas con perfiles metálicos y columnas de concreto armado, $T=0.41$ seg. De igual manera, estructuralmente muestra un adecuado comportamiento – desempeño sísmico. Así mismo, los componentes estructurales en conjunto, según el periodo fundamental y participación de masa, tienen una adecuada rigidez, resistencia y ductilidad, por lo cual se concluye que tiene un adecuado desempeño sísmico. La cobertura compuesta por madera MDF debe de tener especificaciones técnicas de aseguramiento. Cabe aclarar, que todo componente no

estructural deberá ser verificada en la ejecución – instalación de las mismas garantizando su seguridad frente a eventos sísmicos.

El análisis, modelamiento y diseño para la superestructura se desarrolló en el software SAP V19.2.1.

3.2.3.1.1.1. ESTRUCTURACIÓN Y PREDIMENSIONAMIENTO

La estructuración consistió en establecer la ubicación y las características de los diferentes elementos estructurales (armaduras, cerchas, losas, vigas, columnas y muros) para poder proporcionar una adecuada rigidez a la estructura y así poder satisfacer los requerimientos de las cargas de gravedad y de sismos. La estructuración se realizó en base a los planos de arquitectura y teniendo como referencia una serie de criterios que se presentan a continuación.

El predimensionamiento de los elementos estructurales comprendió las características geométricas para determinar la robustez de estas, para que puedan cumplir su función prevista con un grado de seguridad razonable y a un costo mínimo en condición de servicio. Se desarrolló el predimensionamiento de los diferentes elementos estructurales considerando los criterios y recomendaciones que son de uso práctico además esta etapa es una de las más importantes en el proceso de diseño de la edificación ya que de no predimensionar correctamente se repite el ciclo.

La estructuración final cumple con todos los requisitos de continuidad, ductilidad, rigidez lateral, así mismo los elementos estructurales cumplen satisfactoriamente las secciones propuestas para su posterior análisis estructural, en el proceso de análisis se ha ido mejorando el modelo a analizar. Del predimensionamiento inicial ha variado en algunas secciones los perfiles metálicos en las armaduras y cerchas; del mismo modo en las columnas y vigas de concreto armado.

A. CARGAS

CARGAS ESTÁTICAS

Las cargas estáticas se aplican lentamente a la estructura que producen deformaciones graduales en la estructura, las cuales son mayores cuando las cargas son mayores. Entre las cargas estáticas, por lo común, se incluyen las cargas muertas, las cargas vivas y las fuerzas debidas al asentamiento de la cimentación o a la dilatación térmica.

CARGAS MUERTAS

Carga Permanente o Muerta (D), que incluye el peso propio de la estructura, así como el peso de los elementos auxiliares y el material de cobertura.

Cargas muertas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron interno

Cargas Muertas (DL)

Peso de listones de madera (4cmx5cm)	=	0.001	Ton/m ²
Peso de cobertura madera MDF 2.14x2.44 e=8mm	=	0.009	Ton/m ²

Cargas muertas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron externo

Cargas Muertas (DL)

Peso de cobertura de fibrocemento 2.14mx2.44m e=10mm	=	0.014	Ton/m ²
Peso de cobertura de cerámica	=	0.016	Ton/m ²
Peso de cúpula central	=	0.25	Ton/m

CARGAS VIVAS

Carga Viva (L), que considera las cargas vivas establecidas por la Norma Técnica E-20 de techo, básicamente incluye la posible acumulación de nieve, y además las cargas de montaje o proceso constructivo.

*Cargas vivas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron interno***Carga Viva (LL)**

Carga viva por montaje cubierta según RNE = 50 kg/m² (Techo curvo) RNE

*Cargas vivas en la estructura de la edificación del templo– Cascaron externo***Carga Viva (LL)**

Carga viva por montaje cubierta según RNE = 0.05 Ton/m²

Carga viva por nieve = 0004 Ton/m²

CARGAS DE SISMO

Carga de Sismo (Q), que consiste en establecer las fuerzas horizontales que actuaran en la edificación, de acuerdo a los parámetros establecidos en las Normas Peruanas de Estructuras – Norma E-30.

Se realizó el cálculo según lo estipulado en la Norma Técnica de estructuras E.030 Diseño sísmoresistente. Así mismo se realizó un análisis sísmico dinámico (análisis espectral), ya que la estructura, por ser compleja, requiere un sistema de análisis más complejo y exacto. Para el cálculo de las fuerzas y los modos de vibración, se han considerado un análisis por separado para cada cascaron (externo e interno) ya que estos trabajan de manera independiente y se tomaron las siguientes consideraciones complementarias para ambos análisis sísmicos.

Zonificación Sísmica: Factor Z

La Norma NTE E.030, considera el territorio nacional dividido en cuatro zonas sísmicas. A cada una se le asigna una aceleración en la base rocosa, la que se denomina factor Z (aceleración máxima en la roca con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años). Esta aceleración corresponde al tiempo de exposición y peligro aceptados para edificios comunes. Para la zona que corresponde a este proyecto le corresponde el valor considerado de 0.35, que corresponde a Puno (ZONA 3).

Condiciones geotécnicas: factor S y factor Tp

La Norma NTE-E.030 considera cinco perfiles típicos, a los cuales les asocia un factor de amplificación S y parámetros TP y TL.

Perfil tipo S₀: Roca dura

Perfil tipo S₁: Roca o suelos muy rígidos

Perfil tipo S₂: Suelos intermedios

Perfil tipo S₃: Suelos blandos

Perfil tipo S₄: Condiciones excepcionales

El suelo sobre el cual está cimentado el módulo I “Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, posee un esfuerzo admisible de 3.08 Kg/cm² y el suelo sobre el cual estará cimentado el módulo II “Complejo Parroquial” posee un esfuerzo admisible de 2.34 Kg/cm², valor que se obtuvo del estudio de suelos. Se califica al perfil del suelo como: S₁, suelos muy rígidos y le corresponde el valor de S=1; y un valor de TP de 0.4s y un TL de 2.5s.

Factor de amplificación sísmica: factor C

La aceleración máxima que recibe una estructura en su cimentación (ZS) es amplificada por cada estructura en función de su periodo fundamental de vibración T. La Norma permite estimar la amplificación de aceleraciones de la respuesta estructural, respecto a la aceleración en el suelo mediante el factor C, además debe cumplirse $C/R \geq 0.125$

Categoría de las edificaciones, coeficiente de uso e importancia: U

“Categoría de las Edificaciones”, se clasifica a las estructuras en cuatro categorías, a las que le asigna un valor de factor U. El edificio en análisis, clasifica en la categoría B: (Edificaciones importantes), asignándole un valor de $U = 1.3$.

Sistemas estructurales, coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica: R_0

El Coeficiente de Reducción Sísmica R , permite diseñar las estructuras con fuerzas menores a las que soportarían de comportarse elásticamente durante el sismo de diseño, pero garantizando un comportamiento post-elástico adecuado. La Tabla N°06 de la Norma E.030, nos da los valores de R , para distintos sistemas estructurales. Tenemos así que para el proyecto:

Tabla 11: Coeficiente básico de reducción de la fuerza sísmica en sentido X y Y

	Sistema Estructural	R_0 coeficiente básico
Sentido X	Sistema Acero pórticos intermedios resistentes a momentos IMF	7
Sentido Y	Sistema Acero pórticos intermedios resistentes a momentos IMF	7

Fuente: Elaboración propia

Regularidad estructural

Estructuras regulares son las que no presentan las irregularidades indicadas en las tablas N° 8 y N° 9 de la Norma E.030 en su configuración resistente a cargas laterales.

Estructuras irregulares son aquellas que presentan una o más de las características indicadas en las tablas N° 8 y N° 9 de la Norma E 0.30.

Factores de Irregularidad (I_a , I_p)

El factor I_a se determinará con el menor de los valores de la tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades existentes en altura. El factor I_p se determinará como el menor de los valores de la tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades en planta. Los factores de irregularidad serán únicos en ambas direcciones de análisis. Si la estructura no presenta irregularidades en altura o en planta, el factor I_a o I_p será igual a 1

Sistema de transferencia:

En las zonas sísmicas 4, 3, y 2 no se permiten los sistemas de transferencia en los que más del 20% de las cargas de gravedad o de las cargas sísmicas en cualquier nivel sean soportadas por elementos verticales que no son continuos hasta la cimentación.

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica se determina con el producto del coeficiente R_0 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las tablas N° 8 y N° 9.

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Se tiene los factores de irregularidad del Cascaron externo con:

$I_a =$	1.00
$I_p =$	0.90

Se tiene los factores de irregularidad del Cascaron interno con:

$I_a =$	1.00
$I_p =$	0.90

CARGAS DE SISMO EN LA ESTRUCTURA CASCARÓN INTERNO/EXTERNO

ESPECTRO DE SISMO SEGÚN LA NORMA E.030-2016

01 Zonificación, Según E.030-2016 (2.1)

Departamento :	O21_PUNO
Provincia :	O21_PUNO.
Distrito :	21_PUNO
Zona Sísmica :	3

$Z = 0.35 g$

02 Parámetros de Sitio, Según E.030-2016 (2.4)

Perfil de Suelo Tipo :

$S = 1.00$

$T_p = 0.40$
 $T_L = 2.50$

03 Categoría del Edificio, Según E.030-2016 (3.1)

Categoría del Edificio :

$U = 1.3$

04 Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.7)

05 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.4)

Sistema Estructural :

$R_o = 7$

06 Factores de Irregularidad, Según E.030-2016 (3.6)

Irregularidad en Altura, l_a :

$l_a = 1.00$

Irregularidad en Planta, l_p :

$l_p = 0.90$

07 Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2016 (3.8)

$R = R_o \times l_a \times l_p = 6.3$

08 Cálculo y Gráfico del Espectro de Sismo de Diseño (S_a/g)

$S_a = \frac{Z U C S}{R} g$

Z =	0.35
U =	1.30
S =	1.00
T_p =	0.40
T_L =	2.50
R =	6.30

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

$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$

$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

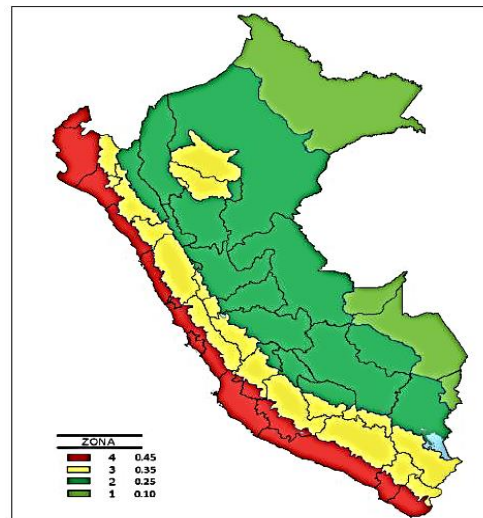
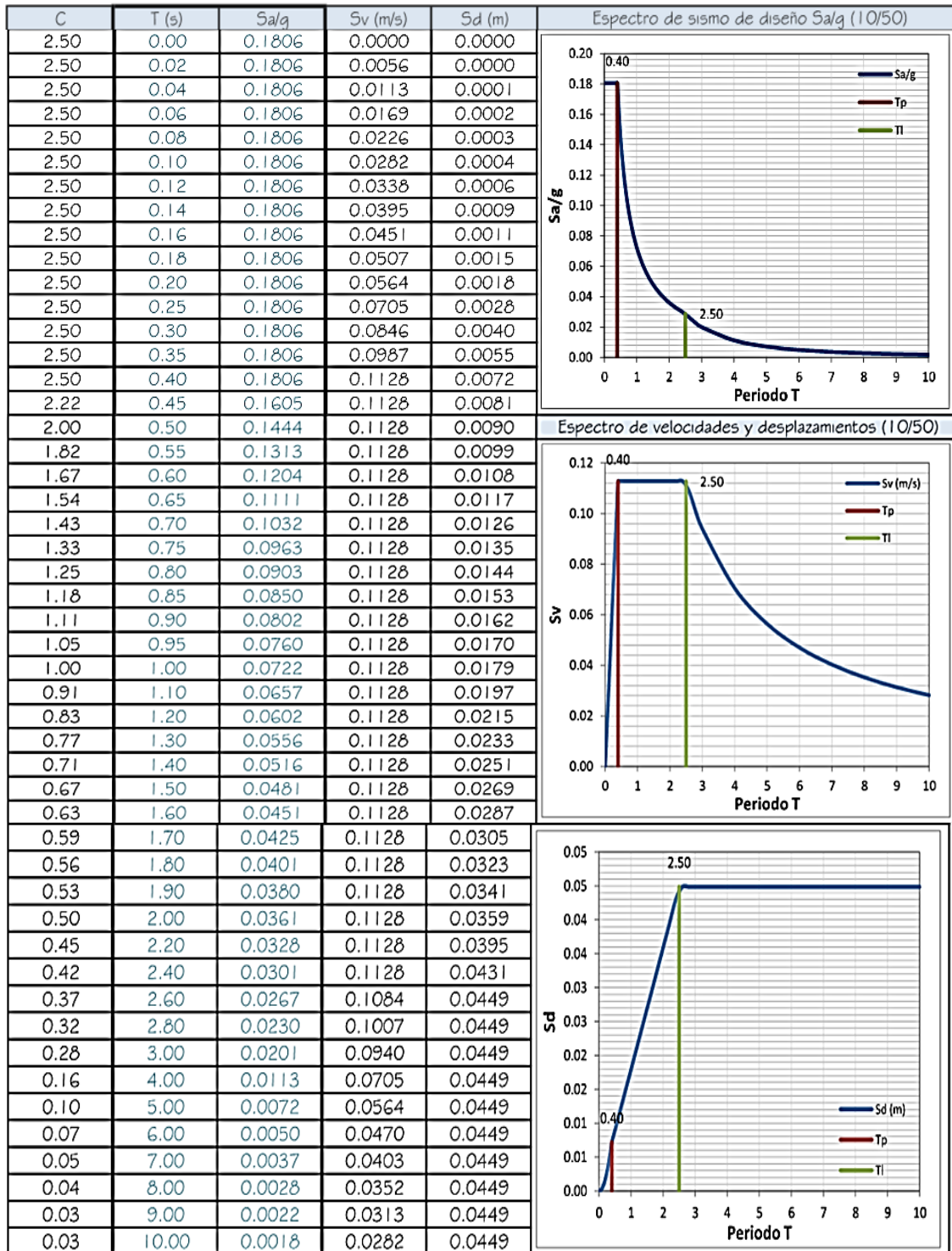


Tabla 12: Procedimiento para obtención de espectro



Copiar todos los valores de T(s) y Sa/g y pegar como valores sin fórmulas en un libro nuevo y guardarlo como texto delimitado por tabulaciones, así podrá importar el espectro de diseño en programas de cálculo como el Etabs y Sap2000. Ya que los valores de las aceleraciones no incluyen el valor de la aceleración de la gravedad, el factor de escala en el programa deberá ser igual a 9.81

Fuente: Elaboración propia

CARGAS DE VIENTO

DATOS:

Clasificación de la edificación : Tipo 3

Velocidad del viento $V_h = V \left(\frac{h}{10} \right)^{0.22}$

Donde:

V_h = Velocidad de diseño en la altura h en Km/h

V = Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h

h = Altura sobre el terreno en metros

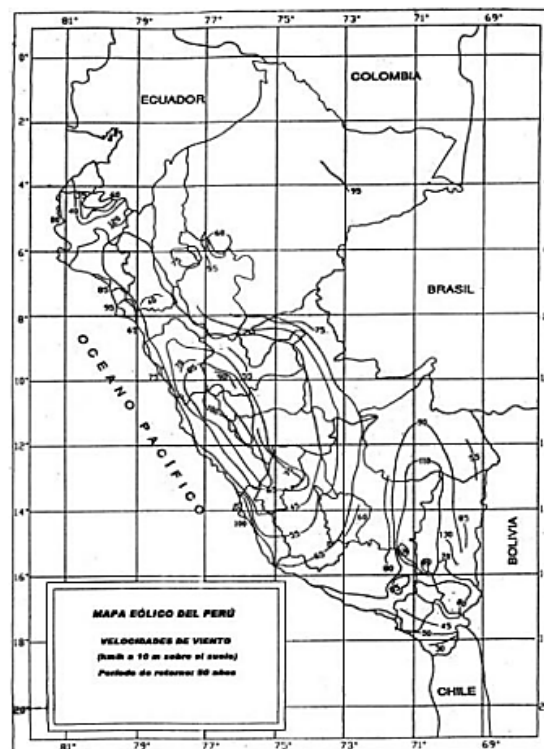


Figura 66: Mapa Eólico del Perú

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

De acuerdo al mapa eólico del Perú la velocidad que le corresponde a nuestro departamento es de 85 Km /h:

$$V_h = 85 \left(\frac{17.15}{10} \right)^{0.22}$$

$$V_h = 95.71 \text{ km/h}$$

Carga exterior de viento:

$$P_h = 0,005 \times C \times V_h^2$$

Donde:

Ph: Presión o succión del viento a una altura h en Kg/m²

C: Factor de forma adimensional indicado en la Tabla

Vh: Velocidad de diseño a la altura h, en km/h

Tabla 13: Factores de forma

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de Edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, Elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	
Tanques de Agua, Chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de Agua, Chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	±0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3-0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7-0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas), paralelas a la dirección del viento	-0.7	-0.7

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

Barlovento $Ph = 0,005 \times \pm 0.8 \times 90.08^2$

$Ph = 0.005 \times \pm 0.8 \times 95.71^2 = 36.6416164 \text{ Kg/m}^2$

$Ph = \pm 36.64 \text{ Kg/m}^2$

Sotavento $Ph = 0,005 \times -0,5 \times 90,08^2$

$Ph = 0.005 \times -0.5 \times 95.71^2$

-22.90101025

$Ph = -23 \text{ Kg/m}^2$

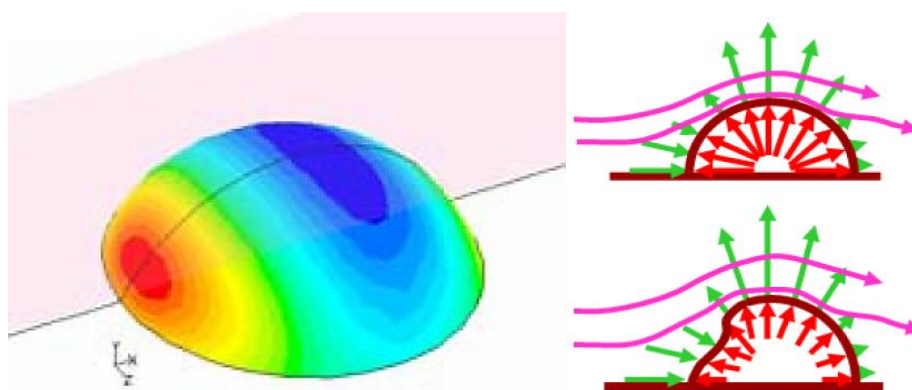


Figura 67: Distribución de presiones y succiones de la cubierta tipo domo, observe que la presión es local y la succión actúa en la mayor parte de la superficie del domo

Fuente: Elaboración propia

Los domos debido a la regularidad de su superficie presentan una forma aerodinámica, por lo que ofrecen una menor resistencia al viento. Al llegar el viento, este ejerce presión al chocar con la superficie, luego se genera un vacío, lo que provoca que en la parte superior ocurra una succión la cual en el caso del domo presentado se mantiene hasta el final, pero variando de valor.

3.2.3.1.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Se realiza el análisis de las edificaciones para cada componente del proyecto, y se realiza con el programa SAP2000; donde se introduce la geometría de la estructuración, las propiedades de los materiales, los elementos con sus secciones, las cargas que actúan sobre estas, y las combinaciones de cargas.

-Análisis cascarón interior

- Análisis Cúpula central
- Análisis Ojivales

-Análisis Cascarón exterior

ESTRUCTURA DE LA EDIFICACIÓN

En las imágenes siguientes se muestra la forma en que fue estructurada la edificación.

CASCARÓN EXTERNO

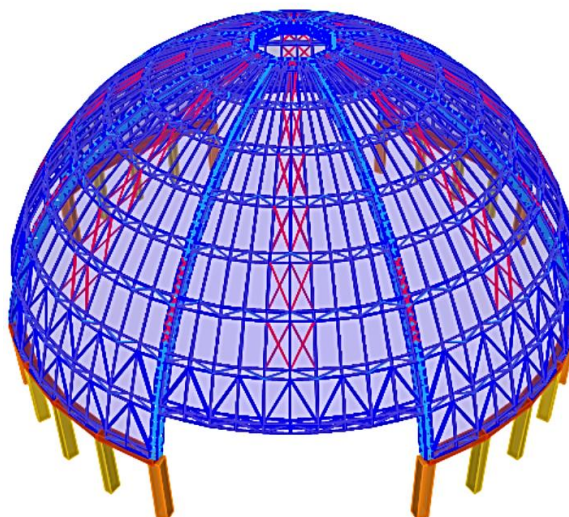


Figura 68: Modelo 3D del cascarón externo

Fuente: Elaboración propia

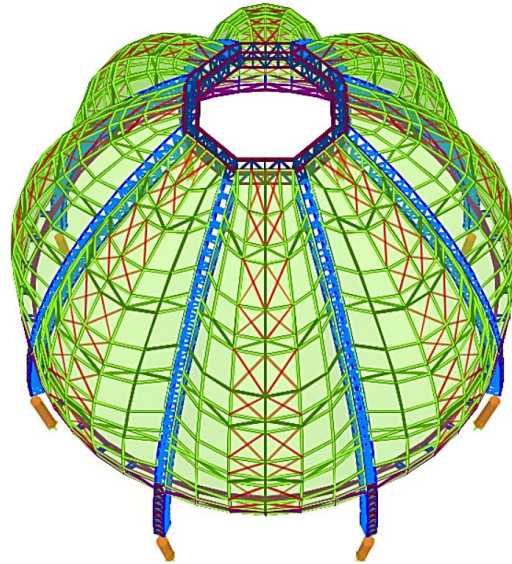
CASCARÓN INTERNO*Cúpula central*

Figura 69: Modelo 3D de Cúpula central (Cascarón interno)

Fuente: Elaboración propia

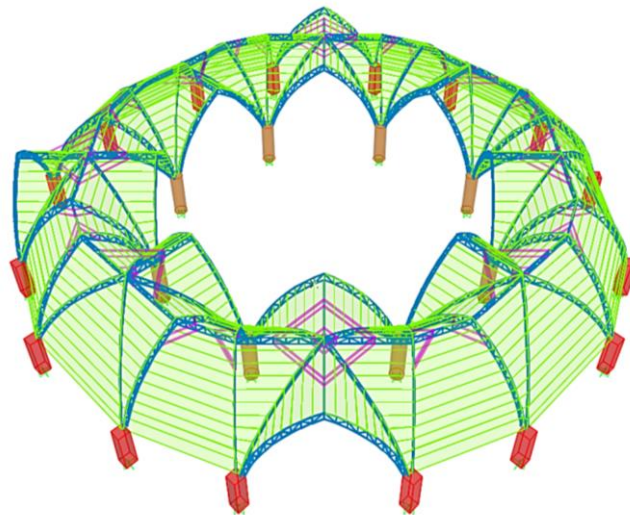
Bóvedas ojivales

Figura 70: Modelo 3D de bóvedas ojivales (Cascarón interno)

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS SÍSMICO

CASCARON EXTERNO

Tabla 14: Modos de vibrar y participación modal, Cascarón externo

MODO	Período	UX	UY	MODO	Período	UX	UY
1	0.586	0.0341	0.3216	101	0.135	0.0000	0.0004
2	0.586	0.3216	0.0341	102	0.134	0.0001	0.0000
3	0.393	0.0000	0.0000	103	0.134	0.0000	0.0001
4	0.384	0.0001	0.0000	104	0.133	0.0000	0.0000
5	0.384	0.0000	0.0001	105	0.133	0.0000	0.0000
6	0.382	0.0000	0.0000	106	0.129	0.0003	0.0003
7	0.371	0.0000	0.0000	107	0.129	0.0054	0.0027
8	0.368	0.0009	0.0000	108	0.129	0.0023	0.0054
9	0.368	0.0000	0.0009	109	0.127	0.0000	0.0000
10	0.365	0.0000	0.0000	110	0.126	0.0003	0.0000
11	0.359	0.0000	0.0000	111	0.126	0.0000	0.0001
12	0.336	0.0000	0.0000	112	0.125	0.0000	0.0000
13	0.335	0.0000	0.0000	113	0.124	0.0000	0.0000
14	0.332	0.0000	0.0000	114	0.123	0.0000	0.0000
15	0.309	0.0154	0.0188	115	0.123	0.0015	0.0000
16	0.309	0.0188	0.0155	116	0.123	0.0000	0.0013
17	0.261	0.0000	0.0000	117	0.121	0.0007	0.0005
18	0.258	0.0069	0.0019	118	0.120	0.0005	0.0007
19	0.258	0.0018	0.0073	119	0.119	0.0078	0.0160
20	0.256	0.0000	0.0000	120	0.119	0.0161	0.0079
21	0.254	0.0000	0.0000	121	0.119	0.0000	0.0000
22	0.251	0.0000	0.0217	122	0.117	0.0000	0.0000
23	0.251	0.0208	0.0000	123	0.116	0.0000	0.0000
24	0.249	0.0002	0.0000	124	0.114	0.0001	0.0001
25	0.243	0.0001	0.0000	125	0.114	0.0001	0.0001
26	0.238	0.0000	0.0000	126	0.114	0.0000	0.0000
27	0.235	0.0005	0.0003	127	0.113	0.0007	0.0008
28	0.233	0.1007	0.0579	128	0.113	0.0008	0.0007
29	0.233	0.0600	0.0994	129	0.111	0.0000	0.0000
30	0.225	0.0790	0.0026	130	0.110	0.0000	0.0000
31	0.224	0.0020	0.0822	131	0.110	0.0001	0.0000
32	0.215	0.0000	0.0000	132	0.110	0.0003	0.0000
33	0.213	0.0006	0.0000	133	0.110	0.0000	0.0000
34	0.213	0.0075	0.0006	134	0.110	0.0000	0.0001
35	0.213	0.0006	0.0072	135	0.109	0.0000	0.0000
36	0.209	0.0000	0.0000	136	0.108	0.0000	0.0003

MODO (...continuación)	Período	UX	UY
37	0.207	0.0028	0.0004
38	0.207	0.0138	0.0076
39	0.207	0.0060	0.0144
40	0.204	0.0000	0.0000
41	0.203	0.0000	0.0000
42	0.202	0.0025	0.0061
43	0.202	0.0066	0.0028
44	0.200	0.0001	0.0002
45	0.199	0.0000	0.0000
46	0.198	0.0000	0.0001
47	0.198	0.0000	0.0000
48	0.197	0.0000	0.0000
49	0.194	0.0000	0.0000
50	0.189	0.0058	0.0054
51	0.189	0.0062	0.0063
52	0.187	0.0000	0.0000
53	0.186	0.0000	0.0000
54	0.186	0.0002	0.0002
55	0.183	0.0016	0.0000
56	0.183	0.0003	0.0012
57	0.182	0.0192	0.0270
58	0.182	0.0265	0.0196
59	0.181	0.0000	0.0000
60	0.176	0.0000	0.0000
61	0.175	0.0007	0.0001
62	0.175	0.0003	0.0048
63	0.175	0.0040	0.0005
64	0.174	0.0000	0.0000
65	0.172	0.0179	0.0017
66	0.172	0.0017	0.0175
67	0.171	0.0000	0.0000
68	0.170	0.0000	0.0000
69	0.170	0.0000	0.0000
70	0.167	0.0000	0.0000
71	0.167	0.0000	0.0000
72	0.167	0.0000	0.0000
73	0.166	0.0000	0.0000
74	0.165	0.0000	0.0000
75	0.163	0.0001	0.0001
76	0.163	0.0029	0.0034
77	0.163	0.0032	0.0026
78	0.159	0.0000	0.0000

MODO	Período	UX	UY
137	0.108	0.0001	0.0000
138	0.108	0.0004	0.0000
139	0.107	0.0000	0.0000
140	0.107	0.0000	0.0003
141	0.107	0.0002	0.0000
142	0.107	0.0000	0.0000
143	0.107	0.0000	0.0000
144	0.106	0.0000	0.0000
145	0.106	0.0000	0.0000
146	0.105	0.0000	0.0000
147	0.105	0.0000	0.0000
148	0.104	0.0000	0.0000
149	0.103	0.0000	0.0000
150	0.103	0.0000	0.0000
151	0.103	0.0000	0.0000
152	0.103	0.0003	0.0000
153	0.103	0.0003	0.0003
154	0.103	0.0002	0.0005
155	0.102	0.0000	0.0000
156	0.102	0.0000	0.0000
157	0.102	0.0000	0.0000
158	0.102	0.0000	0.0000
159	0.101	0.0000	0.0005
160	0.101	0.0001	0.0000
161	0.101	0.0011	0.0008
162	0.101	0.0003	0.0003
163	0.101	0.0005	0.0005
164	0.101	0.0000	0.0001
165	0.100	0.0000	0.0000
166	0.099	0.0001	0.0029
167	0.099	0.0029	0.0001
168	0.099	0.0000	0.0000
169	0.098	0.0012	0.0000
170	0.098	0.0000	0.0011
171	0.097	0.0000	0.0003
172	0.097	0.0000	0.0000
173	0.097	0.0000	0.0000
174	0.096	0.0000	0.0000
175	0.096	0.0000	0.0000
176	0.096	0.0000	0.0000
177	0.095	0.0015	0.0000
178	0.094	0.0000	0.0013

MODO (...continuación)	Período	UX	UY	MODO	Período	UX	UY
79	0.158	0.0718	0.0200	179	0.094	0.0000	0.0000
80	0.158	0.0195	0.0717	180	0.094	0.0000	0.0000
81	0.157	0.0000	0.0000	181	0.094	0.0000	0.0000
82	0.153	0.0001	0.0000	182	0.092	0.0004	0.0029
83	0.153	0.0198	0.0112	183	0.092	0.0030	0.0004
84	0.153	0.0114	0.0197	184	0.091	0.0000	0.0000
85	0.152	0.0001	0.0001	185	0.091	0.0000	0.0000
86	0.152	0.0002	0.0003	186	0.090	0.0000	0.0000
87	0.146	0.0000	0.0000	187	0.090	0.0000	0.0000
88	0.145	0.0000	0.0000	188	0.089	0.0000	0.0018
89	0.143	0.0000	0.0000	189	0.089	0.0014	0.0001
90	0.140	0.0000	0.0000	190	0.089	0.0002	0.0000
91	0.140	0.0001	0.0000	191	0.089	0.0001	0.0002
92	0.140	0.0000	0.0001	192	0.089	0.0002	0.0000
93	0.139	0.0000	0.0000	193	0.089	0.0000	0.0000
94	0.139	0.0000	0.0000	194	0.089	0.0001	0.0000
95	0.138	0.0000	0.0000	195	0.089	0.0001	0.0004
96	0.137	0.0000	0.0000	196	0.088	0.0001	0.0001
97	0.136	0.0001	0.0000	197	0.088	0.0003	0.0000
98	0.136	0.0000	0.0001	198	0.088	0.0000	0.0000
99	0.135	0.0000	0.0000	199	0.088	0.0020	0.0003
100	0.135	0.0004	0.0000	200	0.088	0.0003	0.0020

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón externo en sentido X y Y

Espectro	Dir	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
		Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
E	X	26,66	0,04	6,79	114,02	277,69	447,64
E	Y	0,05	26,65	6,79	279,64	108,78	426,46

Fuente: Elaboración propia

Masa considerada

$$\begin{aligned}
 \text{Masa}_x &= \text{Masa}_y = 0,87 \text{ t} - \text{s}^2/\text{m} \\
 \Rightarrow \text{Peso considerado} &= 8,48985 \text{ t} \quad (\text{Incluye : DL+ 0.25LL})
 \end{aligned}$$

Cortante basal del análisis estático

$$\begin{aligned}
 \text{Tx} &= 29,05 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table: Base Reaction)} \\
 \text{Ty} &= 29,05 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table: Base Reaction)}
 \end{aligned}$$

Luego de haber realizado el análisis estático y dinámico de la edificación y haber realizado la verificación de la rigidez, la norma indica que debemos verificar que el cortante obtenido mediante AMRE (Artículo 4.6) debe ser igual a por lo menos como se indica en el Artículo 4.6.4 de la NTE E.030.

Tabla 16: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón externo

Dir	V dinámico t	V estático t	80%V _{estático}	V _{din} <80%V _{est}	f	Estado
X-X	26,66	29,05	23,24	NO	1,00	No Requiere amplificación
Y-Y	26,65	29,05	23,24	NO	1,00	No Requiere amplificación

Fuente: Elaboración propia

CASCARÓN INTERNO (CÚPULA CENTRAL)

Tabla 17: Modos de vibrar y participación modal, Cúpula Central

MODO	Período	UX	UY	MODO	Período	UX	UY
1	0,723	0,7841	0,0004	101	0,079	0,0006	0,0003
2	0,722	0,0004	0,7855	102	0,079	0,0001	0,0000
3	0,563	0,0000	0,0000	103	0,078	0,0000	0,0018
4	0,551	0,0002	0,0003	104	0,078	0,0029	0,0002
5	0,541	0,0000	0,0000	105	0,078	0,0002	0,0006
6	0,536	0,0000	0,0001	106	0,077	0,0002	0,0000
7	0,494	0,0000	0,0000	107	0,077	0,0001	0,0037
8	0,485	0,0000	0,0000	108	0,076	0,0008	0,0003
9	0,382	0,0004	0,0255	109	0,076	0,0002	0,0005
10	0,381	0,0266	0,0004	110	0,076	0,0000	0,0003
11	0,266	0,0000	0,0000	111	0,076	0,0021	0,0042
12	0,262	0,0000	0,0000	112	0,076	0,0000	0,0040
13	0,259	0,0000	0,0000	113	0,075	0,0012	0,0000
14	0,258	0,0000	0,0000	114	0,075	0,0034	0,0012
15	0,257	0,0000	0,0000	115	0,075	0,0003	0,0000
16	0,252	0,0000	0,0001	116	0,075	0,0005	0,0004
17	0,243	0,0000	0,0000	117	0,075	0,0004	0,0011
18	0,242	0,0000	0,0000	118	0,075	0,0000	0,0001
19	0,237	0,0001	0,0000	119	0,074	0,0000	0,0001
20	0,224	0,0000	0,0004	120	0,074	0,0002	0,0000
21	0,223	0,0003	0,0000	121	0,074	0,0002	0,0001
22	0,222	0,0001	0,0000	122	0,074	0,0000	0,0002
23	0,219	0,0000	0,0000	123	0,074	0,0030	0,0001
24	0,218	0,0000	0,0000	124	0,074	0,0046	0,0000

MODO (...continuación)	Período	UX	UY
25	0,213	0,0000	0,0001
26	0,203	0,0002	0,0000
27	0,201	0,0000	0,0011
28	0,197	0,0004	0,0033
29	0,196	0,0065	0,0000
30	0,187	0,0004	0,0090
31	0,186	0,0059	0,0006
32	0,181	0,0016	0,0001
33	0,178	0,0000	0,0000
34	0,177	0,0000	0,0000
35	0,176	0,0003	0,0000
36	0,172	0,0000	0,0000
37	0,169	0,0000	0,0000
38	0,167	0,0000	0,0000
39	0,167	0,0001	0,0000
40	0,164	0,0000	0,0002
41	0,163	0,0000	0,0005
42	0,162	0,0037	0,0097
43	0,162	0,0097	0,0039
44	0,161	0,0005	0,0000
45	0,161	0,0000	0,0003
46	0,158	0,0013	0,0001
47	0,156	0,0012	0,0007
48	0,155	0,0004	0,0001
49	0,140	0,0000	0,0147
50	0,139	0,0129	0,0000
51	0,134	0,0000	0,0001
52	0,128	0,0005	0,0000
53	0,125	0,0000	0,0000
54	0,125	0,0002	0,0001
55	0,124	0,0049	0,0030
56	0,122	0,0028	0,0063
57	0,119	0,0000	0,0000
58	0,119	0,0001	0,0000
59	0,118	0,0001	0,0001
60	0,116	0,0003	0,0001
61	0,115	0,0002	0,0000
62	0,115	0,0000	0,0000
63	0,114	0,0000	0,0000
64	0,113	0,0006	0,0000
65	0,113	0,0001	0,0000

MODO	Período	UX	UY
125	0,074	0,0212	0,0001
126	0,074	0,0027	0,0175
127	0,073	0,0027	0,0145
128	0,073	0,0011	0,0002
129	0,072	0,0000	0,0002
130	0,072	0,0000	0,0000
131	0,072	0,0003	0,0001
132	0,072	0,0012	0,0002
133	0,072	0,0001	0,0005
134	0,072	0,0001	0,0002
135	0,072	0,0000	0,0001
136	0,072	0,0008	0,0007
137	0,071	0,0000	0,0009
138	0,071	0,0003	0,0014
139	0,071	0,0011	0,0006
140	0,070	0,0001	0,0005
141	0,070	0,0000	0,0047
142	0,070	0,0060	0,0000
143	0,069	0,0041	0,0000
144	0,068	0,0004	0,0002
145	0,068	0,0000	0,0000
146	0,068	0,0004	0,0000
147	0,068	0,0005	0,0004
148	0,067	0,0014	0,0000
149	0,067	0,0000	0,0004
150	0,066	0,0014	0,0084
151	0,066	0,0051	0,0027
152	0,066	0,0002	0,0005
153	0,066	0,0004	0,0003
154	0,065	0,0009	0,0000
155	0,065	0,0002	0,0011
156	0,065	0,0000	0,0018
157	0,065	0,0013	0,0000
158	0,064	0,0002	0,0000
159	0,064	0,0000	0,0000
160	0,064	0,0000	0,0001
161	0,064	0,0000	0,0000
162	0,064	0,0004	0,0000
163	0,063	0,0000	0,0000
164	0,063	0,0000	0,0000
165	0,063	0,0002	0,0001

MODO (...continuación)	Período	UX	UY
66	0,112	0,0001	0,0001
67	0,107	0,0001	0,0002
68	0,106	0,0037	0,0008
69	0,106	0,0009	0,0033
70	0,097	0,0000	0,0000
71	0,096	0,0001	0,0000
72	0,092	0,0004	0,0002
73	0,092	0,0000	0,0000
74	0,092	0,0000	0,0000
75	0,091	0,0011	0,0021
76	0,091	0,0027	0,0000
77	0,090	0,0002	0,0003
78	0,090	0,0029	0,0082
79	0,090	0,0003	0,0097
80	0,090	0,0001	0,0000
81	0,089	0,0107	0,0000
82	0,087	0,0030	0,0004
83	0,087	0,0000	0,0000
84	0,087	0,0005	0,0001
85	0,086	0,0004	0,0009
86	0,086	0,0003	0,0000
87	0,086	0,0000	0,0002
88	0,085	0,0000	0,0001
89	0,083	0,0000	0,0007
90	0,083	0,0001	0,0001
91	0,083	0,0003	0,0004
92	0,082	0,0000	0,0009
93	0,082	0,0001	0,0024
94	0,082	0,0056	0,0001
95	0,081	0,0004	0,0001
96	0,081	0,0001	0,0001
97	0,080	0,0000	0,0007
98	0,079	0,0000	0,0016
99	0,079	0,0004	0,0000
100	0,079	0,0001	0,0001

Fuente: Elaboración propia

MODO	Período	UX	UY
166	0,063	0,0001	0,0000
167	0,063	0,0000	0,0000
168	0,063	0,0000	0,0000
169	0,062	0,0000	0,0000
170	0,062	0,0003	0,0001
171	0,062	0,0002	0,0005
172	0,062	0,0000	0,0001
173	0,062	0,0000	0,0000
174	0,061	0,0002	0,0002
175	0,061	0,0002	0,0003
176	0,061	0,0000	0,0000
177	0,060	0,0001	0,0001
178	0,060	0,0004	0,0015
179	0,060	0,0001	0,0000
180	0,060	0,0007	0,0001
181	0,060	0,0008	0,0001
182	0,060	0,0000	0,0001
183	0,059	0,0002	0,0004
184	0,059	0,0001	0,0000
185	0,059	0,0001	0,0000
186	0,059	0,0002	0,0000
187	0,059	0,0000	0,0001
188	0,059	0,0000	0,0000
189	0,059	0,0000	0,0000
190	0,059	0,0000	0,0000
191	0,059	0,0000	0,0000
192	0,059	0,0000	0,0000
193	0,059	0,0000	0,0000
194	0,058	0,0000	0,0000
195	0,058	0,0000	0,0000
196	0,058	0,0000	0,0001
197	0,058	0,0000	0,0000
198	0,057	0,0000	0,0000
199	0,057	0,0001	0,0001
200	0,057	0,0000	0,0000

Tabla 18: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno (cúpula central) en sentido X y Y

Espectro	Dir	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
		Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
E	X	3.69	0.04	2.22	37.70	54.56	61.91
E	Y	0.06	3.70	2.22	55.51	36.56	61.90

Fuente: Elaboración propia

Masa considerada

$$Masa_x = Masa_y = 1.54 \text{ t} \cdot s^2/m$$

=> Peso considerado = 15.11128 t (Incluye : DL+ 0.25LL)

Cortante basal del análisis estático

T_x = 4.1 Tn SAP 2000 (Table: Base Reaction)
 T_y = 4.1 Tn SAP 2000 (Table: Base Reaction)

Luego de haber realizado el análisis estático y dinámico de la edificación y haber realizado la verificación de la rigidez, la norma indica que debemos verificar que el cortante obtenido mediante AMRE (Artículo 4.6) debe ser igual a por lo menos como se indica en el Artículo 4.6.4 de la NTE E.030.

Tabla 19: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón interno (cúpula central)

Dir	V dinámico t	V estático t	80%V _{estático}	V _{din} <80%V _{est}	f	Estado
X-X	3.69	4.10	3.28	NO	1.00	No Requiere amplificación
Y-Y	3.70	4.10	3.28	NO	1.00	No Requiere amplificación

Fuente: Elaboración propia

La carga dinámica de sismo no requirió ser amplificada para el diseño estructural

CASCARÓN INTERNO (OJIVALES)

Tabla 20: Modos de vibrar y participación modal, Ojivales

Modo	Período	UX	UY
1	2.9879	0.0004	0.0000
2	0.8489	0.0000	0.0000
3	0.8476	0.0006	0.0003
4	0.8475	0.0008	0.0010
5	0.8474	0.0000	0.0000
6	0.8463	0.0009	0.0011
7	0.7540	0.0014	0.0011
8	0.7538	0.0027	0.0032
9	0.7538	0.0031	0.0026
10	0.7537	0.0000	0.0000
11	0.7537	0.0001	0.0001
12	0.7139	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Cortante basal del análisis dinámico del cascarón interno (ojivales) en sentido X y Y

Espectro	Dir	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
		Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
E	X	0.0029	0.0004	0.0000	0.0026	0.0170	0.0456
E	Y	0.0004	0.0028	0.0000	0.0164	0.0026	0.0430

Fuente: Elaboración propia

Masa considerada

$$Masa_x = Masa_y = 2.19 \text{ t} \cdot s^2/m$$

$$\Rightarrow \text{Peso considerado} = 21.4986 \text{ t} \quad (\text{Incluye : DL+ 0.25LL})$$

Cortante basal del análisis estático

$$T_x = 0.00000000000000126 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table:Base Reaction)}$$

$$T_y = -0.00000000000000119 \text{ Tn} \quad \text{SAP2000(Table:Base Reaction)}$$

Luego de haber realizado el análisis estático y dinámico del edificio y haber realizado la verificación de la rigidez, la norma indica que debemos verificar que el

cortante obtenido mediante AMRE (Artículo 4.6) debe ser igual a por lo menos como se indica en el Artículo 4.6.4 de la NTE E.030.

Tabla 22: Verificación del mínimo cortante basal dinámico en cascarón interno (ojivales)

Dir	V dinámico t	V estático t	80%V _{estático}	V _{din} <80%V _{est}	f	Estado
X-X	0.0029	0.0000000000000126	0.0000000000000101	NO	1.00	No Requiere amplificación
Y-Y	0.0028	-0.0000000000000119	-0.0000000000000095	NO	1.00	No Requiere amplificación

Fuente: Elaboración propia

La carga dinámica de sismo Si requirió ser amplificada para el diseño estructural.

DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS

Se evalúan los desplazamientos y derivas, dado que estas no deben sobrepasar lo dispuesto en la norma E-30, dispuesto en el Artículo 5.1. del RNE.

Para lo cual se debe evaluar la deriva inelástica para una estructura regular y debe de cumplir las relaciones siguientes, según el caso.

$$\Delta_{inelástico-i} = \begin{cases} 0.75R\Delta_{elástico-i} & \text{Regular} \\ R\Delta_{elástico-i} & \text{Irregular} \end{cases}$$

Valores que de acuerdo con la Tabla N°11 del Artículo 5.2, El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.1, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11. deben ser menores a 0.010 para estructuras de acero.

Tabla 23: Límites para la distorsión del entrepiso según norma E-30

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

CASCARON EXTERNO

Desplazamientos Laterales por carga sísmica

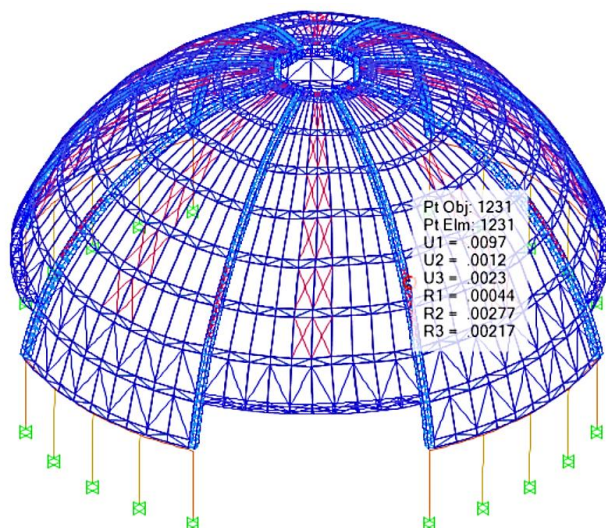


Figura 71: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cascarón externo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central

ISO	NODO	CARGA	Despl X. SAP (m)	Despl Y. SAP (m)	Δh (m)	U1 (m)	U2 (m)	Deriva Elástica X	Deriva Elástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	LÍMITE Deriva N E0.30	Cumple en "X"	Cumple en "Y"
1	1485	Sismo Dinámico	0,00219	0,00178	4,312	0,0022	0,0018	0,0005	0,0004	0,002	0,002	0,01	CUMPLE	CUMPLE
2	1486	Sismo Dinámico	0,00253	0,00193	0,407	0,0003	0,0002	0,0008	0,0004	0,004	0,002	0,01	CUMPLE	CUMPLE
3	1487	Sismo Dinámico	0,00286	0,00205	0,405	0,0003	0,0001	0,0008	0,0003	0,004	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
4	1488	Sismo Dinámico	0,00318	0,00214	0,403	0,0003	0,0001	0,0008	0,0002	0,004	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
5	1489	Sismo Dinámico	0,00349	0,00221	0,400	0,0003	0,0001	0,0008	0,0002	0,004	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
6	1490	Sismo Dinámico	0,00378	0,00227	0,397	0,0003	0,0001	0,0007	0,0002	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
7	1491	Sismo Dinámico	0,00406	0,00236	0,393	0,0003	0,0001	0,0007	0,0002	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
8	1492	Sismo Dinámico	0,00433	0,00248	0,390	0,0003	0,0001	0,0007	0,0003	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
9	1493	Sismo Dinámico	0,00458	0,00255	0,387	0,0002	0,0001	0,0006	0,0002	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
10	1494	Sismo Dinámico	0,00482	0,00262	0,382	0,0002	0,0001	0,0006	0,0002	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
11	1495	Sismo Dinámico	0,00507	0,00270	0,378	0,0003	0,0001	0,0007	0,0002	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
12	1496	Sismo Dinámico	0,00532	0,00277	0,374	0,0002	0,0001	0,0007	0,0002	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
13	1497	Sismo Dinámico	0,00556	0,00285	0,370	0,0002	0,0001	0,0007	0,0002	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
14	1498	Sismo Dinámico	0,00581	0,00295	0,364	0,0003	0,0001	0,0007	0,0003	0,003	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
15	1499	Sismo Dinámico	0,00625	0,00367	0,360	0,0004	0,0007	0,0012	0,0020	0,006	0,009	0,01	CUMPLE	CUMPLE

ISO	NODO	CARGA	Despl X. SAP (m)	Despl Y. SAP (m)	Ah (m)	U1 (m)	U2 (m)	Deriva Elástica X	Deriva Elástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	LÍMITE Deriva N E0.30	Cumple en "X"	Cumple en "Y"
16	1500	Sismo Dinámico	0,00664	0,00432	0,354	0,0004	0,0006	0,0011	0,0018	0,005	0,009	0,01	CUMPLE	CUMPLE
17	1501	Sismo Dinámico	0,00704	0,00496	0,349	0,0004	0,0006	0,0011	0,0018	0,005	0,009	0,01	CUMPLE	CUMPLE
18	1502	Sismo Dinámico	0,00745	0,00561	0,343	0,0004	0,0006	0,0012	0,0019	0,006	0,009	0,01	CUMPLE	CUMPLE
19	1652	Sismo Dinámico	0,00783	0,00616	0,337	0,0004	0,0005	0,0011	0,0016	0,005	0,008	0,01	CUMPLE	CUMPLE
20	1503	Sismo Dinámico	0,00811	0,00626	0,331	0,0003	0,0001	0,0008	0,0003	0,004	0,002	0,01	CUMPLE	CUMPLE
21	1504	Sismo Dinámico	0,00848	0,00678	0,325	0,0004	0,0005	0,0011	0,0016	0,005	0,008	0,01	CUMPLE	CUMPLE
22	1505	Sismo Dinámico	0,00886	0,00741	0,319	0,0004	0,0006	0,0012	0,0020	0,006	0,009	0,01	CUMPLE	CUMPLE
23	1506	Sismo Dinámico	0,00923	0,00805	0,311	0,0004	0,0006	0,0012	0,0020	0,006	0,010	0,01	CUMPLE	CUMPLE
24	1507	Sismo Dinámico	0,00959	0,00869	0,305	0,0004	0,0006	0,0012	0,0021	0,006	0,010	0,01	CUMPLE	CUMPLE
25	1508	Sismo Dinámico	0,00993	0,00932	0,298	0,0003	0,0006	0,0011	0,0021	0,005	0,010	0,01	CUMPLE	CUMPLE
26	1509	Sismo Dinámico	0,01012	0,00922	0,291	0,0002	-0,0001	0,0007	-0,0003	0,003	-0,002	0,01	CUMPLE	CUMPLE
27	1510	Sismo Dinámico	0,01037	0,00949	0,284	0,0002	0,0003	0,0009	0,0010	0,004	0,005	0,01	CUMPLE	CUMPLE
31	1514	Sismo Dinámico	0,01135	0,01159	0,253	0,0001	0,0002	0,0006	0,0009	0,003	0,004	0,01	CUMPLE	CUMPLE
32	1515	Sismo Dinámico	0,01143	0,01139	0,244	0,0001	-0,0002	0,0003	-0,0008	0,002	-0,004	0,01	CUMPLE	CUMPLE
33	1516	Sismo Dinámico	0,01152	0,01143	0,236	0,0001	0,0000	0,0004	0,0002	0,002	0,001	0,01	CUMPLE	CUMPLE
34	1517	Sismo Dinámico	0,01163	0,01165	0,227	0,0001	0,0002	0,0005	0,0010	0,002	0,005	0,01	CUMPLE	CUMPLE
35	1518	Sismo Dinámico	0,01171	0,01192	0,219	0,0001	0,0003	0,0004	0,0012	0,002	0,006	0,01	CUMPLE	CUMPLE
36	1519	Sismo Dinámico	0,01177	0,01212	0,210	0,0001	0,0002	0,0003	0,0010	0,001	0,005	0,01	CUMPLE	CUMPLE
37	1520	Sismo Dinámico	0,01176	0,01213	0,202	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,000	0,000	0,01	CUMPLE	CUMPLE
38	1521	Sismo Dinámico	0,01172	0,01191	0,192	0,0000	-0,0002	0,0002	-0,0011	-0,001	-0,005	0,01	CUMPLE	CUMPLE
39	1522	Sismo Dinámico	0,01166	0,01178	0,184	-0,0001	-0,0001	0,0003	-0,0007	-0,002	-0,003	0,01	CUMPLE	CUMPLE
40	1523	Sismo Dinámico	0,01160	0,01172	0,174	-0,0001	-0,0001	0,0003	-0,0004	-0,001	-0,002	0,01	CUMPLE	CUMPLE
41	1524	Sismo Dinámico	0,01153	0,01166	0,165	-0,0001	-0,0001	0,0004	-0,0003	-0,002	-0,002	0,01	CUMPLE	CUMPLE
42	1525	Sismo Dinámico	0,01145	0,01158	0,156	-0,0001	-0,0001	0,0005	-0,0005	-0,003	-0,002	0,01	CUMPLE	CUMPLE
43	1526	Sismo Dinámico	0,01134	0,01146	0,146	-0,0001	-0,0001	0,0007	-0,0009	-0,003	-0,004	0,01	CUMPLE	CUMPLE
44	1527	Sismo Dinámico	0,01122	0,01128	0,136	-0,0001	-0,0002	0,0009	-0,0013	-0,004	-0,006	0,01	CUMPLE	CUMPLE
45	1528	Sismo Dinámico	0,01110	0,01114	0,127	-0,0001	-0,0001	0,0010	-0,0011	-0,005	-0,005	0,01	CUMPLE	CUMPLE
46	1529	Sismo Dinámico	0,01098	0,01102	0,117	-0,0001	-0,0001	0,0010	-0,0010	-0,005	-0,005	0,01	CUMPLE	CUMPLE
47	1530	Sismo Dinámico	0,01086	0,01090	0,108	-0,0001	-0,0001	0,0011	-0,0011	-0,005	-0,005	0,01	CUMPLE	CUMPLE
48	1531	Sismo Dinámico	0,01075	0,01077	0,098	-0,0001	-0,0001	0,0012	-0,0013	-0,006	-0,006	0,01	CUMPLE	CUMPLE
49	1532	Sismo Dinámico	0,01064	0,01065	0,087	-0,0001	-0,0001	0,0012	-0,0015	-0,006	-0,007	0,01	CUMPLE	CUMPLE
50	1533	Sismo Dinámico	0,01053	0,01054	0,078	-0,0001	-0,0001	0,0014	-0,0014	-0,006	-0,007	0,01	CUMPLE	CUMPLE
51	1281	Sismo Dinámico	0,01044	0,01041	0,068	-0,0001	-0,0001	0,0014	-0,0019	-0,006	-0,009	0,01	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

CASCARON INTERNO (CÚPULA CENTRAL)

Desplazamientos Laterales por carga sísmica

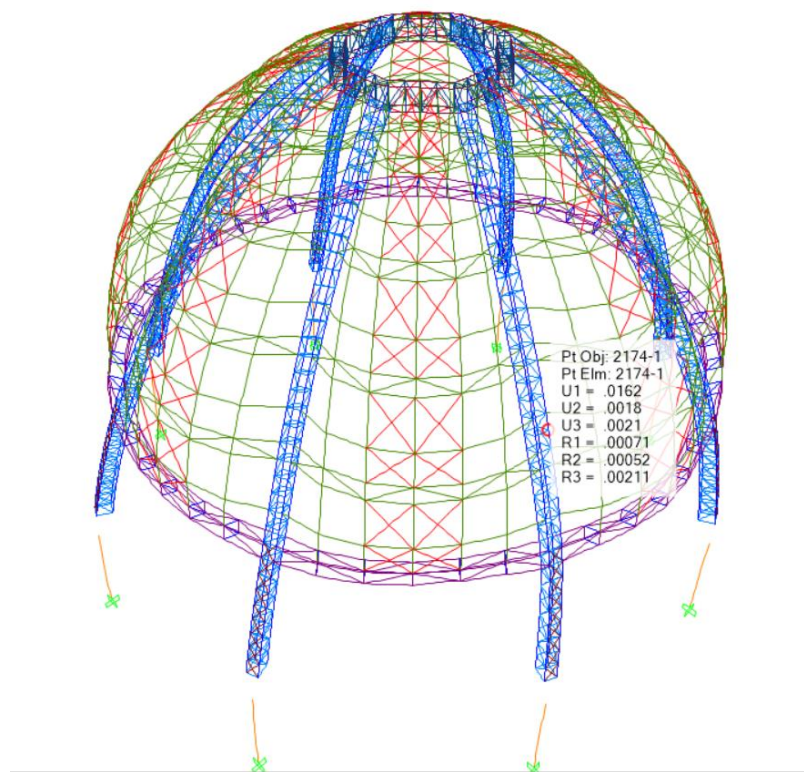


Figura 72: Desplazamiento por acción sísmica en el eje X, Armadura 01 Cúpula central

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Desplazamientos laterales, Armadura 01 Cúpula Central

PISO	NODO	CARGA	Despl X. SAP (m)	Despl Y. SAP (m)	Δh (m)	U1 (m)	U2 (m)	Deriva Elástica X	Deriva Elástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	LÍMITE Deriva N E0.30	Cumple en "X"	Cumple en "Y"
1	2156	Sismo Dinámico	0.00200	0.00275	3.47	0.00200	0.00275	0.00058	0.00079	0.003	0.004	0.01	CUMPLE	CUMPLE
2	2157	Sismo Dinámico	0.00256	0.00347	0.41	0.00056	0.00072	0.00135	0.00176	0.006	0.008	0.01	CUMPLE	CUMPLE
3	2158	Sismo Dinámico	0.00319	0.00423	0.40	0.00063	0.00076	0.00157	0.00190	0.007	0.009	0.01	CUMPLE	CUMPLE
4	2159	Sismo Dinámico	0.00385	0.00503	0.41	0.00067	0.00079	0.00162	0.00194	0.008	0.009	0.01	CUMPLE	CUMPLE
5	2160	Sismo Dinámico	0.00455	0.00584	0.41	0.00070	0.00081	0.00170	0.00197	0.008	0.009	0.01	CUMPLE	CUMPLE
6	2161	Sismo Dinámico	0.00526	0.00666	0.40	0.00071	0.00082	0.00177	0.00205	0.008	0.010	0.01	CUMPLE	CUMPLE
7	2162	Sismo Dinámico	0.00597	0.00747	0.40	0.00071	0.00082	0.00177	0.00204	0.008	0.010	0.01	CUMPLE	CUMPLE
8	2163	Sismo Dinámico	0.00666	0.00828	0.40	0.00070	0.00081	0.00174	0.00201	0.008	0.010	0.01	CUMPLE	CUMPLE
9	2164	Sismo Dinámico	0.00732	0.00906	0.40	0.00066	0.00078	0.00166	0.00195	0.008	0.009	0.01	CUMPLE	CUMPLE
10	2165	Sismo Dinámico	0.00795	0.00981	0.40	0.00063	0.00075	0.00156	0.00187	0.007	0.009	0.01	CUMPLE	CUMPLE

PISO	NODO	CARGA	Despl X. SAP (m)	Despl Y. SAP (m)	Ah (m)	U1 (m)	U2 (m)	Deriva Elástica X	Deriva Elástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	LÍMITE Deriv a N E0.30	Cumple en "X"	Cumple en "Y"
11	2166	Sismo Dinámico	0.00848	0.01052	0.40	0.00053	0.00071	0.00132	0.00179	0.006	0.008	0.01	CUMPLE	CUMPLE
12	2167	Sismo Dinámico	0.00875	0.01113	0.40	0.00027	0.00060	0.00067	0.00151	0.003	0.007	0.01	CUMPLE	CUMPLE
13	2168	Sismo Dinámico	0.00925	0.01177	0.40	0.00050	0.00064	0.00125	0.00161	0.006	0.008	0.01	CUMPLE	CUMPLE
14	2169	Sismo Dinámico	0.00998	0.01241	0.40	0.00073	0.00064	0.00183	0.00160	0.009	0.008	0.01	CUMPLE	CUMPLE
15	2170	Sismo Dinámico	0.01084	0.01303	0.32	0.00086	0.00062	0.00270	0.00194	0.013	0.009	0.01	CUMPLE	CUMPLE
16	2171	Sismo Dinámico	0.01170	0.01362	0.38	0.00085	0.00059	0.00224	0.00156	0.011	0.007	0.01	CUMPLE	CUMPLE
17	2172	Sismo Dinámico	0.01225	0.01414	0.40	0.00055	0.00052	0.00138	0.00129	0.007	0.006	0.01	CUMPLE	CUMPLE
18	2173	Sismo Dinámico	0.01243	0.01448	0.33	0.00018	0.00034	0.00054	0.00103	0.003	0.005	0.01	CUMPLE	CUMPLE
19	2174	Sismo Dinámico	0.01274	0.01486	0.37	0.00031	0.00038	0.00085	0.00102	0.004	0.005	0.01	CUMPLE	CUMPLE
20	2175	Sismo Dinámico	0.01319	0.01522	0.40	0.00045	0.00036	0.00113	0.00090	0.005	0.004	0.01	CUMPLE	CUMPLE
21	2176	Sismo Dinámico	0.01369	0.01554	0.31	0.00050	0.00032	0.00162	0.00105	0.008	0.005	0.01	CUMPLE	CUMPLE
22	2177	Sismo Dinámico	0.01417	0.01583	0.36	0.00047	0.00029	0.00132	0.00081	0.006	0.004	0.01	CUMPLE	CUMPLE
23	2178	Sismo Dinámico	0.01445	0.01606	0.35	0.00028	0.00022	0.00081	0.00064	0.004	0.003	0.01	CUMPLE	CUMPLE
24	2179	Sismo Dinámico	0.01450	0.01617	0.34	0.00005	0.00011	0.00015	0.00032	0.001	0.002	0.01	CUMPLE	CUMPLE
25	2180	Sismo Dinámico	0.01463	0.01629	0.34	0.00013	0.00012	0.00038	0.00036	0.002	0.002	0.01	CUMPLE	CUMPLE
26	2181	Sismo Dinámico	0.01484	0.01639	0.33	0.00021	0.00011	0.00064	0.00032	0.003	0.002	0.01	CUMPLE	CUMPLE
27	2182	Sismo Dinámico	0.01508	0.01647	0.33	0.00024	0.00008	0.00073	0.00024	0.003	0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
28	2183	Sismo Dinámico	0.01530	0.01652	0.32	0.00022	0.00005	0.00069	0.00016	0.003	0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
29	2184	Sismo Dinámico	0.01540	0.01651	0.32	0.00010	-0.00001	0.00031	0.00002	0.001	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
30	2185	Sismo Dinámico	0.01535	0.01648	0.31	-0.00006	-0.00003	-0.00018	0.00011	-0.001	-0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
31	2186	Sismo Dinámico	0.01536	0.01642	0.31	0.00001	-0.00006	0.00004	0.00019	0.000	-0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
32	2187	Sismo Dinámico	0.01544	0.01636	0.30	0.00009	-0.00007	0.00029	0.00022	0.001	-0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
33	2188	Sismo Dinámico	0.01558	0.01628	0.30	0.00014	-0.00008	0.00046	0.00026	0.002	-0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
34	2189	Sismo Dinámico	0.01572	0.01619	0.29	0.00014	-0.00009	0.00048	0.00032	0.002	-0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
35	2190	Sismo Dinámico	0.01575	0.01604	0.29	0.00003	-0.00015	0.00011	0.00052	0.001	-0.002	0.01	CUMPLE	CUMPLE
36	2191	Sismo Dinámico	0.01563	0.01593	0.30	-0.00012	-0.00011	-0.00039	0.00037	-0.002	-0.002	0.01	CUMPLE	CUMPLE
37	2192	Sismo Dinámico	0.01564	0.01576	0.24	0.00001	-0.00016	0.00003	0.00068	0.000	-0.003	0.01	CUMPLE	CUMPLE
38	2193	Sismo Dinámico	0.01565	0.01559	0.26	0.00001	-0.00017	0.00002	0.00067	0.000	-0.003	0.01	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Cascarón Interno (Ojivales)

Desplazamientos Laterales por carga sísmica

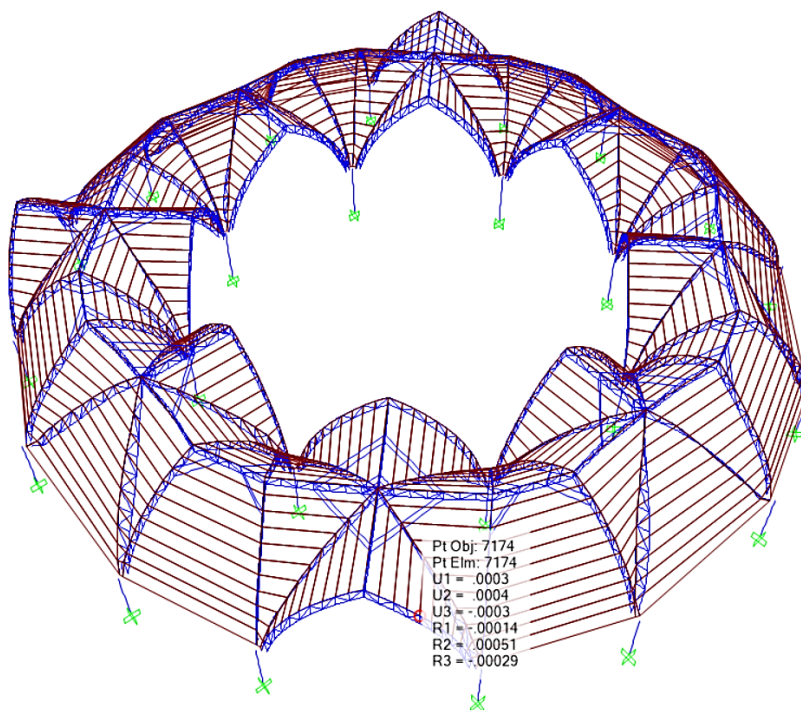


Figura 73: Desplazamiento por acción sísmica, Bóvedas ojivales

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Desplazamientos laterales, Bóvedas Ojivales

PISO	NODO	CARGA	Despl X. SAP (m)	Despl Y. SAP (m)	Δh (m)	U1 (m)	U2 (m)	Deriva Elástica X	Deriva Elástica Y	Deriva Inelástica X	Deriva Inelástica Y	LÍMITE Deriva N E0.30	Cumple en "X"	Cumple en "Y"
1	7177	Envolvente	0.0001	0.0003	4.00	0.0001	0.0003	0.0000	0.0008	0.000	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
2	7181	Envolvente	0.0010	0.0003	0.48	0.0009	0.0000	0.0018	0.0000	0.009	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
3	7176	Envolvente	0.0002	0.0004	0.46	-0.0008	0.0001	-0.0017	0.0002	-0.008	0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
4	7180	Envolvente	0.0001	0.0004	0.45	-0.0001	0.0000	-0.0002	0.0000	-0.001	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
5	7175	Envolvente	0.0001	0.0004	0.44	-0.0000	0.0000	-0.0001	0.0000	0.000	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
6	7189	Envolvente	0.0002	0.0004	0.42	0.0001	0.0000	0.0004	0.0000	0.002	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
7	7174	Envolvente	0.0003	0.0004	0.38	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.001	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
8	7179	Envolvente	0.0004	0.0003	0.37	0.0001	-0.0001	0.0002	-0.0003	0.001	-0.001	0.01	CUMPLE	CUMPLE
9	7173	Envolvente	0.0004	0.0003	0.33	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
10	7178	Envolvente	0.0003	0.0003	0.30	-0.0001	0.0000	-0.0003	0.0000	-0.002	0.000	0.01	CUMPLE	CUMPLE
11	7128	Envolvente	0.0002	0.0002	0.27	-0.0001	-0.0001	-0.0004	-0.0004	-0.002	-0.002	0.01	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.1.1.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PRINCIPALES ELEMENTOS

A) DISEÑO EN ACERO

Posteriormente del cálculo de esfuerzos para cada combinación de esfuerzos se procedió a realizar las combinaciones de carga según los factores de carga del método a la rotura del código A.I.S.C. denominado método L.R.F.D., que especifica las siguientes combinaciones de carga a la rotura para calcular los esfuerzos.

Este se realizó de acuerdo a la norma E.090 vigente, para el análisis de comprobación se ha utilizado el programa SAP2000. Se usaron las siguientes combinaciones de carga de acuerdo al LRFD:

$$\begin{aligned}
 &1,4D \\
 &1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \\
 &1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W) \\
 &1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \\
 &1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S \\
 &0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)
 \end{aligned}$$

D: Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura

L: Carga viva debida al mobiliario y ocupantes

Lr: Carga viva en las azoteas

W: Carga de viento

S: Carga de nieve

E: Carga de sismo de acuerdo a la Norma E0.30 Diseño Sismorresistente

R: Carga por lluvia o granizo

El moldeamiento de la estructura se hizo de la forma más real posible, obteniendo el siguiente modelo y los siguientes resultados:

CASCARON EXTERNO

El modelo considerado está compuesto por ocho (8) armaduras en forma de arco dispuesta en forma radial generando un ángulo de 45° en planta entre ellas, estas nacen del apoyo de columnas de 4.10 m de altura arriostradas por una viga de 0.25 m de peralte, las armaduras se encuentran unidas por dos (2) tipos de cerchas de cerramiento, la segunda en la base posee una armadura de tracción en cuatro (4) tramos, en la parte superior de la estructura las armaduras y las cerchas confluyen en el anillo de compresión.

Estos son los elementos que se consideran en el modelado de cúpula central del cascarón externo por computadora:

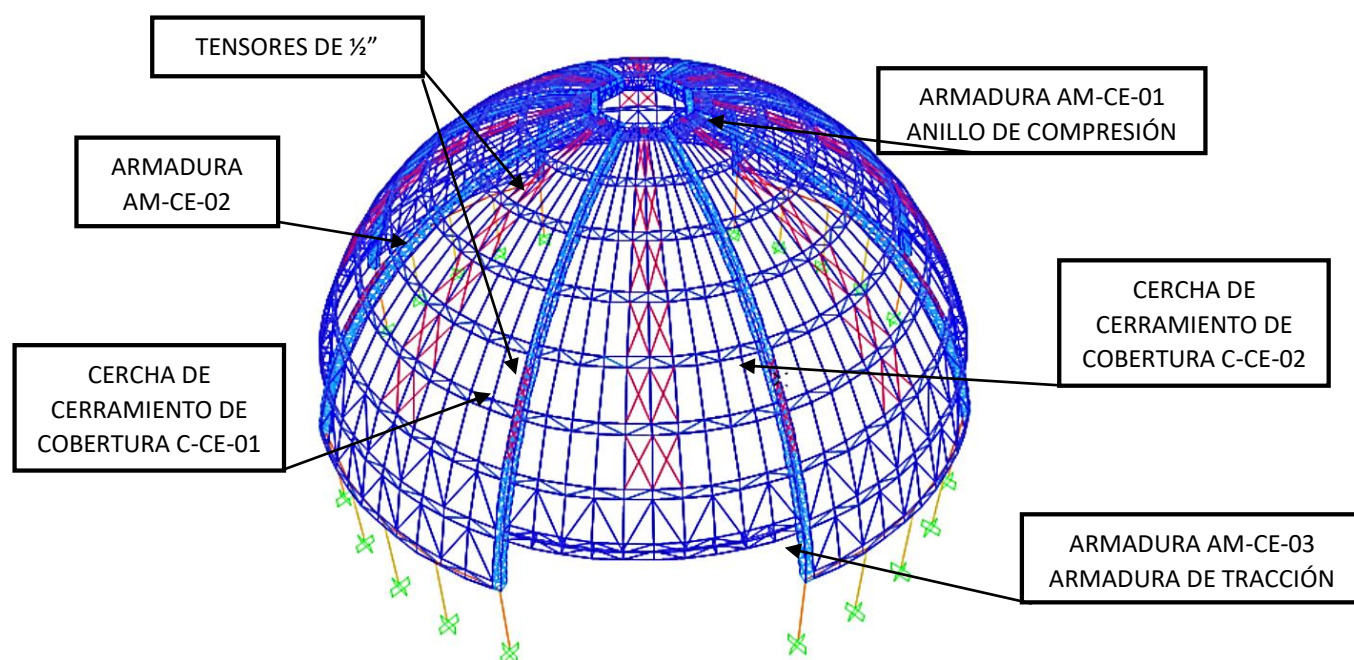


Figura 74: Elementos componentes de Cascarón Externo para diseño en acero

Fuente: Elaboración propia

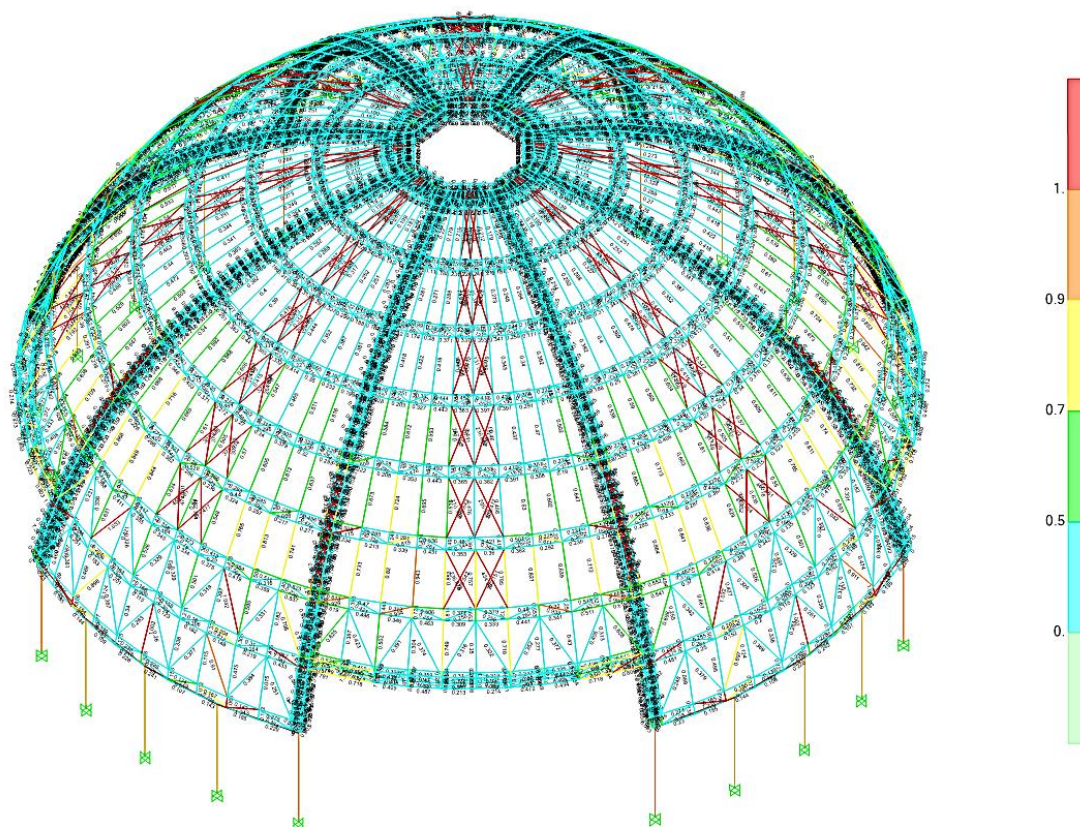


Figura 75: Diseño en acero de elementos componentes del Cascarón Externo

Fuente: Elaboración propia

- **ARMADURA AM-CE-01 ANILLO DE COMPRESIÓN:** En la parte superior de la estructura se encuentra el anillo de compresión, al que confluyen las armaduras metálicas AM-CE-02, está compuesta de ocho (8) armaduras dispuestas de forma octagonal en planta y de sección transversal tipo cajón hueco de $35 \times 50 \text{ cm}^2$.

El anillo está conformado por perfiles L de plancha estructural A-36: En la brida superior e inferior de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg, en los montantes de perfil L1.5x1.5x3/16 pulg, en las diagonales exteriores de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg y en las diagonales interiores de perfil L1.5x1.5x3/16 pulg.

La conexión de la armadura AM-CE-02 con el anillo de compresión será soldadura.

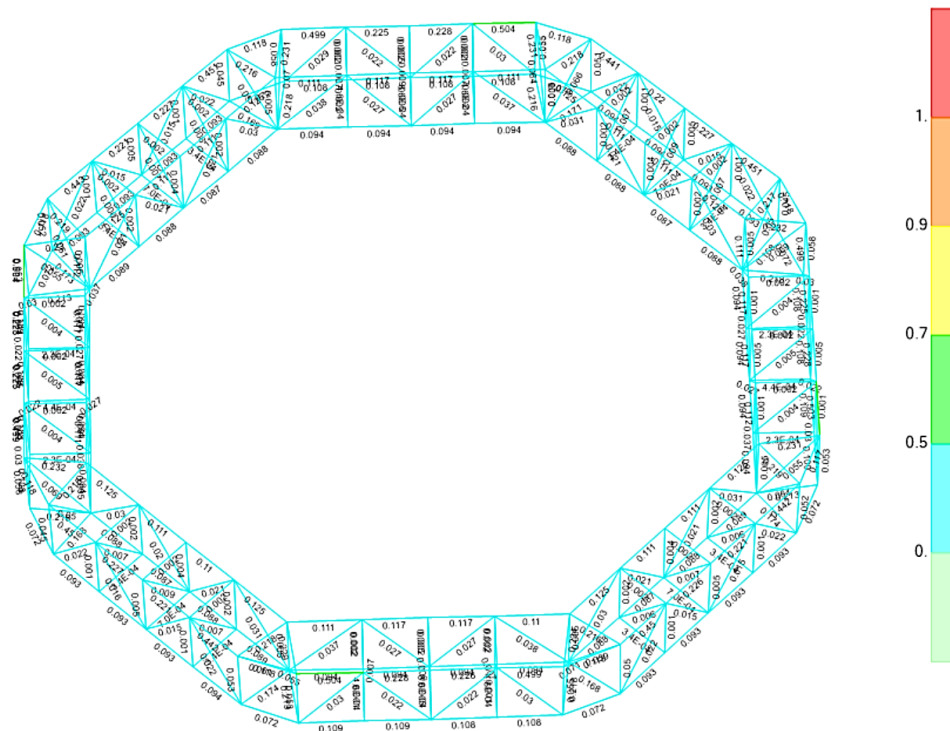


Figura 76: Valores “ P-M Ratio Colors & Values” de Armadura AM-CE-01

Fuente: Elaboración propia

- ARMADURA AM-CE-02:** Las armaduras metálicas principales del cascarón externo están dispuestos en forma arco, de sección transversal tipo cajón hueco de 35x50 cm. Cada armadura está conformada por perfiles L de plancha estructural A-36: Perfil L2.5x2.5x3/8 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x3/16 pulg en las diagonales y montantes. Cabe resaltar que la armadura cuenta con tensores de platinas de 1.5x1/8 pulg entre bridas superiores en firma de “equis” como se muestra en la siguiente figura. La conexión de los componentes de la armadura AM-CE-02 será por soldadura. Las armaduras AM-CE-02 en arco se apoyan en columnas de concreto armado mediante una rótula de ½ pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de ¾ pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de $\phi = 1''$.

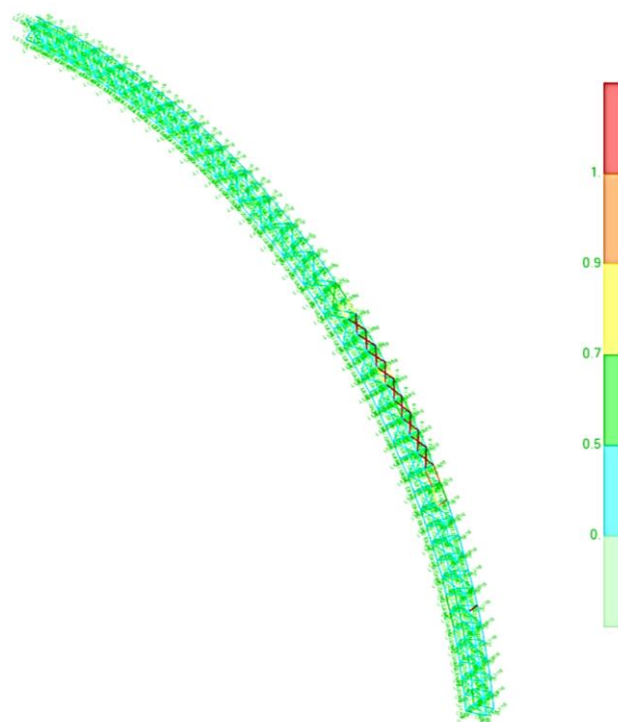


Figura 77: Diseño en acero de Armadura AM-CE-02

Fuente: Elaboración propia

- **CERCHAS DE CERRAMIENTO DE COBERTURA C-CE-01 Y C-CE-02:**

Las armaduras AM-CE-02 metálicas se encuentran arriostradas por un conjunto de cerchas metálicas, las que están conectadas a las bridas superiores de dichas armaduras mediante soldaduras. Se diferencian dos tipos de cerchas de cerramientos que se describirán a continuación:

Las cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-01 está conformado por perfiles L de plancha estructural A-36: La brida superior, brida inferior, montante recto y montante diagonal de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg., los arriostres tipo 1 de perfil 2L2.5x2.5x3/8 pulg., los arriostres tipo 2 de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg. y los tensores de platina 1 1/2x1/8 pulg.

Las cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-02 está conformado por perfiles L de plancha estructural A-36: La brida superior, brida inferior, montante recto y montante diagonal de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg., los arriostres tipo 1 de perfil 2L2.5x2.5x3/8 pulg.,

los arriostres tipo 2 de perfil L2.5x2.5x3/8 pulg. y los tensores de platina 1 1/2x1/8 pulg.; en la base de las cerchas se encuentra la armadura de tracción AM-CE-03.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las estructuras metálicas de cerramiento son soldadas.

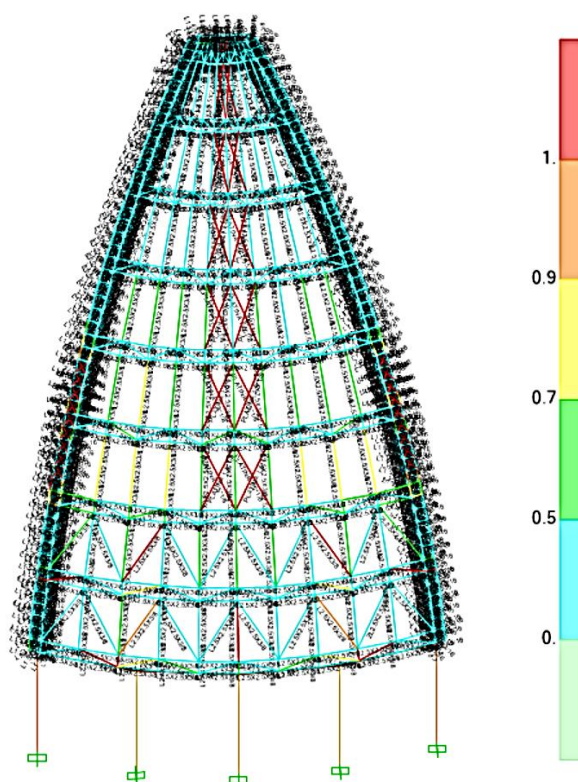


Figura 78: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-01

Fuente: Elaboración propia

- **ARMADURA DE TRACCIÓN AM-CE-03:** En la base de las 4 cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-02 se encuentra las armaduras de tracción AM-CE-03, de sección transversal tipo cajón hueco de 35x50 cm² y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: todos sus elementos estructurales (brida superior e inferior, montantes, diagonal exterior e interior) son conformados por perfiles L 2.5x2.5x3/8 pulg. La conexión de las cerchas de cerramiento de cobertura C-CE-02 con el anillo de tracción AM-CE-03 son soldaduras.

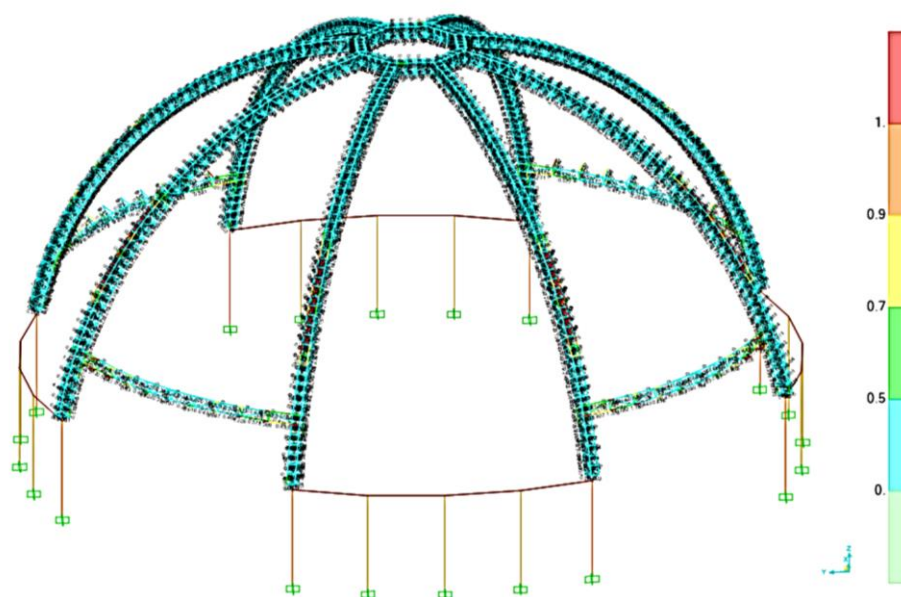


Figura 79: Diseño en acero de Armadura AM-CE-03

Fuente: Elaboración propia

CASCARÓN INTERNO

El cascaron interno presenta dos componentes principales la cúpula central y el sistema de bóvedas ojivales

CÚPULA CENTRAL

El modelo de la cúpula central que se consideró consiste en ocho (8) armaduras en forma de arco dispuesta en forma radial generando un ángulo de 45° en planta entre ellas, estas nacen del apoyo de la zona de columnas de 3.00 m de altura y un poco más arriba se encuentra el anillo en tracción hasta llegar a la parte más alta del arco donde desembocan todas las armaduras se encuentra el anillo en compresión, además se han diseñado cerchas de correas laterales, de arriostre y soporte de la cobertura esférica. Estos son los elementos que se consideran en el modelado de cúpula central del cascaron interno por computadora:

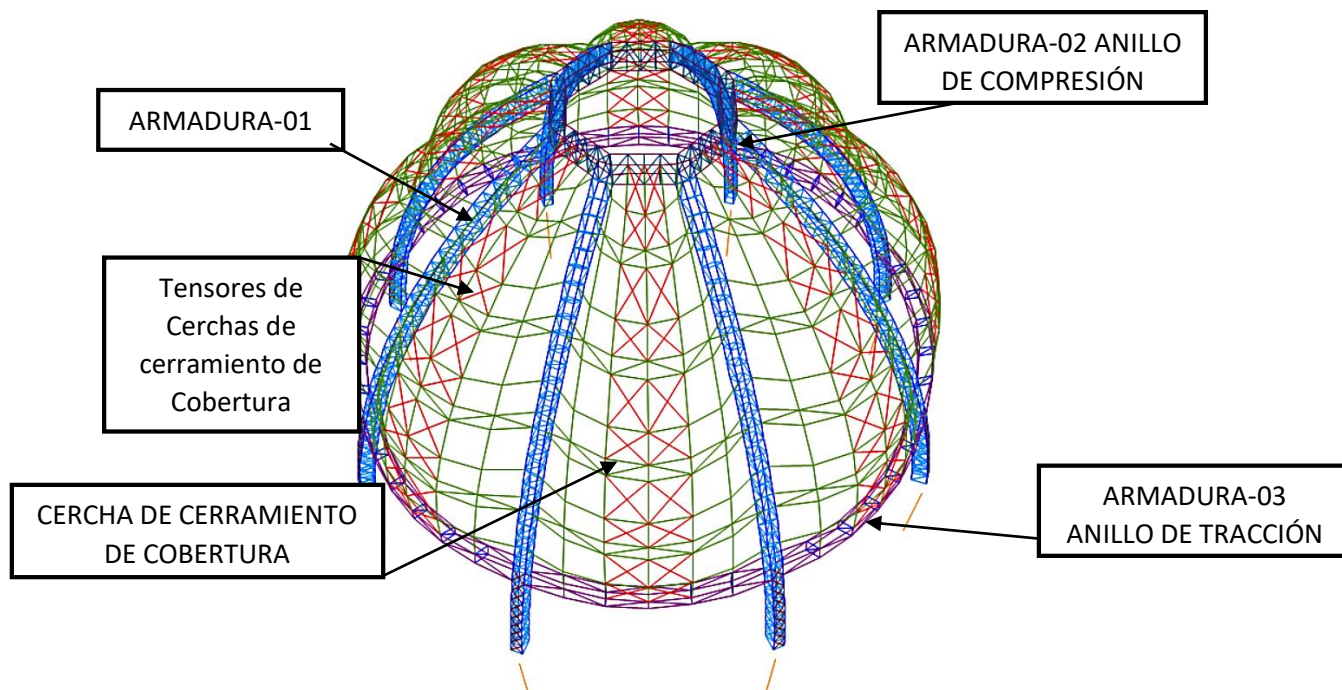


Figura 80: Elementos componentes de Cúpula Central para diseño en acero

Fuente: Elaboración propia

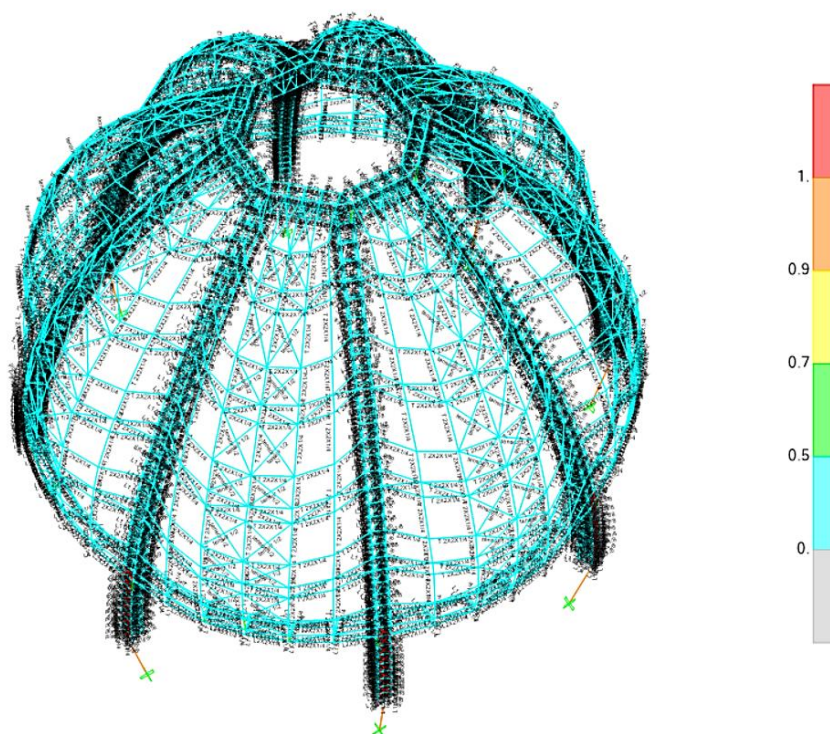


Figura 81: Diseño en acero de elementos componentes de la cúpula central

Fuente: Elaboración propia

- **ARMADURA-01:** Las armaduras metálicas principales de la cúpula central del cascaron interno son de forma arco de sección transversal tipo cajón hueco de 35x50 cm y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: perfil L1.5x1.5x1/4 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x1/8 pulg en las diagonales y montantes. Cabe resaltar que en los primeros 9 fragmentos de la armadura empezando de la base se tiene tensores entre bridas superiores en firma de “equis”, estos son platinas de 1.5x1/8 pulg. La conexión de los componentes de la armadura 01 es soldadura en los extremos de conexión.

Las armaduras 01 en arco se apoyan en columnas de concreto armado mediante una rótula de 1/2 pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de 3/4 pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de $\phi = 1''$.

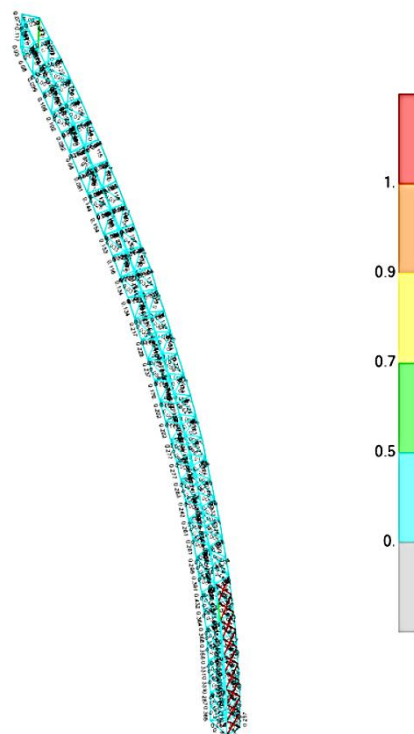


Figura 82: Diseño en acero de Armadura-01

Fuente: Elaboración propia

- **CERCHAS DE CERRAMIENTO COBERTURA:** Las armaduras 01 metálicas se encuentran conectadas, por un conjunto de cerchas metálicas de cerramiento a un promedio de 2.00 metros entre ellas, medida desde el anillo de tracción, y conectadas mediante soldadura a las bridas superiores de las armaduras 01.

Las cerchas están compuestas de perfiles T 2X2X1/4 pulg de plancha estructural A – 36. Entre cerchas se tienen arriostres rectos verticales perpendiculares a las cerchas también de perfil T 2X2X1/4 pulg; se tomó un perfil tipo T por su eficiente función estructural y resistencia a las cargas muertas y vivas de la cobertura que soporta, además de ser compatible con la modalidad de colocación de las planchas de MDF como cobertura.6

En la parte central de los gajos de presente estructura de cerramiento de la cobertura se tiene tensores de varillas corrugadas de $\phi = 1/2$ " de longitudes variables que arriostran de manera vertical las cerchas.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las estructuras metálicas de cerramiento son soldadas.

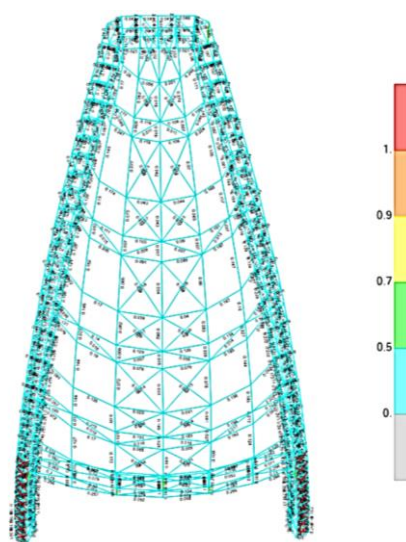


Figura 83: Diseño en acero de Cerchas de cerramiento cobertura

Fuente: Elaboración propia

- **ARMADURA-02 ANILLO DE COMPRESIÓN:** En la parte superior de las armaduras metálicas 01 principales de la cúpula central del cascaron interno se encuentra el anillo de compresión son de forma octagonal en planta y de sección transversal tipo cajón hueco de $35 \times 63 \text{ cm}^2$ y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: perfil L2.5x2.5x1/4 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x3/16 pulg en las diagonales y montantes. La conexión de la armadura 01 con el anillo de compresión es soldadura.

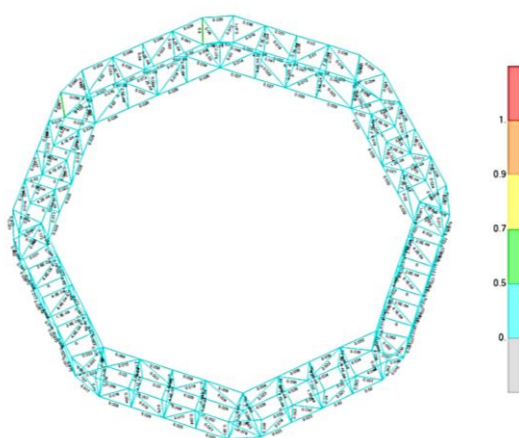


Figura 84: Valores " P-M Ratio Colors & Values "de Armadura 02

Fuente: Elaboración propia

- **ARMADURA-03 ANILLO DE TRACCIÓN:** En la parte inferior de las armaduras metálicas 01 principales de la cúpula central del cascaron interno se encuentra el anillo de tracción son de forma flor octagonal en planta y de sección transversal tipo cajón hueco de $35 \times 41 \text{ cm}^2$ y están compuestas por perfiles L de plancha estructural A-36: perfil L 2x2x1/4 pulg en las bridas superior e inferior y perfil L1.5x1.5x1/4 pulg en las diagonales y montantes. La conexión de la armadura 01 con el anillo de tracción es soldadura.

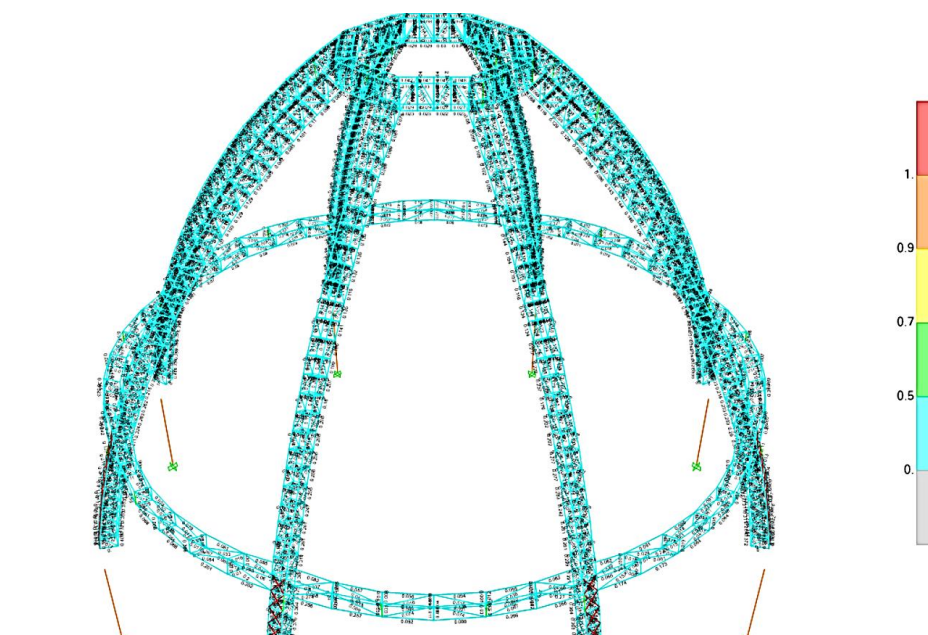


Figura 85: Diseño en acero de Armadura-03

Fuente: Elaboración propia

SISTEMA DE BÓVEDAS OJIVALES

El modelo del sistema de bóvedas ojivales que se consideró consiste en un conjunto de dieciséis (16) bóvedas, dentro de este conjunto existen tres (3) tipos de bóvedas de crucería simple que se muestran a continuación:

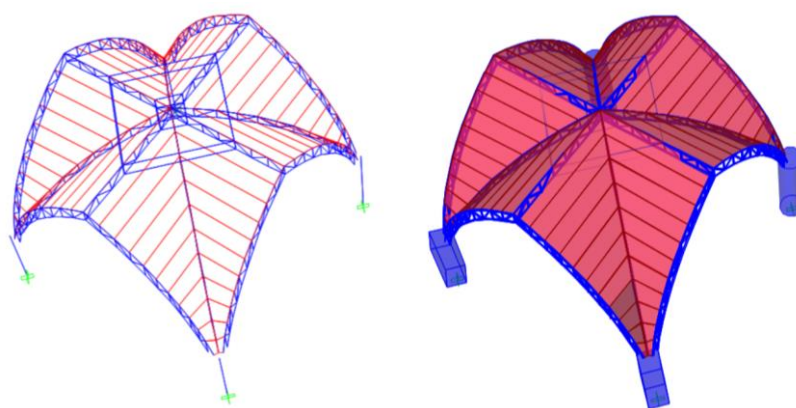


Figura 86: Bóveda tipo 1

Fuente: Elaboración propia

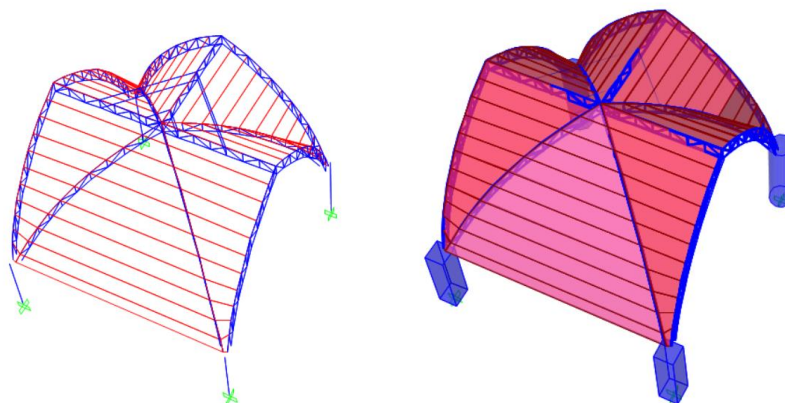


Figura 87: Bóveda tipo 2

Fuente: Elaboración propia

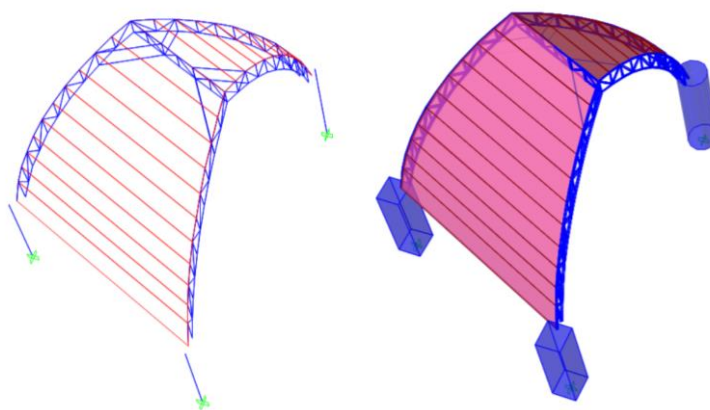


Figura 88: Bóveda tipo 3

Fuente: Elaboración propia

Todas las bóvedas están compuestas por cerchas metálicas en forma de arco y están apoyadas en columnas de 2.50 y 3.00 m de altura dependiendo de la ubicación, además se han diseñado otro tipo de cercha recta, que sirve de arriostre de las cerchas en forma de arco mencionadas anteriormente.

Estos son los elementos que se consideran en el modelado del sistema de bóvedas del cascaron interno por computadora:

- **CERCHA METÁLICA CM-1**

La cercha metálica CM-1 tienen forma de arco con altura variable y está compuesta de perfiles L 1.5X1.5X3/16 pulg de plancha estructural A – 36. La carga muerta que soporta son las planchas de MDF como cobertura aparte se consideró la carga viva de montaje.

Se consideró también tensores de varillas corrugadas de $\phi = \frac{1}{2}$ " como arriostre entre cerchas.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las cerchas metálicas son soldadas.

Las cerchas CM-1 se apoyan en columnas de concreto armado mediante placas metálicas de $\frac{1}{2}$ pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de $\frac{3}{4}$ pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de $\phi = 1$ ".

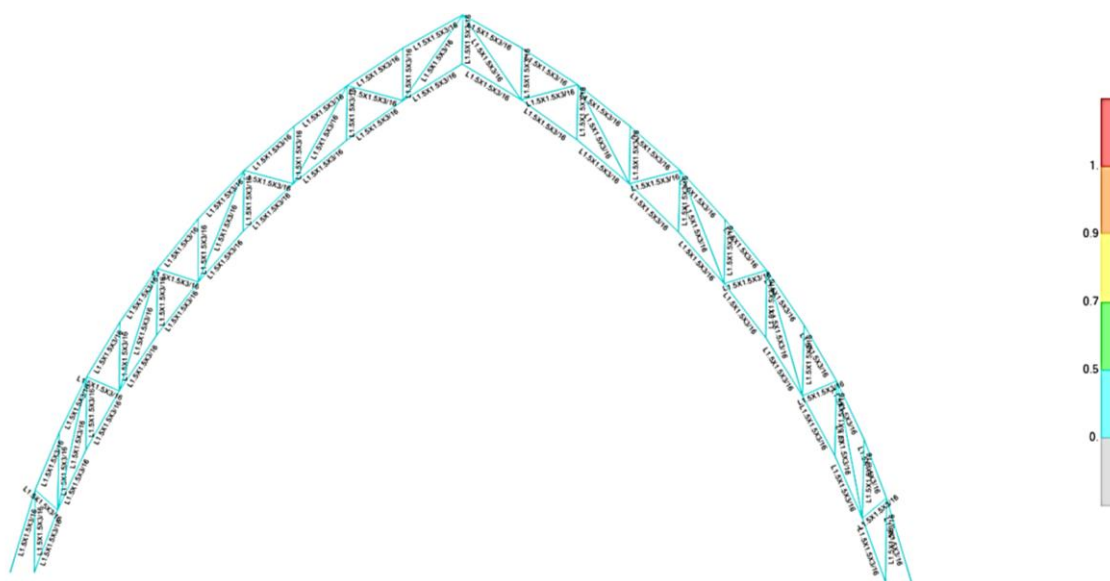


Figura 89: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-1

Fuente: Elaboración propia

- **CERCHA METÁLICA CM-2**

Las cerchas metálicas CM-2 tienen forma de arco con altura variable y está compuesta de perfiles L 1.5X1.5X3/16 pulg de plancha estructural A – 36. La carga muerta que soporta son las planchas de MDF como cobertura aparte se consideró la carga viva de montaje.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las cerchas metálicas son soldadas.

Las cerchas CM-1 se apoyan en columnas de concreto armado mediante placas metálicas de ½ pulg de espesor de acero estructural A-36 y una plancha base metálica de ¾ pulg de espesor de acero estructural A-36, adecuadamente ancladas al concreto mediante pernos de acero de fijación de $\phi = 1''$.

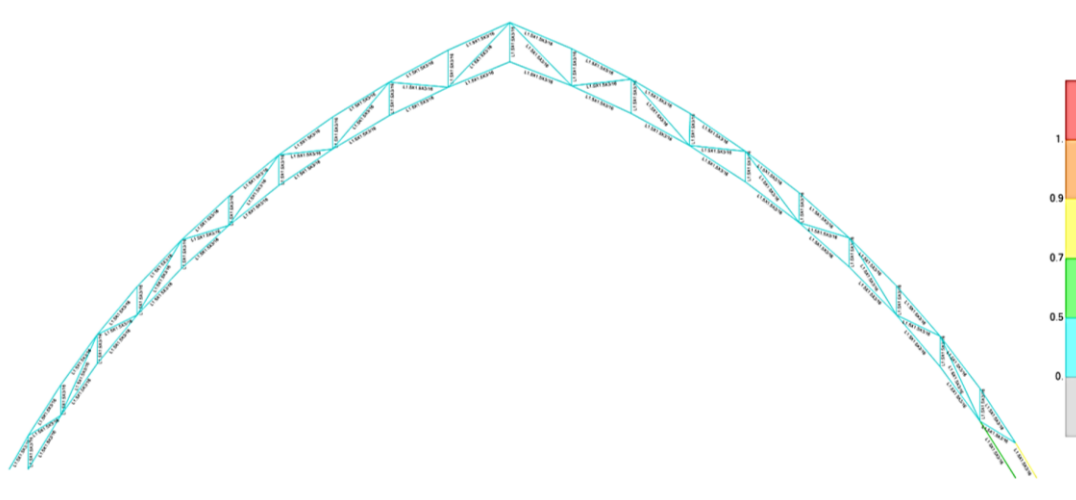


Figura 90: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-2

Fuente: Elaboración propia

- **CERCHA METÁLICA CM-3**

Las cerchas metálicas CM-3 son rectas y tienen la función de arriostrar los arcos formados por las cerchas CM-1; están compuesta de perfiles L 2.5X2.5X1/4 pulg de plancha estructural A – 36 en la brida superior e inferior y perfiles L 1.5X1.5X3/16 pulg

de plancha estructural A – 36 en la diagonales y verticales. La carga muerta que soportan las planchas de MDF como cobertura aparte se consideró la carga viva de montaje. Se consideró también tensores de varillas corrugadas de $\phi = \frac{1}{2}$ " como arriostre entre cerchas.

Todas las uniones y conexiones de los diferentes elementos resistentes de las cerchas metálicas son soldadas.

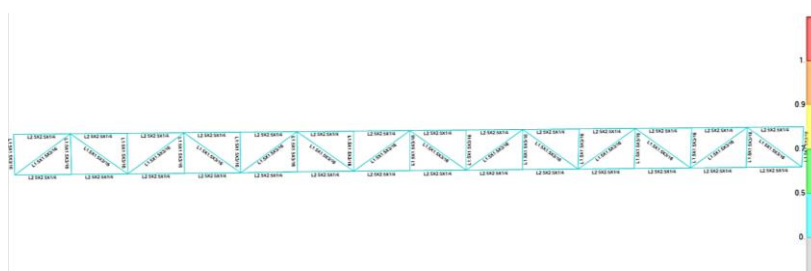


Figura 91: Perfiles seleccionados en el diseño en acero de cerchas metálicas CM-3

Fuente: Elaboración propia

B) DISEÑO EN CONCRETO ARMADO

Para el diseño en concreto armado se utiliza el método a la rotura, también conocido como el Diseño por Resistencia. Este método consiste en que todas las secciones deben tener una resistencia de diseño (capacidad) por lo menos igual a la resistencia requerida (demanda).

Resistencia de diseño: Es la resistencia nominal de la sección afectada por los factores de reducción de resistencia.

Resistencia requerida: Es la que se obtiene por las combinaciones de las cargas amplificadas.

Nominalmente se puede escribir como sigue:

- Para flexión $\phi M_n \geq M_u$

- Para cortante $\phi V_n \geq V_u$
- Para axial $\phi P_n \geq P_u$

Donde:

M_n, V_n, P_n: Valores de momento nominal, cortante nominal y axial nominal respectivamente

M_u, V_u, P_u: Valores de momento último, cortante último y axial último respectivamente

La norma establece una serie de combinaciones de carga, asociadas a factores de amplificación, para determinar las cargas últimas de diseño. En el presente proyecto, las cargas que generan las combinaciones predominantes son: Carga Muerta (DL), Carga Viva (LL) y Carga de Sismo (E), y las combinaciones relacionadas a estas cargas, según el capítulo 9.2 de la norma E.060, son los siguientes:

Tabla 27: Combinaciones básicas de diseño

Combinaciones de servicio norma E020

Comb.	DL	LL	W	E
S01	1.00			
S02	1.00	1.00		
S03_02	1.00			1.00
S05_02	0.75	0.75		0.53
S07_02	0.75			0.53
S08_01	0.67	0.67		0.47

Combinaciones últimas de concreto norma E060

Comb.	DL	LL	W	E
UC09_01	1.40	1.70		
UC09_04	1.25	1.25		1.00
UC09_05	0.90			1.00

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE VIGAS

El diseño se desarrolla según lo establecido en los códigos y normas de diseño para edificaciones de concreto armado E-60 y ACI 318-14.

CASCARÓN EXTERNO

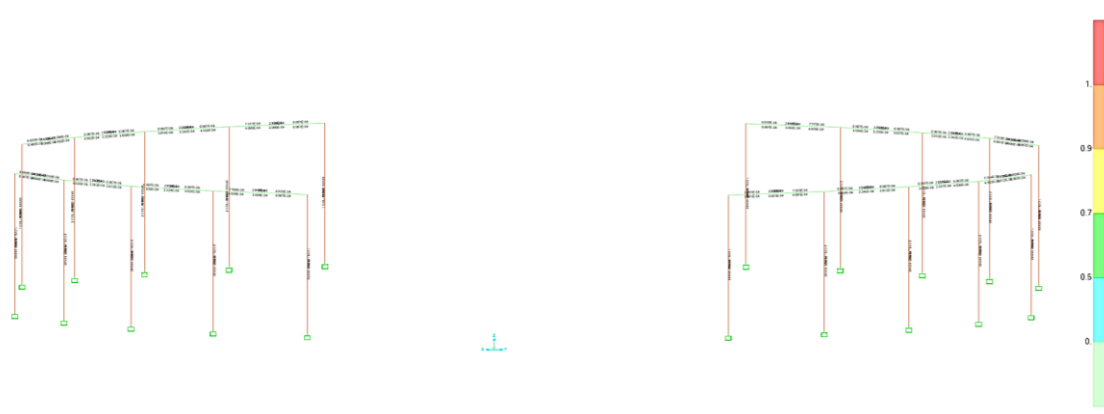


Figura 92: Diseño de C°A° Vigas - Dirección radial de Cascarón Externo (SAP 2000)

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE VIGA 25x110 cm

- Diseño del refuerzo longitudinal Vigas 25x110 cm

$b_{viga} = 1.10$ m	Ancho de vigas	$f_c = 210$	Kg/cm ²
$h_{viga} = 0.25$ m	Altura de viga	$F_y = 4200$	Kg/cm ²
$d_{viga} = 0.21$ m	Altura al acero de fluencia	$r_{viga} = 0.04$	m

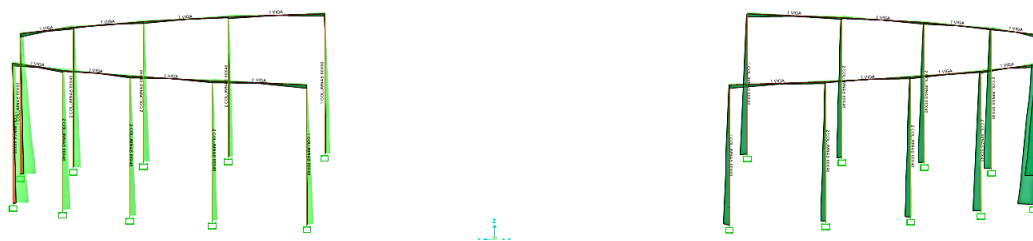
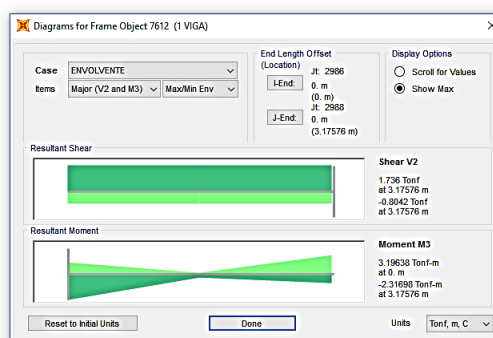


Figura 93: Envoltura de Diagrama de Momentos, viga 25x110cm de Cascarón externo

Fuente: Elaboración propia

Momento Negativo :		Momento Positivo :		
Mux(-) =	4,08 t-m	Mux(+) =	2,520 t-m	Máximo momento
ρx(-) =	0,229%	ρx(+) =	0,140%	Cuántia del refuerzo en tracción
Asx =	5,28 cm ²	Asx =	3,23 cm ²	Área de refuerzo calculada
Asmin =	7,70 cm ²	Asmin =	7,70 cm ²	Área de refuerzo mínima
As _{cal} =	7,70 cm ²	As _x =	7,70 cm ²	Área de refuerzo necesaria
Nx _{neg} =	3 Ø 5/8"	Nx _{pos} =	3 Ø 5/8"	Número de Varillas
As _{col(-)} =	12,00 cm ²	As _{col(+)} =	12,00 cm ²	Área de refuerzo colocada
As _{col} >	As _{cal}	As _{col} >	As _{cal}	
Ratio =	0,64	Ratio =	0,64	

- Diseño del refuerzo cortante Vigas 25x110 cm

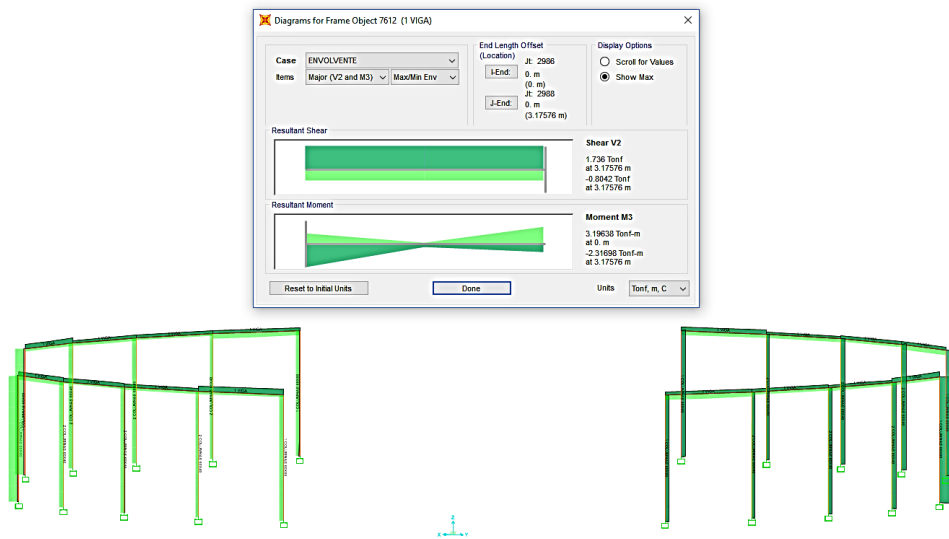


Figura 94: Envoltorio de Diagrama de Cortantes, viga 25x110 cm de Cascarón Externo

Fuente: Elaboración propia

b _{viga} =	110	cm	Ancho de viga	f _c =	210	Kg/cm ²
h _{viga} =	25	cm	Altura de viga	F _y =	4200	Kg/cm ²
r _{viga} =	4	cm		Ø _{corte} =	0,75	
Ø _{varilla} =	3/8"					
N _{estribos} =	1					
AS _{varilla} =	0,7	cm ²				
V _U =	2,08	t	Cortante Ultimo			
V _C =	17.742	kg				
Ø _{corte} V _C =	13.306	kg	Resistencia al corte aportada por el concreto			
V _S =	-14.968	kg	Cortante a ser resistido por el acero			
V _{Smax} =	70.298	kg	Cortante maximo a ser resistido por el acero			
A _v =	1,42	cm ²	Área de acero a cortante			
S _{cal} =	-8,37	cm	Espaciamiento de estribos			
S _{max1} =	10,50	cm	d/2, Espaciamiento Maximo			
V _{Smax2} =	36.823	kg				
S _{max2} =	3,40	cm	Espaciamiento Maximo			
Se colocara	1 Est. 3/8"	@5,	5 @10,	rsto. @20		

DISEÑO DE COLUMNAS

CÚPULA CENTRAL

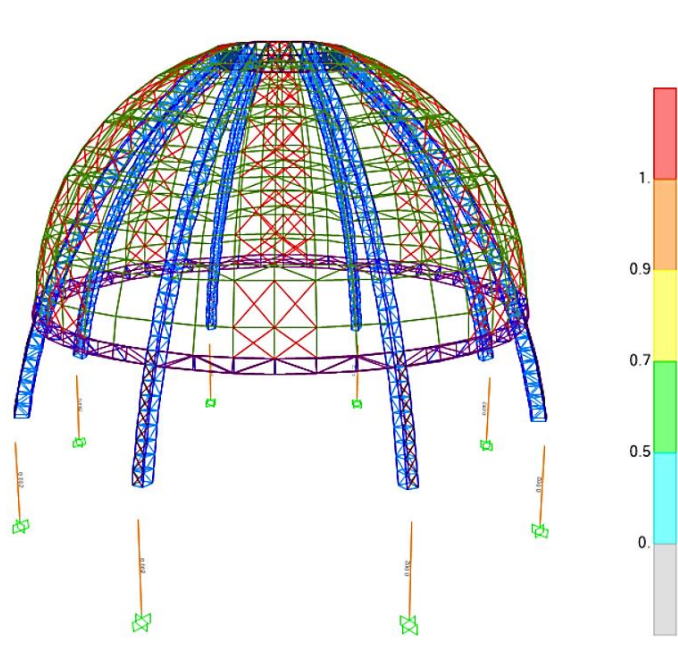


Figura 95: Diseño de C°A° Columnas C-1 - Dirección radial Cúpula de Cascarón Interno (SAP 2000)

Fuente: Elaboración propia

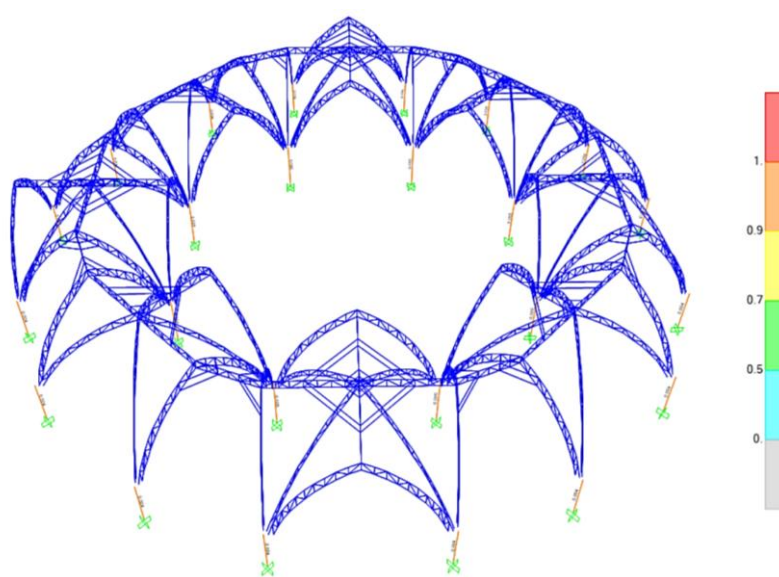


Figura 96: Diseño de Columnas C-2 Cálculo de Área de Columnas - Dirección Y-Y, bloque 1

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE COLUMNA C-1 Ø0.80 cm²

Diseño del refuerzo longitudinal Columna Ø80cm

$b_{columna} = 0.80$ m	Ancho de Columna	$f'c = 210$	Kg/cm ²
$h_{columna} = 0.80$ m	Altura de Columna	$Fy = 4200$	Kg/cm ²
$d_{columna} = 0.76$ m	Altura al acero de fluencia	$r_{columna} = 0.04$	m

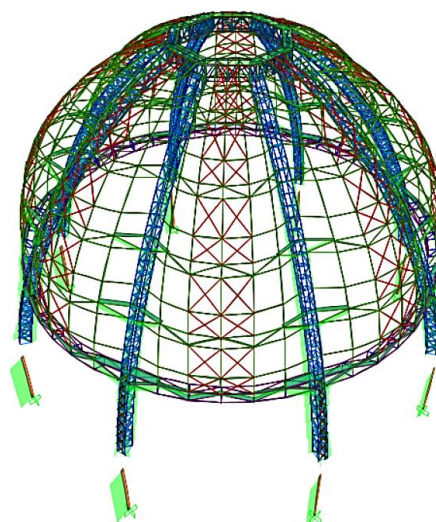


Figura 97: *Envolvente de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna Ø80 cm Cúpula central Cascaron Interno*

Fuente: *Elaboración propia*

CASCARON EXTERNO

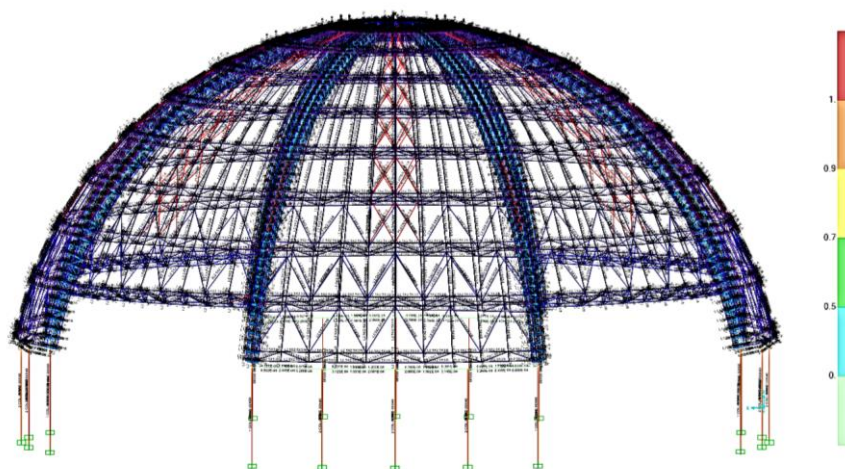


Figura 98: *Diseño de C°A° Columnas C-7 y C8 - Dirección radial Cascarón Externo (SAP 2000)*

Fuente: *Elaboración propia*

DISEÑO DE COLUMNA C-2 60X60 cm²

$b_{columna} = 0.60$ m	Ancho de Columna	$f_c = 210$	Kg/cm ²
$h_{columna} = 0.60$ m	Altura de Columna	$F_y = 4200$	Kg/cm ²
$d_{columna} = 0.56$ m	Altura al acero de fluencia	$r_{column} = 0.04$	m

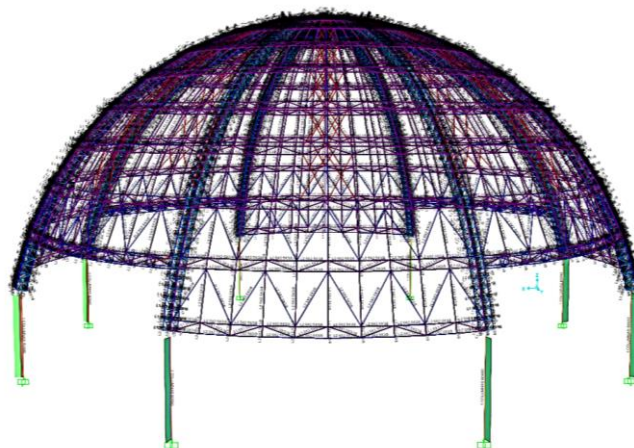


Figura 99: Envoltura de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x60 cm de Cascaron Externo

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE COLUMNA C-3 60X40 cm²

$b_{columna} = 0.60$ m	Ancho de Columna	$f_c = 210$	Kg/cm ²
$h_{columna} = 0.40$ m	Altura de Columna	$F_y = 4200$	Kg/cm ²
$d_{columna} = 0.36$ m	Altura al acero de fluencia	$r_{column} = 0.04$	m

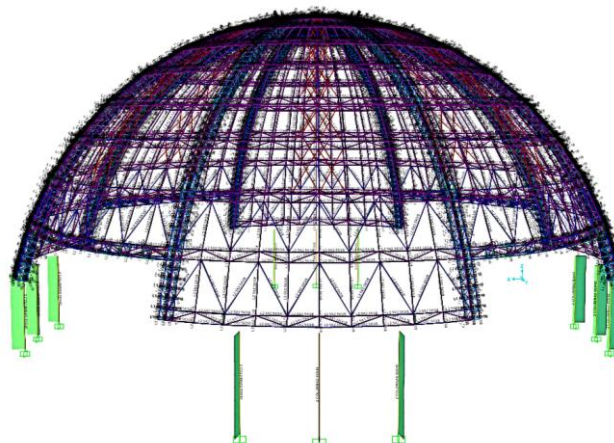


Figura 100: Envoltura de Diagrama de Fuerzas Axiales, columna 60x40 cm de Cascarón Externo

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE MÉNSULAS (ACI 318.02)

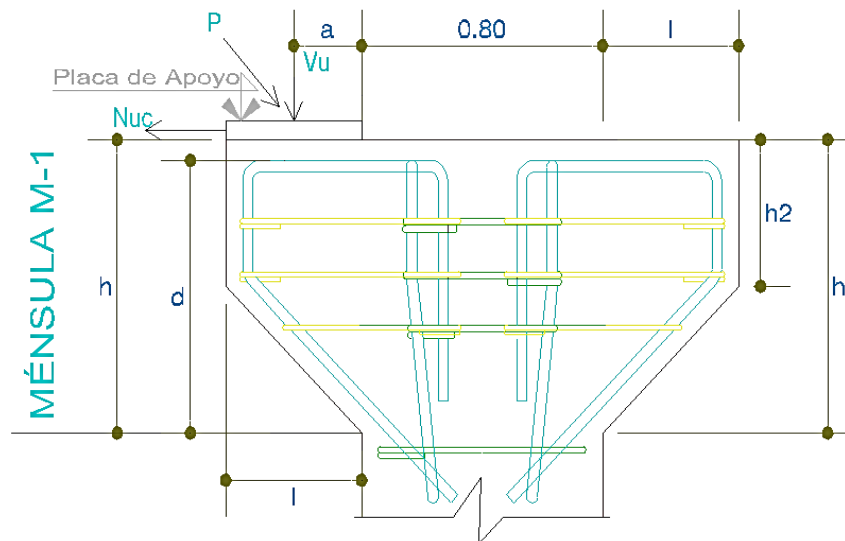


Figura 101: Parámetros para el diseño de ménsula M-1

Fuente: Elaboración propia

As: Ref principal

Ah: estribos cerrados

$h_1=50$ cm, $h_2=25$ cm; $a=20$ cm

a) RECOMENDACIÓN

$$\frac{a}{d} = 0.15@0.40$$

Utilizando 40cm

$d=50$ cm

b) MATERIALES

Concreto: $f'c=210$ Kg/cm²

Acero: $f_y=4200$ Kg/cm²

De SAP

En armadura: P=6Ton

En cerchas : P=1.33 Ton

Para armadura: Vu=6 Ton; Nuc=1 Ton

c) CÁLCULO DE REFUERZO

Para resistir Vu:

$$Avf = \frac{Vu}{\emptyset \cdot fy \cdot \mu}$$

Donde Vu=1.2CM+1.6CV=6Ton

$\emptyset=0.75$

$fy=4200 \text{ Kg/cm}^2$

$f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

$\mu=1.4$ (Concreto colocado monolíticamente Tabla 12.1 de “Aspectos fundamentales del concreto reforzado CUARTA EDICIÓN de Óscar M. Gonzáles Cuevas)

d) Reemplazando

$$Avf = \frac{6000}{0.75 \times 4200 \times 1.4}$$

$$Avf = 1.36 \text{ cm}^2$$

e) Para resistir el momento

$$Af = \frac{Mu}{\emptyset \cdot fy \cdot z}$$

$Mu=Vu \cdot a + Nuc(h-d)$

$$M_u = 6 \text{ Ton}(30 \text{ cm}) + 1.2 \text{ Ton}(5 \text{ cm})$$

$$M_u = 186 \text{ Ton.cm}$$

$$N_{uc} = 1 \text{ Ton} < 0.2(6 \text{ Ton}) = 1.2 \text{ Ton}$$

$$V_u = 6 \text{ Ton}$$

$$\phi = 0.90$$

$$Z = 0.8d = 0.8(50) = 40 \text{ cm}$$

f) Reemplazando:

$$A_f = \frac{186 \times 1000}{0.9 \times 4200 \times 40 \text{ cm}} \text{ cm}^2 = 1.23 \text{ cm}^2$$

g) Por resistir Nuc:

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \cdot f_y}$$

$$A_n = \frac{1.2 \times 1000}{0.9 \times 4200}$$

$$A_n = 0.317 \text{ cm}^2$$

h) Cálculo de As

$$A_{s1} = A_f + A_n = 1.23 + 0.32 = 1.55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = (2/3)A_{vf} + A_n = (2/3)(1.36) + 0.32 = 1.23 \text{ cm}^2$$

As (mayor $A_{s1} - A_{s2}$) = 1.55 cm^2 -> se utilizará 2 BARRAS Ø1/2"

Cálculo de Ah:

$$A_h = 0.5(A_s - A_n) = 0.5(1.55 - 0.317) = 0.62 \text{ cm}^2$$

- i) Revisión del área mínima

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{1.55}{(80)(50)} = 0.00039$$

- j) Disposición de refuerzo

$$0.04 \frac{f'_c}{f_y} < \rho$$

$$0.04 \frac{f'_c}{f_y} = 0.00200 < 0.00039 \dots \text{No cumple}$$

- k) Entonces se utilizará el mínimo

$$A_{s \min} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0.002 \times 80 \times 75 = 12 \text{ cm}^2$$

$$A_h = 0.5(12 - 0.317) = 5.84 \text{ cm}^2$$

Ah -> se utilizará 3 estribos $\emptyset \frac{1}{2}$ "

- l) Verificando

$$a/d = 0.15 @ 0.40 \rightarrow d = 75 \text{ cm} \rightarrow h = 80 \text{ cm}$$

3.2.3.1.2. DISEÑO DE OTRAS ESPECIALIDADES

El diseño de la especialidad de arquitectura e instalaciones eléctricas se realizó por los profesionales arquitectos e ingenieros eléctricos respectivamente, de manera colaborativa y coordinada entre todas las especialidades, para que de esta manera evitemos errores o incompatibilidades en el proyecto.

3.2.3.1.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En esta fase se realizó las especificaciones técnicas de las partidas que componen el proyecto “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, Departamento, Provincia y Distrito de Puno”; para que el proyecto resulte ser óptimo en su fase de ejecución es necesario desarrollar partidas acordes al término y herramienta “constructabilidad”, es decir que en esta primera etapa de planificación y formulación del expediente técnico se tomen las mejores decisiones como la elección de materiales o verificar que cada partida sea factible de construir, todo ellos en base a la experiencia de los consultores y proyectistas participantes.

El listado de partidas para las que se realizaron sus especificaciones técnicas se pueden observar en los anexos.

3.2.3.2. DISEÑO DEL PRODUCTO

Una vez desarrollado el diseño del proceso desarrollamos el diseño del producto mediante el modelado 3D y dibujo de planos 2D del proyecto.

3.2.3.2.1. MODELAMIENTO DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

El modelado 3D de la especialidad de arquitectura se realizó en el software Sketchup, el cual pertenece a la tecnología BIM por ser compatible con otros softwares utilizados en la realización del presente proyecto como son los programas Revit, Lumion, Autocad y SAP 2000, permitiendo importar y exportar el modelado 3D del proyecto arquitectónico desarrollado en la plataforma Sketchup a cualquiera de los otros softwares mencionados y así facilitar el desarrollo de los diseños de las demás especialidades en sus softwares afines. Así mismo otra de las ventajas del modelado 3D del proyecto en Sketchup fue que se pudo generar una mayor comprensión de las formas y diseños

arquitectónicos, el proyecto “Creación del Complejo Sociocultural-Parroquial Niño Salvador del Mundo, departamento, provincia y distrito de Puno” que tiene como principal estructura el bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo está conformado por cúpulas y formas ojivales que en planos 2D no se hubiera logrado el óptimo entendimiento que se dio con la maqueta virtual 3D, esto fue de vital importancia para la estructuración y diseños preliminares del área de ingeniería estructural.



Figura 102: Render del programa Lumion del modelo 3D importado de Sketchup del proyecto arquitectónico

Fuente: Elaboración propia



Figura 103: Vista lateral del templo en Lumion del modelo 3D importado de Sketchup

Fuente: Elaboración propia



Figura 104: Vista en planta del Complejo Sociocultural Parroquial en Lumion del modelo 3D importado de Sketchup

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2.2. MODELAMIENTO DEL PROYECTO ESTRUCTURAL

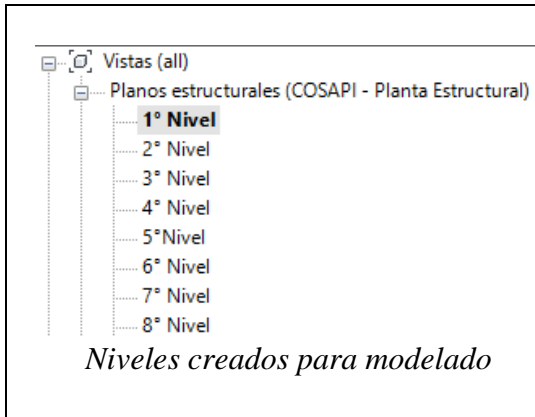
Una vez finalizada la parte arquitectónica(planos), se iniciará con el modelamiento del proyecto estructural en Revit Structure.

Es necesario entender que en la parte estructural de Revit, no realizará ningún cálculo estructural, ni sacará ningún resultado del mismo, lo que Revit nos permite es modelar detalladamente una estructura (que poseerá su propio modelo analítico) para posteriormente generar los planos estructurales.

Los programas de cálculo de estructuras que tienen estándar BIM, podrán de alguna manera, leer y traducir el modelo analítico, sobre los cuales se podrá introducir datos, analizar, calcular y reintroducir dentro del modelo los resultados estructurales que nos propongan.

Tabla 28: Procedimiento del modelado en Revit Structure del Templo Niño Salvador del Mundo

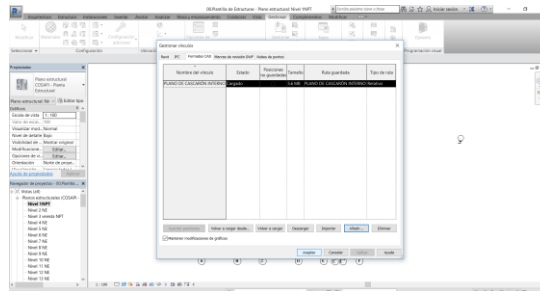
CREACIÓN DEL PROYECTO ESTRUCTURAL	
	<p>Para iniciar un proyecto estructural se debe cargar la plantilla estructural, dicha plantilla tendrá una vista analítica, que nos permitirá realizar el análisis del modelado de la estructura y comprobar anteriormente al cálculo los errores que podemos haber cometido en el propio modelado.</p>
CONFIGURACIÓN DE UNIDADES DEL PROYECTO	
<p style="text-align: center;"><i>Cuadro para configuración de unidades del proyecto</i></p>	<p><i>Gestionar/ Unidades del proyecto</i></p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Se podrá modificar las unidades, cantidad de decimales, el formato según la unidad escogida, entre otros.</p>
CREAR NIVELES/VISTAS ESTRUCTURALES	
	<p><i>Estructura/ Nivel</i></p> <p style="text-align: center;"></p> <p>Con los niveles definimos las diferentes alturas que va a tener nuestra edificación.</p>



La plantilla que cargamos tiene 2 niveles por defecto, se debieron crear nuevos según planos. Los elementos de construcción, como vigas y columnas, están restringidos por niveles.

VINCULACIÓN DE ARCHIVOS CAD

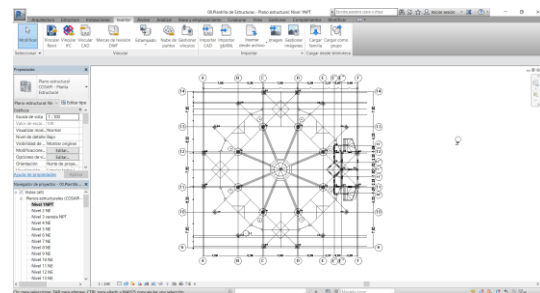
Insertar/ Vincular CAD



Cuadro de Gestionar Vínculos

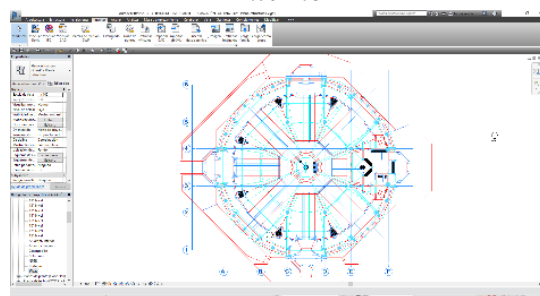


Se tomará como base los planos arquitectónicos en formato CAD entregados por los especialistas en el área.

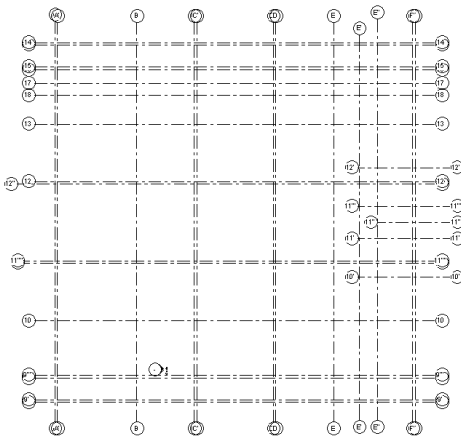
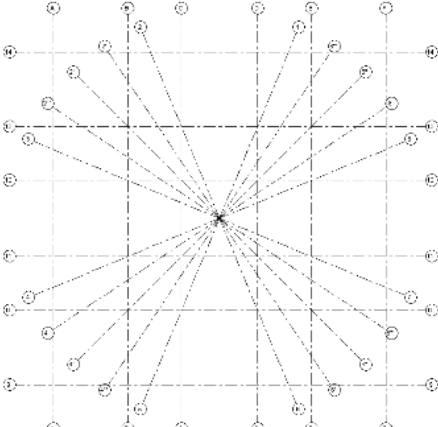

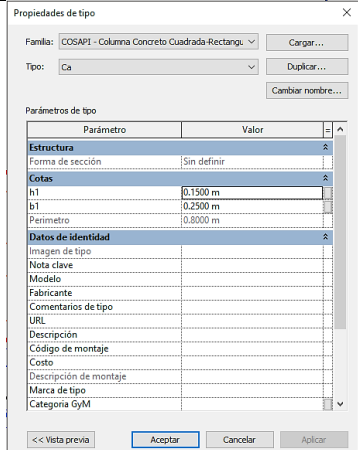



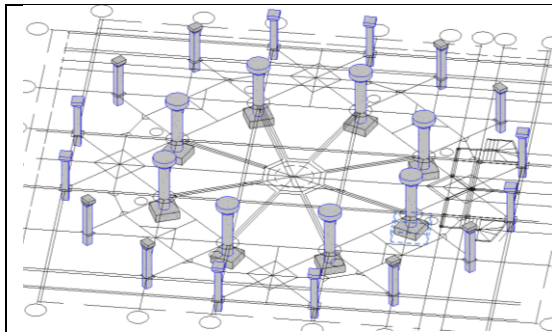
Archivo CAD importado de Cascarón Interno

La herramienta “Vincular CAD” conectará el modelo con el archivo original(CAD) perdiéndonos, si fuera necesario, modificar el archivo CAD original.

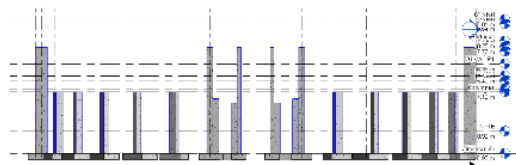


Archivo CAD importado de Cascarón Externo

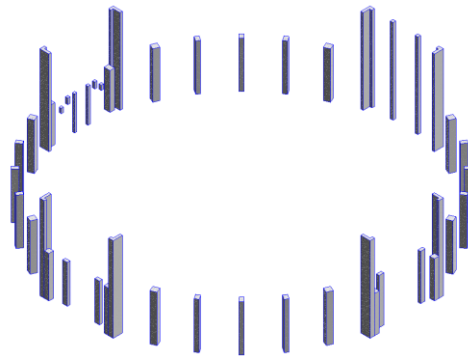
CREACIÓN DE REJILLAS	
 <p style="text-align: center;"><i>Rejilla de Cascarón Interno</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Rejilla de Cascarón Externo</i></p>	<p><i>Estructura/ Rejilla</i></p>  <p style="text-align: center;">Rejilla</p> <p>Las líneas de rejilla son nuestras guías, planos que nos sirven para “replantear” en Revit lo que vamos a empezar a construir. Para dibujarlas utilizamos la herramienta “Rejilla” y para agilizar el trabajo utilizaremos la opción de “Seleccionar líneas”, con ella se crearán las rejillas con sólo seleccionar las planteadas en el archivo CAD vinculado.</p>
MODELADO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO	
CREACIÓN DE COLUMNAS Y COLUMNETAS	
 <p style="text-align: center;"><i>Cuadro de propiedades de tipo de columnas</i></p>	<p><i>Estructura/ Pilar</i></p>  <p style="text-align: center;">Pilar</p> <p>Habiendo obtenido las dimensiones de los elementos estructurales a partir del predimensionamiento, podemos iniciar con la colocación de las columnas con la herramienta “Pilar Estructural”. Se debe tener en cuenta que las familias de pilares estructurales son cargables y con</p>



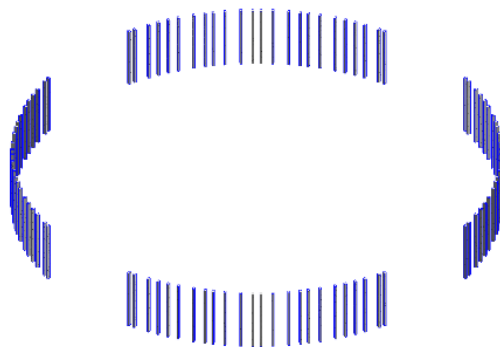
Vista 3D de columnas de Cascarón
Interno



Vista en perfil de columnas de Cascarón
Externo



Vista 3D de columnas de Cascarón
Externo

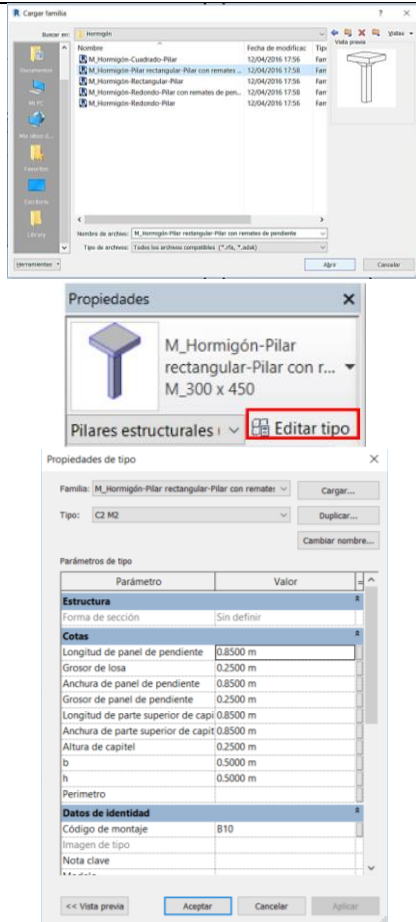


Vista 3D de columnetas de Cascarón
Externo

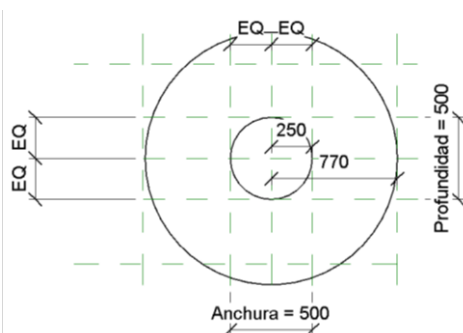
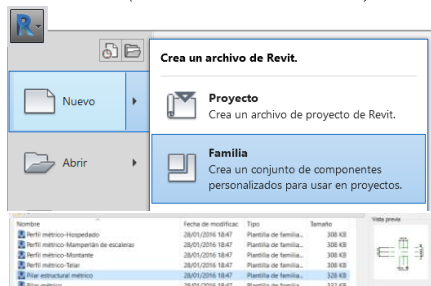
propiedades preestablecidas, sin embargo, las dimensiones pueden ser editables, por lo que es sencillo crear columnas con distintas dimensiones simplemente duplicando e introduciendo las dimensiones requeridas. A su vez, es posible introducir parámetros como: recubrimiento, material, alturas o referencias, entre otros

Las columnas del primer nivel deben incluir como restricción inferior el nivel que hemos creado con el nombre de “Cimentación” pues serán colocados hasta el nivel de cimentación.

CREACIÓN DE MÉNSULAS



Pasos gráficos para cargar familia para C-2 (Cascaón Interno)



Pasos gráficos para cargar familia para C-3 y C-1 (Cascaón Interno)

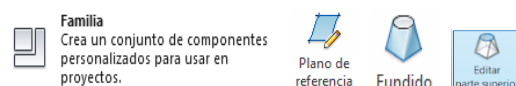
Estructura/ Pilar/Cargar familia





El Cascaón Interno del proyecto posee columnas con ménsulas (columnas C1, C2 Y C3) que deberán ser modificadas de familias preexistentes o creadas.

Revit presenta “familias” en todas las especialidades, en Estructuras se tiene una gama de familias de los diversos elementos estructurales. Para la creación de la C-2 se cargará la familia de columnas más conveniente y se editará con las medidas de nuestras columnas requeridas.


Revit/ Nuevo/ Familia/Planos de referencia/ Editar parte superior



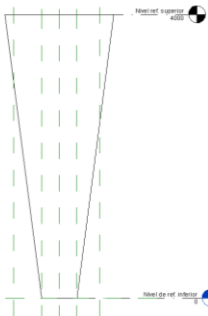
Para C3 y C1 es necesario crear familias de ménsulas ya que Revit no contiene las formas que requerimos para las ménsulas M1 Y M3. Para crear la ménsula M1 se cargará la plantilla de “Pilar estructural métrico”, en ella se crearán los planos de referencia. En esta plataforma de edición

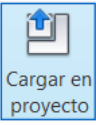
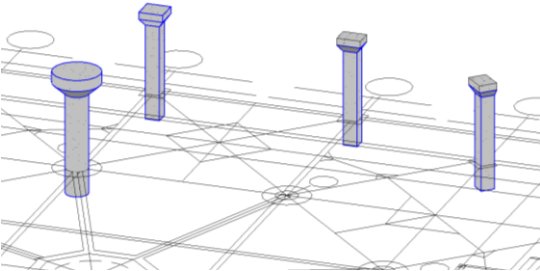
Comandos de edición de parte superior y base de M-1



Vista 3D de M-1



Vista de alzados de M-1 creada

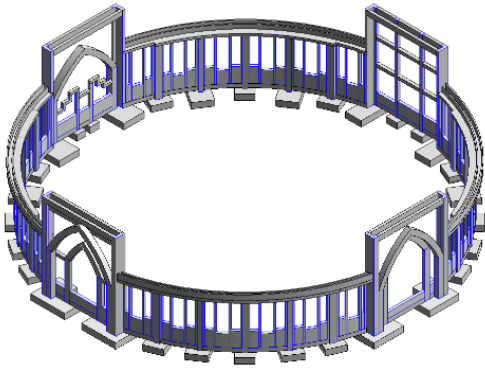



Vista 3D de columnas C-1 y C-3 con ménsulas M-1 Y M-3

la herramienta “Fundido” nos ayudará a crear una forma 3D sólida que cambiará a lo largo de su longitud, esta herramienta fusiona dos perfiles, una forma inicial a una forma final. Para modificar la parte superior del fundido de la ménsula se utilizará la herramienta de “Editar parte superior” y para editar la base se utilizará “Editar Base”. En la vista de “alzados”, bloqueamos la parte superior para poder colocar la altura, una vez finalizado la edición cargamos en el proyecto.


Finalmente colocamos las ménsulas sobre las columnas y sus ubicaciones correspondientes.

CREACIÓN DE VIGAS



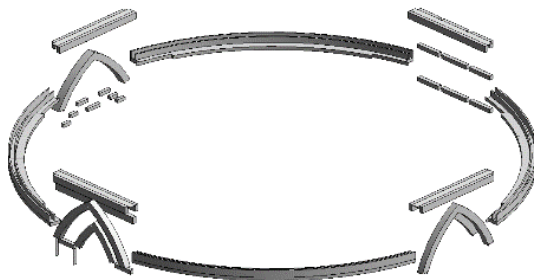
Vista 3D de Cascaón Externo

Estructura/Viga



Viga

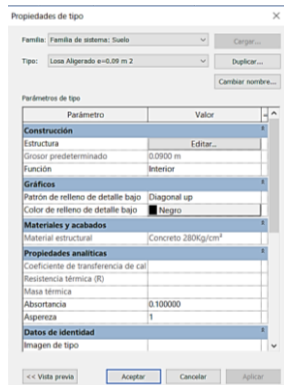
Teniendo las dimensiones de las vigas podemos añadir las vigas con la



Vista 3D de vigas y canaletas del Cascarón Externo

herramienta “Vigas”. Se debe tener en cuenta que las familias de vigas son cargables y con propiedades preestablecidas, sin embargo, las dimensiones pueden ser editables, por lo que es sencillo crear vigas con distintas dimensiones simplemente duplicando e introduciendo las dimensiones requeridas. El comando vigas presenta herramientas de dibujo, incluso solo seleccionando una línea de los archivos Cad vinculados en una vista planta o de una línea de modelo.

CREACIÓN DE LOSAS



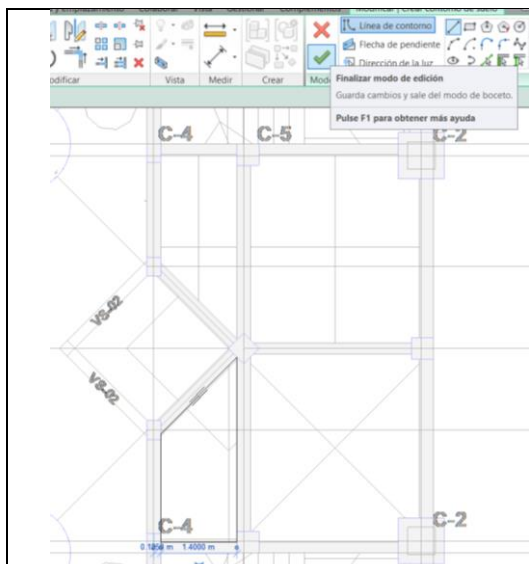
Cuadro de propiedades de tipo de losa aligerada para sacristía

Estructura/Suelo/Suelo:estructural

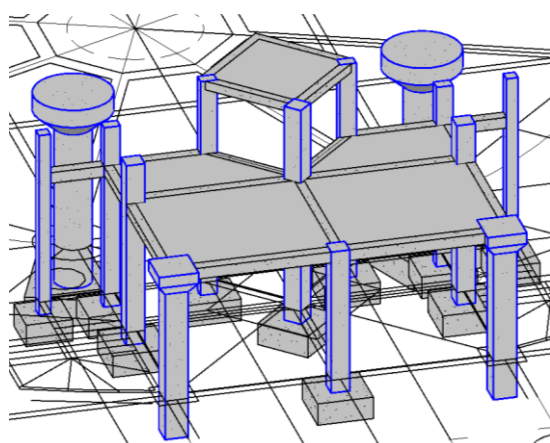


En el cascarón interno, en la sacristía se tiene un segundo nivel para lo cual configuramos las propiedades de tipo una losa aligerada de 20cm con un equivalente en espesor de concreto de 0.09m.

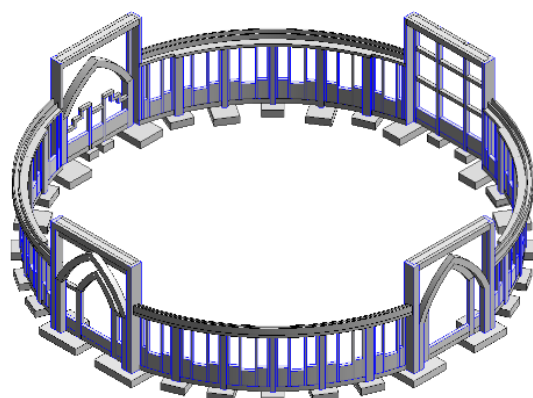
Nos ubicamos en el nivel correspondiente, en nuestro caso el nivel donde se encuentra la losa de la sacristía es el Nivel 6 NE.



Modelado de losa de sacristía en vista en planta



Vista 3D de losas de Sacristía



Vista 3D de losas de Cascarón Externo

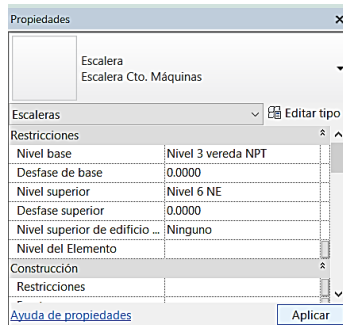
Para el dibujo de la losa hacemos uso de los comandos de dibujo que nos presenta:

- Línea de contorno
- Flecha de pendiente
- Dirección de la luz

Al término del dibujo, finalizamos el modo de edición.

En una vista 3D podemos visualizar la losa de la sacristía del cascaron interno, así como en el caso del cascarón externo se visualiza 1 losa techo en sus cada una de sus portadas haciendo un total de 4.

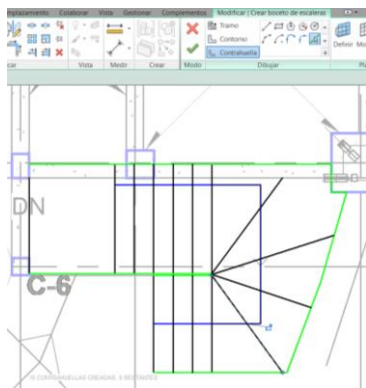
CREACIÓN DE ESCALERAS



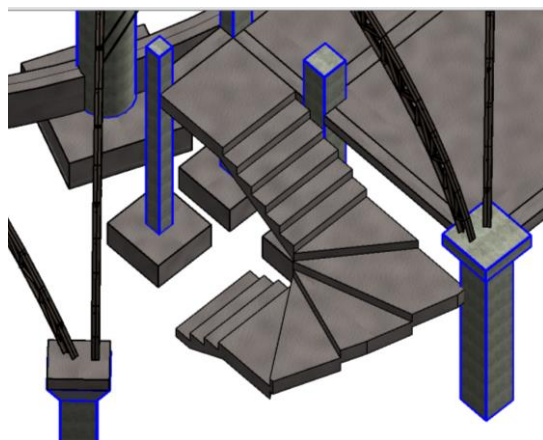
Sección restricciones en cuadro de propiedades de escalera

Cotas	
Anchura	1.4000
Número de contrahuellas ...	14
Número de contrahuellas r...	-1
Altura de contrahuella real	0.1786
Profundidad de huella real	0.2800

Sección cotas en cuadro de propiedades de escalera



Dibujo de escalera mediante la opción boceto



Vista 3D de escalera de sacristía en Cascarón Interno

Arquitectura/Escalera/Escalera por boceto



La herramienta de modelado de escalera solo la encontramos en Arquitectura, y como la forma de nuestra escalera es atípica, generaremos una “Escalera por boceto”.

En el cuadro de Propiedades:

En la sección de restricciones colocamos el nivel base y el nivel superior dentro de los cuales se encuentra la escalera

En la sección de cotas colocamos el número de contrahuellas que se desea

La opción de escalera por boceto te permite modelar el contorno según sea la forma de tu escalera atípica, colocar los tramos con las contrahuellas deseadas.

La escalera que se tiene en la sacristía en el cascarón interno tiene 15 contrahuellas con la forma que se muestra en la imagen.

CREACIÓN DE CIMENTACIÓN

Propiedades de tipo

Familia: COSAPI - Zapata Cuadra-Rectangular Cargar...

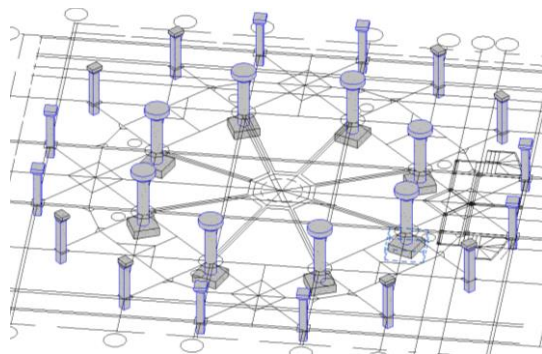
Tipo: Z-1 Duplicar... Cambiar nombre...

Parámetros de tipo

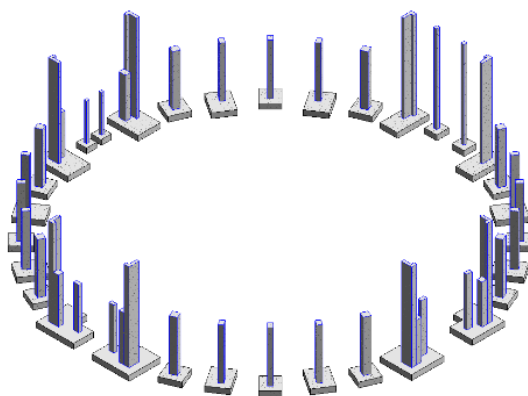
Parámetro	Valor
Cotas	
Anchura	1.8000 m
Perimetro Zapata	7.2000 m
Longitud	1.8000 m
Encofrado Zapata	3.240 m ²
Área Zapata	3.240 m ²
Altura	0.500 m
Datos de identidad	
Código de montaje	
Imagen de tipo	
Nota clave	
Modelo	
Fabricante	
Comentarios de tipo	
URL	
Descripción	
Costo	
Descripción de montaje	

<< Vista previa Aceptar Cancelar Aplicar

Cuadro de propiedades de tipo de zapata Z-1



Vista 3D de cimentación en Cascarón Interno



Vista 3D de cimentación en Cascarón Externo

Estructura/Cimentación

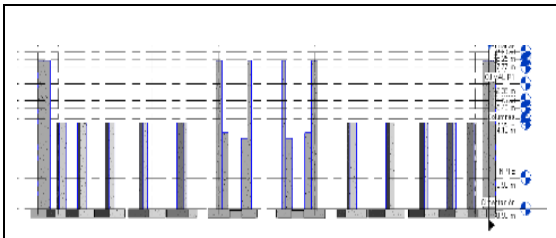


Una vez colocados los muros y pilares debemos pasar al siguiente elemento de modelado que son las zapatas que van a completar la cimentación.

Cuando seleccionamos la colocación de zapatas aisladas, nos da dos opciones de colocación, en rejilla o en pilares, utilizamos la más conveniente.

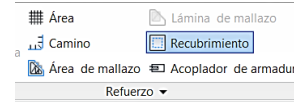
Las categorías que usamos son las zapatas aisladas y zapatas corridas y debemos siempre comprobar que las zapatas las colocamos a nivel de cimentación, y si hacemos una sección comprobaremos que hace coincidir la cara superior de la zapata con el nivel de cimentación que nosotros habíamos establecido.

Al igual que los demás elementos estructurales, el software ya presenta familias de zapatas, a las cuales haremos las configuraciones correspondientes para ajustar al tamaño requerido.

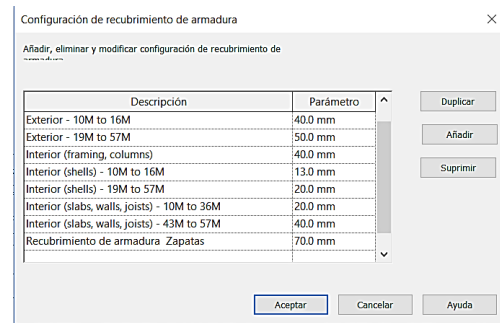


Vista 3D en perfil de cimentación en Cascarón Externo

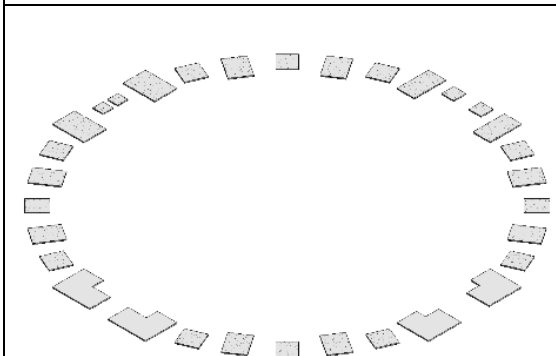
Para verificar y en caso sea necesario configurar el recubrimiento, tenemos en la solapa estructura, grupo de opciones refuerzo, opción recubrimiento



Para crear otro valor del recubrimiento debemos pinchar en el botón de los puntos suspensivos y nos aparecerá una ventana emergente en la que podremos crear todos los valores de recubrimiento que creamos necesarios, p.ej. un valor determinado solo para zapatas será 70 mm mínimamente.



CREACIÓN DE SOLADOS PARA ZAPATAS



Vista 3D de solados en Cascarón Externo

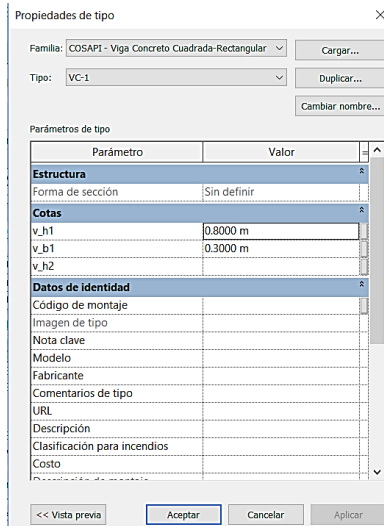
Estructura/Cimentación



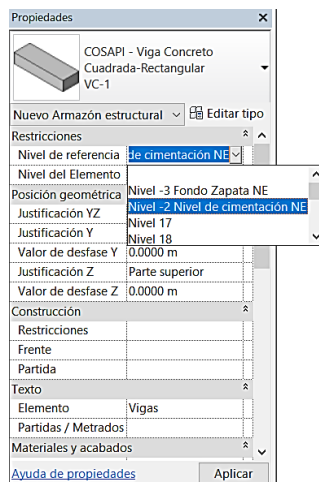
El modelado del solado sigue el mismo procedimiento de las zapatas, el área de los solados también se configuran

dependiendo de las medidas de cada zapatas pero la altura diseñada para todos los solados es de 10 cm.

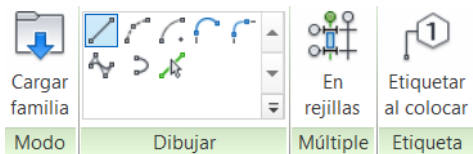
CREACIÓN DE VIGAS DE CIMENTACIÓN



Cuadro de propiedades de tipo de viga VC-1



Sección restricciones en cuadro de propiedades de Viga VC-1



Herramientas de dibujo para modelado de Vigas

Estructura/Viga

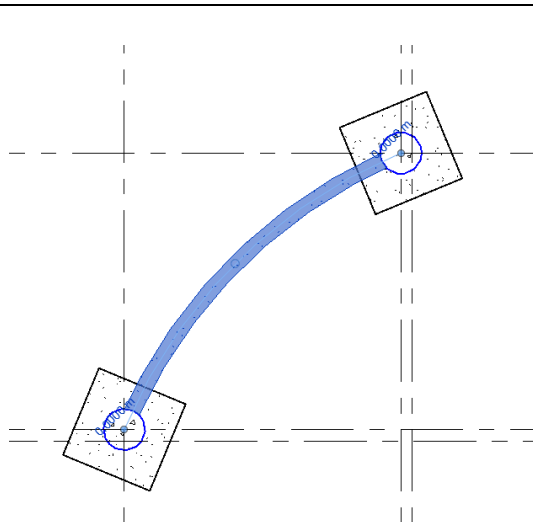


El siguiente paso para rematar la cimentación, sería la colocación de las vigas centradoras o de atado de las zapatas.

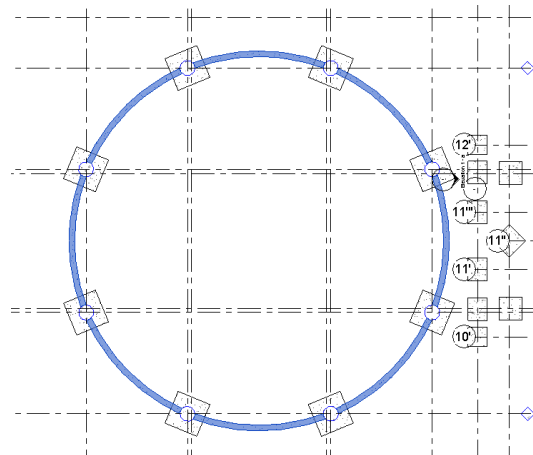
Dichas vigas se consideran vigas normales estructurales y así las vamos a modelar. En el nivel cimentación, seleccionamos la opción vigas, del grupo estructura, de la solapa estructura de la cinta de opciones.

En el desplegable de selección de tipos seleccionamos el tipo de viga para cada caso, para ello podemos crear nuestra Elaboración propia viga de cimentación, por el procedimiento habitual.

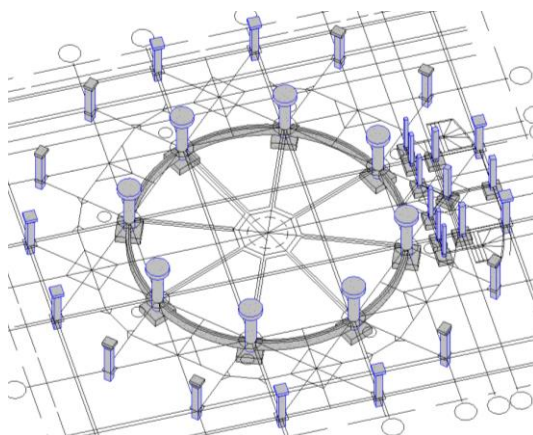
Para ello editamos el tipo, pinchamos en el botón duplicar seleccionamos cambiar nombre y tecleamos el nombre correspondiente por ejemplo “VC-1” y



Detalle en planta de viga de cimentación
VC-1 de Cascarón Interno



Vista en planta de viga de cimentación
VC-1 de Cascarón Interno



Vista 3D de vigas de cimentación en
Cascarón Interno

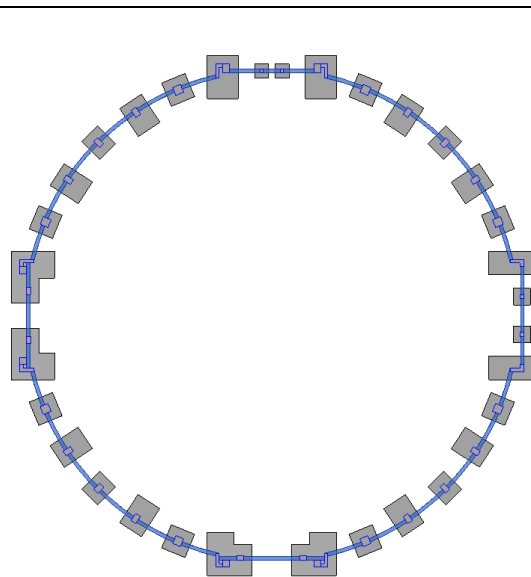
cambiamos los parámetros ancho y alto por los valores adecuados, finalmente damos aceptar y ya hemos creado el nuevo tipo de viga.

En el cuadro de propiedades de viga, tenemos una serie de parámetros que nos va a permitir situar las vigas, tanto en alzado y nivel de referencia como en planta de la manera que a nosotros nos interese.

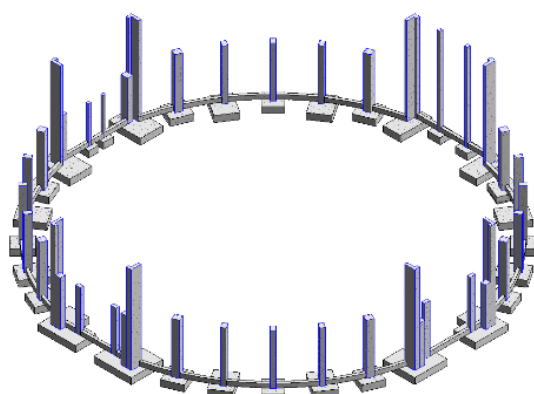
Para la colocación de la viga tenemos las opciones de dibujo habituales, también podemos seleccionar rejillas y en todos los elementos estructurales que hemos trabajado los podemos etiquetar al colocar, de las etiquetas de los elementos estructurales.

En el caso del proyecto modelamos dos vigas de cimentación circular una en el cascarón interno y otra en el externo, ambas se pueden visualizar en la parte izquierda.

Podemos observar el comportamiento especial de las vigas, al seleccionar



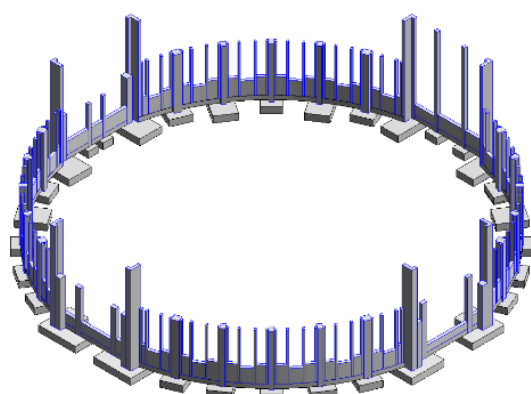
Vista en planta de viga de cimentación VC-2 de Cascarón Externo



Vista 3D de vigas de cimentación de Cascarón Externo

cualquier viga vemos que los puntos azules, nos aparecen en los extremos reales de la viga, aunque no esté modelada hasta allí, porque los pilares tienen una geometría que corta a las vigas, por lo que su volumen no llega a los puntos de apoyo, a su vez en cada uno de los puntos aparece un valor numérico que corresponde la altura de dicho extremo sobre el nivel de referencia, en este punto lo podremos modificar y crear vigas inclinadas directamente.

CREACIÓN DE SOBRECIMENTOS

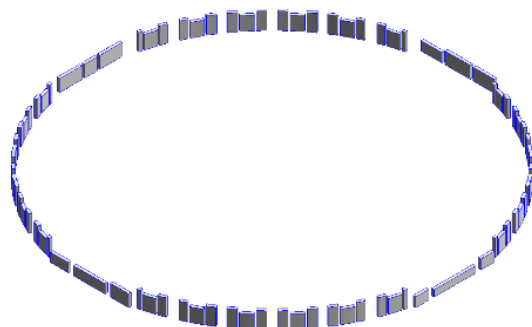


Vista 3D de Cascarón Externo

Estructura/Viga



El modelado del sobrecimiento sigue el mismo procedimiento de las vigas de cimentación, las áreas también se



Vista 3D de sobrecimientos del Cascarón Externo

configuran dependiendo de las medidas de los muros que soportan y la altura depende de la diferencia entre el nivel de la superficie del cimiento y el nivel escogido para el piso, más unos 10 cm.

En las imágenes se puede visualizar los sobrecimientos en el cascarón externo.

CONFIGURACIÓN DE ACERO DE REFUERZO

En este paso tratamos el modelado de las armaduras de acero corrugado integradas dentro de los elementos estructurales, empezamos por la configuración Elaboración propia de los elementos de armado

CONFIGURACIÓN DE ARMADO DE ELEMENTOS

En el grupo de refuerzos de la solapa estructura pinchamos en el triángulo que marca que hay una ventana emergente de configuración, la primera opción es la de los recubrimientos, nos aparece esta ventana seleccionando “configuración de refuerzo”.

A la izquierda tenemos el grupo de configuraciones y a la derecha las opciones de cada una de ellas. Estas configuraciones, afectan a todas las armaduras y hay que seleccionar antes de empezar a modelar los armados:

General

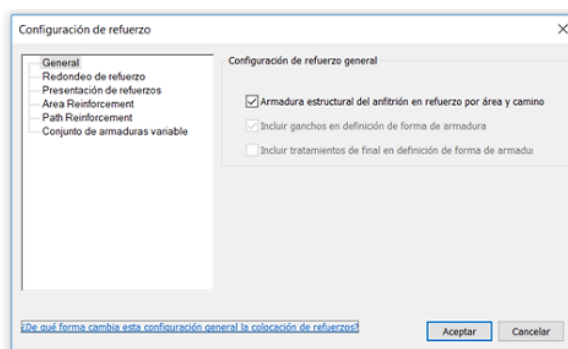
Redondeo de refuerzo

Presentación de refuerzos

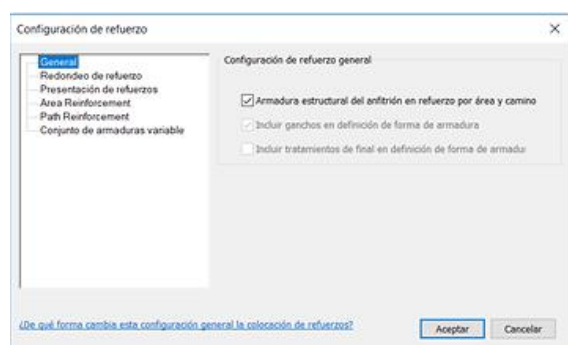
Refuerzo de área

Refuerzo por camino

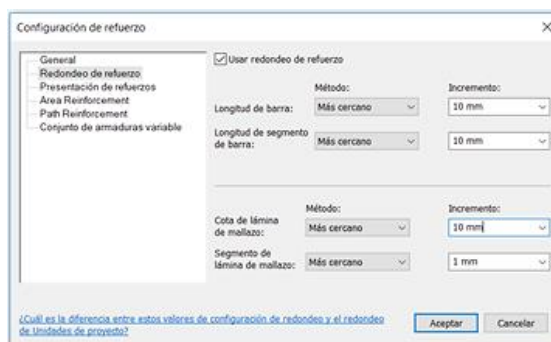
Conjunto de armaduras variable



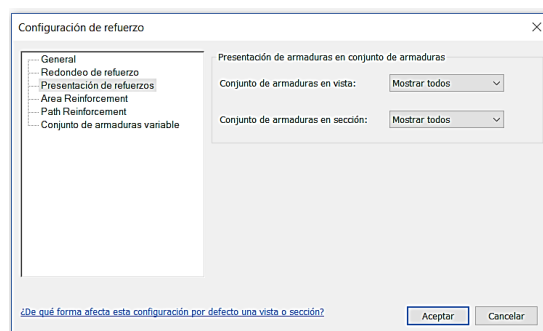
Cuadro de configuración de refuerzo



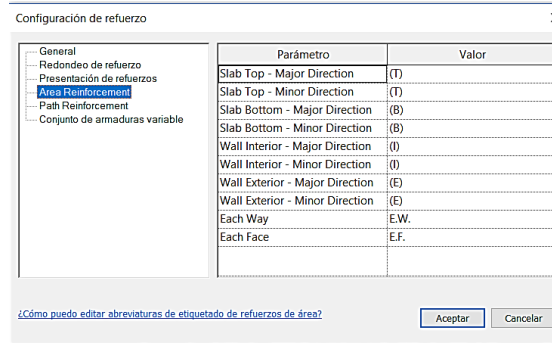
Sección "General" de cuadro de configuración de refuerzo



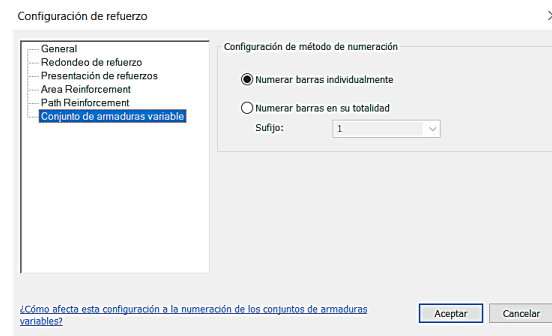
Sección "Redondeo de refuerzo" de cuadro de configuración de refuerzo



Sección "Presentación de refuerzos" de cuadro de configuración de refuerzo



Sección “Área Reinforcement” de cuadro de configuración de refuerzo

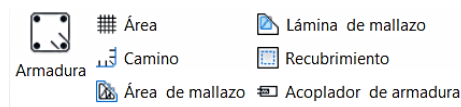


Sección “Conjunto de armaduras variables” de cuadro de configuración de refuerzo

MODELADO DE ARMADURA

Una vez seleccionado el elemento al que se desea incorporar el acero de armadura.

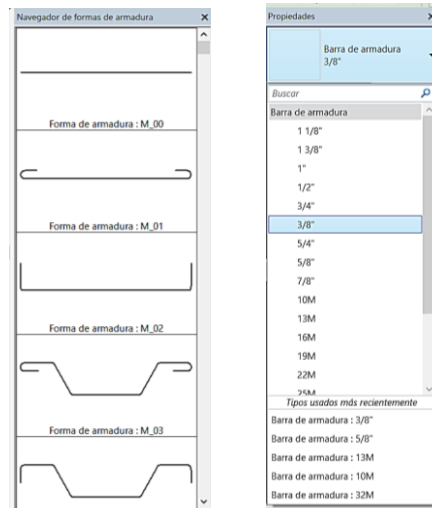
Las opciones de modelado de armadura nos aparecen en el bloque refuerzo de la solapa estructura y son las siguientes:



Seleccionamos Armadura:



En la barra de opciones o Navegador de Formas de armadura, selecciona una de las formas de armadura como se muestran en las siguientes imágenes. Además, se puede modificar el tipo de barra de refuerzo en el selector de tipo



En la ficha Modificar/Colocar Armadura, en el grupo Familia, haga click en la opción Cargar formas para cargar tipos de familia barras de refuerzo adicionales.



En la ficha Modificar/Colocar armadura:

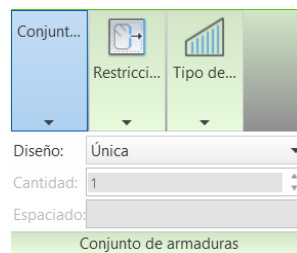
En el grupo Plano de colocación, seleccionar la ubicación de la colocación:

	Plano de trabajo actual	Coloca la armadura en el plano de trabajo activo en la vista del anfitrión
	Referencia de recubrimiento cercana	Coloca la armadura en la referencia de recubrimiento mas cercana en posición paralela a la vista del anfitrión
	Referencia de recubrimiento lejana	Coloca la armadura en la referencia de recubrimiento mas lejana en posición paralela a la vista del anfitrión

En el grupo Orientación de colocación, seleccione el tipo de posición:

	Paralela a plano de trabajo	Coloca la armadura paralela al plano de trabajo actual
	Paralela a recubrimiento	Coloca la armadura perpendicular al plano de trabajo y paralela a la referencia de recubrimiento mas próxima
	Perpendicular a recubrimiento	Coloca la armadura perpendicular al plano de trabajo y perpendicular a la referencia de recubrimiento mas próxima
	Boceto de armadura	Abre el editor de bocetos para la forma de armadura

En el grupo Conjunto de armaduras, especifique el diseño y luego configure la cantidad y espaciamiento correspondiente como sea necesario:



Luego pasamos el cursor sobre el elemento que se desea reforzar, haga click para colocarlo cuando está en la posición requerida.

Cabe resaltar que existe la forma Boceto de armadura, que permite dibujar nuevas formas.

CREACIÓN DE ACERO DE REFUERZO

Creación de acero de refuerzo longitudinal en vigas de cimentación de Cascarón Externo

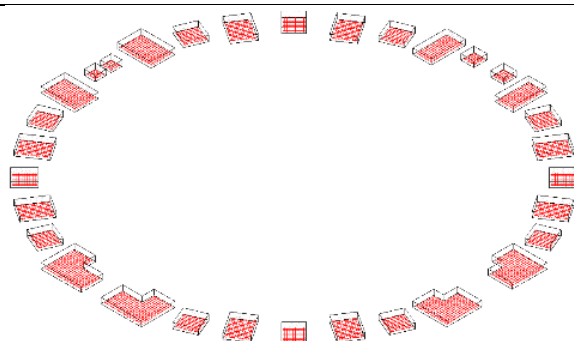
Es importante que comprendamos que el primer paso para la colocación de las armaduras es gestionar la vista en la que vamos a trabajar.

Para colocar las armaduras de cualquier elemento es fundamental que abramos siempre una sección transversal del mismo, solo ahí podremos incorporar el acero longitudinal y transversal en los elementos estructurales.

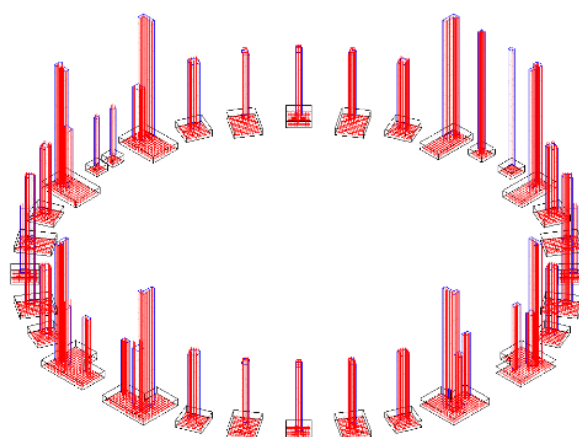
A continuación, se presenta los procesos gráficos de colocación de acero de refuerzo longitudinal en los elementos estructurales del cascarón externo:

Estructura	
Activar modelo analítico	<input checked="" type="checkbox"/>
Recubrimiento de armadura - Cara superior	Recubrimiento de armadura Zapatas <75 mm>
Recubrimiento de armadura - Cara inferior	Recubrimiento de armadura Zapatas <75 mm>
Recubrimiento de armadura - Otras caras	Recubrimiento de armadura Zapatas <75 mm>

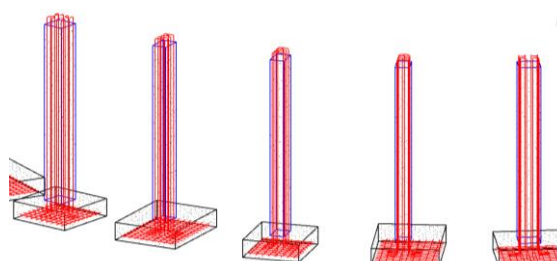
Colocación de recubrimiento para zapatas



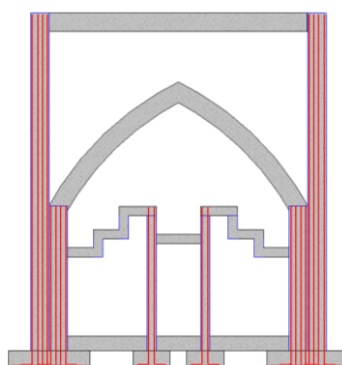
Creación de acero de refuerzo en cimentación



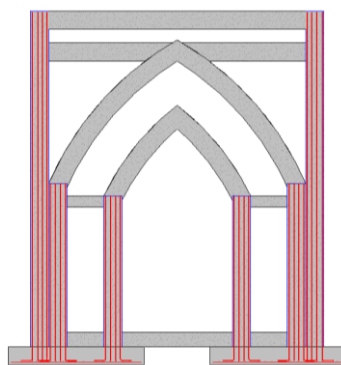
Creación de acero de refuerzo longitudinal en columnas



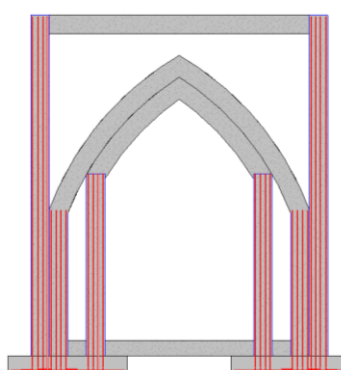
Detalle de acero de refuerzo longitudinal en columnas



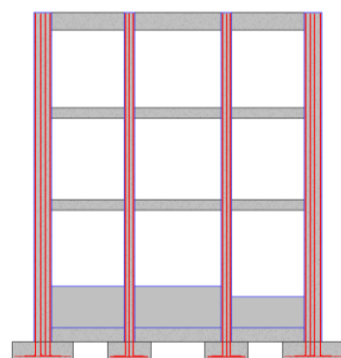
Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Norte



Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Oeste

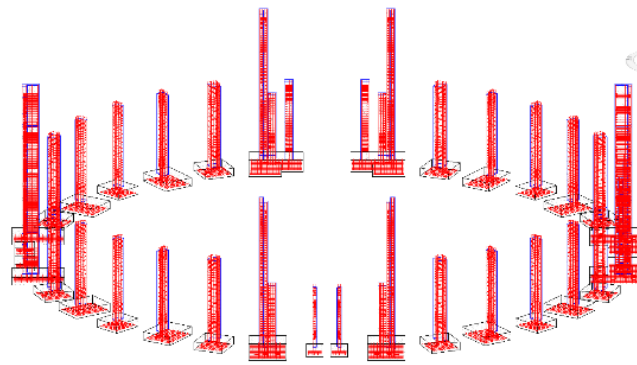


Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Sur

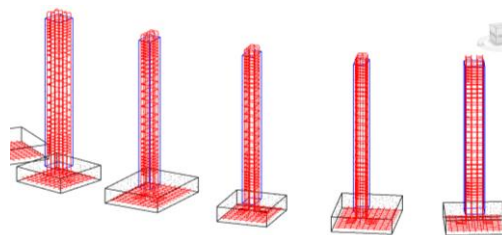


Creación de acero de refuerzo longitudinal en Portada Sur

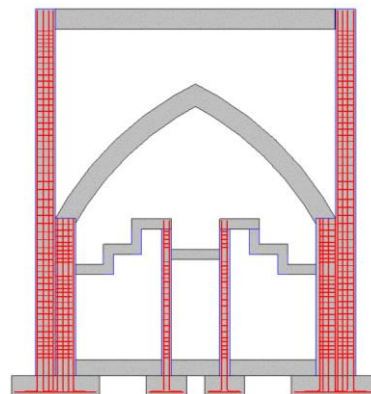
A continuación, se presenta los procesos gráficos de colocación de acero de refuerzo transversal en los elementos estructurales del cascarón externo:



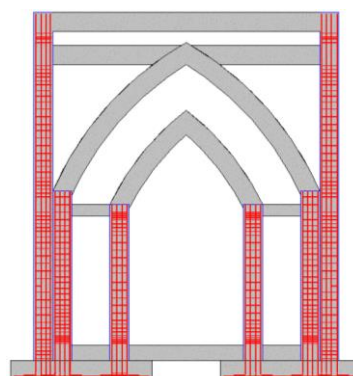
Creación de acero de refuerzo transversal en columnas



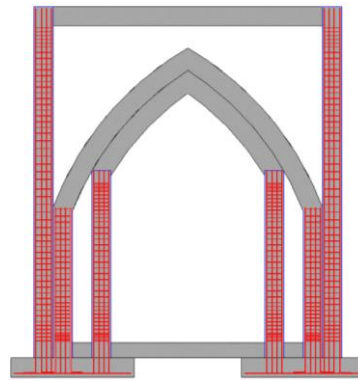
Detalle de acero de refuerzo transversal en columnas



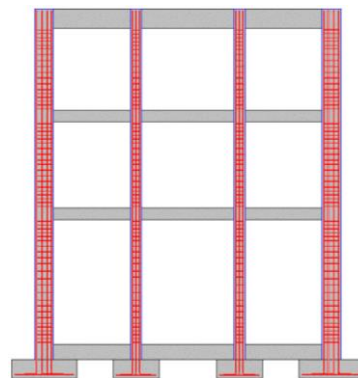
Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Norte



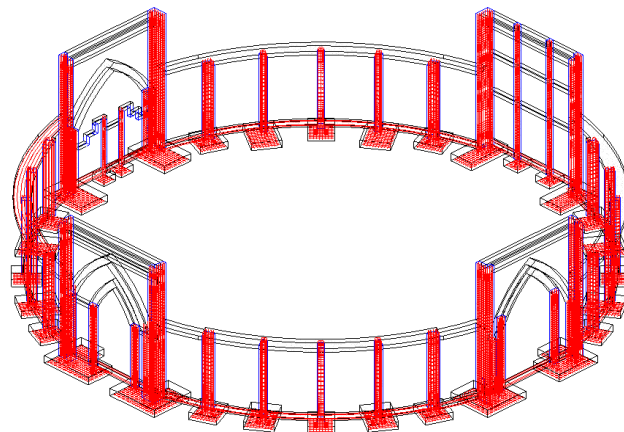
Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Oeste



Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Sur



Creación de acero de refuerzo transversal en Portada Este

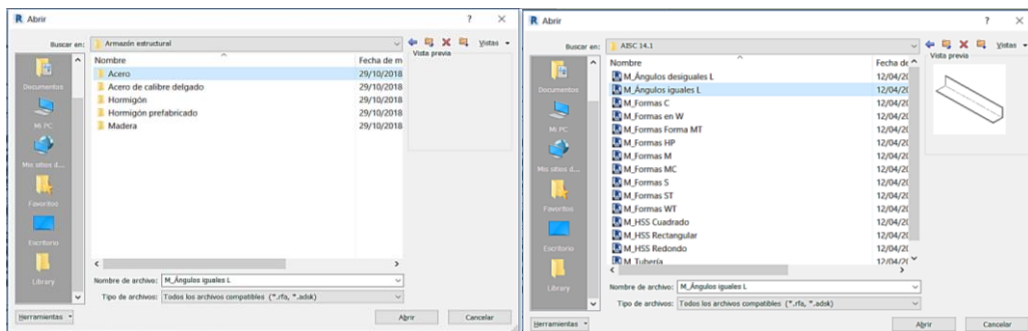
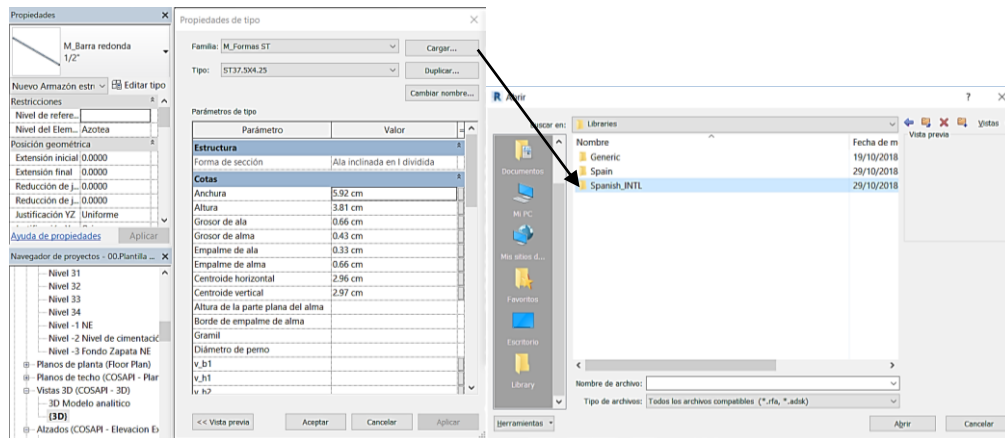


Vista 3D de acero de refuerzo en elementos estructurales

MODELADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

El modelado de las estructuras metálicas se realizó con el elemento “Vigas” de la sección de Estructuras, damos click en “Editar tipo” y cargamos las familias de perfiles de Acero existentes en la librería de Revit como se visualiza en las siguientes imágenes.

Los perfiles que cargamos fueron definidos en el diseño estructural en la etapa de

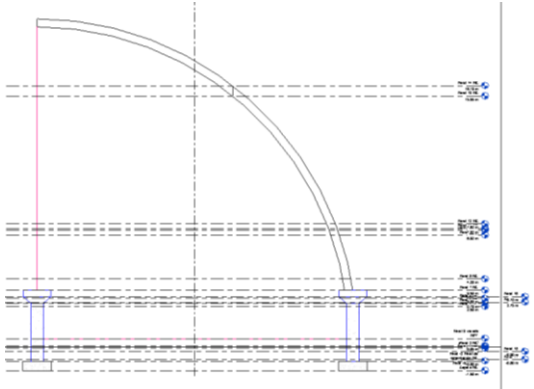
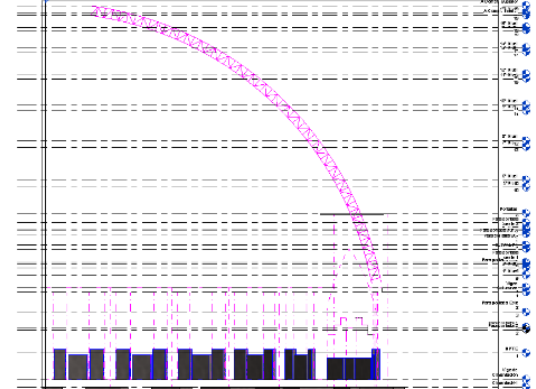
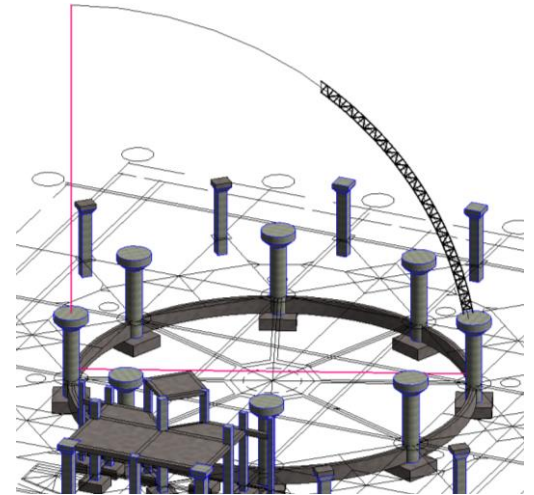
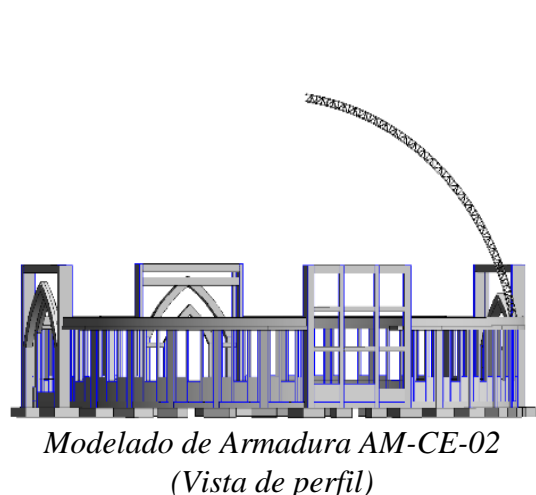
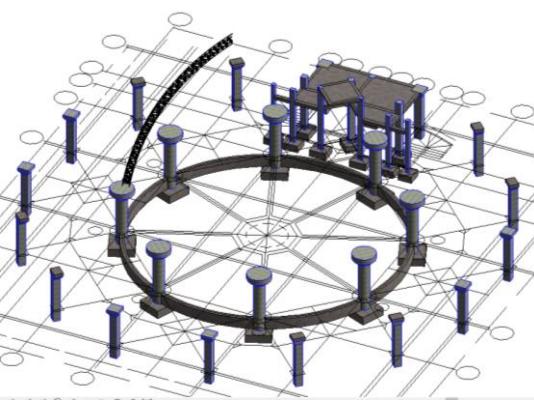
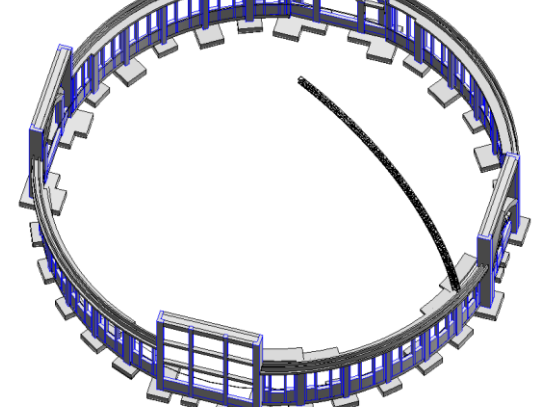


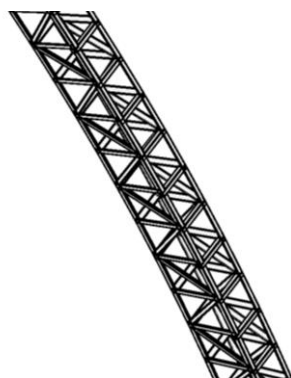
Para el modelado de los tipos de armaduras y cerchas de los cascarones metálicos componentes del Templo Niño Salvador del Mundo utilizamos las diversas vistas:

Alzados secciones, vista en planta, elevaciones que la plataforma Revit ofrece.

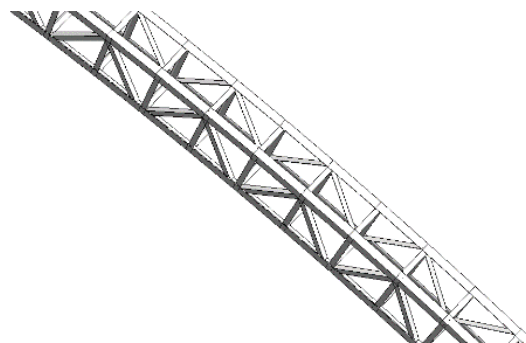
También se hizo uso de los comandos de dibujo y las herramientas de la sección Modificar para generar espejos y réplicas de los elementos repetentes.

A continuación, se ve un procedimiento gráfico del modelado de las estructuras metálicas:

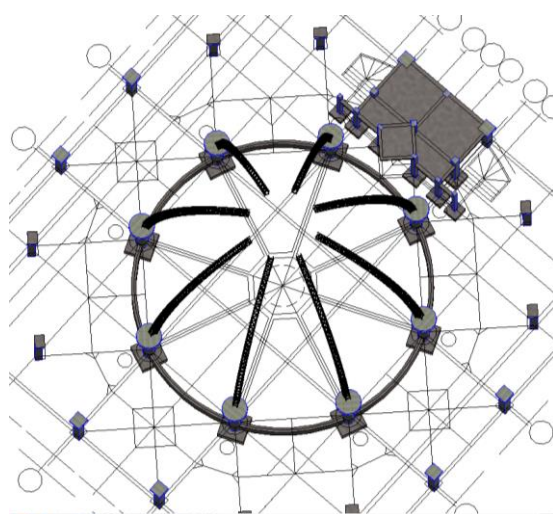
<p>CASCARÓN INTERNO ARMADURA AM-CI-01</p>	<p>CASCARÓN EXTERNO ARMADURA AM-CE-02</p>
	
<p><i>Dibujo CAD de armadura vinculado</i></p>	<p><i>Dibujo CAD de armadura vinculado</i></p>
	
<p><i>Modelado de Armadura AM-CI-01 (Vista de perfil)</i></p>	<p><i>Modelado de Armadura AM-CE-02 (Vista de perfil)</i></p>
	
<p><i>Modelado de Armadura AM-CI-01 (Vista 3D)</i></p>	<p><i>Modelado de Armadura AM-CE-02 (Vista 3D)</i></p>



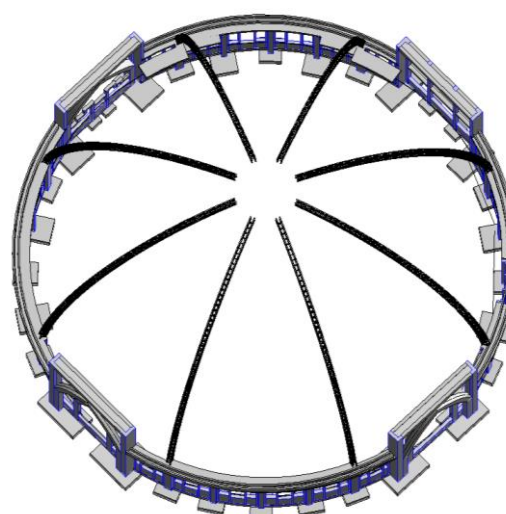
Rotación de ejes de perfiles para la Armadura AM-CI-01



Rotación de ejes de perfiles para la Armadura AM-CE-02



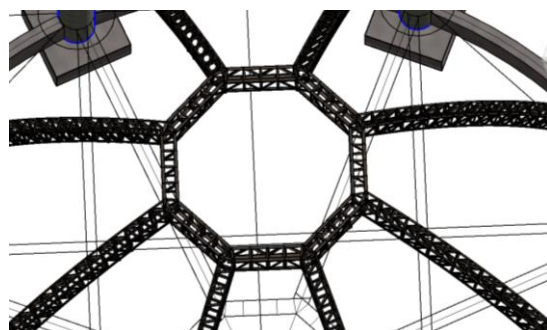
Réplica de Armadura AM-CI-01



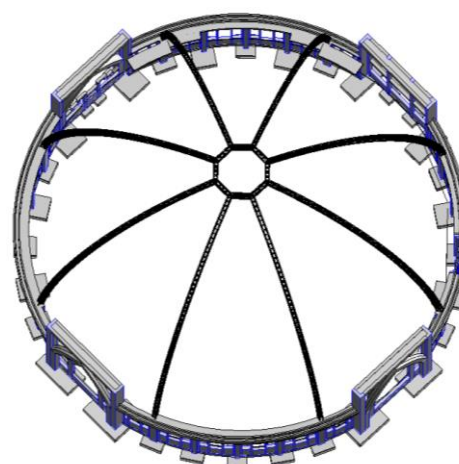
Réplica de Armadura AM-CE-02

ANILLO DE COMPRESIÓN AM-CI-02

ANILLO DE COMPRESIÓN AM-CE-01



Modelado de Anillo de Compresión AM-CI-02 (vista 3D)

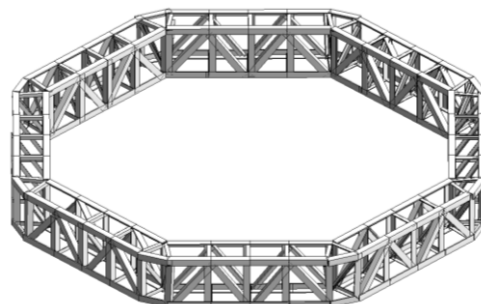


Modelado de Anillo de Compresión AM-CE-01 (vista 3D)



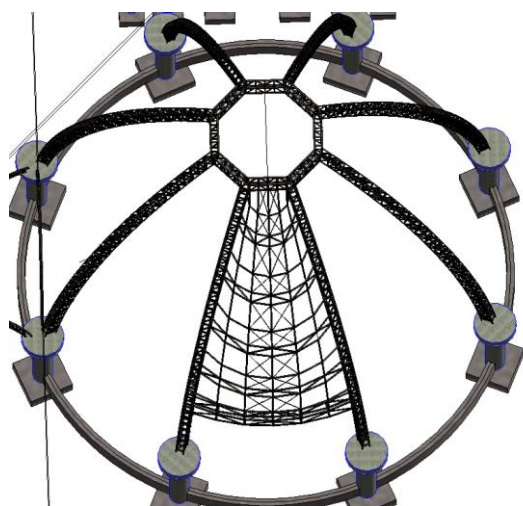
Rotación de ejes de perfiles para el Anillo de Compresión AM-CI-02

CERCHA C-CI-01

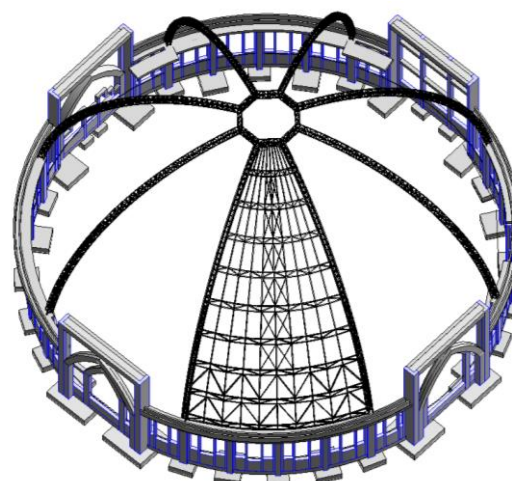


Rotación de ejes de perfiles para el Anillo de Compresión AM-CE-01

CERCHA C-CE-01

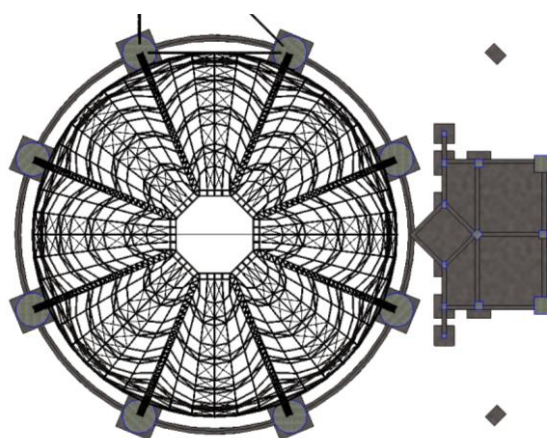


Modelado de Cercha de cerramiento C-CI-01 (Vista 3D)

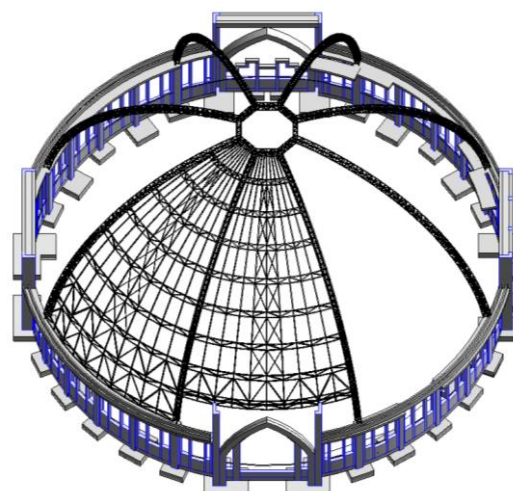


Modelado de Cercha C-CE-01 (Vista 3D)

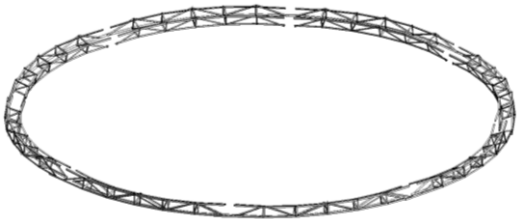
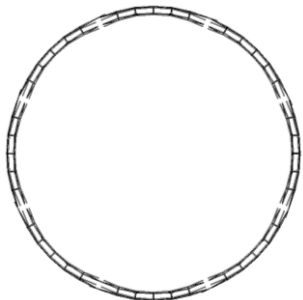


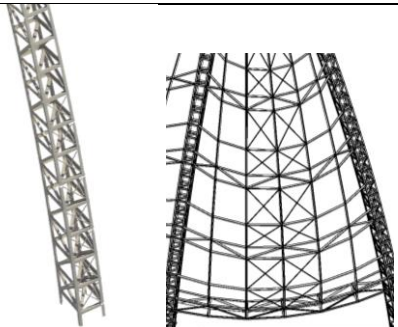
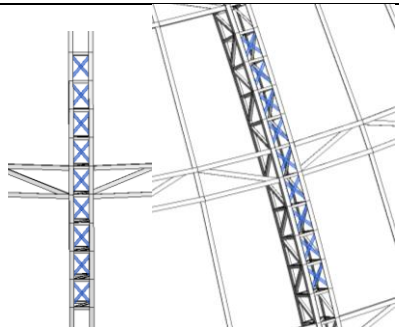
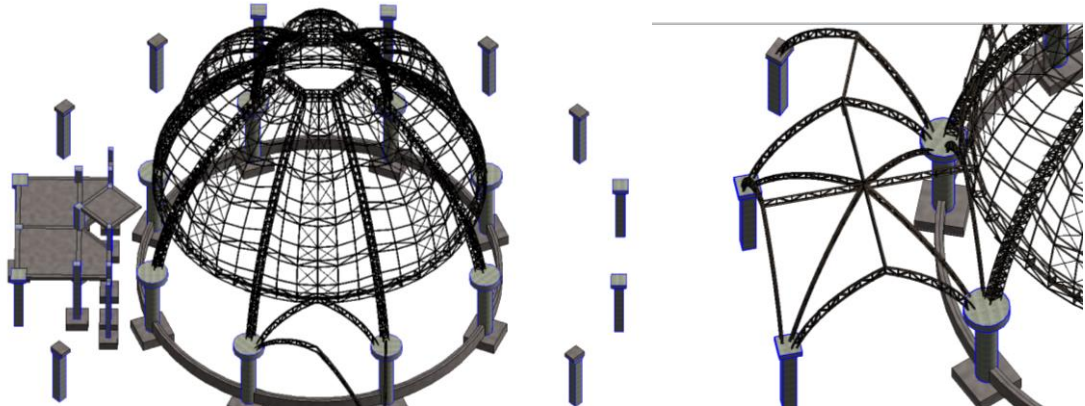
CERCHA C-CE-02

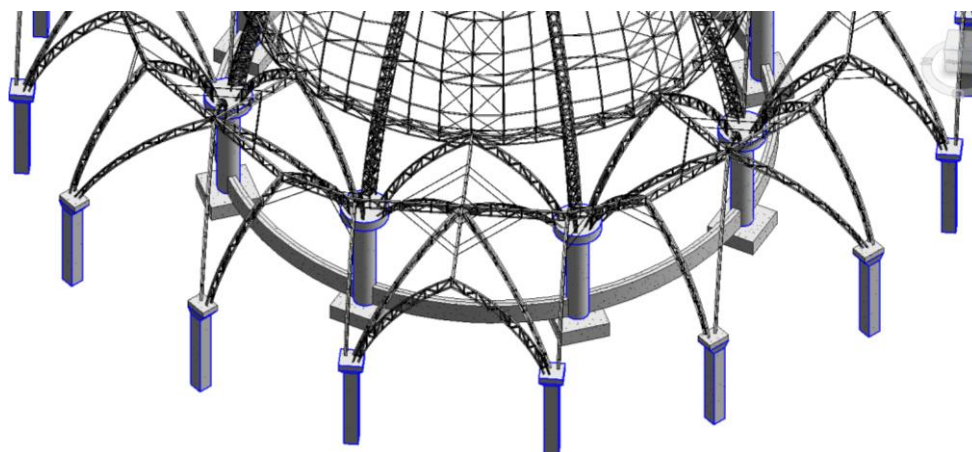


Réplica radial de Cercha C-CI-01 (Vista en planta)



Modelado de Cercha C-CE-02 (Vista 3D)

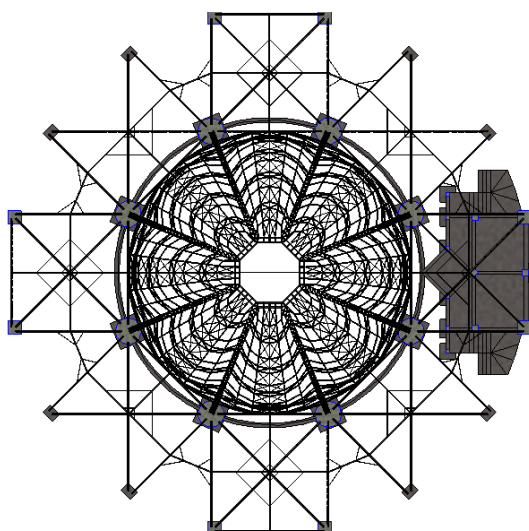
<p>ANILLO DE TRACCIÓN AM-CI-03</p>  <p><i>Modelado de Anillo de Tracción AM-CI-03 (Vista 3D)</i></p>  <p><i>Modelado de Anillo de Tracción AM-CI-03 (Vista en planta)</i></p>	<p>ANILLO DE TRACCIÓN AM-CE-03</p>  <p><i>Modelado de Anillo de Tracción AM-CE-03 (Vista 3D)</i></p>  <p><i>Rotación de ejes de perfiles para el Anillo de Tracción AM-CE-03</i></p>
<p>TENSORES</p>  <p><i>Modelado de tensores en Armadura AM-CI-01 y Cerchas C-CI-01</i></p>	<p>TENSORES</p>  <p><i>Modelado de tensores en Armadura AM-CE-01</i></p>
<p>BÓVEDAS OJIVALES</p>	
 <p><i>Modelado de Bóvedas Ojivales del Cascarón Interno</i></p>	



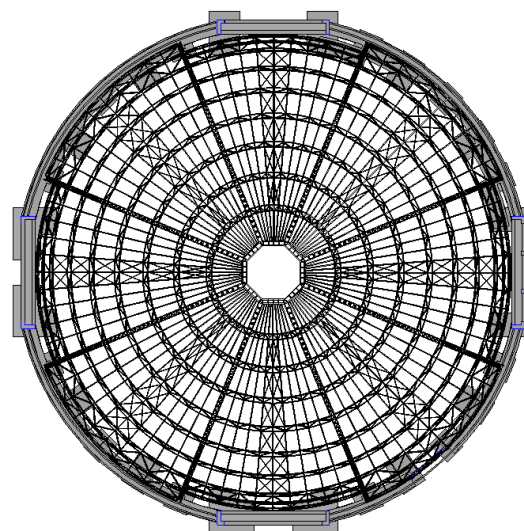
Réplica de Bóvedas Ojivales del Cascarón Interno

**MODELOS DE CASCARÓN
INTERNO FINAL**

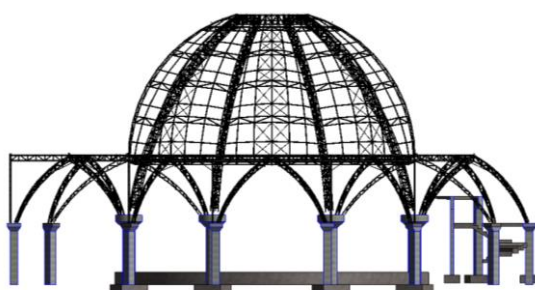
**MODELOS DE CASCARÓN
EXTERNO FINAL**



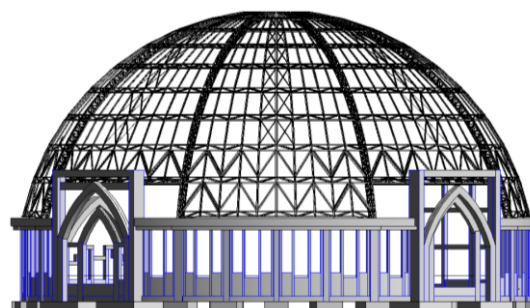
*Vista 3D en planta de modelo final
cascarón interno*



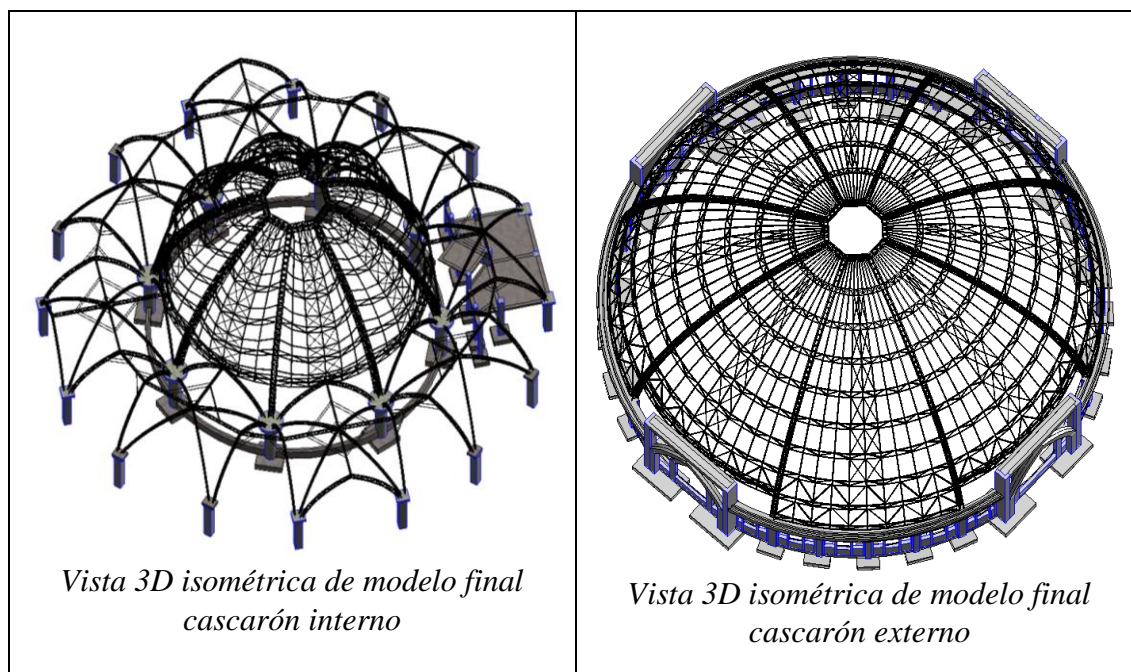
*Vista 3D en planta de modelo final
cascarón externo*



*Vista 3D frontal de modelo final
cascarón interno*



*Vista 3D frontal de modelo final
cascarón externo*



Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2.3. DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL PROYECTO

3.2.3.2.3.1. PLANOS ESTRUCTURALES

A) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES (DE REVIT A AUTOCAD)

La generación de planos desde el software Revit en formato Autocad es muy sencilla, para ello utilizaremos la opción “Export” como se ve a continuación:



Figura 105: Paso 1 para exportación de Revit a AutoCAD

Fuente: Elaboración propia

Esta sección nos permite exportar además en varios formatos como se puede visualizar en la figura, una vez definido el formato a exportar procedemos a configurar las opciones de ubicación y los elementos que se desea exportar.

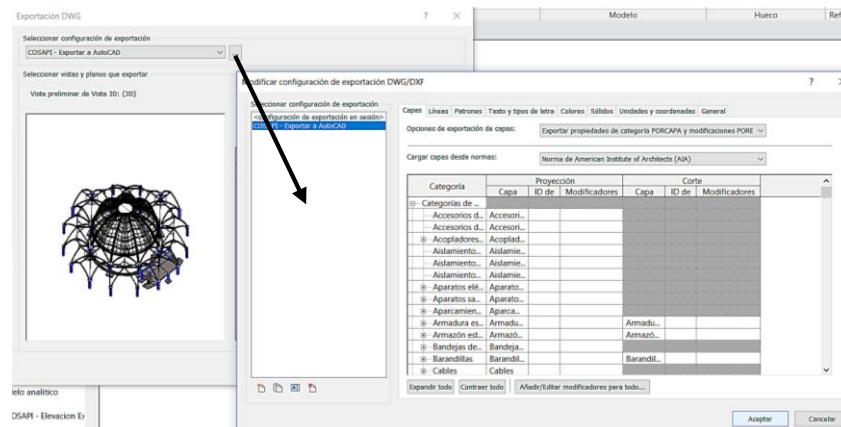


Figura 106: Paso 2 para exportación de Revit a AutoCAD

Fuente: Elaboración propia

Haciendo click en el botón “...” se puede configurar varios parámetros de color de línea, espesor de plumas de acuerdo a normativas internacionales, tipos de letras, unidades, etc. Definidos estos parámetros exportamos y se obtiene un archivo dwg de Autocad.

Como muestra se tomó la especialidad de estructuras, se exportó planos estructuras del cascaron interno y externo del bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo, los cuales se pueden visualizar en los anexos

B) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES CON EL MÉTODO CONVENCIONAL (AUTOCAD)

Se realizó los planos de todas las especialidades Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias e Instalaciones eléctricas del expediente técnico “Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo- Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno” de la forma convencional en formato Autocad con fines del

cumplimiento del Convenio Marco Interinstitucional entre el Obispado y la Universidad Nacional del Altiplano pero para fines de la presente investigación se tomó la muestra mencionada en el anterior ítem para realizar una comparación cuantitativa de tiempo de elaboración de planos.

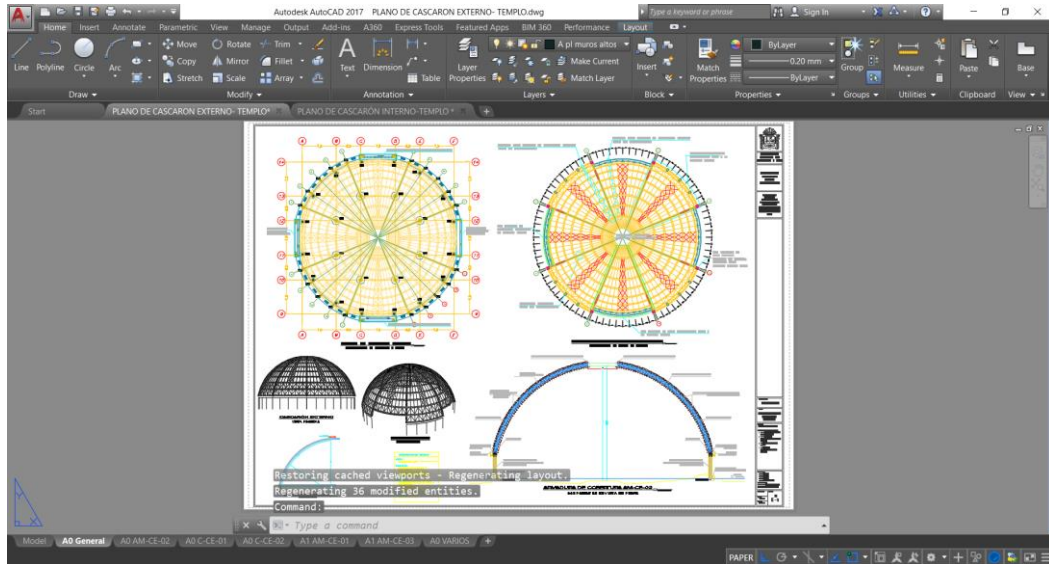


Figura 107: Plano de Cascarón externo del bloque B1:Templo Niño Salvador del Mundo de proyecto en formato dwg AutoCad

Fuente: Elaboración propia

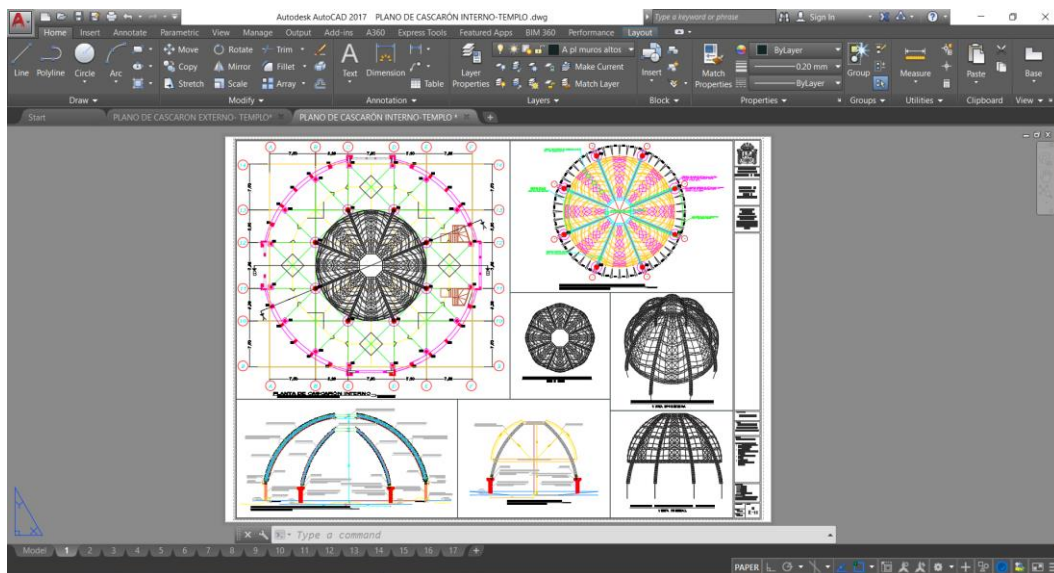


Figura 108: Plano de Cascarón interno del bloque B1:Templo Niño Salvador del Mundo del proyecto en formato dwg AutoCad

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2.3.2. METRADOS DE LA ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS

A) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE METRADOS EN REVIT (MUESTRA DE TEMPLO)

La fase de documentación de metrados corresponde a la medición de las cantidades de cada uno de los elementos del proyecto. Revit Structure nos permite la generación automática de metrados de los elementos modelados en su plataforma, para esto contamos con la herramienta de medición del Revit llamada “Tabla de planificación”, esta opción está presente en el Ribbon Vista, se debe seleccionar la lista desplegable para hacer clic en la opción “Tabla de planificación/Cantidades” donde tenemos la opción de elegir metrados en listas separadas, es decir para cada tipo de elementos en un diferente cuadro, como también tenemos la opción de generar un metrado global, para desarrollar la investigación realizaremos el metrado por partidas.

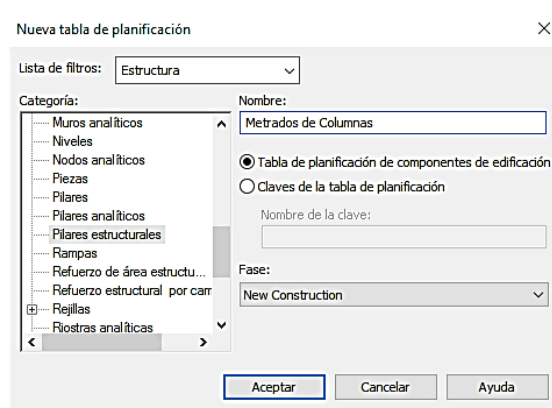


Figura 109: Tabla de planificación de Revit Structure

Fuente: Elaboración propia

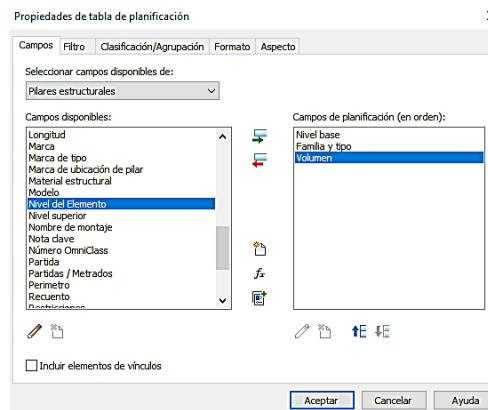


Figura 110: Pestaña “campos” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

En el recuadro correspondiente seleccionaremos en la lista de filtros la categoría de “Estructuras”, así se mostrará una lista de las partidas correspondientes a la categoría señalada, se podrá modificar el título de la tabla de metrados a generar en la sección “Nombre”, al finalizar estas configuraciones se obtendrá un nuevo recuadro de diálogo donde se podrá escoger los componentes de medición tales como “Familia y tipo” para visualizar la asignación que se hizo en el modelamiento de los elementos estructurales, “Nivel base” o “Nivel de referencia” para ubicar el nivel en el que elemento fue creado, “Volumen” indica el volumen del material en medición, entre otros.

En la pestaña “Formato” se colocará la opción de “Calcular totales” para que realice la suma automática de la partida seleccionada.

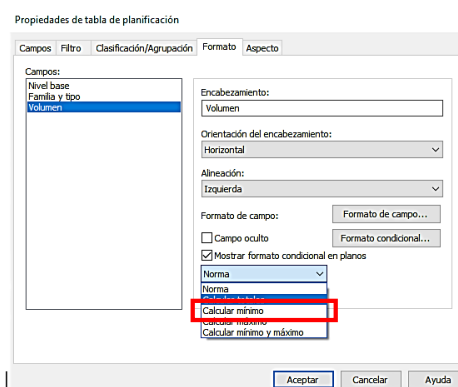


Figura 111: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla

Fuente: Elaboración propia

En la pestaña “Clasificación y agrupación” se podrá escoger la forma de clasificación que se desea, en este caso se pondrá “Nivel de referencia” y se seleccionará “Encabezamiento” y “Pie de página” y “Totales generales” para que organizar mejor la lista de metrados.

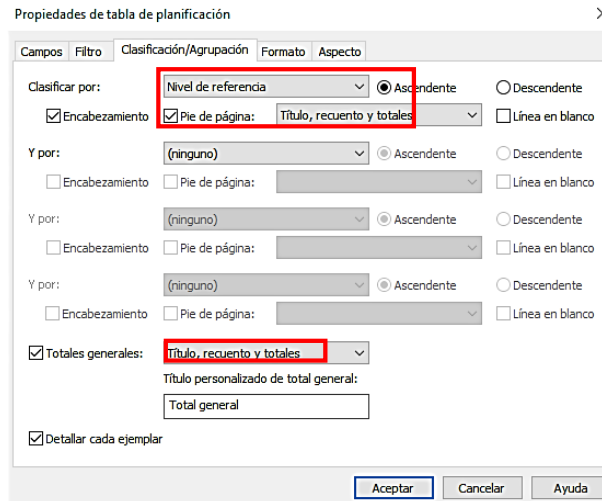


Figura 112: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

En la pestaña “Formato”, en la sección “Volumen” se seleccionará la opción “Calcular totales”

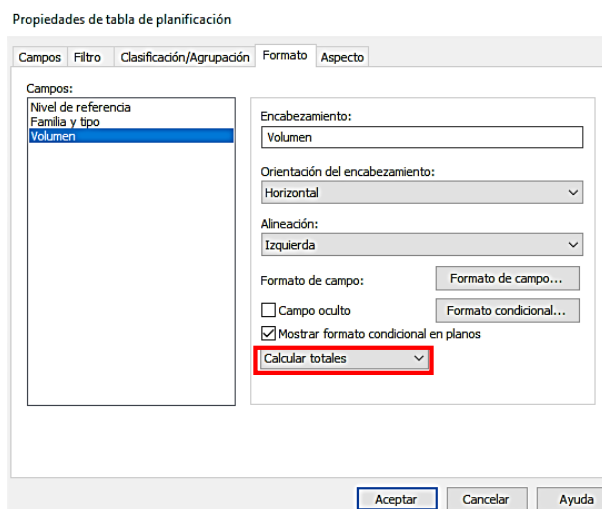


Figura 113: Pestaña “formato” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

Si se desea obtener un resumen de metrados cada tipo de elemento, en la pestaña “Clasificación/Agrupación” se deseleccionará la opción “Detallar cada ejemplar” y se indicará que se clasifique por “Familia y tipo”

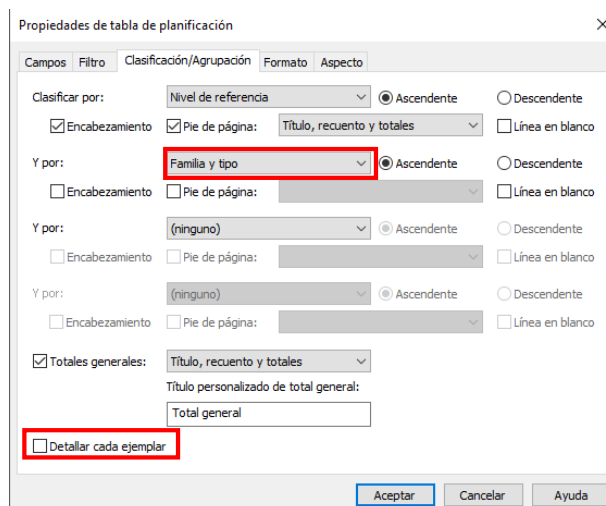


Figura 114: Pestaña “clasificación/agrupación” en recuadro de propiedades de tabla de planificación

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se configurará para cada elemento estructural del que se desea obtener el metrado correspondiente, al colocar aceptar se mostrarán los resultados obtenidos por el programa; estas configuraciones pueden editarse en el transcurso del proyecto por lo que no será necesario realizar todos los pasos anteriores si algún dato no fue configurado. Cabe resaltar que la tabla de planificación generada es dinámica con respecto a los elementos encontrados en el proyecto, es decir que, si algún elemento es eliminado, sus dimensiones editadas, su posición cambiada o se incorpora nuevos elementos en el modelo del proyecto, las cantidades de metrados son automáticamente actualizadas, por lo que la información siempre estará en sincronía con el modelo del proyecto en cada instante.

<00.Metrados de columnas>		
A	B	C
Nivel base	Familia y tipo	Volumen
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-7 (.60x.60)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-7 (.60x.60)	14.40 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-7 (.60x.60): 8		14.40 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-8 (.40x.60)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-8 (.40x.60)	16.80 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-8 (.40x.60): 14		16.80 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-9 (.50x.65)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-9 (.50x.65)	2.55 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-9 (.50x.65): 2		2.55 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-10 (.25x.25)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-10 (.25x.25)	0.46 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-10 (.25x.25): 2		0.46 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-11 (.30x.30)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-11 (.30x.30)	1.65 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-11 (.30x.30): 2		1.65 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-12 (.50x.50)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-12 (.50x.50)	1.98 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-12 (.50x.50): 2		1.98 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-13 (.50x.50)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-13 (.50x.50)	2.23 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-13 (.50x.50): 2		2.23 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-14 (.50x.30)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-14 (.50x.30)	1.47 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-14 (.50x.30): 2		1.47 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-15 (.50x.30)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-15 (.50x.30)	1.23 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: C-15 (.50x.30): 2		1.23 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: Columneta CA		
Viga de Cimentación	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: Columneta CA	16.56 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: Columneta CA: 96		16.56 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: VP-6 (.25x.25)		
Para portada 2	COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: VP-6 (.25x.25)	0.14 m ³
COSAPI - Columna Concreto Cuadrada-Rectangular: VP-6 (.25x.25): 4		0.14 m ³
COSAPI - Columna Concreto L: PL-1 (.25x1.00x.50x.25)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto L: PL-1 (.25x1.00x.50x.25)	17.16 m ³
COSAPI - Columna Concreto L: PL-1 (.25x1.00x.50x.25): 6		17.16 m ³
COSAPI - Columna Concreto L: PL-2 (.25x1.00x.50x.30)		
Cimentación	COSAPI - Columna Concreto L: PL-2 (.25x1.00x.50x.30)	5.95 m ³
COSAPI - Columna Concreto L: PL-2 (.25x1.00x.50x.30): 2		5.95 m ³
Total general: 144		82.56 m ³

Figura 115: Muestra de metrados de columnas generados por Revit Structure

Fuente: Elaboración propia

B) PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE METRADOS POR EL MÉTODO CONVENCIONAL (MUESTRA DE TEMPLO)

En esta fase se realizó el metrado de las partidas que componen el proyecto “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, Departamento, Provincia y Distrito de Puno”; antes de iniciar se efectuó un estudio integral de los planos y especificaciones técnicas del proyecto, relacionando entre sí los planos de Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Sanitarias y Eléctricas. Se utilizó en lo posible, la relación de partidas y sus unidades respectivas según lo normado en el Reglamento de Metrados para Obras de Edificación (D.S. NQ 013-79-VC del 26.04.79),

se realizó la cuantificación de las partidas utilizando criterios del proyectista y las herramientas que ofrece el programa AutoCAD para cálculo de áreas, para su posterior tipo en el programa Excel.

El resumen de metrados realizados se puede observar en los anexos.

3.2.3.2.3.3. PRESUPUESTO

A) PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO CON METRADOS GENERADOS POR REVIT (MUESTRA DE TEMPLO)

El presupuesto, que está directamente relacionado a los metrados, es facilitado en una gran magnitud ya que las cantidades de metrados obtenidos en Revit son muy exactas, cabe resaltar que el software Revit no tiene disponible la aplicación para generar el presupuesto por ser una versión gratuita de prueba, por esta razón se obtuvo el presupuesto utilizando el software de costos y presupuesto S10 como alternativa, si bien es cierto S10 no es un software BIM pero el hecho de tener metrados exactos de Revit generará un presupuesto más real y exacto. La muestra que se tomó es el Bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo, los resultados se muestran en la Sección *IV Resultados y discusión*.

B) PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO CON METRADOS GENERADOS POR EL MÉTODO CONVENCIONAL (MUESTRA DE TEMPLO)

El método convencional de generación de presupuesto de proyecto consiste en utilizar los metrados obtenidos de manera manual y a criterio del proyectista, los cuales siempre tendrán un margen de error trayendo como efecto un presupuesto también con margen de error, este puede estar sobreestimado como también subestimado. En este

método convencional también se hizo uso del software S10 con la misma muestra que es el Bloque B1: Templo Niño Salvador del Mundo, los resultados se muestran en la Sección

3.2.4. LAST PLANNER

El sistema de control Last Planner se utilizó como herramienta general en todas las etapas de proyecto: definición del proyecto y diseño sin perdidas. Siguiendo los lineamientos de esta herramienta se elaboró el “Plan maestro” y el “Plan semanal”

PLAN MAESTRO

El plan maestro presenta un flujo detallado de procesos o actividades necesarias para la elaboración del expediente técnico, desde su inicio hasta su término. El desarrollo de esta planificación se dio con la participación de todos los involucrados.



Figura 116: Elaboración de plan maestro con todos los Stakeholders

Fuente: Elaboración propia

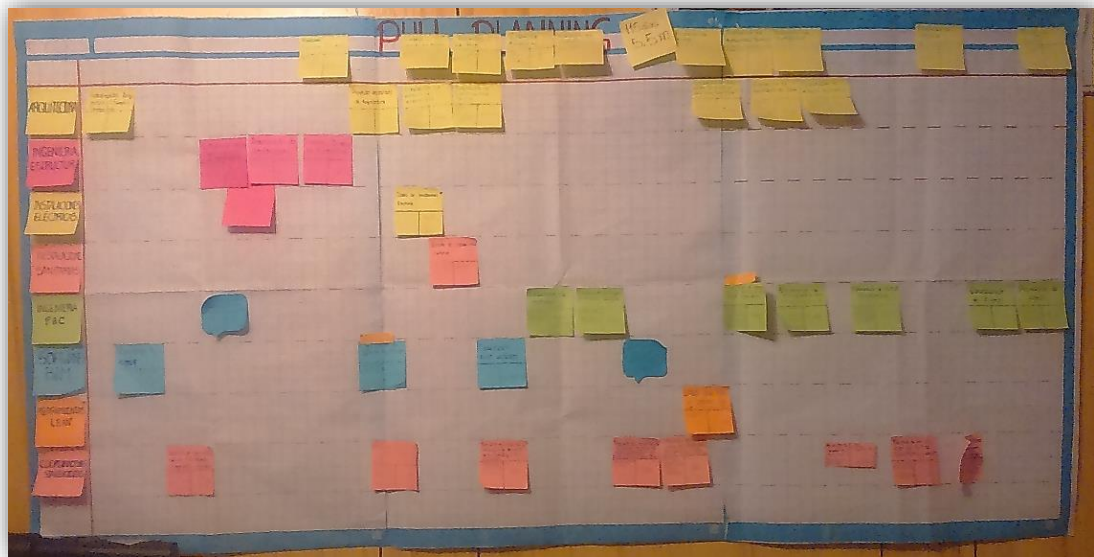


Figura 117: Plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra

Fuente: Elaboración propia

PLAN SEMANAL

Este plan contiene las actividades que se ejecutaron cada semana, se evaluó las actividades cumplidas mediante el porcentaje de actividades cumplidas (PAC) y de las no cumplidas se analizó las restricciones que impiden el normal desarrollo de las actividades, con el fin de tomar medidas necesarias para la solución de cada una de ellas y así obtener un flujo de procesos continuo.

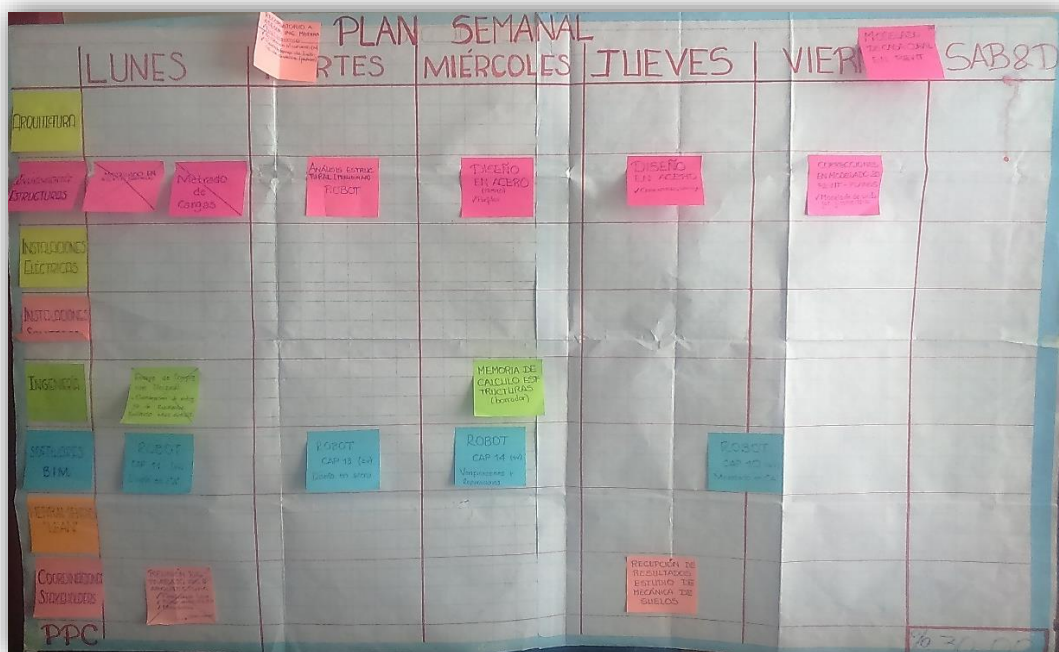


Figura 118: Muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra

Fuente: Elaboración propia

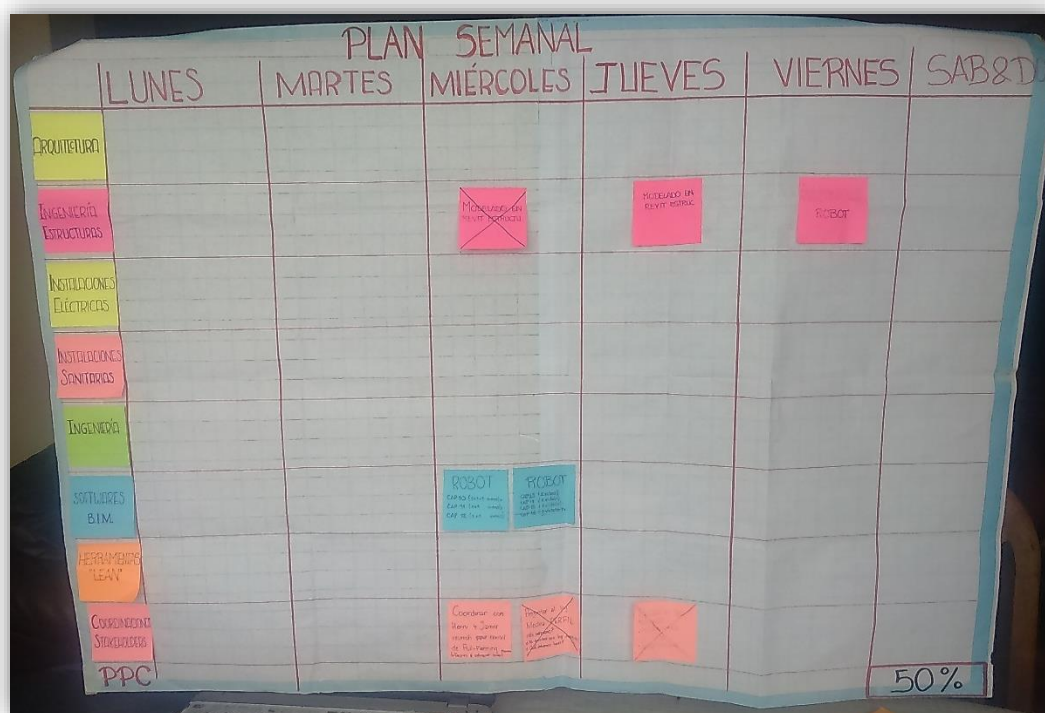


Figura 119: Porcentaje de actividades cumplidas de muestra de plan semanal del expediente técnico del proyecto de muestra

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan cuatro esquemas resúmenes de la elaboración del expediente técnico “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo, Departamento, Provincia y Distrito de Puno”; basados en los lineamientos Lean Design.

El primer esquema presenta la esquematización del flujo de procesos desarrollados para la obtención del Expediente Técnico, el cual consiste en las dos primeras fases extraídas del Lean Project Delivery System: definición del proyecto y diseño sin pérdidas. La primera fase se subdivide en tres módulos: necesidades y valores, criterios de diseño y conceptos de diseño, siendo la tercera compartida con la fase de diseño sin pérdidas que está compuesta a su vez por los módulos: diseño del proceso y diseño del producto.

Los procedimientos presentados dentro de los cinco (5) módulos son propuestos netamente para el expediente técnico de muestra, ya que cada proyecto es único y presentará un flujo de procesos diferente.

El segundo esquema muestra la participación de Stakeholders en cada fase de la elaboración del Expediente Técnico de muestra, mostrando un trabajo simultáneo y colaborativo.

El tercer esquema muestra el flujo de procesos utilizando el método tradicional para elaboración de expediente técnico de muestra.

Finalmente, el cuarto esquema muestra el flujo de procesos utilizando la filosofía Lean Design para elaboración de expediente técnico de muestra.

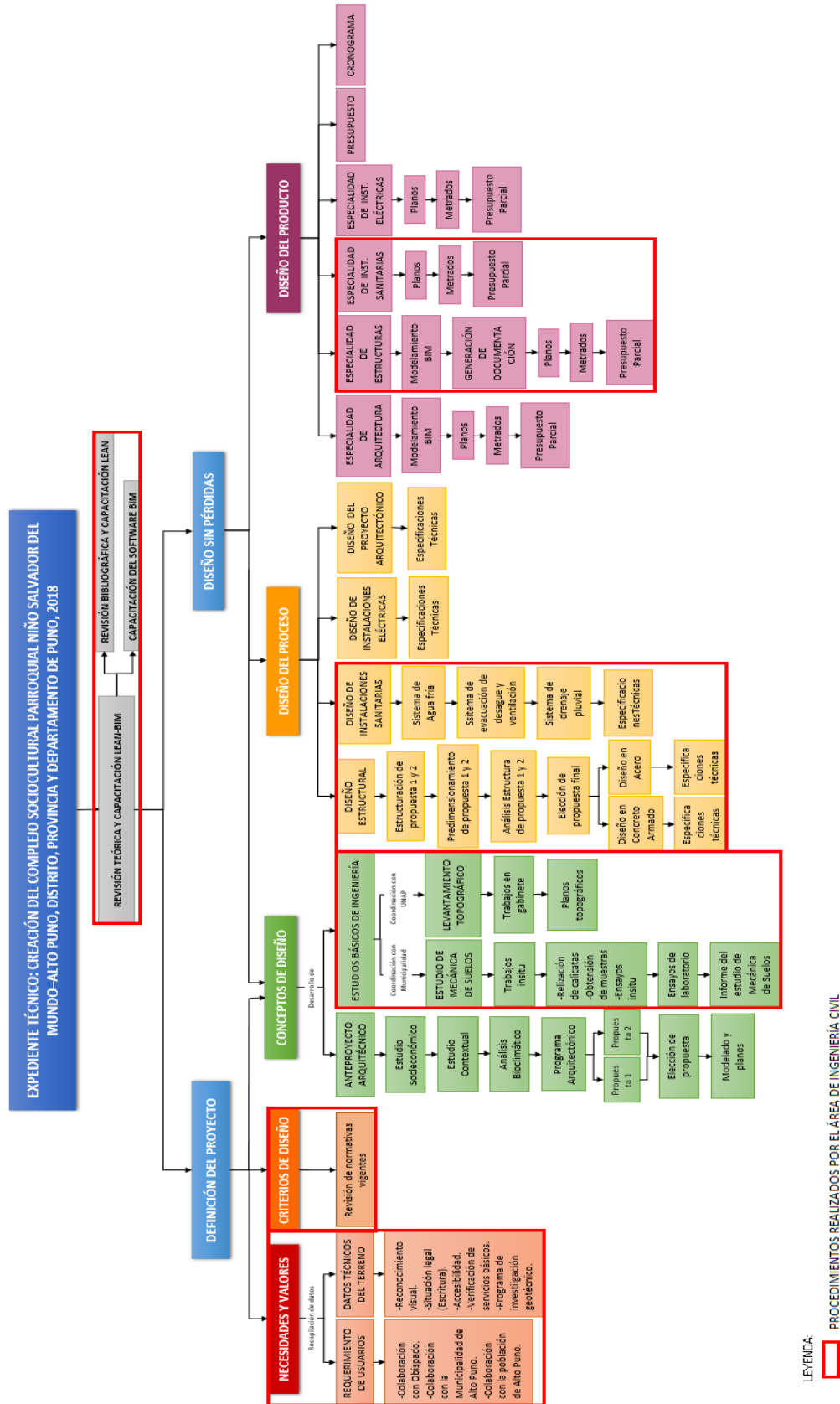


Figura 120: Flujo de procesos según Lean Design para obtención del Expediente Técnico de muestra
Fuente: Elaboración propia



Figura 121: Participación de Stakeholders en las etapas de elaboración del Expediente Técnico de muestra

Fuente: Elaboración propia

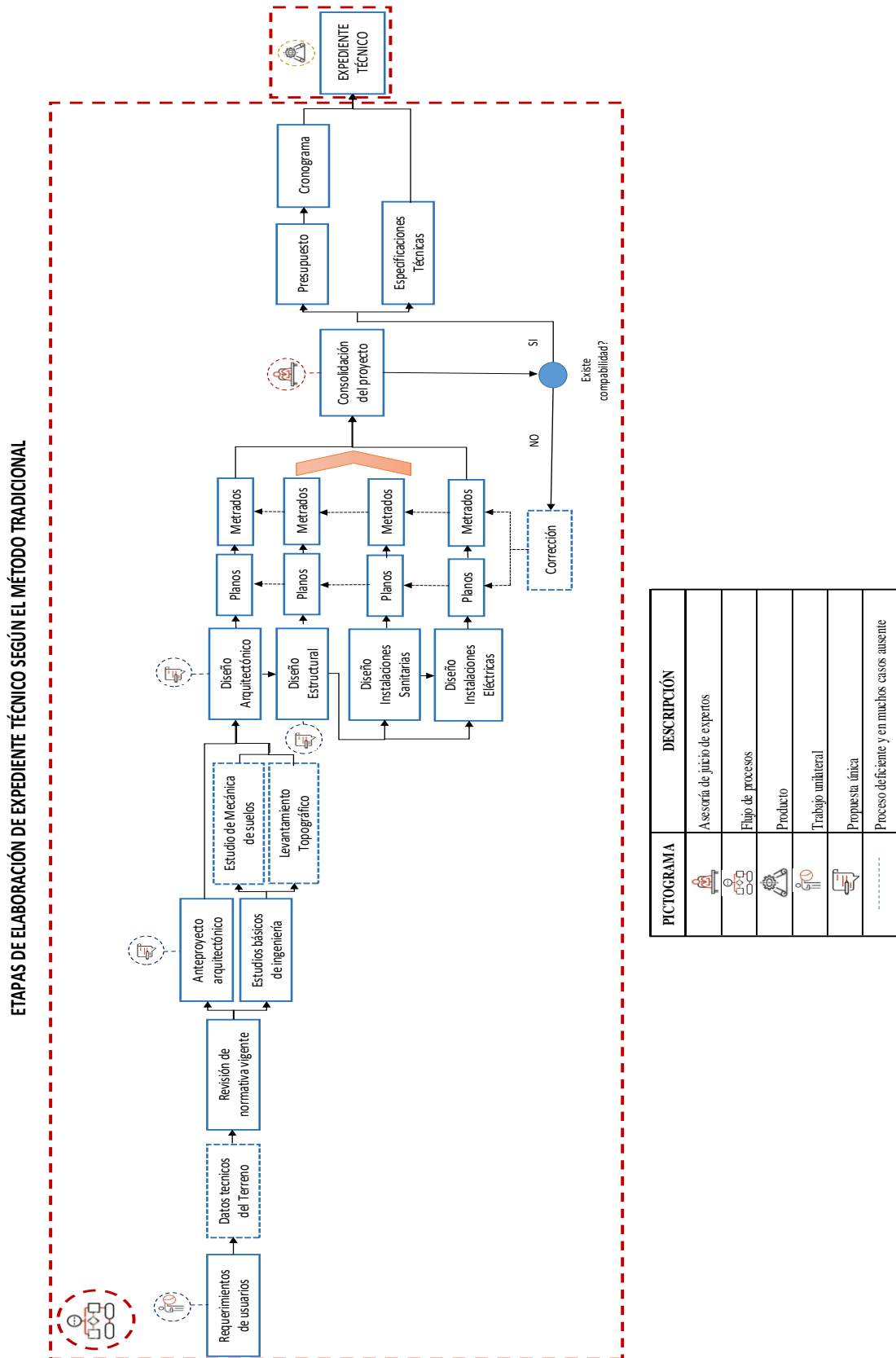


Figura 122: Flujo de procesos y pictogramas utilizados en el método tradicional de elaboración de expediente técnico de muestra

Fuente: Elaboración propia

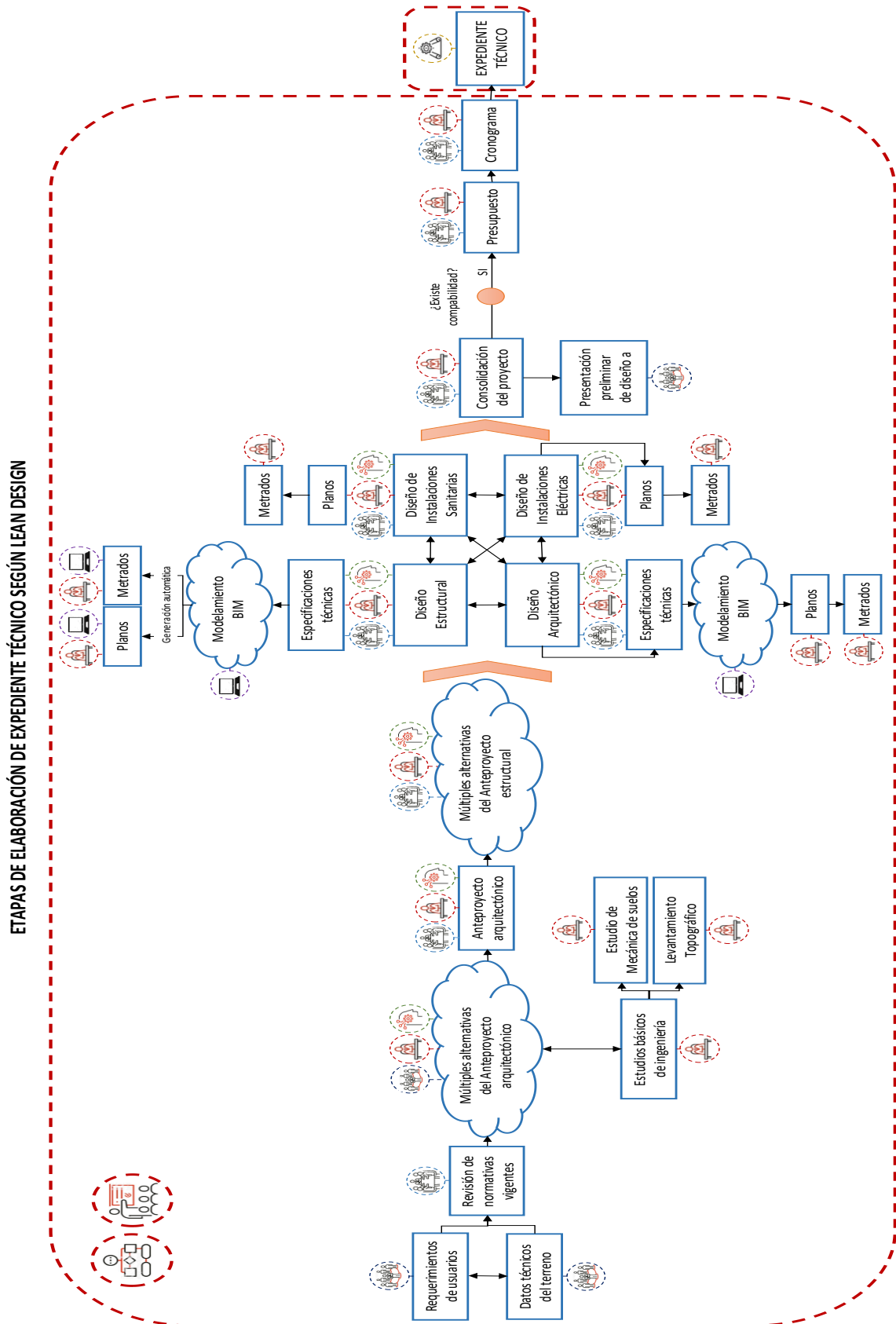


Figura 123: Flujo de procesos según Lean Design de la elaboración del expediente técnico de muestra

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Pictogramas utilizados en el flujo de procesos según Lean Design

PICTOGRAMA	DESCRIPCIÓN
	Reuniones colaborativas entre Stakeholders
	Reuniones colaborativas entre proyectistas
	Asesoría de juicio de expertos
	Constructabilidad
	LAST PLANNER
	Tecnología BIM
	Flujo de procesos
	Producto
	Trabajo unilateral
	Propuesta única

Fuente: Elaboración propia

4.1. DEFINICIÓN DE PROYECTO

4.1.1. MUESTRAS

4.1.1.1. MÉTODO CONVENCIONAL

El registro de datos utilizado para evaluar los procesos de definición del proyecto que utilizan método convencional en proyectos similares fue tomado a partir del diagnóstico realizado por el Ingeniero Civil Juan Carlos Vásquez Ayala en el año 2006, que indica:

Con el propósito de obtener un diagnóstico claro respecto a la aplicación del Diseño “Lean” en los proyectos de edificación, se realizó en Lima 122 encuestas entre los diferentes involucrados en el diseño de proyectos de edificación. Las encuestas se dirigieron a:

- Coordinadores de Proyectos
- Ingenieros Residentes Especialistas (Arquitectos, Ing. Estructurales, Ing. Sanitarios, Ing. Eléctricos e Ing de Suelos) y

- Maestros de Obra

De las 122 encuestas realizadas, 12 fueron contestadas por Coordinadores de proyectos, 40 por Ing. Residentes, 19 por Especialistas, y 51 por Maestros de Obra. En algunos casos, los coordinadores y especialistas pertenecían a un mismo proyecto, lo mismo que los ingenieros residentes y maestros de obra. En total, las 122 encuestas provienen de 100 proyectos de edificación, que se obtuvieron visitando 74 obras y 26 oficinas de los distintos involucrados.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Una de las primeras preguntas en las encuestas fue sobre el tipo de empresa a la que pertenecían los encuestados, resultando un 63% de empresas medianas seguida por un 22% de empresas pequeñas y un 15% de empresas grandes. Por otro lado, un 24% de los proyectos estudiados tenían un área construida entre 300 y 1,000 m², un 31% entre 1,000 y 3,000 m², otro 31% igual lo conformaban proyectos de 3,000 a 6,000 m², y un 15% proyecto de más de 6,000 m². Esto último nos indica que las encuestas se distribuyeron de manera uniforme según el tamaño del proyecto.

En cuanto al sistema constructivo utilizado se encontró que un 42% de los proyectos se construyeron con el sistema aporricado, un 30% con muros vaciados en sitio y 28% con albañilería confinada. Asimismo, un 43% fueron edificios de 3 a 6 pisos, un 40% de 7 a 10 pisos y 18% de 11 a más pisos. De estas primeras cifras podemos observar que la muestra se trata de proyectos con los tres sistemas constructivos más utilizados en el Perú por muchos años con diferentes magnitudes de obra y de distintos número de pisos, sin embargo como se observará más adelante esta condición no significa una ventaja para los constructores que con su vasta experiencia continúan resolviendo

diversos problemas en la obra ocasionados por ineficiencias en el diseño del proyecto y por ese divorcio existente entre el diseño y la construcción.

4.1.1.2 MÉTODO LEAN DESIGN

La muestra utilizada fue el proyecto “Creación del complejo sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno”.

4.1.2. PROCESOS DE EVALUACIÓN

4.1.2.1. ORGANIZARSE EN EQUIPOS MULTIDISCIPLINARIOS

A) METODOLOGÍA CONVENCIONAL

Al respecto se obtuvo que solo en un 8% de los proyectos las coordinaciones se realizan con todas las especialidades durante el diseño. Esta cifra nos debe llamar la atención pues hay que tener en cuenta, que una parte de este porcentaje son equipos multidisciplinarios y otros son simplemente grupos multidisciplinarios, pues existen diferencias muy claras entre estos dos términos, pues según la naturaleza del trabajo de diseño, ésta necesita de equipos y no de grupos.



Figura 124: Coordinación entre involucrados de un proyecto de edificación

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

Se puede concluir que una de las causas fundamentales de las deficiencias en el diseño surge desde que, en un inicio se opta por trabajar el diseño sin mayor comunicación con todas las especialidades y formando grupos donde cada uno de los miembros responde por su trabajo de manera individual sin coordinar con el resto.

Lo antes mencionado se puede apreciar en el siguiente resultado, donde un 67% de los coordinadores de los proyectos encuestados coincidieron que arquitectura y estructuras son las especialidades prioritarias en el diseño, dejando de lado a las otras especialidades que también forman parte del proyecto.

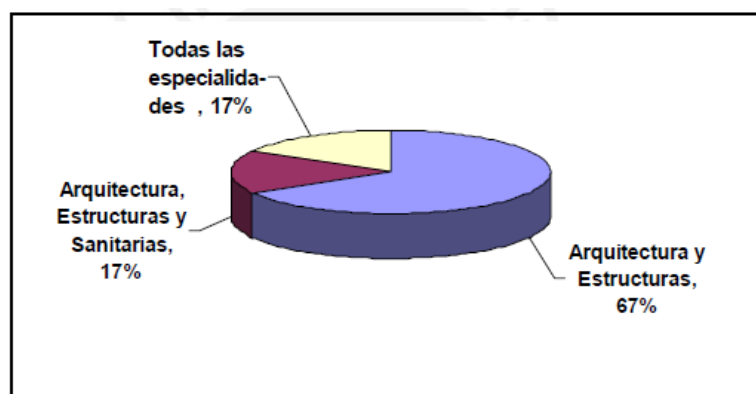


Figura 125: Especialidades más importantes

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

Respecto a la participación de los constructores en la etapa de diseño, a través de su opinión y experiencia, los resultados arrojaron que un 81% de los proyectos estudiados no presentan participación alguna de los constructores, lo que evidencia, un divorcio existente entre diseño y construcción.

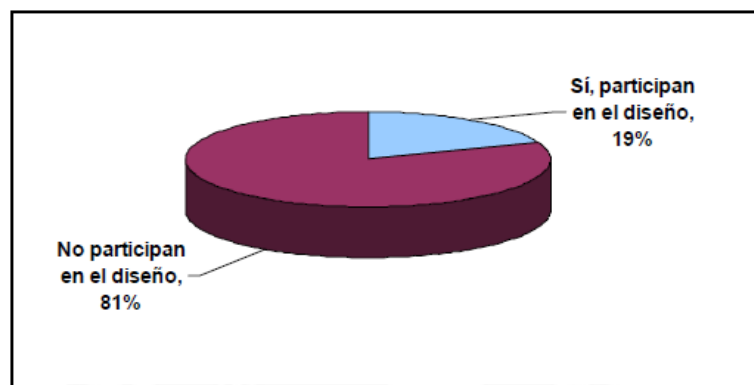


Figura 126: Participación de los constructores en la etapa de diseño

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

B) METODOLOGÍA LEAN DESIGN

El proyecto “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador Mundo-Alto Puno, Distrito, Provincia y departamento de Puno” fue desarrollado por un equipo multidisciplinario, el área de Ingeniería fue conformado por dos proyectistas de Ingeniería Civil y un asesor del área, encargados de realizar el diseño estructural del proyecto de muestra, la especialidad de arquitectura fue conformada por dos proyectistas de Arquitectura y un asesor del área, de la misma forma, la especialidad de instalaciones eléctricas fue desarrollada un proyectista de Ingeniería Eléctrica con un asesor del área, para la especialidad de Costos y Presupuestos se contó con un Ingeniero Civil especialista en el área con vasta experiencia en proyectos de similares características. Los resultados fueron los siguientes:

- El trabajo desarrollado entre todas las especialidades fue colaborativo y coordinado lo que generó un flujo de trabajo simultáneo, dinámico y transparente, se pudo obtener aprendizajes técnicos y comprensión recíproca entre todas las especialidades evitando incompatibilidades y la realización de retrabajos e incluso se afianzó la confianza para que cada proyectista pueda desenvolverse y recrear ideas entorno al proyecto. Si bien es cierto al inicio hubo resistencia a las coordinaciones continuas

por la falta de costumbre de participar en reuniones presenciales, ya que la mayoría de profesionales están acostumbrados a trabajar o enviar su parte correspondiente del proyecto vía correos electrónicos y de esta modalidad anulamos todo tipo de trabajo en equipo, no se juntan los aprendizajes, las ideas y experiencias que cada profesional podría aportar en la optimización del proyecto, esta deficiencia fue superada en base a las reuniones semanales y mensuales entre los involucrados del proyecto.

- Cada opinión de los integrantes del equipo fue válida, no habiendo jerarquización a la hora de tomar decisiones. Se consultaron con los especialistas de cada área que componen el trabajo para analizar las posibles decisiones, llegando a un entendimiento global del grupo de trabajo durante todas las etapas de la realización del expediente técnico.
- En base a la constructabilidad, se contó con la participación de los constructores en la fase de diseño para el área de Costos y Presupuestos, aportando sobre los materiales existentes en la Región, los procesos constructivos más adecuados y económicos que se puedan optar, entre otros. Logrando, con la experiencia del ingeniero en costos y presupuestos junto a la experiencia del constructor, un proyecto más realista y económico, y a su vez previendo los típicos problemas que suelen aparecer en la ejecución de obra.

4.1.2.2. SEGUIR UNA ESTRATEGIA BASADA EN MÚLTIPLES ALTERNATIVAS

A) MÉTODOLÓGÍA CONVENCIONAL

A este respecto, se les preguntó a los coordinadores de los proyectos si para la elección del sistema constructivo, es decir, sistema aporricado, albañilería confinada, muros vaciados u otro, se había estudiado más de una alternativa, resultando que un 67% optan por seguir con el sistema con que vienen trabajando en obras anteriores, guiándose

de la experiencia y la costumbre sin analizar si su opción representa la mejor opción para el proyecto.

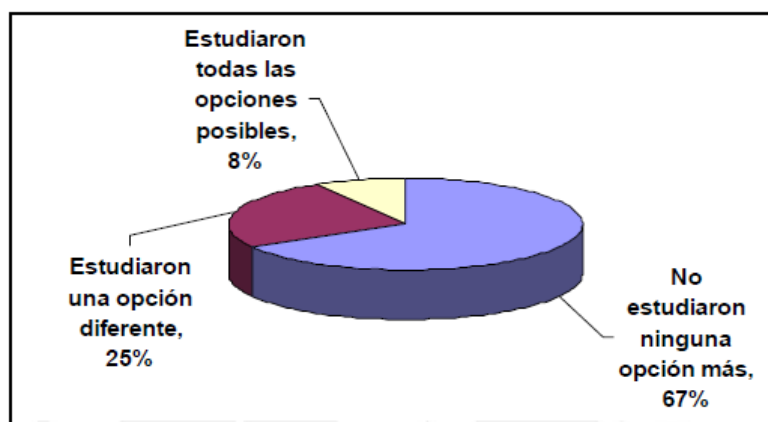


Figura 127: Estudio de otras alternativas

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

A su vez se les preguntó a los Coordinadores de los proyectos qué es lo que distinguía a su proyecto, es decir en dónde se enfocaron para agregar valor a su producto, obteniéndose que un 50% de los proyectos pone especial atención al diseño arquitectónico. Por otro lado, como complemento a la pregunta se les planteaba, como una opción de innovación para agregar valor, la aplicación de la constructabilidad, a lo que un 25% de los encuestados reconoció usarla.

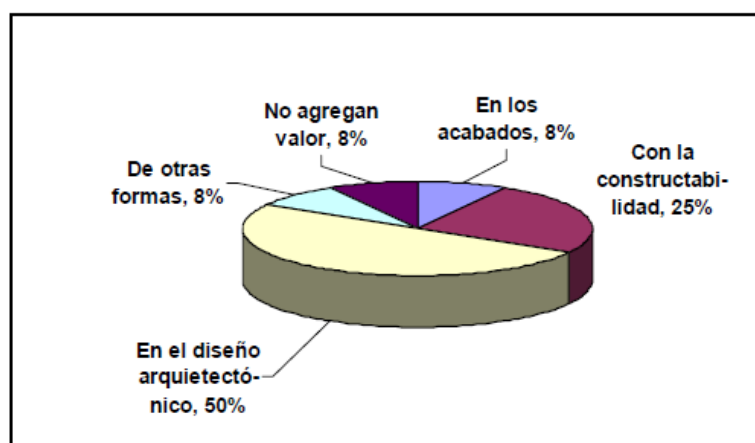


Figura 128: ¿Cómo agrega valor a su diseño?

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

B) METODOLOGÍA LEAN DESIGN

Siguiendo los lineamientos de Lean Design, en la fase de definición del proyecto y diseño del proceso se trabajó con múltiples alternativas de proyecto.

Al realizarse dos propuestas de anteproyecto arquitectónico en la definición del proyecto, las que fueron expuestas a la población beneficiaria (feligreses) y el Obispado; y sometidas a una elección, se satisfizo la mayoría de sus requerimientos para proceder a la siguiente etapa de diseño del proceso aminorando el tiempo en modificaciones del proyecto producidos por toma de decisiones precipitados e individuales.

A su vez, en el diseño del proceso, con las múltiples alternativas de sistemas estructurales del anteproyecto arquitectónico, para el diseño estructural, que desde ya se sabe que son evolutivos e iterativos, se pudo definir el sistema estructural más funcional, resistente y económico para el proyecto, gracias a la constructabilidad y experiencia de los consultores, logrando así ahorrar tiempos de iteración.

4.1.2.3. MINIMIZAR LAS ITERACIONES NEGATIVAS

A) MÉTODOLÓGÍA CONVENCIONAL

Al respecto, en el caso de los especialistas (arquitectos, ingenieros estructurales, sanitarios, etc.) se encontró que un 89% de los mismos realizan sus coordinaciones con menos de 5 personas durante el diseño del proyecto, es decir es un grupo pequeño que debería coordinar los detalles con facilidad y eficiencia, sin embargo, esto no sucede así, existe entonces una ausencia de formas claras de comunicación durante el diseño de los planos.

Como consecuencia de estas iteraciones negativas surgen los errores en los planos, lo que demanda hacer modificaciones y por ende se requiere de más tiempo para entregar

los planos definitivos. Pero cuál es la especialidad que paga el precio de éstas iteraciones negativas. Según el 54% de los coordinadores y especialistas encuestados es la arquitectura donde se producen las mayores modificaciones por errores de este tipo, seguido por un 38% que manifiestan que es en las estructuras y un 8% que son en las instalaciones sanitarias y eléctricas.

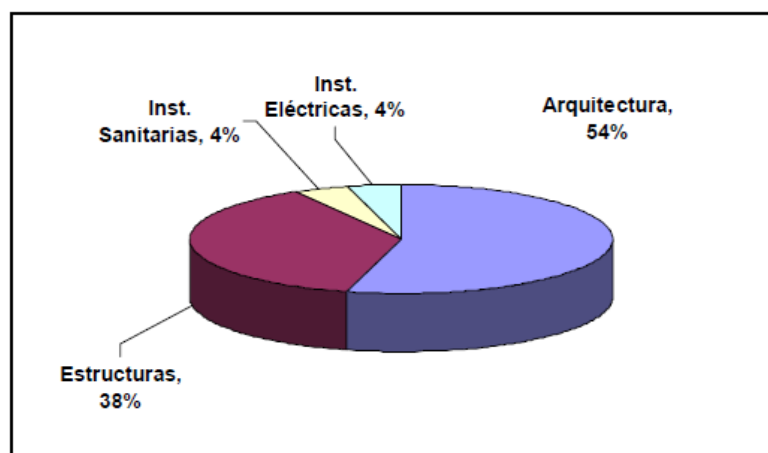


Figura 129: ¿En qué especialidad se producen las mayores modificaciones?

Fuente: Vásquez Ayala, 2006

B) METODOLOGÍA LEAN DESIGN

La minimización de iteraciones negativas es un efecto de los dos procesos de arriba mencionados: trabajo de un equipo multidisciplinario y estrategia de múltiples alternativas. Al tener menos iteraciones negativas se pudo utilizar el tiempo en agregar valor y optimizar el producto que en este caso es el expediente técnico.

4.2. DISEÑO DEL PRODUCTO

4.2.1 ELABORACIÓN DE PLANOS

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los resultados obtenidos en la elaboración de planos de la especialidad de estructuras de la muestra tomada del Templo Niño Salvador del Mundo en el software AUTOCAD y la elaboración en el software BIM REVIT:

Tabla 30: Cuadro comparativo cualitativo de la elaboración de planos en el software Autocad y en el software BIM Revit

PARÁMETROS	AUTOCAD	SOFTWARE BIM REVIT
Credibilidad	Se presentan algunas diferencia entre planos, incompatibilidad entre ellos	Al generar correctamente el modelo virtual, toda la documentación es fiable
Coherencia	Los cambios u modificaciones de alguna parte del proyecto suponen gran trabajo y esfuerzo de rehacer partes modificadas.	Al trabajar en un entorno paramétrico, cualquier cambio en el modelo no supone modificar los planos.
Documentación	Para obtener la documentación desde planos en Cad, el proceso es laborioso	Nos facilita la obtención de la documentación, gracias a ciertas herramientas, aumentando así la productividad.
Ahorro de Tiempo	Se tiene que realizar los planos mediante las herramientas de dibujos, líneas, círculos, entre otras, lo que demandó una mayor cantidad de tiempo	No se requiere dibujar cantidades infinitas de líneas, polilíneas, formas geométricas, solo se tiene que insertar las familias del software Revit
Versatilidad	Se tuvo cierta dificultad en el dibujo de las formas complejas que presentó el templo Niño Salvador del mundo	Resulta simple generar modelos de toda magnitud incluso siendo complejos, como fue el caso del templo Niño Salvador del Mundo que estaba compuesto por formas y bóvedas ojivales.
Integración con otros softwares	El nivel de integración con otros softwares es limitada, ya que te permite exportar la documentación generada mas no importar documentación proveniente de otros softwares	El diseño del producto se pudo realizar mediante vinculaciones con otros softwares como fue Sketchup, SAP 2000 y el mismo AutoCAD
Mejora de flujo de trabajo	En un proyecto complejo como fue el caso , las vistas 2D en muchas oportunidades no colaboraron a la comprensión del proyecto	Al tener un modelado 3Dpermite una mejor comprensión del desarrollo del mismo tanto para los proyectistas de las diversas especialidades como para la presentación de avances al cliente o usuario.

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una evaluación del tiempo demandado en la elaboración de los planos de la muestra de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo en

el software AUTOCAD en comparación con el tiempo demandado con el software BIM

REVIT:

Tabla 31: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit

	TIEMPO DE ELABORACIÓN DE PLANOS (días)
AutoCAD	7
SoftwareBIM Revit	4
Optimización %	57.40%

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 ELABORACIÓN DE METRADOS

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los metrados de las principales partidas de la especialidad de estructuras de la muestra tomada del Templo Niño Salvador del Mundo obtenidos de la forma tradicional vs los metrados generados con el software BIM REVIT:

Tabla 32: Tabla comparativa de metrados elaborados por el método tradicional Vs generados por el software Revit

DESCRIPCIÓN	UND	METRADO CON MÉTODO CONVENCIONAL	METRADO CON REVIT (BIM)	% VARIACIÓN
OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
SOLADOS				
SOLADO PARA ZAPATAS AISLADAS E=4" FC=100 KG/CM2	M2	149.56	149.50	-0.04%
OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
ZAPATAS AISLADAS				
ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	88.49	88.53	0.05%
ZAPATAS AISLADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	176.76	176.26	-0.28%
ZAPATAS AISLADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	2525.51	2525.13	-0.02%
VIGAS DE CIMENTACIÓN				
VIGAS DE CIMENTACIÓN: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	22.61	22.65	0.18%
VIGAS DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	176.76	176.26	-0.28%
VIGAS DE CIMENTACIÓN: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	2525.51	2525.13	-0.02%
COLUMNAS				
COLUMNAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	82.63	84.23	1.90%
COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	587.08	586.11	-0.16%
COLUMNAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	15384.82	15383.67	-0.01%
PLACAS				
PLACAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	21.84	21.92	0.36%
PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	207.60	207.45	-0.07%
PLACAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	2552.14	2551.81	-0.01%
VIGAS				
VIGAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	33.48	35.56	5.85%
VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	265.50	265.29	-0.08%
VIGAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	3868.84	3868.67	0.00%
ESTRUCTURAS METÁLICAS				
ARMADURAS METÁLICAS				
ARMADURA AM-CE-01 (ANILLO DE COMPRESIÓN)				
ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	54.56	55.02	0.83%
ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	114.16	118.82	3.92%
ARMADURA AM-CE-02				
ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	1712.64	1701.25	-0.67%
ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	565.92	545.50	-3.74%

ARMADURA AM-CE-03 (VIGUETA DE TRACCIÓN)				
ARMADURA AM-CE-03: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	385.48	376.68	-2.34%
ARMADURA AM-CI-01				
ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"	ML	465.12	449.84	-3.40%
ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/8"	ML	1578.34	1577.25	-0.07%
ARMADURA AM-CI-02 (ANILLO DE COMPRESIÓN)				
ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 1/4"	ML	54.56	56.72	3.81%
ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 3/16"	ML	135.84	136.69	0.62%
ARMADURA AM-CI-3 (ANILLO DE TRACCIÓN)				
ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L2" x 2" x 1/4"	ML	317.10	316.67	-0.13%
ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"	ML	55.52	55.37	-0.28%
CERCHAS DE CERRAMIENTO				
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01				
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	1172.84	1172.14	-0.06%
CORREAS VERTICALES: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	667.44	697.77	4.35%
ARRIOSTRES TIPO 1: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	60.32	60.10	-0.37%
ARRIOSTRES TIPO 2: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	135.68	135.32	-0.27%
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02				
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	1450.92	1450.37	-0.04%
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL 2L 21/2"x21/2"x3/8"	ML	59.04	58.75	-0.49%
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01				
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01: PERFIL T 2"x2"x1/4"	ML	3352.12	3351.67	-0.01%
CERCHAS METÁLICAS				
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A				
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A: PERFIL 2L 2"x2"x3/16"	ML	156.50	156.48	-0.01%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A: PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	161.28	169.60	4.91%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A'				
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A': PERFIL 2L 2"x2"x3/16"	ML	65.07	69.27	6.06%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A': PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	69.33	65.07	-6.55%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B				
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B: PERFIL 2L 2"x2"x3/16"	ML	165.01	165.28	0.16%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B: PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	173.08	173.20	0.07%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B'				
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B': PERFIL 2L 2"x2"x3/16"	ML	165.01	165.28	0.16%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B': PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	173.08	173.20	0.07%
CERCHA METÁLICA CM-CI-02				
CERCHA METÁLICA CM-CI-02: PERFIL 2L 2"x2"x3/16"	ML	394.10	410.88	4.08%
CERCHA METÁLICA CM-CI-02: PERFIL 2L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	307.03	304.32	-0.89%
CERCHA METÁLICA CM-CI-03				
CERCHA METÁLICA CM-CI-03: PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"	ML	165.00	164.89	-0.07%
CERCHA METÁLICA CM-CI-03: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	160.38	160.16	-0.14%
CERCHA METÁLICA CM-CI-04				
CERCHA METÁLICA CM-CI-04: PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"	ML	45.92	45.92	0.00%
CERCHA METÁLICA CM-CI-04: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	45.76	45.92	0.35%
CERCHA METÁLICA CM-CI-05				
CERCHA METÁLICA CM-CI-05: PERFIL L 21/2"x21/2"x1/4"	ML	37.50	37.50	0.00%
CERCHA METÁLICA CM-CI-05: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"	ML	35.45	34.78	-1.93%
TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METÁLICA				
TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CE-01: PLATINAS 1/8X11/2"	ML	67.68	67.24	-0.65%
TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CI-01: PLATINAS 1/8X11/2"	ML	78.29	78.12	-0.22%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO				
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-01: PLATINAS 1/8"x11/2"	ML	214.08	213.89	-0.09%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-02: PLATINAS 1/8"x11/2"	ML	214.08	213.44	-0.30%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CI-01: PLATINAS 1/8"x11/2"	ML	110.40	110.15	-0.23%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS				
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-03: PLATINAS 1/8"x11/2"	ML	484.80	484.34	-0.09%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-04: PLATINAS 1/8"x11/2"	ML	332.80	332.11	-0.21%

Fuente: Elaboración propia

También se realizó una evaluación del tiempo demandado en la elaboración de metrados de las principales partidas de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo con el método tradicional en comparación con el tiempo invertido en la generación de metrados con el software BIM REVIT:

Tabla 33: Cuadro Comparativo de tiempo de elaboración de planos en el software Autocad Vs Software BIM Revit

	TIEMPO DE ELABORACIÓN DE PLANOS (días)
Método tradicional	3
Software BIM Revit	1
Optimización %	33.33%

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO

Tabla 34: Tabla comparativa de presupuesto parcial elaborados por el método tradicional Vs elaborado en base a metrados generados por el software Revit

DESCRIPCIÓN	UND	PRESUPUESTO PARCIAL S/. CON MÉTODO CONVENCIONAL			PRESUPUESTO PARCIAL S/. CON METRADOS DE REVIT (BIM)			% VARIACIÓN
		METRADO CON MÉTODO CONVENCIONAL	PRECIO	PARCIAL S/.	METRADO CON REVIT (BIM)	PRECIO	PARCIAL S/.	
OBRAS DE CONCRETO SIMPLE								
SOLADOS								
SOLADO PARA ZAPATAS AISLADAS E=4" FC=100 KG/CM2	M2	149.56	34.29	5128.41	149.50	34.29	5126.36	-0.04%
OBRAS DE CONCRETO ARMADO								
ZAPATAS AISLADAS								
ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	88.49	373.46	33047.48	88.53	373.46	33062.41	0.05%
ZAPATAS AISLADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	176.76	60.41	10678.07	176.26	60.41	10647.87	-0.28%
ZAPATAS AISLADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	2525.51	3.82	9647.45	2525.13	3.82	9646.00	-0.02%
VIGAS DE CIMENTACIÓN								
VIGAS DE CIMENTACIÓN: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	22.61	354.18	8008.01	22.65	354.18	8022.18	0.18%
VIGAS DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	176.76	58.86	10404.09	176.26	58.86	10374.66	-0.28%
VIGAS DE CIMENTACIÓN: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	2525.51	3.82	9647.45	2525.13	3.82	9646.00	-0.02%
COLUMNAS								
COLUMNAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	82.63	366.76	30306.08	84.23	366.76	30892.19	1.90%
COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	587.08	30.60	17964.54	586.11	30.60	17934.97	-0.16%
COLUMNAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	15384.82	3.82	58770.01	15383.67	3.82	58765.62	-0.01%
PLACAS								
PLACAS: CONCRETO FC=210 KG/CM2	M3	21.84	366.76	8010.50	21.92	366.76	8039.38	0.36%
PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	207.60	63.66	13215.82	207.45	63.66	13206.27	-0.07%
PLACAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	2552.14	3.82	9749.17	2551.81	3.82	9747.91	-0.01%
VIGAS								
VIGAS: CONCRETO FC= 210 KG/CM2	M3	33.48	358.38	11997.90	35.56	358.38	12743.99	5.85%
VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	265.50	21.05	5588.69	265.29	21.05	5584.35	-0.08%
VIGAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM2	KG	3868.84	3.82	14778.96	3868.67	3.82	14778.32	0.00%
ESTRUCTURAS METÁLICAS								
ARMADURAS METÁLICAS								
ARMADURA AM-CE-01 (ANILLO DE COMPRESIÓN)								
ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	54.56	57.78	3152.48	55.02	57.78	3178.97	0.83%
ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 11/2"x12"x3/16"	ML	114.16	19.05	2174.75	118.82	19.05	2263.47	3.92%
ARMADURA AM-CE-02								
ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	1712.64	57.78	98956.34	1701.25	57.78	98298.11	-0.67%
ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 11/2"x12"x3/16"	ML	565.92	19.05	10780.78	545.50	19.05	10391.70	-3.74%
ARMADURA AM-CE-03 (VIGUETA DE TRACCIÓN)								
ARMADURA AM-CE-03: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	385.48	57.78	22273.03	376.68	57.78	21764.57	-2.34%
ARMADURA AM-CI-01								
ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2"x 11/2"x 1/4"	ML	465.12	22.20	10325.66	449.84	22.20	9986.45	-3.40%
ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2"x 11/2"x 1/8"	ML	1578.34	16.18	25537.61	1577.25	16.18	25519.91	-0.07%
ARMADURA AM-CI-02 (ANILLO DE COMPRESIÓN)								
ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2"x 21/2"x 1/4"	ML	54.56	43.66	2382.09	56.72	43.66	2476.40	3.81%
ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2"x 21/2"x 3/16"	ML	135.84	42.53	5777.28	136.69	42.53	5813.43	0.62%
ARMADURA AM-CI-3 (ANILLO DE TRACCIÓN)								
ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L2"x 2"x 1/4"	ML	317.10	48.30	15315.74	316.67	48.30	15295.16	-0.13%
ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L11/2"x 11/2"x 1/4"	ML	55.52	22.20	1232.63	55.37	22.20	1229.21	-0.28%
CERCHAS DE CERRAMIENTO								
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01								
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	1172.84	57.78	67766.70	1172.14	57.78	67726.25	-0.06%
CORREAS VERTICALES: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	667.44	57.78	38564.68	697.77	57.78	40317.15	4.35%
ARRIOSTRES TIPO 1: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	60.32	57.78	3485.29	60.10	57.78	3472.58	-0.37%
ARRIOSTRES TIPO 2: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	135.68	57.78	7839.59	135.32	57.78	7818.79	-0.27%
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02								
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL L 21/2"x12"x3/8"	ML	1450.92	57.78	83834.16	1450.37	57.78	83802.38	-0.04%
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL 2L 21/2"x12"x3/8"	ML	59.04	68.72	4057.23	58.75	68.72	4037.30	-0.49%
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01								
CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01: PERFIL T 2"x2"x1/4"	ML	3352.12	55.42	185774.22	3351.67	55.42	185749.55	-0.01%
CERCHAS METÁLICAS								
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A								
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML	156.50	63.22	9893.68	156.48	63.22	9892.67	-0.01%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	161.28	49.48	7980.13	160.60	49.48	8391.81	4.91%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A'								
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML	65.07	63.22	4113.73	69.27	63.22	4379.25	6.06%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	69.33	49.48	3430.45	65.07	49.48	3219.66	-6.55%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B								
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML	165.01	63.22	10431.81	165.28	63.22	10449.00	0.16%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	173.08	43.03	7447.63	173.20	43.03	7452.80	0.07%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B'								
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML	165.01	63.22	10431.81	165.28	63.22	10449.00	0.16%
CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	173.08	43.03	7447.63	173.20	43.03	7452.80	0.07%
CERCHA METÁLICA CM-CI-02								
CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML	394.10	63.22	24914.75	410.88	63.22	25975.83	4.08%
CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	307.03	43.03	13211.59	304.32	43.03	13094.89	-0.89%
CERCHA METÁLICA CM-CI-03								
CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"	ML	165.00	43.66	7203.90	164.89	43.66	7199.10	-0.07%
CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	160.38	19.05	3055.24	160.16	19.05	3051.05	-0.14%
CERCHA METÁLICA CM-CI-04								
CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"	ML	45.92	43.66	2004.87	45.92	43.66	2004.87	0.00%
CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	45.76	19.05	871.73	45.92	19.05	874.78	0.35%
CERCHA METÁLICA CM-CI-05								
CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"	ML	37.50	43.66	1637.25	37.50	43.66	1637.25	0.00%
CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"	ML	35.45	19.05	675.32	34.78	19.05	662.56	-1.93%
TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METÁLICA								
TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CE-01: PLATINAS 1/8"X11/2"	ML	67.68	9.45	639.58	67.24	9.45	635.42	-0.65%
TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CI-01: PLATINAS 1/8"X11/2"	ML	78.29	7.52	588.76	78.12	7.52	587.46	-0.22%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO								
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-01: PLATINAS 1/8"X11/2"	ML	214.08	7.52	1609.88	213.89	7.52	1608.45	-0.09%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-02: PLATINAS 1/8"X11/2"	ML	214.08	7.52	1609.88	213.44	7.52	1605.07	-0.30%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CI-01: PLATINAS 1/8"X11/2"	ML	110.40	7.52	830.21	110.15	7.52	828.33	-0.23%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS								
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-03:PLATINAS 1/8"X11/2"	ML	484.80	7.58	3674.78	484.34	7.58	3671.30	-0.09%
TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-04:PLATINAS 1/8"X11/2"	ML	332.80	7.58	2522.62	332.11	7.58	2517.39	-0.21%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 34 compara presupuesto de las principales partidas de la especialidad de estructuras de la muestra tomada del Templo Niño Salvador del Mundo obtenidos de la forma tradicional vs el presupuesto elaborado a partir de los metrados generados con el software BIM REVIT.

4.3 LAST PLANNER

Según la metodología realizada se obtuvo las siguientes planificaciones: PLANIFICACIÓN MAESTRA (LAST PLANNER) Y PLANIFICACIÓN SEMANAL, Ambas planificaciones nos permitieron elaborar el producto (expediente técnico) mediante un flujo de trabajo continuo, eliminando restricciones y previendo obstáculos que generen tiempo perdido.

Tabla 35: Plan maestro del expediente técnico de muestra.

PLAN MAESTRO																				
NOMBRE DE PROYECTO	CREACIÓN DEL COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO-ALTO PUNO, DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PUNO																			
	OBSERVACION																			
PROPIETARIO	PUNO																			
Descripción de la Actividad	AÑO 2017						AÑO 2018													
	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	
Capacitación Lean	P1	P1																		
Capacitación Tecnología BIM					P2	P2														
Coordinaciones entre Stakeholders	P3 A1 A2	P3 A4	P4 A3	P4	P3	P4 P7	P4 P7	P4 P5 P7	P4 P5 P7	P3 P5	P5 P7	P5 P8	P4 P7	P7	P3 P5 P6	P5	P5			P3 P6 P9
Arquitectura	B1	C1 C2 C3	C4	C5	C6 C7	C8	C8	C8	C8	C8	C8	D16	D17	E1	E2	E2	E2	E2	E4	
Estructuras	B1	C9 C12 C13 C14	C10	C11				D1 D2	D3	D3 D4	D5 D6	D7 D8	D9		E1	E2	E2 E3	E4		
Instalaciones Sanitarias	B1													D10 D11 D12 D13	E9	E10		E11		
Instalaciones Eléctricas	B1														D14 D15	E2	E13	E24		
Ingeniería de presupuesto y costos	B1																			E15 E16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Leyenda del plan maestro del expediente técnico del proyecto de muestra.

PARTIDAS	NOM
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y CAPACITACIÓN LEAN	P1
CAPACITACIÓN DEL SOFTWARE BIM	P2
REUNIONES COLABORATIVAS STAKEHOLDERS	P3
ASESORIA DE JUICIO DE EXPERTOS ARQUITECTOS	P4
ASESORIA DE JUICIO DE EXPERTOS INGENIEROS CIVILES	P5
ASESORIA DE JUICIO DE EXPERTOS INGENIEROS ELÉCTRICOS	P6
REUNIONES COLABORATIVAS PROYECTISTAS	P7
DEFINICIÓN DEL PROYECTO	
<u>NECESIDADES Y VALORES</u>	A
REQUERIMIENTO DE USUARIOS	A1
DATOS TÉCNICOS DEL TERRENO PARA EST. Y ARQ	A2
DATOS TÉCNICOS PARA INST. SANITARIAS	A3
DATOS TÉCNICOS PARA INST. ELÉCTRICAS	A4
<u>CRITERIOS DE DISEÑO</u>	B
Revisión de normativas vigentes	B1
DISEÑO LEAN	
<u>CONCEPTOS DE DISEÑO</u>	C
ANTEPROYECTO ARQUITÉCNICO	--
Estudio Socioeconómico	C1
Estudio Contextual	C2
Estudio Bioclimático	C3
Programa Arquitectónico	C4
Elaboración Propuesta 1	C5
Elaboración Propuesta 2	C6
Elección de propuesta final	C7
Modelado y planos de anteproyecto arquitectónico	C8
ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA	--
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	--
Trabajos insitu estudio de suelos	C9
Ensayos de laboratorio	C10
Informe del estudio de Mecánica de Suelos	C11
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	C12
Trabajos en gabinete	C13
Planos topográficos	C14
<u>DISEÑO DEL PROCESO</u>	D
DISEÑO ESTRUCTURAL	--
Estructuración prop 1,2	D1
Predimensionamiento prop 1,2	D2
Análisis estructural prop 1,2	D3
Elección de propuesta final	D4
Diseño en Concreto Armado	D5
Especificaciones técnicas C°A°	D6
Diseño en Acero	D7
Especificaciones técnicas estructuras de acero	D8

PARTIDAS (... continuación)	NOM
Planos estructural iniciales	D9
DISEÑO DE INSTALACIONES SANITARIAS	--
Sistema de Agua fría	D10
Sistema de evacuación de desague y ventilación	D11
Sistema de drenaje pluvial	D12
Especificaciones técnicas Inst. Sanitarias	D13
DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	D14
Especificaciones técnicas Inst. Eléctricas	D15
DISEÑO ARQUITECTÓNICO	D16
Especificaciones técnicas de Arquitectura	D17
<u>DISEÑO DEL PRODUCTO</u>	E
ESPECIALIDAD DE ARQUITECTURA	--
Modelamiento BIM	E1
Planos	E2
Metrados	E3
Presupuesto Parcial	E4
ESPECIALIDAD DE ESTRUCTURAS	--
Modelamiento BIM	E5
Generación de documentación	--
Planos	E6
Metrado	E7
Presupuesto Parcial	E8
ESPECIALIDAD DE INST. SANITARIAS	--
Planos	E9
Metrados	E10
Presupuesto Parcial	E11
ESPECIALIDAD DE INST. ELÉCTRICAS	--
Planos	E12
Metrados	E13
Presupuesto Parcial	E14
PRESUPUESTO	E15
CRONOGRAMA	E16
CONSOLIDACIÓN Y REVISIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO	P8
REUNIONES COLABORATIVAS STAKEHOLDERS	P9
PRESENTACIÓN DE EXPEDIENTE TÉCNICO	P10

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Se concluye que la aplicación de la filosofía Lean Design mediante las herramientas IPD y la constructabilidad logró optimizar la etapa de definición del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018, esto se pudo evidenciar en los procesos:
 - Al trabajar en equipos multidisciplinarios se generó un flujo de trabajo dinámico y colaborativo dentro del cual cada profesional se empoderó y se sintió con mayor capacidad de acción, de igual manera afianzaron su productividad para obtener la mejor propuesta en la definición del proyecto. A su vez el aporte de la experiencia y capacidad de los constructores en la toma de decisiones en la definición del proyecto logró realizar un proyecto más realista y económico.
 - Una estrategia basada en múltiples alternativas genera ideas innovadoras que agregan valor al producto, mientras se proponga en etapas más tempranas se reduce el tiempo de corrección de errores posteriores en el proyecto por toma de decisiones precipitadas e individuales.
 - A mayor participación de los involucrados en el proyecto se minimiza las posibles modificaciones por requerimiento de algún integrante del equipo multidisciplinario durante el desarrollo del proyecto.
- La utilización del software Revit Structure optimizó el proceso y el tiempo de elaboración de planos en comparación a los generados con el software AutoCAD de una muestra representativa de la especialidad de estructuras del Templo Niño Salvador del Mundo. También se observó los siguientes beneficios:

- Los planos generados a partir modelado 3D del proyecto estructural en Revit Structure son confiables.
- La visualización 3D del modelo del proyecto estructural en Revit Structure permite identificar incoherencias e incompatibilidades y así poder corregirlos en una fase temprana.
- La interacción entre el modelo 3D y planos es dinámica pues la información y documentación siempre está en sincronía con el modelo en cada instante. Es decir que, si se modifica cualquier dato, automáticamente es actualizado en todo el proyecto
- Revit Structure posee herramientas que simplifican la generación de documentación como planos de planta, elevación, cortes alzados, etc, lo que se traduce también en un ahorro de tiempo de dibujo.
- La plataforma de Revit Structure posee una amplia librería de familias de los elementos estructurales que al poseer formas geométricas definidas acelera el tiempo de creación de planos.
- Revit Structure al ser un software BIM permite un trabajo colaborativo, rápido y efectivo a través de la importación y exportación del modelo 3D con otros softwares como Sketchup, SAP 2000 y Autocad.
- El modelado 3D en Revit Structure permite un mayor entendimiento del proyecto estructural para el equipo proyectista, así como para la presentación al cliente.
- La precisión del metrado generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el metrado realizado a criterio del proyectista.
- El tiempo de obtención de metrados generado por el software Revit Structure es menor que el tiempo de elaboración de metrados realizados a criterio del proyectista.

- El presupuesto obtenido a partir de los metrados generado por el software Revit Structure es más ajustado a la realidad que el presupuesto realizado a criterio del proyectista.
- La aplicación de la filosofía Lean Design y la tecnológica BIM como herramienta optimizó la elaboración del expediente técnico: Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo–Alto Puno, distrito, provincia y departamento de Puno, 2018; en comparación con el método tradicional.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de la metodología Lean Design en proyectos referentes a la construcción para optimizar el proceso de producción de expedientes técnicos, y así obtener proyectos óptimos con ideas innovadoras y con menores incompatibilidades entre especialidades, dado principalmente por un trabajo realizado por un equipo multidisciplinario.
- Se recomienda el uso de la tecnología BIM para el modelamiento de proyectos ya que los beneficios son múltiples, como la visualización 3D, metrados automáticos, identificación de interferencias, programación, entre otros, dependiendo la necesidad del proyectista utilizará distintos softwares afines a cada requerimiento.
- Para la continuidad de investigación de la presente tesis se recomienda tomar Lean Construction en todas las etapas de un proyecto: Diseño, ejecución, operación y mantenimiento.
- Se recomienda utilizar la tecnología BIM y las herramientas Lean en la elaboración de expedientes técnicos que generan presupuestos más ajustados a la realidad, ya que en el Perú los gastos por retrabajos con altos y muchas veces no son cuantificables ya que son cubiertos por el margen de ganancia.
- Se recomienda la difusión de conceptos beneficios y limitaciones de la tecnología BIM a nivel de pregrado en las universidades.
- Cabe resaltar que la presente investigación se avoca a la evaluación de la filosofía Lean en la fase de elaboración del expediente técnico, de igual manera en la fase de ejecución de obra también se puede utilizar los lineamientos y herramientas lean de manera más específica lo que se conoce como Lean Construction, la cual se sugiere como línea de investigación.

CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS

- CAPECO. (16 de Noviembre de 2018). Comité BIM del Perú. *Perú construye*. Recuperado de <https://peruconstruye.net/wp/2018/11/16/comite-bim-del-peru/>
- Choclán Gámez, F., Soler Severino, M., & González Márquez, R. (2014). INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA BIM. *Spanish Journal of Building Information Modeling*, 14(1), 4-10. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/284159764_INTRODUCCION_A_LA_METODOLOGIA_BIM
- COAIN. (2016). La transformación digital de la Industria. *TESLA*(10), 4-5. Recuperado de <http://portal.coiim.es>
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*. California, Estados Unidos: Cengage Learning Latin Am.
- Espinoza Rosado , J., & Pacheco Echevarría, R. M. (2014). *MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCTABILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM* (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Freire, J., & Alarcón, L. F. (2001). MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE DISEÑO EN PROYECTOS ACHIEVING A LEAN DESIGN PROCESS. *Ingeniería de Construcción*, 16 (1), 61-71. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/viewFile/201/12>

- GrantThornton. (2018). *BIM(Building Information Modeling)*. GrantThornton Corporación S.L.P. Recuperado de https://www.grantthornton.es/globalassets/___spain___/folletos/bim.pdf
- Guzman Tejada, A. (2014). *APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- López, J. G. (Julio de 2016). *BIM en 8 puntos.es.BIM*. Recuperado de https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM.pdf
- McGraw Hill Construction. (2013). *The business value of BIM for construction in major global markets*. SmartMarket Report. Recuperado de https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf
- Molinare, A. (8 de Mayo de 2012). *Las ventajas más importantes del BIM*. ArchDaily. Recuperado de <https://www.archdaily.pe>
- Orihuela Astupinaro, P., & Orihuela Astupinaro, J. (2005). *APLICACIONES DEL LEAN DESIGN A PEQUEÑOS PROYECTOS INMOBILIARIOS DE VIVIENDA*. Motiva S.A. Recuperado de http://www.motiva.com.pe/articulos/LeanDesign_ProyectosInmobiliarios.pdf
- Pacheco Borja, R. (2017). *COMPARACIÓN DEL SISTEMA TRADICIONAL VS LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM(BUILDING INFORMATION MANAGEMENT) EN LA ETAPA DE DISEÑO Y SEGUIMIENTO EN*

EJECUCIÓN. ANÁLISIS DE UN CASO DE ESTUDIO (Tesis de pregrado).

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Pacheco, E. R. (2015). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PLANIFICACIÓN CONVENCIONAL Y LA METODOLOGIA BIM DEL PROYECTO "COLEGIO EMBLEMÁTICO JUANA CERVANTES DE BOLOGNESI* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Pons Achell, J. F. (Ed).(2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid, España: Editorial Fundación Laboral de la Construcción.
- Quispe Quispe, M. I. (2015). *ESTUDIO DE UN SISTEMA DE PLANEAMIENTO APLICANDO LAST PLANNER SYSTEM DE LEAN CONSTRUCTION PARA PROCESOS ELECTROMECAÑICOS DE UNA PLANTA ELÉCTRICA DE POTENCIA* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Uchilefau. (2016). *Encuesta Nacional BIM 2016 Informe de resultados*. Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140341/Encuesta_Nacional_BIM_2016.pdf
- Vásquez Ayala, J. (2006). *EL "LEAN DESIGN" Y SU APLICACIÓN A LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Cruz Velasco, L. G. (2015). *Distribución de esfuerzos en el terreno Universidad de Cauca*. Recuperado de <ftp.unicauca.edu.co>
- Vilca Peralta, Y. E. (2014). *OPTIMIZACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS EN LA GESTION DE PROYECTOS DE INGENIERIA UTILIZANDO LA*

TECNOLOGÍA BIM (BUILDING INFORMATION MODEL-MODELADO DE INFORMACION PARA EDIFICACIONES) APLICADO AL "CENTRO DE EDUCACION CONTINUA UNA-PUNO" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1:

**PLANOS DE ESTRUCTURAS DE MUESTRA DEL
TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO CON EL
MÉTODO CONVENCIONAL.**

PLANO B1/E-01:
DISTRIBUCIÓN DE CÚPULA CENTRAL – CASCARÓN
INTERNO

PLANO B1/E-02:

DETALLES ARMADURA AM-CI-01

PLANO B1/E-03:
DETALLES CERCHA C-CI-01

PLANO B1/E-04:

DISTRIBUCIÓN DE BÓVEDAS OJIVALES – CASCARÓN
INTERNO

PLANO B1/E-05:

DETALLES: CERCHAS METÁLICAS DE BÓVEDAS
OJIVALES

PLANO B1/E-6:

DISTRIBUCIÓN DE CASCARÓN EXTERNO

PLANO B1/E-7:

DETALLES: ARMADURA AM-CE-02

PLANO B1/E-8:

DETALLES: CERCHA C-CE-02

ANEXO 2:

**PLANOS DE ESTRUCTURAS DE MUESTRA DEL
TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO GENERADOS
CON EL SOFTWARE REVIT STRUCTURE.**

PLANO B1/E-09:

DISTRIBUCIÓN DE CÚPULA CENTRAL – CASCARÓN
INTERNO

PLANO B1/E-10:

DISTRIBUCIÓN DE CASCARÓN EXTERNO

ANEXO 3:

**RESUMEN EJECUTIVO DE PROYECTO “CREACIÓN
DEL COMPLEJO SOCIOCULTURAL PARROQUIAL
NIÑO SALVADOR DEL MUNDO–ALTO PUNO,
DISTRITO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PUNO,
2018”**

RESUMEN EJECUTIVO

A. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno”, se elabora con el objeto de ofrecer una edificación al servicio comunitario de la población de Alto Puno, mediante la ejecución de infraestructuras de características innovadoras y en armonía con el medio ambiente, y de ésta manera mejorar la calidad de las condiciones del servicio comunitario parroquial y socio cultural, que el Obispado de Puno viene realizando en el área de intervención del sector Alto Puno, en favor de la población meta.

El proyecto está conformado por tres infraestructuras que cumplen con las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones, normas de seguridad y requerimientos de la población para un óptimo servicio.

Está organizado en tres bloques B1, B2 Y B3 claramente definidas por el uso de los ambientes: Bloque B1 está referido al Templo Niño Salvador del Mundo, bloque B2 subdividido en B2a (aulas taller), B2b (zona administrativa) y B2 (casa cural), y B3 referido a un Salón de Usos Múltiples.

El bloque B1 Templo Niño Salvador del Mundo presenta una forma de un gran domo en su composición formal, elemento notable, a partir del cual se organiza la arquitectura complementaria, este elemento tiene una gran fuerza visual y por ello mismo la posibilidad de adquirir la presencia como icono urbano. Entonces la propuesta presenta un diseño innovador que no pierde su lenguaje religioso ya que sustenta sus formas en referentes, históricos y culturales. Esta infraestructura toma las medidas de seguridad necesarias pues acoge a un público grande de 500 personas aproximadamente.

Los bloques B2 y B3 que presenta el proyecto son los ambientes básicos complementarios para el desarrollo de un complejo parroquial los cuales permiten realizar las actividades de culto, evangelización, didáctica, servicios administrativos servicios comunitarios y vivienda. Todos estos ubicados de tal modo que se adecuan al contexto urbano ofreciendo espacios públicos, semipúblicos y privados. La pequeña programación se da por las dimensiones del terreno que a pesar de ello se la aprovecha al máximo, pues se plantearon grandes espacios abiertos que permiten la articulación del conjunto e incluso la posibilidad de generar estares-jardín. Estos espacios abiertos y verdes permiten crear un vínculo con el medio ambiente y ofrecer al público espacios acogedores, de esparcimiento y descanso.

El proyecto articula sus accesos principales a espacios públicos de los cuales el de mayor relevancia es la plaza explanada que se encuentra contiguo a él, con el fin de aprovechar al máximo las áreas se hizo una conexión directa esta. El otro acceso está articulado hacia una vía por ello presenta un atrio de ingreso el cual genera un espacio de vínculo entre la vía y el templo, a su vez que ofrece un espacio de seguridad. Los otros accesos tanto hacia la parroquia como el del salón de usos múltiples presentan el mismo lenguaje, un espacio de recepción que ofrece seguridad y comodidad. De este modo el proyecto genera un vínculo con el espacio público.



Figura 130: Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo

Fuente: Propia

Las áreas construidas del Complejo Sociocultural Parroquial Niño salvador del Mundo son:

Tabla 38: Leyendas de áreas construidas

ÁREAS CONSTRUIDAS				
B1		1 Nivel	1022.65	1089.40
		2 Nivel	66.75	
B2	B2a	1 Nivel	169.99	831.28
		2 Nivel	169.99	
	B2b	1 Nivel	73.87	
		2 Nivel	124.05	
	B2c	1 Nivel	146.69	
		2 Nivel	146.69	
B3		1 Nivel	129.87	129.87
Área Total Construida				2050.55
Área libre 42.79%				1154.15
Área Ocupada				3204.70
Área total del terreno				2697.22

Fuente: Propia

El proyecto contempla las estructuras necesarias, detalles, acabados, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias y proyecciones de equipamiento básico.

El costo directo total asciende a S/. 4 902 989.79 Nuevos soles, con un plazo de ejecución de la obra de 330 días.

Los costos de los materiales, mano de obra y equipo, que componen el costo directo de la construcción de la edificación, calculado en el expediente técnico, se obtuvieron a partir de cotizaciones en el mercado.

B. ANTECEDENTES

Actualmente el Centro Poblado de Alto Puno no cuenta con el equipamiento de un Complejo, en el que se desarrollen actividades parroquiales y socio culturales, correspondiente a la clasificación de otros fines, además de acuerdo con los radios de influencia normados a través de los reglamentos (RNC. y SISNE) se requiere la pronta instalación de este servicio y de acuerdo a las necesidades de la población (fiestas patronales y celebraciones religiosas).

Así en una acción concertada entre la población, el obispado y el gobierno local se viene gestionando el apoyo a la ejecución del proyecto “Creación del Complejo Parroquial Niño Salvador del Mundo - Alto Puno, distrito de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno”, en la procura de lograr el financiamiento necesario para la ejecución del proyecto desarrollado en el expediente técnico del proyecto denominado: “Creación del Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo – Alto Puno, distrito de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno”.

En ese sentido, mediante el CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO, aprobado mediante R.R. N° 0564-2016-R-UNA, se concerta la mutua colaboración entre el obispado de Puno y la Universidad Nacional del Altiplano a fin de consolidar esfuerzos, recursos y capacidades para concretar la elaboración del proyecto definitivo para la Construcción del Templo “Niño Salvador del Mundo”, cuya ubicación se sitúa en el Centro Poblado de Alto Puno de la ciudad de Puno.

En virtud al Convenio de Cooperación Interinstitucional en referencia, se encarga a la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNA PUNO, la implementación y

ejecución del proyecto, promoviendo la participación de estudiantes, graduandos con asesoramiento de docentes universitarios.

C. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Mejorar las condiciones de planificación del Centro Poblado De Alto Puno y brindar un servicio necesario para la población, a cargo del obispado de Puno, en el propósito de desarrollar la formación histórica, cultural y moral de la población, y a brindar el apoyo en las actividades espirituales y socio culturales.

D. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El presente Proyecto de Inversión Pública, se encuentra ubicado geográficamente en:

Departamento : Puno
Provincia : Puno
Distrito : Puno
Barrio : Urb. Ciudad Del Alto Puno
Dirección : Calle sin nombre

Coordenadas geográficas UTM del predio donde se construirá el proyecto:

Este : 389176 E
Norte : 8251063 N
Elevación : 3993 msnm

E. CRITERIOS DE DISEÑO E INTERVENCIÓN UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el diseño de la edificación se ha tenido en cuenta el aprovechamiento de energía solar y ventilación natural. Para los acabados se han considerado detalles que brinden confort a los usuarios.

Por otra parte, en función del aforo se ha realizado la distribución de áreas y ambientes, y de ello, se ha considerado el mobiliario acorde a este tipo de proyectos.

Se han realizado estudios básicos de ingeniería como estudio de mecánica de suelos y estudio topográfico. Todo ello para obtener una edificación moderna, segura, y en armonía con el medio ambiente.

F. METAS

El proyecto comprende la ejecución de partidas específicas para la culminación de las obras civiles de un área construida de 2 050.55 m².

Donde el área a construir se divide en tres bloques que constan de:

- Bloque B1 Templo: Domo de un nivel
- Bloque B2 Módulos:
 - Bloque B2a Aulas taller: edificación dos niveles
 - Bloque B2b Zona Administrativa: edificación cuatro niveles
 - Bloque B2c Casa cural: edificación de un nivel
- Bloque B3 SUM: edificación de un nivel

G. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR ITEMS

1 RESUMEN DE PRESUPUESTO DE OBRA

Tabla 39: Presupuesto de proyecto Complejo Sociocultural Parroquial Niño Salvador del Mundo

ITEM	DESCRIPCIÓN SUBPRESUPUESTO	CANTIDAD	P. PARCIAL (S/.)
001	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD, Y MEDIO AMBIENTE	1.00	97,627.05
002	TEMPLO	1.00	2,813,301.98
003	MODULOS DEL CENTRO PARROQUIAL	1.00	1,406,682.57
004	OBRAS EXTERIORES	1.00	570,144.55
005	SEGURIDAD Y EVACUACIÓN	1.00	15,233.64
TOTAL COSTO DIRECTO			4,902,989.79
GASTOS GENERALES (14.928%) :			731,933.48
UTILIDADES (7.00%) :			343,209.29
SUBTOTAL			5,978,132.56
IGV (18.00%) :			1,076,063.86
COSTO TOTAL DE OBRA			7,054,196.42

2 RESUMEN PRESUPUESTO GASTOS DE SUPERVISIÓN

TOTAL COSTO DIRECTO DE SUPERVISIÓN	212,820.00
UTILIDADES (10.00%) :	21,282.00
SUBTOTAL	234,102.00
IGV (18.00%) :	42,138.36
COSTO TOTAL GASTO DE SUPERVISIÓN	276,240.36

Fuente: Propia

COSTO TOTAL DEL PROYECTO :

S/. 7,330,436.78

H. PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO

El plazo de ejecución de la obra es de 13 meses calendarios, a partir de la entrega del terreno, que debe ser concordante con la asignación presupuestal.

El plazo de ejecución de la supervisión de la obra, es de 14 meses calendarios, que comprende 13 meses para supervisión de la ejecución de la obra, y 01 mes para el proceso de revisión y aprobación de la liquidación del contrato de obra.

I. FINANCIAMIENTO Y MODALIDAD DE EJECUCION

Considerando que el propietario del proyecto es el Obispado de Puno, el financiamiento para la ejecución del proyecto, estará definido en función a las gestiones que el ente propietario realice, en coordinación directa con la población usuaria.

La modalidad de ejecución del proyecto, asumiendo que el financiamiento sea de fuente pública o privada, se propone como sigue:

- Componente 1 Ejecución de Obra: Por contrata,
- Componente 2 Supervisión de Obra: Por contrata consultoría de obra.

J. RELACIÓN DE PROFESIONALES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

En concordancia con los lineamientos del convenio específico de cooperación interinstitucional entre el Obispado de Puno y la Universidad Nacional del Altiplano, la Decanatura de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, ha delegado la coordinación para la formulación del proyecto al docente Ingeniero Jaime Medina Leiva, a partir de lo cual se ha conformado el equipo de proyectistas, a partir de la participación de bachilleres, que enfocan el desarrollo del proyecto como temática para titulación (obtención de título profesional) en pre grado.

El equipo de proyectistas se conforma de la siguiente manera:

- 1. Jefe de Proyecto Ingeniería: Ing. Jaime Medina Leiva**
- 2. Jefe de Proyecto Arquitectura: Arq. Ayner Valer Ergueta**
- 3. Proyectistas en Diseño Arquitectónico:**

- Bach. Henry Cesar Quispe Quispe
- Bach. Jamer Jesus Mamani Apaza

4. **Proyectistas en Diseño Estructural e Instalaciones Interiores:**

- Bach. Lady Mirella Flores Pacho
- Bach. Paola Liliana Medina Bustamante

5. **Asesores proyectistas:**

- **Especialista en Diseño Arquitectónico:** Ar. Ayner Valer Ergueta (docente de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo).
- **Especialista en Diseño Estructural:** Ing. MSc. Sonia Esmeralda Pari Quispe (ingeniero egresado de la UNA PUNO).
- **Especialista en Instalaciones Sanitarias:** Ing. Jaime Medina Leiva (docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil)
- **Especialista en Instalaciones Eléctricas:** Ing. Angel Mario Hurtado Chávez (docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica).
- **Especialista en presupuestos y programación:** Ing. Betsy Amelia Paiva Quispe (ingeniero egresado de la UNA PUNO).
- **Especialista en geotecnia y/o mecánica de suelos:** Ing. Gino Laque Córdova (docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil)

6. **Equipo de apoyo:**

- **Cadistas Arquitectura:**

- Bach. Limber A. Quispe Cáceres
- Bach. Frank Ciro Yucra Chupa
- **Cadistas Estructuras:**
 - Ing. Alberto Barriga Gallegos (ingeniero egresado de la UNA PUNO)
 - Bach. Arturo Waldemar Quispe Condori
- **Cadista Instalaciones Sanitarias:**
 - Ing. Abel Edwar Esteba Apaza (ingeniero egresado de la UNA PUNO)
- **Metrados:**
 - Bach. Henry Franklin Torres Paredes (Arquitectura)
 - Bach. Yudith Madeleine Velásquez Cruz (Estructuras)

K. RECOMENDACIONES Y ESTRATEGIAS PARA LA EJECUCIÓN DE OBRA

La ejecución de la obra, deberá implementarse de acuerdo al tipo de fuente de financiamiento que el propietario logre comprometer (financiamiento con recursos públicos, o financiamiento con recursos privados). Si el financiamiento corresponde a recursos públicos, deberá viabilizares el cumplimiento de la normativa para proyectos de inversión pública, así como la normativa para la contratación de la ejecución y supervisión de la obra en la modalidad de Contrata.

Las recomendaciones para la estrategia de ejecución del proyecto, para maximizar la probabilidad de lograr los objetivos en costo, tiempo y desempeño, establecidos en la programación de obra son:

- El responsable de la ejecución del proyecto, debe medir el tamaño de su equipo de trabajo, las capacidades, experiencia y nivel de control.

- Tener claridad en los objetivos y metas del proyecto.
- Realizar ajustes de cronograma, que permitan un control real del avance de la ejecución de la obra.
- Poner en práctica el plan de seguridad y salud en obra, que el ejecutor de obra deberá formularlo.

ANEXO 4:

**ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL ESTUDIO
GEOTÉCNICO (TERRENO DEL TEMPLO NIÑO
SALVADOR DEL MUNDO)**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



COMPRESIÓN INCONFINADA DE ROCAS

PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO POR : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
MUESTRA : CALICATAS: C-1, C-2, C-3, C-4
FECHA : 21 DE JUNIO DEL 2017

PROF. (m)	CALICATA	ELEMENTO	DIMENSIONES			AREA (Cm ²)	PESO VOLUMETRICO		CARGA MAX (Kgp)	RESISTENCIA MAXIMA qu Kgp/Cm ²	OBSERVACIONES
			VOLUMEN (Cm ³)	DIAMETRO (Cm)	ALTURA (Cm)		PESO (Gr.)	PESO VOL (Kgp/m ³)			
2.00m.	C-1	ESPECIMEN - 01	265.70	5.45	11.40	23.30	363	1.37	340	14.59	FALLA FRAGIL
1.50m.	C-2	ESPECIMEN - 01	248.72	5.48	10.53	23.62	588.78	2.37	5570	235.81	FALLA FRAGIL
1.50m.	C-2	ESPECIMEN - 02	250.71	5.50	10.56	23.73	586.51	2.34	6980	294.11	FALLA FRAGIL
2.20m.	C-3	ESPECIMEN - 01	253.00	5.49	10.68	23.69	613.05	2.42	6530	275.65	FALLA ATRAVEZ DE UNA GRIETA
1.55m.	C-4	ESPECIMEN - 01	226.10	5.43	9.76	23.17	399.65	1.77	340	14.68	FALLA FRAGIL
1.55m.	C-4	ESPECIMEN - 02	252.69	5.49	10.67	23.69	615.78	2.44	10240	432.26	ROTURA POR LA MATRIZ

MUESTRAS EN ESTADO NATURAL

OBSERVACIONES:

EL MUESTREO FUE REALIZADO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Facultad de Inge. Civil y Arquitectura
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE L. STIPA SARABA
Reg. C.º. N.º 17739
Jefe de Laboratorio



Bach. Ing. Carlos A. Momani Cuitija
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

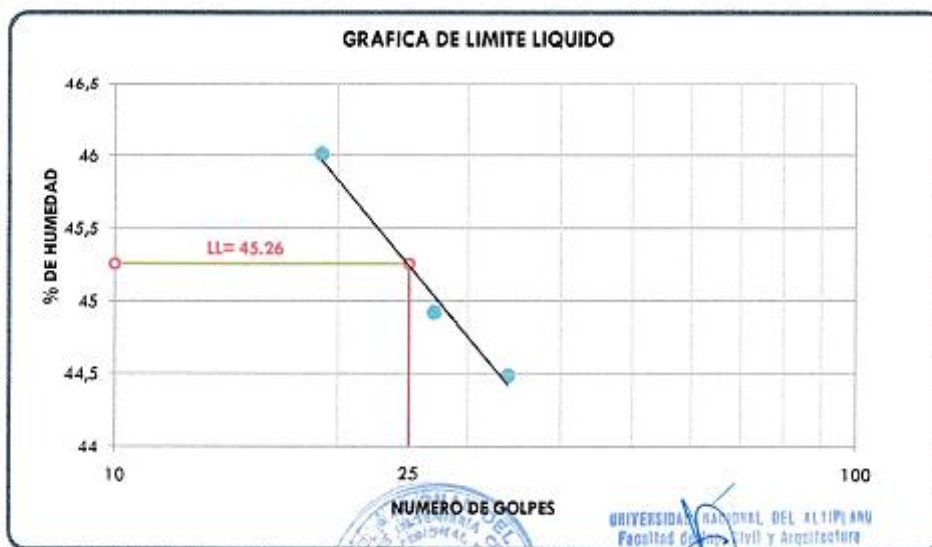
DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALIGATA : C - 1 ESTRATO: E - 1
PROFUNDIDAD: 0.00m. - 0.60m.

LIMITE LIQUIDO					
# Tara		C-1	P0-1	T-85	-
Peso de la Tara	gr.	15.97	16.64	16.29	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	34.45	31.06	34.60	-
T. + Suelo Seco	gr.	28.76	26.59	28.83	-
Peso del Agua	gr.	5.7	4.5	5.8	-
Suelo Seco	gr.	12.8	10.0	12.5	-
% de Humedad		44.5	44.9	46.0	-
Nro. De Golpes		34	27	19	-

LIMITE PLASTICO					
# Tara		A-33	B-2		-
Peso de la Tara	gr.	12.53	13.80	-	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	15.53	16.25	-	-
T. + Suelo Seco	gr.	14.80	15.67	-	-
Peso del Agua	gr.	0.7	0.6	-	-
Suelo Seco	gr.	2.3	1.9	-	-
% de Humedad		32.2	31.0	-	-

LIMITE LIQUIDO LL = 45.26 %
LIMITE PLASTICO LP = 31.6 %
INDICE DE PLASTICIDAD IP = 13.7 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cuitipo
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

Ing. JOSE L. CUITIPIRAMA
Reg. CIP. 157739
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA UNA Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 06 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

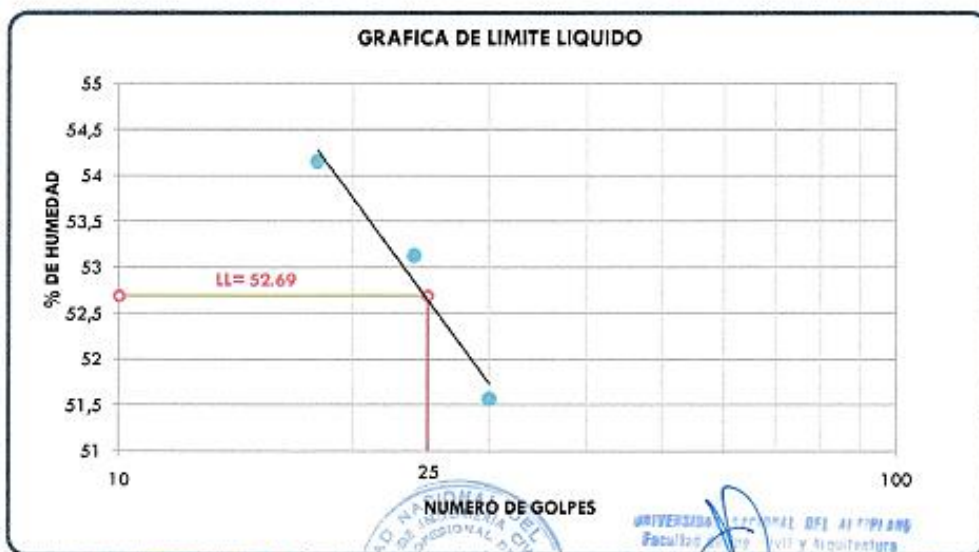
DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALICATA : C - 1 ESTRATO: E - 2
PROFUNDIDAD: 0.60m. - 0.70m.

LIMITE LIQUIDO					
# Tara		PU-4	M-6	A-30	-
Peso de la Tara	gr.	19.30	15.57	17.82	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	33.29	28.05	31.54	-
T. + Suelo Seco	gr.	28.53	23.72	26.72	-
Peso del Agua	gr.	4.8	4.3	4.8	-
Suelo Seco	gr.	9.2	8.2	8.9	-
% de Humedad		51.6	53.1	54.2	-
Nro. De Golpes		30	24	18	-

LIMITE PLASTICO					
# Tara		PD-1	T-4	P-4	-
Peso de la Tara	gr.	13.04	13.48	13.71	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	14.82	15.22	15.78	-
T. + Suelo Seco	gr.	14.34	14.76	15.23	-
Peso del Agua	gr.	0.5	0.5	0.5	-
Suelo Seco	gr.	1.3	1.3	1.5	-
% de Humedad		36.9	35.9	36.2	-

LIMITE LIQUIDO L.L. = 52.69 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 36.3 %
INDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 16.3 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Morales
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura

Ing. JOSE L. CUTIPA TRAPA
Reg. C.P. N° 37739
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)

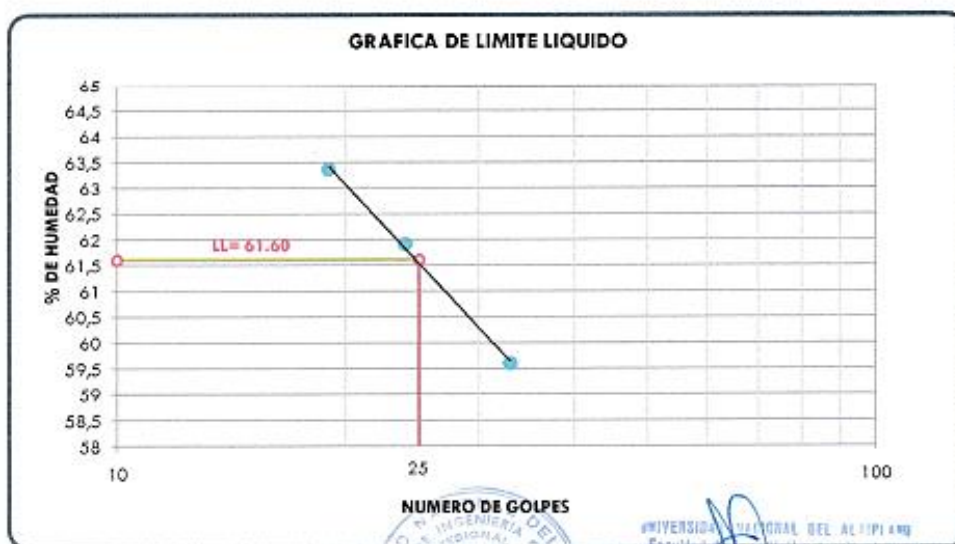
DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALICATA : C - 1 **ESTRATO:** E-3
PROFUNDIDAD: 0.70m. - 2.00m.

LIMITE LIQUIDO					
# Tara		Z-11	PRX-1	PRX-3	-
Peso de la Tara	gr.	20.14	17.63	16.59	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	32.86	31.15	32.42	-
T. + Suelo Seco	gr.	28.11	25.98	26.28	-
Peso del Agua	gr.	4.8	5.2	6.1	-
Suelo Seco	gr.	8.0	8.4	9.7	-
% de Humedad		59.6	61.9	63.4	-
Nro. De Golpes		33	24	19	-

LIMITE PLASTICO					
# Tara		F-11	N-19	-	-
Peso de la Tara	gr.	12.61	13.13	-	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	14.23	14.75	-	-
T. + Suelo Seco	gr.	13.82	14.33	-	-
Peso del Agua	gr.	0.4	0.4	-	-
Suelo Seco	gr.	1.2	1.2	-	-
% de Humedad		33.9	35.0	-	-

LIMITE LIQUIDO L.L. = 61.60 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 34.4 %
INDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 27.2 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa
 TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE L. CUTIPE ARAPA
 Reg. C.A. N.º 67739
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALICATA : C-2 ESTRATO: E - 1
PROFUNDIDAD: 0.00m. - 0.27m.

LIMITE LIQUIDO

# Tara		R-1	P-1	P-5	-
Peso de la Tara	gr.	19.49	17.77	25.52	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	34.61	34.22	38.15	-
T. + Suelo Seco	gr.	29.90	29.01	34.11	-
Peso del Agua	gr.	4.7	5.2	4.0	-
Suelo Seco	gr.	10.4	11.2	8.6	-
% de Humedad		45.2	46.4	47.0	-
Nro. De Golpes		33	27	22	-

LIMITE PLASTICO

# Tara		W-2	R-2		-
Peso de la Tara	gr.	19.07	19.54	-	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	20.86	21.26	-	-
T. + Suelo Seco	gr.	20.47	20.89	-	-
Peso del Agua	gr.	0.4	0.4	-	-
Suelo Seco	gr.	1.4	1.4	-	-
% de Humedad		27.9	27.4	-	-

LIMITE LIQUIDO L.L. = 46.52 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 27.6 %
INDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 18.9 %

GRAFICA DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



Ing. JOSE LUIS ARAPA
Reg. C.O.P. 57739
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)

DATOS DE LA MUESTRA:
UBICACIÓN: ALTO PUNO
CALICATA: C - 2 **ESTRATO:** E-2
PROFUNDIDAD: 0.27m. - 0.47m.

Nro De Tara	W-2	P0-6	Z-5
Peso de Tara	19.07	17.62	22
Peso de Tara + M. Humeda	98.86	111.06	100.09
Peso de Tara + M. Seca	77.34	85.75	79.32
Peso de Agua	21.52	25.31	20.77
Peso Muestra Seca	58.27	68.13	57.32
Contenido de humedad W%	36.9 %	37.1 %	36.2 %
Promedio cont. Humedad W%	36.8 %		

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa
 TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales
 Ing' JOSE L. CUTIPA ARAYA
 Reg. C.P. N° 57725
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)**

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALICATA : C - 3 ESTRATO: E - 1
PROFUNDIDAD: 0.00m. - 1.10m.

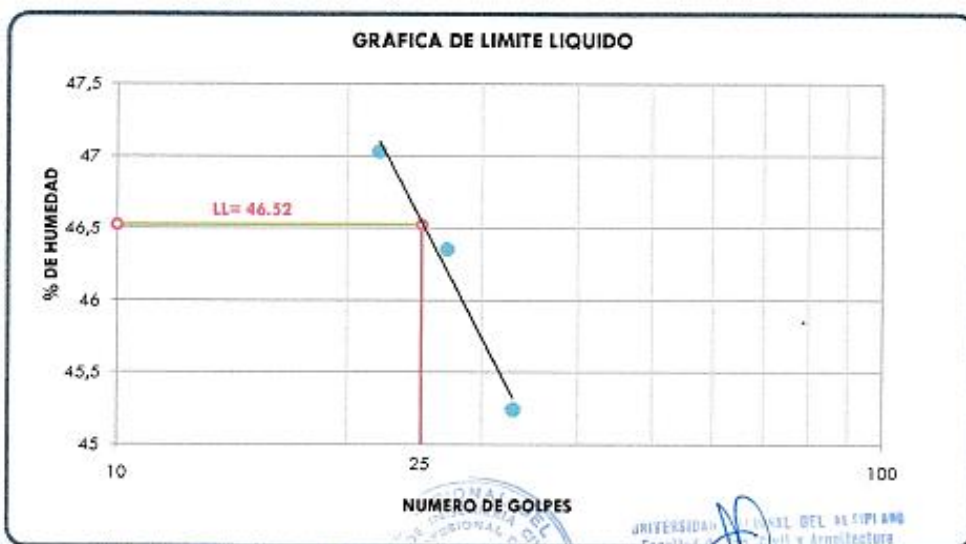
LIMITE LIQUIDO

# Tara	R-1	P-1	P-5	-
Peso de la Tara gr.	19.49	17.77	25.52	-
T. + Suelo Húmedo gr.	34.61	34.22	38.15	-
T. + Suelo Seco gr.	29.90	29.01	34.11	-
Peso del Agua gr.	4.7	5.2	4.0	-
Suelo Seco gr.	10.4	11.2	8.6	-
% de Humedad	45.2	46.4	47.0	-
Nro. De Golpes	33	27	22	-

LIMITE PLASTICO

# Tara	2-5	A-1	-	-
Peso de la Tara gr.	21.99	22.06	-	-
T. + Suelo Húmedo gr.	24.15	23.99	-	-
T. + Suelo Seco gr.	23.63	23.51	-	-
Peso del Agua gr.	0.5	0.5	-	-
Suelo Seco gr.	1.6	1.5	-	-
% de Humedad	31.7	33.1	-	-

LIMITE LIQUIDO L.L. = 46.52 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 32.4 %
INDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 14.1 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.

Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cuzco
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE L. GARCIA ARAPA
Reg. Exp. N° 67733
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

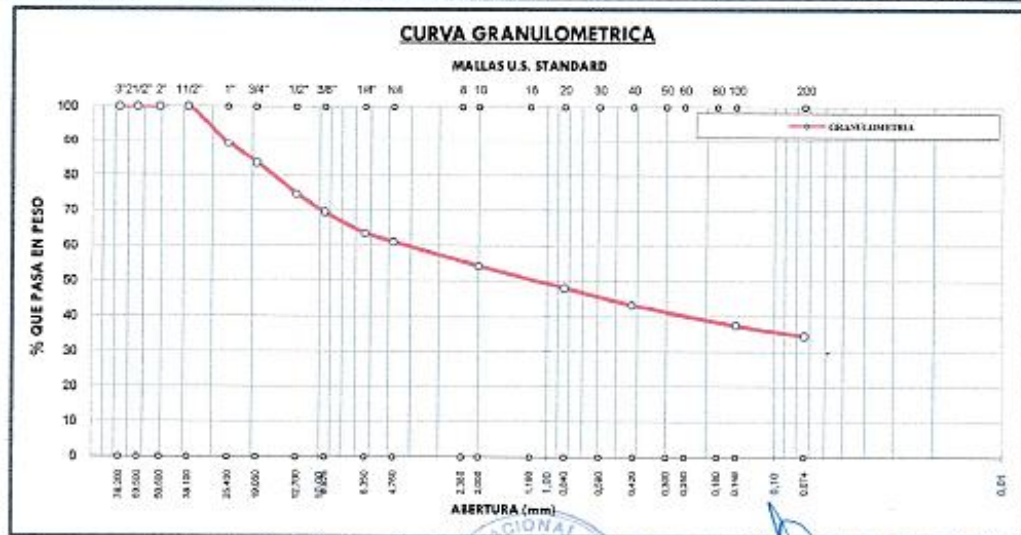


PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FIGA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**

DATOS DE LA MUESTRA:
UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALICATA : C - 3
PROFUNDIDAD : 1.10 m - 1.45 m
ESTRATO : E - 2

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200			0.00	100.00		Peso Inicial : 2642 gr
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	100.00		CLASIFICACION DEL SUELO
2"	50.800		0.00	0.00	100.00		Limite Liquido : 52.7%
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00		Limite Plastico : 36.3%
1"	25.400	283.59	10.73	10.73	89.27		Indice Plastico : 16.3%
3/4"	19.050	150.52	5.70	16.43	83.57		CLASIFICACION DEL SUELO
1/2"	12.700	233.49	8.84	25.27	74.73		AASHTO : A-2-7 (1)
3/8"	9.525	140.05	5.30	30.57	69.43		SUCS : GM
1/4"	6.350	154.36	5.84	36.41	63.59		% de Grava : 38.98%
Nº 4	4.750	67.88	2.57	38.98	61.02		% de Arena : 26.62%
Nº 6	3.350		0.00	38.98	61.02		% Pasa Nº 200 : 34.39%
Nº 8	2.380	143.92	5.45	44.43	55.57		
Nº 10	2.000	35.64	1.35	45.78	54.22		
Nº 16	1.190		0.00	45.78	54.22		
Nº 20	0.840	165.15	6.25	52.03	47.97		
Nº 30	0.590		0.00	52.03	47.97		
Nº 40	0.426	126.29	4.78	56.81	43.19		
Nº 50	0.297		0.00	56.81	43.19		
Nº 80	0.177	131.03	4.96	61.77	38.23		
Nº 100	0.149	21.93	0.83	62.60	37.40		
Nº 200	0.074	79.47	3.01	65.61	34.39		
-200		908.68	34.39	100.00	0.00		



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Facultad de Ing. Civil y Arquitectura
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. JOSE LUIS ARAPA
Reg. CIP. Nº 87739
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

LIMITES DE CONSISTENCIA
(LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO ASTM D 4318)

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALICATA : C - 3 **ESTRATO:** E - 2
PROFUNDIDAD: 1.10 m. - 1.45 m.

LIMITE LIQUIDO					
# Tara		PÚ-4	M-6	A-30	-
Peso de la Tara	gr.	19.30	15.57	17.82	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	33.29	28.05	31.54	-
T. + Suelo Seco	gr.	28.53	23.72	26.72	-
Peso del Agua	gr.	4.8	4.3	4.8	-
Suelo Seco	gr.	9.2	8.2	8.9	-
% de Humedad		51.6	53.1	54.2	-
Nro. De Golpes		30	24	18	-

LÍMITE PLÁSTICO					
# Tara		P0-1	T-4	P-4	-
Peso de la Tara	gr.	13.04	13.48	13.71	-
T. + Suelo Húmedo	gr.	14.82	15.22	15.78	-
T. + Suelo Seco	gr.	14.34	14.76	15.23	-
Peso del Agua	gr.	0.5	0.5	0.5	-
Suelo Seco	gr.	1.3	1.3	1.5	-
% de Humedad		36.9	35.9	36.2	-

LIMITE LIQUIDO L.L. = 52.69 %
LIMITE PLASTICO L.P. = 36.3 %
INDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 16.3 %



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
 Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Mamani Cutipa
 TÉCNICO DE MECANICA DE SUELOS



Ing. JOSE LUIS ARAPA
 Reg. C.O.T. N° 67789
 Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



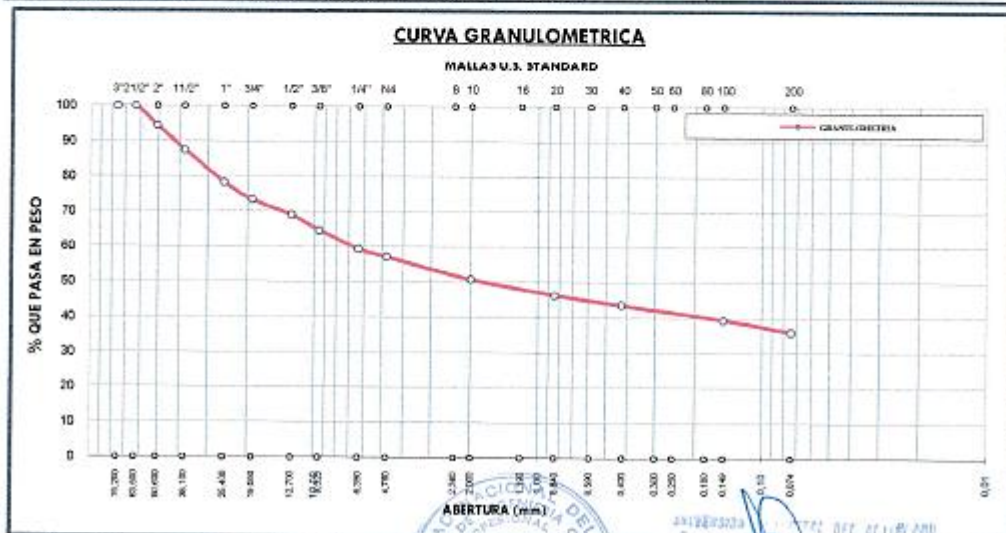
PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITADO : ING. JAIME MEDINA LEIVA (COORDINADOR FICA DEL CONVENIO)
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
FECHA : 21 DE JUNIO DE 2017

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D421)**

DATOS DE LA MUESTRA:

UBICACIÓN : ALTO PUNO
CALICATA : C-3
PROFUNDIDAD : 1.45m. - 2.20m.
ESTRATO: E-3

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200			0.00	100.00		Peso Inicial : 3345 gr
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	100.00		CLASIFICACION DEL SUELO
2"	50.800	185.93	5.56	5.56	94.44		Limite Liquido : 41.7%
1 1/2"	38.100	236.00	7.06	12.61	87.39		Limite Plastico : 26.9%
1"	25.400	308.41	9.22	21.83	78.17		Indice Plastico : 14.7%
3/4"	19.050	161.93	4.84	26.67	73.33		CLASIFICACION DEL SUELO
1/2"	12.700	146.19	4.37	31.05	68.95		AASHTO : A-7-6 (1)
3/8"	9.525	146.07	4.37	35.41	64.59		SUCS : GM
1/4"	6.350	176.48	5.28	40.69	59.31		% de Grava : 42.91 %
Nº 4	4.760	74.23	2.22	42.91	57.09		% de Arena : 21.28 %
Nº 6	3.360		0.00	42.91	57.09		% Pasa Nº 200 : 35.81 %
Nº 8	2.380	176.12	5.27	48.17	51.83		
Nº 10	2.000	38.13	1.14	49.31	50.69		
Nº 16	1.190		0.00	49.31	50.69		
Nº 20	0.840	147.07	4.40	53.71	46.29		
Nº 30	0.590		0.00	53.71	46.29		
Nº 40	0.426	94.27	2.82	56.53	43.47		
Nº 50	0.297		0.00	56.53	43.47		
Nº 80	0.177	114.66	3.43	59.95	40.05		
Nº 100	0.149	23.20	0.69	60.65	39.35		
Nº 200	0.074	118.48	3.54	64.19	35.81		
-200		1197.83	35.81	100.00	0.00		Observaciones :



OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.
Datos del muestreo proporcionados por el solicitante.

Bach. Ing. Carlos A. Posada C. S. J.
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS



Ing. JOSE LEONARDO KRAPA
Reg. C.I. 67739
Jefe de Laboratorio

ASAQALL INGENIEROS S.R.L.
 INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN
 RUC: 20601118191

Ejecución de Obras, Supervisión, Control de Calidad
Servicios Electromecánicos, Servicio en General

PROYECTO	: COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
SOLICITA	: Bach. Lady Mirella Flores Pacho y Bach. Paola Liliana Medina Bustamante
CALICATA	: C-01
UBICACIÓN	: CCPP. Alto Puno - DISTRITO: Puno - PROVINCIA: Puno- DEPARTAMENTO: Puno
	FECHA: 28 JUNIO 2017

ENSAYO: DENSIDADES MAXIMAS Y MINIMAS NORMA: ASTM D 2424 / ASTM 4254	Nro de Estrato	: E-02
	Prof. de la Muestra	: 2.00 m
	Estado de la Muestra	: Alterado
	Tamaño Max. Nominal de Partículas	: 1"

DETERMINACION DE LA DENSIDAD MINIMA			
DESCRIPCION	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 02	ESPECIMEN 03
Altura de molde (cm)	11.623	11.623	11.623
Diámetro de molde (cm)	10.145	10.145	10.145
Volumen de Molde (cm³)	939.53	939.53	939.53
Peso de Molde (cm³)	4007.00	4011.00	4011.00
Peso de Molde + Muestra (gr)	5438.00	5410.00	5451.00
Peso de Muestra	1431.00	1399.00	1440.00
Densidad Mínima Parcial (gr/cm3)	1.52	1.49	1.53
Densidad Mínima Promedio (gr/cm3)	1.51 gr/cm3		

DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA			
DESCRIPCION	ESPECIMEN 01	ESPECIMEN 02	ESPECIMEN 03
Altura de molde (cm)	11.623	11.623	11.623
Diámetro de molde (cm)	10.145	10.145	10.145
Volumen de Molde (cm³)	939.53	939.53	939.53
Peso de Molde (cm³)	4007.00	4011.00	4011.00
Peso de Molde + Muestra (gr)	5482.00	5444.00	5458.00
Peso de Muestra	1475.00	1433.00	1447.00
Densidad Máxima Parcial (gr/cm3)	1.57	1.53	1.54
Densidad Máxima Promedio (gr/cm3)	1.55 gr/cm3		

DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA		ANGULO DE FRICCION
Densidad Insitu (gr/cm3)	1.53 gr/cm3	Según Meyerhof (1956) φsumido : 32.57
Densidad Seca Mínima (gr/cm3)	1.51 gr/cm3	
Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.55 gr/cm3	
Densidad Relativa (%)	50.44%	

NOTA: PARA EL ANGULO DE FRICCION EN FUNCION AL PORCENTAJE DE FINOS	
Arenas con > 5% de suelos finos	Arenas con < 5% de suelos finos
$\phi = 25^\circ + 0.15 Dr (\%)$	$\phi = 30^\circ + 0.15 Dr (\%)$

Roger Baiardo Machaca Huanca
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 101612



ANEXO 5:

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



PERFIL DE SUELO

PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
PERFORACIÓN : C-1(CALICATA)
NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ
TAMAÑO DE EXCAV. : 2.00 m

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	TIPO	N°	PROF (m)
	ESTRATO	CLASIFICACIÓN SUCS	GRÁFICO				
0.0	1	SM		Suelo de naturaleza arena limosa, de color grisáceo, semihumedo, con presencia de roca intemperizada	Mab	1	0.00-0.60
0.2							
0.4							
0.6							
0.8							
1.0	2	GM		Suelo de naturaleza grava limosa, de color marrón rojizo, humedo, con presencia de roca intemperizada	Mab	2	0.60-2.00
1.2							
1.4							
1.6							
1.8							
2.0							

Observaciones:

MAB: Muestra alterada en bolsa
 MIB: Muestra inalterada en bloques
 MIT: Muestra inalterada en tubos de pared delgada





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



PERFIL DE SUELO

PROYECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
PERFORACIÓN : C-2 (CALICATA)
NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ
TAMAÑO DE EXCAV. : 1.50 m

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	TIPO	N°	PROF (m)
	ESTRATO	CLASIFICACIÓN SUCS	GRÁFICO				
0.0	1	GM		Suelo de naturaleza grava limosa, de color marrón oscuro, semihumedo	Mab	2	0.00-0.47
0.2							
0.4							
0.6							
0.8				Suelo de naturaleza grava limosa, de color marrón grisáceo, humedo, con presencia de roca intemperizada y bolonería	Mab	1	0.47-1.50
1.0							
1.2							
1.4							
1.5							

Observaciones:
 MAB: Muestra alterada en bolsa
 MIB: Muestra inalterada en bloques
 MIT: Muestra inalterada en tubos de pared delgada





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



PERFIL DE SUELO

PROTECTO : COMPLEJO PARROQUIAL NIÑO SALVADOR DEL MUNDO
REFERENCIA : CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA U.N.A. Y EL OBISPADO
UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO, PROVINCIA DE PUNO, DPTO. PUNO
PERFORACIÓN : C-3 (CALICATA)
NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ
TAMAÑO DE EXCAV. : 2.20m

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	TIPO	N°	PROF (m)
	ESTRATO	CLASIFICACIÓN SUCS	GRÁFICO				
0.0	1	SM		Suela de naturaleza arena limosa, de color marrón, remi húmeda.	Mab	1	0.00-1.10
0.2							
0.4							
0.6							
0.8							
1.0							
1.1	2	GM		Suela de naturaleza grava limosa, de color marrón grisáceo.	Mab	1	1.10-1.45
1.2				Suela de naturaleza grava limosa, de color marrón, húmeda, con presencia de raca intemperizada.	Mab	1	1.45-2.00
1.4							
1.6							
1.8							
2.0							
2.2							

Observaciones:
 MAB: Muestra alterada en balra
 MIB: Muestra inalterada en blaquer
 MIT: Muestra inalterada en tubar de pared delgada



ANEXO 6:

**LISTADO DE PARTIDAS DE ESTRUCTURAS DEL
TEMPLO NIÑO SALVADOR DEL MUNDO.**

Tabla 40: Listado de partidas de estructuras del templo Niño Salvador del Mundo

CODIGO	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UND
02.01.00	ESTRUCTURAS	
02.01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
02.01.01.01	EXCAVACIONES SIMPLES	
02.01.01.01.01	EXCAVACIÓN MANUAL PARA CIMIENTOS CORRIDOS	M ³
02.01.01.01.02	EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZAPATAS AISLADAS	M ³
02.01.01.01.03	EXCAVACIÓN MANUAL PARA ZAPATAS COMBINADAS	M ⁴
02.01.01.02	CORTES	
02.01.01.02.01	CORTE DE TERRENO PARA FALSO PISO	M ³
02.01.01.03	RELLENOS	
02.01.01.03.01	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA CIMIENTOS CORRIDOS	M ³
02.01.01.03.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA ZAPATAS AISLADAS	M ³
02.01.01.03.03	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA ZAPATAS COMBINADAS	M ³
02.01.01.03.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO PARA FALSO PISO	M ³
02.01.01.04	NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO	
02.01.01.01.04.01	NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO	M ²
02.01.01.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	
02.01.01.05.01	ACARREO DE MATERIAL PROVENIENTE DE EXCAVACIONES, D=30m	M ³
02.01.01.05.02	CARGIO Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE PROVENIENTE DE EXCAVACIONES	M ³
02.01.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	
02.01.02.01	CIMIENTOS CORRIDOS	
02.01.02.01.01	CIMIENTOS CORRIDOS: MEZCLA DE CONCRETO 1:8 + 30% P.G.	M ³
02.01.02.01.02	CIMIENTOS CORRIDOS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.02.02	SOLADOS	
02.01.02.02.01	SOLADO PARA ZAPATAS AISLADAS E=4" F'C=100 KG/CM ²	M ²
02.01.02.02.02	SOLADO PARA ZAPATAS COMBINADAS E=4" F'C=100 KG/CM ²	M ²
02.01.02.03	SOBRECIMENTOS	
02.01.02.03.01	SOBRECIMENTOS: MEZCLA DE CONCRETO 1:8 + 25% P.M.	M ³
02.01.02.03.02	SOBRECIMENTOS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.02.04	FALSO PISO	
02.01.02.04.01	FALSO PISO DE 4" CONCRETO F'c=210kg/cm ²	M ²
02.01.02.05	RAMPAS	
02.01.02.05.01	RAMPAS: MEZCLA DE CONCRETO 1:8 + 30% P.G.	M ³
02.01.02.05.02	RAMPAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	
02.01.03.01	ZAPATAS AISLADAS	
02.01.03.01.01	ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.01.02	ZAPATAS AISLADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.01.03	ZAPATAS AISLADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.02	ZAPATAS COMBINADAS	

CODIGO (...continuación)	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UND
02.01.03.02.01	ZAPATAS COMBINADAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.02.02	ZAPATAS COMBINADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.02.03	ZAPATAS COMBINADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.03	VIGAS DE CIMENTACIÓN	
02.01.03.03.01	VIGAS DE CIMENTACIÓN: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.03.02	VIGAS DE CIMENTACIÓN: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.03.03	VIGAS DE CIMENTACIÓN: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.04	COLUMNAS	
02.01.03.04.01	COLUMNAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.04.02	COLUMNAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.04.03	COLUMNAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.05	MÉNSULAS	
02.01.03.05.01	MÉNSULAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.05.02	MÉNSULAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.05.03	MÉNSULAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.06	PLACAS	
02.01.03.06.01	PLACAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.06.02	PLACAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.06.03	PLACAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.07	COLUMNETAS	
02.01.03.07.01	COLUMNETAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.07.02	COLUMNETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.07.03	COLUMNETAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.08	VIGAS	
02.01.03.08.01	VIGAS: CONCRETO F'C= 210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.08.02	VIGAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.08.03	VIGAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.09	DINTELES	
02.01.03.09.01	DINTELES: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.09.02	DINTELES: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.09.03	DINTELES: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.10	LOSAS ALIGERADAS	
02.01.03.10.01	LOSAS ALIGERADAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.10.02	LOSAS ALIGERADAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.10.03	LOSAS ALIGERADAS: ACERO GRADO 60 FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.03.10.04	LOSAS ALIGERADAS: LADRILLO TUBULAR 30 X 30 X 15	UND
02.01.03.11	ESCALERAS	
02.01.03.11.01	ESCALERAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.11.02	ESCALERAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.11.03	ESCALERAS: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm ²	KG
02.01.03.12	BANCA PERIMETRAL	
02.01.03.12.01	BANCA PERIMETRAL: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.12.02	BANCA PERIMETRAL: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²

CODIGO (...continuación)	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UND
02.01.03.12.03	BANCA PERIMETRAL: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm ²	KG
02.01.03.13	BASES DE ALTARES	
02.01.03.13.01	BASE DE ALTARES: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.13.02	BASE DE ALTARES: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.13.03	BASE DE ALTARES: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm ²	KG
02.01.03.14	MESAS Y LAVATORIOS	
02.01.03.14.01	MESAS Y LAVATORIOS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.14.02	MESAS Y LAVATORIOS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.14.03	MESAS Y LAVATORIOS: ACERO GRADO 60 FY= 4200 kg/cm ²	KG
02.01.03.15	ESTRUCTURAS DE INSTALACIONES SANITARIAS	
02.01.03.15.01	CANALETAS: CONCRETO F'C=210 KG/CM ²	M ³
02.01.03.15.02	CANALETAS: ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M ²
02.01.03.15.03	CANALETAS: ACERO FY=4200 KG/CM ²	KG
02.01.04	ESTRUCTURAS METÁLICAS	
02.01.04.01	ARMADURAS METÁLICAS	
02.01.04.01.01	ARMADURA AM-CE-01 (ANILLO DE COMPRESIÓN)	
02.01.04.01.01.01	ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.01.01.02	ARMADURA AM-CE-01: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"	ML
02.01.04.01.02	ARMADURA AM-CE-02	
02.01.04.01.02.01	ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.01.02.02	ARMADURA AM-CE-02: PERFIL L 11/2"x11/2"x3/16"	ML
02.01.04.01.03	ARMADURA AM-CE-03 (VIGUETA DE TRACCIÓN)	
02.01.04.01.03.01	ARMADURA AM-CE-03: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.01.04	ARMADURA AM-CI-01	
02.01.04.01.04.01	ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"	ML
02.01.04.01.04.02	ARMADURA AM-CI-01: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/8"	ML
02.01.04.01.05	ARMADURA AM-CI-02 (ANILLO DE COMPRESIÓN)	
02.01.04.01.05.01	ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 1/4"	ML
02.01.04.01.05.02	ARMADURA AM-CI-02: PERFIL L21/2" x 21/2" x 3/16"	ML
02.01.04.01.06	ARMADURA AM-CI-3 (ANILLO DE TRACCIÓN)	
02.01.04.01.06.01	ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L2" x 2" x 1/4"	ML
02.01.04.01.06.02	ARMADURA AM-CI-03: PERFIL L11/2" x 11/2" x 1/4"	ML
02.01.04.02	CERCHAS DE CERRAMIENTO	
02.01.04.02.01	CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01	
02.01.04.02.01.01	CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-01: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.02.01.02	CORREAS VERTICALES: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.02.01.03	ARRIOSTRES TIPO 1: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.02.01.04	ARRIOSTRES TIPO 2: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.02.02	CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02	
02.01.04.02.02.01	CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.02.02.02	CERCHA DE CERRAMIENTO C-CE-02: PERFIL 2L 21/2"x21/2"x3/8"	ML
02.01.04.02.03	CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01	
02.01.04.02.03.01	CERCHA DE CERRAMIENTO C-CI-01: PERFIL T 2"x2"x1/4"	ML

CODIGO (...continuación)	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UND
02.01.04.03.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A	
02.01.04.03.01.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML
02.01.04.03.01.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.03.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A'	
02.01.04.03.02.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A':PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML
02.01.04.03.02.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-A':PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.03.03	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B	
02.01.04.03.03.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML
02.01.04.03.03.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.03.04	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B'	
02.01.04.03.04.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B':PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML
02.01.04.03.04.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-01-B':PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.03.05	CERCHA METÁLICA CM-CI-02	
02.01.04.03.05.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 2"X2"X3/16"	ML
02.01.04.03.05.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-02:PERFIL 2L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.03.06	CERCHA METÁLICA CM-CI-03	
02.01.04.03.06.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"	ML
02.01.04.03.06.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-03:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.03.07	CERCHA METÁLICA CM-CI-04	
02.01.04.03.07.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"	ML
02.01.04.03.07.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-04:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.03.08	CERCHA METÁLICA CM-CI-05	
02.01.04.03.08.01	CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 21/2"X21/2"X1/4"	ML
02.01.04.03.08.02	CERCHA METÁLICA CM-CI-05:PERFIL L 11/2"X11/2"X3/16"	ML
02.01.04.04	ESTRUCTURAS METÁLICAS LINTERNA	
02.01.04.04.01	LINTERNA:TUBO LAC 100X100 mm	ML
02.01.04.04.02	LINTERNA:TUBO LAC 50X50 mm	ML
02.01.04.04.03	LINTERNA:Placa base e=3/4"	M ²
02.01.04.05	MONTAJE DE ARMADURAS METÁLICAS	TON
02.01.04.06	MONTAJE DE CERCHAS DE CERRAMIENTO	TON
02.01.04.07	MONTAJE CERCHAS METÁLICAS	TON
02.01.04.08	MONTAJE ESTRUCTURAS METÁLICAS LINTERNA	TON
02.01.04.09	PINTURA PARA ARMADURAS METÁLICAS	TON
02.01.04.10	PINTURA PARA CERCHAS DE CERRAMIENTO	TON
02.01.04.11	PINTURA PARA CERCHAS METÁLICAS	TON
02.01.04.12	PINTURA PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS LINTERNA	TON
02.01.04.13	TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METALÍCA	
02.01.04.13.01	TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CE-01: PLATINAS 1/8X11/2"	ML
02.01.04.13.02	TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA AM-CI-01: PLATINAS 1/8X11/2"	ML
02.01.04.14	TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO	
02.01.04.14.01	TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-01: PLATINAS1/8"X11/2"	ML
02.01.04.14.02	TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CE-02: PLATINAS1/8"X11/2"	ML
02.01.04.14.03	TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO C-CI-01: PLATINAS1/8"X11/2"	ML

CODIGO (...continuación)	DENOMINACION Y/O DESCRIPCION	UND
02.01.04.15	TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS	
02.01.04.15.01	TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-03:PLATINAS 1/8"X11/2"	ML
02.01.04.15.02	TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS CM-CI-04:PLATINAS 1/8"X11/2"	ML
02.01.04.16	PINTURA PARA TENSORES DIAGONALES EN ARMADURA METALÍCA	TON
02.01.04.17	PINTURA PARA TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS DE CERRAMIENTO	TON
02.01.04.18	PINTURA PARA TENSORES DIAGONALES EN CERCHAS METÁLICAS	TON
02.01.04.19	APOYO ARTICULADO PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS	
02.01.04.19.01	APOYO TIPO A	UND
02.01.04.19.02	APOYO TIPO B	UND
02.01.04.19.03	APOYO TIPO C	UND
02.01.04.19.04	APOYO TIPO D	UND
02.01.04.19.05	APOYO TIPO E	UND
02.01.04.19.06	APOYO TIPO F	UND
02.01.04.19.07	APOYO TIPO G	UND
02.01.04.19.08	APOYO TIPO H	UND
02.01.05	VARIOS	
02.01.05.01	JUNTAS DE AISLAMIENTO	ML
02.01.05.02	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD	UND

Fuente: Propia

ANEXO 7:

**CONVENIO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL
ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO, aprobado mediante
R.R. N° 0564-2016-R-UNA.**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO RECTORADO

CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL OBISPADO DE PUNO Y LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

Conste por el presente documento el convenio marco de cooperación interinstitucional que celebran de una parte:

El Obispado de Puno, con RUC N° 29219952822, con domicilio legal en Jr. Conde de Lemus N° 226, Barrio Central de la ciudad de Puno, provincia y departamento de Puno, representado por el Obispo de Puno Monseñor JORGE PEDRO CARRIÓN PAVLICH, identificado con DNI N° 21065086, a quien en adelante se denominará "EL OBISPADO".

La Universidad Nacional del Altiplano de Puno, con RUC N° 20145496170, con domicilio legal en Av. El Ejército N° 329, Barrio Santa Rosa (Edificio de la UNA - Puno), ciudad de Puno, provincia y departamento de Puno, representada por su Rector Dr. PORFIRIO ENRÍQUEZ SALAS, identificado con DNI N° 01210746, a quien en adelante se denominará "LA UNIVERSIDAD".

CLAUSULA PRIMERA: DE LAS PARTES

El Obispado de Puno, Es una "porción del pueblo de Dios, cuyo cuidado pastoral se encomienda al Obispo", goza de personería jurídica de carácter público, conforme al Acuerdo Internacional entre la Santa Sede y la República del Perú, reconocida por la Constitución de la República del Perú (Art° 50). "Dentro de un régimen de independencia y autonomía, el estado reconoce a la Iglesia Católica como elemento importante en la formación histórica, cultural y moral del Perú y le presta su colaboración", por lo que "goza de plena independencia y autonomía" y "capacidad y libertad para la adquisición y disposición de bienes, así como para recibir ayudas del exterior" (Acuerdo Internacional entre la Santa Sede y la República del Perú D.L. N° 23211: Art.L. 2 y 3).

La misión religiosa es un proyecto de la iglesia católica que tiene la tarea específica de presentar las iglesias para orar y enseñar de esta denominación religiosa a aquellos que aún no lo conocen y fundar su iglesia donde todavía no se ha asentado territorialmente, así como reforzar las bases de los fieles iglesias que son para orar y escuchar la palabra de Dios.

La Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en concordancia con el Artículo 18° de la Constitución Política del Perú y la Ley Universitaria 30220 y los Artículos 3° y 4° de su Estatuto vigente, la Universidad Nacional del Altiplano es una institución de Educación Superior, integrada por docentes, estudiantes y graduados. Tiene como misión desarrollar conocimiento científico, tecnológico y humanístico para formar profesionales y post graduados calificados de excelencia académica, capacidad competitiva y de gestión para proponer, elaborar y ejecutar alternativas integrales en el desarrollo regional y nacional; de igual manera, la Universidad Nacional del Altiplano es persona jurídica de derecho interno, tiene sede en la ciudad de Puno y la personería y representación legal es ejercida por su Rector.





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO RECTORADO

CLAUSULA SEGUNDA: BASE LEGAL

El presente Convenio tiene base legal en las siguientes disposiciones:

- Constitución Política del Perú.
- El Concordato celebrado entre la Santa Sede y el Estado Peruano del año 1980.
- Ley Universitaria N° 30220
- Estatuto Universitario 2015 (De acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220).
- Normas para la construcción de templos

CLAUSULA TERCERA: OBJETO DEL CONVENIO

El presente Convenio tiene por objeto establecer las condiciones de mutua colaboración entre el obispado de Puno y la Universidad Nacional del Altiplano a fin de consolidar esfuerzos, recursos y capacidades para concretar la elaboración del proyecto a nivel de perfil y definitivo para la Construcción del Templo "Niño Salvador del Mundo", cuya ubicación del terreno situado en el Centro Poblado de Alto Puno, de la ciudad de Puno.

CLAUSULA CUARTA: COMPROMISOS.

DEL OBISPADO:



- Orientar, asesorar la construcción del Templo y control de la ejecución de la obra, bajo fundamentos bíblicos para la construcción de un templo.
- Hacer participe en la elaboración del proyecto de construcción del Templo El Niño Salvador del Mundo, a los estudiantes de las Facultades de: Ingeniería topográfica, Ingeniería Civil, Arquitectura y Urbanismo, a manera de realizar sus prácticas pre profesionales.
- Al término de las prácticas pre profesionales, el obispado emitirá una Constancia de Prácticas Pre Profesionales.
- Proporcionar la Escritura Pública del terreno destinado para la construcción del templo, debidamente regulada.
- Proporcionar el Plano del Terreno con alineamientos para que se pueda hacer el diseño y la respectiva aprobación del Proyecto.
- Asumir los gastos de materiales y viáticos que se requiera para la elaboración del Proyecto.
- Promover para que los fieles aporten mediante una donación, para la Construcción del Templo Niño Salvador del Mundo.



DE LA UNIVERSIDAD:



- Promover la participación de los estudiantes de los últimos semestres de las Escuelas Profesionales de Ing. Civil, Arquitectura y Urbanismo e Ingeniería Topográfica y Agrimensura, para que puedan elaborar el perfil y el Estudio Definitivo del proyecto más la propuesta del diseño o maqueta del templo de acuerdo a las normas técnicas para la construcción de templos, para la "Construcción del Templo Niño Salvador del Mundo".
- Participar activamente en el Control de la Ejecución del Proyecto.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
RECTORADO**

CLAUSULA QUINTA: VIGENCIA DEL CONVENIO

El presente convenio tendrá una duración de Un (01) año, contados a partir de la fecha de su firma, pudiendo renovarse de común acuerdo entre las partes.

CLAUSULA SEXTA: MODIFICACIÓN AL CONVENIO

Con la misma formalidad establecida en la cláusula anterior, las partes podrán introducir de mutuo acuerdo modificaciones del presente convenio como resultado de las evaluaciones periódicas que se realicen durante el tiempo de su vigencia.

Cualquier modificación y/o ampliación que se considere necesario introducir en el presente Convenio, por cualquiera de las partes, deberá ser comunicado con una anticipación de 15 días, o en todo caso se adicionará mediante ADENDA, que entrará en vigencia a partir de la fecha de suscripción de la misma, la que forma parte del presente Convenio.

El presente Convenio podrá ser disuelto por las siguientes causas:

- De acuerdo mutuo
- A solicitud de una de las partes en caso de imposibilidad de cumplimiento de sus obligaciones.
- Incumplimiento de las obligaciones de una de las partes.

CLÁUSULA SÉTIMA: DE CONFORMIDAD DE LAS PARTES

Estando ambas partes de acuerdo con el contenido de las cláusulas precedentes, en señal de conformidad suscriben el presente Convenio, en (03) ejemplares igualmente válidas.

POR LA UNIVERSIDAD:

POR EL OBISPADO DE PUNO:



[Firma manuscrita]
PORFIRIO ENRIQUEZ SALAS
Rector



[Firma manuscrita]
Monseñor JORGE PEDRO CARRIÓN PAVLICH
Obispo de Puno

Puno, de del 2016

Puno, 24 de Mayo del 2016