



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

PLANIFICACION PARA EL PROYECTO “RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA” APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK.

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Josue Leonel Urbina Torres

Br. Oliver Alexandre Falcon Bonilla

Tutor

Ing. Ana Rosa López Olivas

Managua, Agosto 2020

DEDICATORIA

A Dios, por ser siempre el principal guía de mi vida, quien siempre ha estado mis momentos de más necesidad, por toda la fuerza brindada en cada momento de la elaboración de este proyecto, y de los próximos.

A mis padres, Juan Ramón Falcón y Sylvia María Bonilla. Por todo su conocimiento, amor y apoyo a lo largo de estos años, sin ellos este logro no habría sido posible.

Oliver Falcon

A Dios, por haberme guiado y permitido llegar a tan importante etapa de mi vida, A mis padres, Leonel y Luvy, por todos sus consejos, apoyo y amor a lo largo de estos años, este logro es gracias a ustedes.

A mis hermanos David y Vertier que su apoyo fraternal es un pilar de mi desarrollo personal.

Josue Urbina

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres que nos apoyaron en toda nuestra educación.

A nuestra tutora Ing. Ana Rosa López que nos guio en este trabajo y nos brindó valiosos consejos a lo largo del trabajo.

Al Ing. Julio Moncada que nos brindó su apoyo para la realización de este trabajo.

Al Ing. Luis Gustavo Espinoza por su aporte en conocimientos y asesoría metodológica para este trabajo

A nuestros compañeros de clases, futuros colegas, que aportaron con sus valiosas opiniones a este trabajo.

Oliver Falcon

Josue Urbina

RESUMEN

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), es una universidad nicaragüense radicada en la ciudad de Managua, Nicaragua, comprometida con la población estudiantil del país en brindarle la oportunidad de estudiar una de las carreras de ingeniería que oferta. Es en este contexto que, en el año 2009, crea la Sede-Juigalpa, ubicada en la Ciudad de Juigalpa, Chontales con el objetivo de atender la población universitaria de la Región Central de Nicaragua, iniciando con una población estudiantil de 170 estudiantes en los turnos diurnos y sabatinos.

En la actualidad, la demanda estudiantil ha crecido y la Sede Juigalpa atiende a más de 1000 estudiantes en las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería de Sistemas en los turnos diurnos y sabatinos, haciéndose necesario la construcción de un Recinto que le permita a sus estudiantes, espacios para su desempeño académico, áreas destinadas a la recreación y sobre todo comodidad durante su estadía en la universidad.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar la Planificación para el Proyecto “Recinto Universitario Sede Juigalpa, Universidad Nacional De Ingeniería”. Este proyecto propone la construcción de cuatro edificios, un edificio de dos plantas para aulas, un edificio de una planta para servicios administrativos y oficinas docentes con un auditorio de usos múltiples, un edificio tipo pabellón para laboratorios de ciencias naturales y un edificio para laboratorios de Ingeniería.

El presente trabajo consta de cuatro capítulos:

Capítulo I: Aborda las generalidades del proyecto, incluyendo los objetivos y el marco teórico.

Capítulo II: Aborda todo lo referente a la creación del modelo Revit y la obtención de las cantidades de obra del proyecto hasta determinar el presupuesto del mismo.

Capítulo III: Aborda la programación de obras de los edificios que conforman el proyecto. Presenta la calendarización, Red de actividades, Diagrama de Gantt y Programación con MS Project.

Capitulo IV: Contempla las Conclusiones y Recomendaciones del trabajo.

El trabajo presenta la determinación de cantidades de obra que permiten conocer los costos totales del proyecto, y obtener el presupuesto de la obra, seguido de la programación de actividades, así como el tiempo de las diferentes etapas del mismo, haciendo uso de herramientas tecnológicas modernas. Se introduce el uso de Autodesk Revit y Autodesk Navisworks, que permiten realizar modelos que llevan consigo información del proyecto; se trata de programas con un motor de cambios paramétricos con una base de datos relacional que gestiona y coordina la información necesaria para el modelado del diseño arquitectónico, la construcción y la ingeniería de un edificio, incluyendo todas las especialidades.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACION	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5. MARCO TEÓRICO.....	5
1.5.1. GENERALIDADES	5
1.5.2. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO.....	5
1.5.3. PRESUPUESTO.....	7
1.5.3.1. TIPOS DE PRESUPUESTOS.....	7
1.5.4. COSTO	8
1.5.5. TIPOS DE COSTO	8
1.5.5.1. COSTOS DIRECTOS	8
1.5.5.2. COSTOS INDIRECTOS	8
1.5.5.2.1. FACTOR DE SOBRECOSTO.....	9
1.5.5.3. DEFINICIÓN DE TAKE OFF (CANTIDADES DE OBRAS).....	10
1.5.5.4. COSTO UNITARIO.....	10
1.5.6. CATÁLOGO DE ETAPAS Y SUB – ETAPAS	11
1.5.6.1. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	12
1.5.7. PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	14
1.5.8. TIPOS DE PLANIFICACIÓN	14
1.5.8.1. NIVELES DE PLANIFICACIÓN	14
1.5.8.2. PLANIFICACIÓN OPERACIONAL	15
1.5.9. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA	16
1.5.10. PROGRAMACIÓN DE OBRAS.....	16
1.5.11. DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	16
1.5.12. PERT/CPM	18
1.5.12.1. LISTA DE ACTIVIDADES	19
1.5.12.2. MATRIZ DE SECUENCIAS	19
1.5.12.3. MATRIZ DE TIEMPOS	20

1.5.12.4.	RED DE ACTIVIDADES	21
1.5.12.5.	COSTOS Y PENDIENTES	22
1.5.12.6.	COMPRESIÓN DE LA RED	22
1.5.12.7.	LIMITACIONES DE TIEMPO, DE RECURSOS Y ECONÓMICOS ...	22
1.5.12.8.	MATRIZ DE ELASTICIDAD	23
1.5.12.9.	PROBABILIDAD DE RETRASO	24
1.5.12.	MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN	24
1.5.13.	AUTODESK REVIT	25
1.5.14.	AUTODESK NAVISWORKS	25
1.6.	METODOLOGÍA	25
1.6.1.	TIPO DE ESTUDIO	25
1.6.2.	LOCALIZACIÓN DEL SITIO	26
1.6.3.	PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	27
1.6.3.1.	INFORMACIÓN DE COSTOS REFERENTE A MATERIALES	28
1.6.3.2.	CÁLCULO DEL COSTO BASE DE MANO DE OBRA	29
1.6.3.3.	COSTOS DIRECTOS	29
1.6.3.4.	CÁLCULO DEL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE OBRAS	29
1.6.3.5.	CÁLCULO DE LOS COSTOS INDIRECTOS	29
1.6.3.6.	PROCESAMIENTO DE DATOS	29
1.6.3.7.	ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN	30
CAPITULO II: CREACION DE MODELO REVIT Y DETERMINACION DE CANTIDADES DE OBRAS		31
2.1.	DETERMINACIÓN DE LAS CANTIDADES DE OBRA	32
2.1.1.	GENERALIDADES DEL DISEÑO	33
2.2.	GUÍA DE CREACIÓN DE MODELO REVIT PARA EL EDIFICIO 01 "PABELLÓN DE AULAS"	34
2.2.1.	AUTODESK REVIT	35
2.3.	TAKE OFF (CANTIDADES DE OBRA) DETERMINADAS A PARTIR DEL MODELO REVIT	80
2.3.1.	EDIFICIO 01	80
2.3.2.	EDIFICIO 02, EDIFICIO 03, EDIFICIO 04	93
2.4.	INTEGRACIÓN DE COSTOS (COSTO UNITARIO)	93
2.4.1.	COSTOS DIRECTOS	94

2.4.2.	COSTOS INDIRECTOS.....	94
2.4.3.	UTILIDADES.....	95
2.5.	PRESUPUESTO	96
2.6.	PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.....	101
CAPITULO III: PROGRAMACION DE OBRAS		102
3.1.	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	102
3.1.1.	PROGRAMACIÓN DE OBRAS PARA EL PROYECTO.....	102
3.2.	PROGRAMACIÓN PARA EL EDIFICIO 01.....	102
3.2.1.	MATRIZ DE TIEMPOS.....	103
3.2.2.	MATRIZ DE ACTIVIDADES ANTECESORAS Y SUCESORAS	107
1.1.1.	RED DE ACTIVIDADES A TIEMPO ESTÁNDAR.....	112
3.2.4.	MATRIZ DE TIEMPO Y COSTOS	114
3.2.5.	DETERMINACIÓN DEL TIEMPO OPTIMO	118
3.2.6.	COMPRESIÓN DE RED DE ACTIVIDADES AL COSTO MENOR.....	119
3.2.7.	COMPRESIÓN DE RED DE ACTIVIDADES CUANDO AUMENTA EL COSTO	119
1.1.6.	TIEMPO OPTIMO	120
3.2.9.	RED DE ACTIVIDADES MOSTRANDO QUE EXISTEN LIMITACIONES DE EQUIPOS.....	121
3.2.9.	RED CON LIMITACIONES	122
3.2.9.	RED DEFINITIVA DE ACTIVIDADES.....	122
3.2.10.	DIAGRAMA DE GANTT.....	124
3.2.11.	MATRIZ DE ELASTICIDAD	127
3.2.12.	MATRIZ DE RETRASO PREVISTO DEL CAMINO CRITICO	131
3.3.	PROGRAMACIÓN PARA EDIFICIOS 02,03 Y 04	132
3.4.	PROGRAMACIÓN CON MS PROJECT Y NAVISWORKS.....	133
CAPITULO IV: CONCLUSIONES		134
4.1.	CONCLUSIONES.....	135
4.2.	RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFIA		138
ANEXOS		140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de sobrecosto para precio de venta	9
Tabla 2. Catálogo de Etapas y Sub-Etapas UNI	11
Tabla 3 Codificación de edificios según su uso.....	32
Tabla 4 Especificaciones técnicas.....	33
Tabla 5 Niveletas sencillas y dobles.....	80
Tabla 6 Take off niveletas	81
Tabla 7 Fundaciones	81
Tabla 8 Take off fundaciones	81
Tabla 9 Take off viga asismica	82
Tabla 10 Take off volumen de concreto	82
Tabla 11 Take off acero de refuerzo	83
Tabla 12 Take off refuerzo en fundaciones	84
Tabla 13 Resumen take off acero de refuerzo	84
Tabla 14 Take off para formaletas.....	84
Tabla 15 Estructura Metálica.....	85
Tabla 16 Take columnas metalicas	85
Tabla 17 Take off vigas metalicas	86
Tabla 18 Take off uniones estructurales	86
Tabla 19 Take off de vigas entrepiso	87
Tabla 20 Estructura de Concreto.....	87
Tabla 21 Take off acero de refuerzo para muro de ladrillo cuarteron.....	88
Tabla 22 Take off formaleta para muro de ladrillo cuarterón	88
Tabla 23 Take off concreto para muro de ladrillo cuarterón	88
Tabla 24 Estructura de Cubierta de Techo y Fascias.....	89
Tabla 25 Take off vigas principales de techo	89
Tabla 26 Take off clavadores de techo	89
Tabla 27 Take off cubierta de techo	89
Tabla 28 Take off cielos falsos.....	90
Tabla 29 Pisos.....	90
Tabla 30 Take off pisos y entrepiso.....	90

Tabla 31 Take off paredes ligeras	91
Tabla 32 Take off puertas.....	91
Tabla 33 Take off ventanas	91
Tabla 34 Take off Instalaciones hidrosanitarias	92
Tabla 35 Take off Electricidad.....	92
Tabla 36 Take off Limpieza Final	92
Tabla 37 Calculo de costos unitarios por actividad	94
Tabla 38 Desglose de costos indirectos.....	94
Tabla 39 Calculo de Costo Indirecto	95
Tabla 40 Calculo de subtotales del proyecto.....	96
Tabla 41 Calculo de Totales del proyecto	96
Tabla 42 Presupuesto general para el Edificio 01	97
Tabla 43 Resultados de presupuestos	101
Tabla 44 Matriz de tiempos	103
Tabla 45 Matriz de secuencias.....	107
Tabla 46 Matriz de tiempos y costos	114
Tabla 47 Costo directo versus tiempo	121
Tabla 48 Diagrama de Gantt	124
Tabla 49 Matriz de elasticidad.....	127
Tabla 50 Matriz de retraso previsto	131
Tabla 51 Duración por Edificio	132
Tabla 52 Costo unitario por actividad para el Edificio 01.....	I
Tabla 53 Costo directo por actividad a partir de costos unitarios	V
Tabla 54 Presupuesto general para el edificio 02	IX
Tabla 55 Presupuesto general para el edificio 03	XIII
Tabla 56 Presupuesto general para el edificio 04	XVI
Tabla 57 Rendimiento de Mano de obra	XIX
Tabla 58 Diagrama de Gantt para edificio 02.....	XXXI
Tabla 59 Diagrama de Gantt para edificio 03.....	XXXIV
Tabla 60 Diagrama de Gantt para edificio 04	XXXVII
Tabla 61 Desperdicios en materiales	XLI

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ciclo de vida un proyecto, fuente: elaboración propia.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 Elementos constructivos (Cartilla de la construcción 2019), fuente: Cartilla Nacional de la Construcción 2017.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 3 Sistema constructivo Plycem, fuente: Cartilla de la construcción 2017... </i>	<i>13</i>
<i>Figura 4 Niveles de planificación, fuente: elaboración propia</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5 Relación de tiempos método PERT, fuente: elaboración propia</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6 Calculo de Holgura, fuente: Acosta Willman (CPM/PERT 2001)</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7 Macro localización del proyecto, fuente: Wikipedia.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8 Micro localización del proyecto, fuente: elaboración propia</i>	<i>27</i>
<i>Figura 9. Interfaz del Software Autodesk Revit, fuente: Revit 2019.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 10. Cinta de herramientas de Revit, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 11. Menú de selección de unidades del proyecto, fuente: Revit 2019.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12. Menú de Plantillas, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 13. Rejillas terminadas en el proyecto, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 14. Botón de creación de rejillas, fuente: Revit 2019.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 15. Botón de creación de niveles, fuente: Revit 2019</i>	<i>38</i>
<i>Figura 16. Niveles terminados en el proyecto, fuente: Revit 2019.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17. Panel de modificación de pilares, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 18. Pilares en planta, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 19. Navegador de propiedades, fuente: Revit 2019.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 20. Pilar en 3D, fuente: Revit 2019.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 21. Botón de tipos de cimentaciones, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 22. Panel de navegación cimentación, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 23. Zapata en rejilla, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 24. 3D Fundaciones, fuente: Revit 2019.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 25. Botón de creación de vigas, fuente: Revit 2019.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 27. Edición rectángulo de suelo, fuente: Revit 2019.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 26. Botón de creación de suelos, fuente: Revit 2019</i>	<i>44</i>
<i>Figura 28. Botón de creación de muros arquitectónicos, fuente: Revit 2019.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 29. Cambiar nombre del muro, fuente: Revit 2019.....</i>	<i>45</i>

<i>Figura 30. Propiedades del muro, fuente: Revit 2019.</i>	45
<i>Figura 31. Panel de edición de estructura, fuente: Revit 2019.</i>	45
<i>Figura 32. Línea de ubicación de la cara del muro, fuente: Revit 2019.</i>	46
<i>Figura 33. Unión de ideal de muros, fuente: Revit 2019.</i>	46
<i>Figura 34. Altura de conexión de muros, fuente: Revit 2019.</i>	46
<i>Figura 35. Muro seleccionado flechas de cambio de cara, fuente: Revit 2019.</i>	47
<i>Figura 36. 3D de muros, fuente: Revit 2019.</i>	47
<i>Figura 37. Cielo raso automático contorno en línea roja, fuente: Revit 2019.</i>	47
<i>Figura 38. Línea que delimita pendiente, fuente: Revit 2019.</i>	48
<i>Figura 39. Desmarcando triangulo que indica pendiente, fuente: Revit 2019.</i>	49
<i>Figura 40. Botón de creación de cubiertas. fuente: Revit 2019.</i>	49
<i>Figura 41. Vista de panel topografía, fuente: Revit 2019.</i>	49
<i>Figura 42. Panel de edición de superficie topográfica, fuente: Revit 2019.</i>	49
<i>Figura 43. Nube de puntos en Revit, fuente: Revit 2019.</i>	50
<i>Figura 44. Botón de plataforma de construcción, fuente: Revit 2019.</i>	51
<i>Figura 45. Vista en planta de la plataforma de construcción, fuente: Revit 2019.</i>	51
<i>Figura 46. Vista en 3D de plataforma, fuente: Revit 2019.</i>	52
<i>Figura 47. Panel de botón de puertas, fuente: Revit 2019.</i>	52
<i>Figura 48. Flechas de dirección de puertas, fuente: Revit 2019.</i>	53
<i>Figura 49. Vista de cinta de elección de puerta, fuente: Revit 2019.</i>	53
<i>Figura 50. Panel de botón ventana, fuente: Revit 2019.</i>	54
<i>Figura 51. Panel de propiedades de ventana, fuente: Revit 2019.</i>	54
<i>Figura 52. Vista de ventana colocada, fuente: Revit 2019.</i>	54
<i>Figura 53. Vista 3D del modelo con ventanas y puertas, fuente: Revit 2019.</i>	55
<i>Figura 54. Botón de corte, fuente: Revit 2019.</i>	55
<i>Figura 55. Vista del navegador de proyectos, específicamente el corte, fuente: Revit 2019.</i>	56
<i>Figura 56. Vista en planta de corte, fuente: Revit 2019.</i>	56
<i>Figura 57. Vista en elevación del corte. fuente: Revit 2019.</i>	56
<i>Figura 58. Panel de insertar, fuente: Revit 2019.</i>	57
<i>Figura 59, Panel de librería español ventanas, fuente: Revit 2019.</i>	57

<i>Figura 60. Miniatura de la ventana, fuente: Revit 2019.</i>	58
<i>Figura 61. Silla en la Liberia, fuente: Revit 2019.</i>	58
<i>Figura 62. Panel de huecos, fuente: Revit 2019.</i>	59
<i>Figura 63. Botón para colocar componente, fuente: Revit 2019.</i>	59
<i>Figura 64. Vista 3D de la estructura sin el hueco, fuente: Revit 2019.</i>	60
<i>Figura 65. Vista 3D de la estructura con antes de colocar el hueco, fuente: Revit 2019.</i>	60
<i>Figura 66. Vista de hueco final, fuente: Revit 2019.</i>	61
<i>Figura 67. Vista de panel de creación de escalera, fuente: Revit 2019.</i>	61
<i>Figura 68. Vista de panel de edición de escalera, fuente: Revit 2019.</i>	62
<i>Figura 69. Ejemplo de la huella de escalera, fuente: Revit 2019.</i>	62
<i>Figura 70. Propiedades de la escalera, fuente: Revit 2019.</i>	63
<i>Figura 71. Boceto de escalera final, fuente: Revit 2019.</i>	64
<i>Figura 72. Vista panel de rampas, fuente: Revit 2019.</i>	65
<i>Figura 73. Vista panel edición rampas, fuente: Revit 2019.</i>	65
<i>Figura 74. Vista 3D rampa termina, fuente: Revit 2019.</i>	66
<i>Figura 75. Modelo de creación de barandilla, fuente: Revit 2019.</i>	66
<i>Figura 76. Vista panel de creación barandilla, fuente: Revit 2019.</i>	66
<i>Figura 77. Vista 3D de barandilla terminada, fuente: Revit 2019.</i>	67
<i>Figura 78. Barandillas por anfitrión, fuente: Revit 2019.</i>	67
<i>Figura 79. Vista 3D de barandillas en escalera, fuente: Revit 2019.</i>	68
<i>Figura 80. Vista de tabla aparatos de instalaciones sanitarias, fuente: Revit 2019.</i>	69
<i>Figura 81. Tabla de coordinación de disciplinas, fuente: Revit 2019.</i>	70
<i>Figura 82. Vista panel de modificación de tuberías, fuente: Revit 2019.</i>	71
<i>Figura 83. Vista panel de colocación de sistemas de tuberías, fuente: Revit 2019.</i>	71
<i>Figura 84. Panel de anotación, fuente: Revit 2019.</i>	72
<i>Figura 85. Válvulas en tuberías y tabla de propiedades.</i>	73
<i>Figura 86. Tabla de propiedades de tuberías, fuente: Revit 2019.</i>	73
<i>Figura 87. Panel de energización de una luminaria, fuente: Revit 2019.</i>	74

<i>Figura 88. Panel de propiedades de luminarias y volumen de habitación, fuente: Revit 2019.</i>	75
<i>Figura 89. Panel de nombrar habitación, fuente: Revit 2019.</i>	75
<i>Figura 90. Cálculo de volúmenes y áreas, fuente: Revit 2019.</i>	76
<i>Figura 91. Opciones de colocación de luminaria, fuente: Revit 2019.</i>	76
<i>Figura 92. Vista en elevación de luminarias, fuente: Revit 2019.</i>	77
<i>Figura 93. Panel para agregar interruptor, fuente: Revit 2019.</i>	78
<i>Figura 94. Vista de panel de navegación colocación de interruptor fuente: Revit 2019.</i>	78
<i>Figura 95. Panel de selección interruptor, fuente: Revit 2019.</i>	79
<i>Figura 96. Vista 3D final del modelo, fuente: Revit 2019.</i>	79
<i>Figura 97 Niveletas dobles (Cartilla de la construcción 2019).</i>	81
<i>Figura 98 Estructura de fundaciones y viga asísmica, fuente: elaboración propia.</i>	83
<i>Figura 99. Estructura metálica del edificio 01, fuente: elaboración propia.</i>	87
<i>Figura 100 Estructura administrativa de una empresa constructora, fuente: elaboración propia.</i>	95
<i>Figura 101 Red a tiempo estándar, fuente: elaboración propia.</i>	113
<i>Figura 102 Grafica Costo versus Tiempo, fuente: elaboración propia.</i>	120
<i>Figura 103. Red definitiva a tiempo optimo, fuente: elaboracion propia.</i>	123
<i>Figura 104 Retraso previsto de la obra, fuente: elaboración propia.</i>	132
<i>Figura 105 Modelo en Navisworks, fuente: elaboración propia.</i>	133
<i>Figura 106. Curvas de nivel y terrazas en terreno, fuente: elaboración propia.</i>	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Costo unitario por actividad para el Edificio 01	I
Anexo 2 Costo directo por actividad a partir de costos unitarios	V
Anexo 3 Presupuestos generales de obra para los edificios 02,03 y 04	IX
Anexo 4 Rendimiento calculado a partir de los catálogos de rendimiento del FISE	XIX
Anexo 5 Red de actividades cuando el costo aumenta.....	XXII
Anexo 6 Red de actividades al costo mínimo.....	XXIII
Anexo 7 Red de actividades con limitaciones	XXIV
Anexo 8 Calendarización del proyecto.	XXV
Anexo 9 Programación para edificios 02,03 y 04	XXX
Anexo 10 Plano Topográfico	XL
Anexo 11 Tabla de Porcentajes de Desperdicios.....	XLI
Anexo 12 Planos	XLII

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1.INTRODUCCION

Desde que se fundó el Recinto Universitario Región Central de la Universidad Nacional de Ingeniería (RURC-UNI) en Juigalpa en el año 2009, hasta hoy, el panorama ha cambiado; el aumento de la población estudiantil y la creciente demanda de nuevos ingresos a la UNI en este Recinto, es una problemática que la UNI como institución se ha planteado solucionar. La UNI asume el compromiso de atender a los jóvenes de esta región que desean cursar alguna carrera de ingeniería y no cuentan con las posibilidades económicas para hacerlo en Managua, naciendo así la idea de desarrollar un nuevo Recinto propio de la UNI que satisfaga todas las necesidades físicas, de seguridad y calidad para los jóvenes de esta región.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar la Planificación para el Proyecto “Recinto Universitario Sede Juigalpa, Universidad Nacional De Ingeniería”, la cual consta de la determinación de cantidades de obra que permiten conocer los costos totales del proyecto, y obtener el presupuesto de la obra, seguido de la programación de actividades y así como el tiempo de las diferentes etapas del mismo ,haciendo uso de herramientas tecnológicas modernas que facilitan los procesos, a la vez que representa un ahorro sustancial de tiempo y dinero durante la ejecución de la obra.

Se introduce el uso de Autodesk Revit y Autodesk Navisworks, que permiten realizar modelos que llevan consigo información del proyecto, se trata de programas con un motor de cambios paramétricos con una base de datos relacional que gestiona y coordina la información necesaria para el modelado del diseño arquitectónico, la construcción y la ingeniería de un edificio, incluyendo todas las especialidades.

El Recinto universitario UNI-Juigalpa contara con cuatro edificios, un edificio de dos plantas para aulas, un edificio de una planta para servicios administrativos y oficinas docentes con un auditorio de usos múltiples, un edificio tipo pabellón para laboratorios de ciencias naturales y un edificio para laboratorios de Ingeniería.

1.2. ANTECEDENTES

En el año 2009 la Universidad Nacional de Ingeniería crea el Recinto Universitario Región Central (RURC) sede Juigalpa, Chontales. Iniciando su primer año académico con una matrícula de 170 estudiantes en los turnos diurnos y sabatino. En la actualidad la demanda estudiantil de esta sede asciende a más de 1000 estudiantes y desde sus inicios la UNI ha funcionado e impartido clases en la Escuela Normal “Gregorio Aguilar Barea”, en espacios rentados por la misma.

Siendo un compromiso de la UNI el desarrollo de una sede regional para atender a los jóvenes de esta región que desean cursar alguna carrera de ingeniería y no cuentan con las posibilidades económicas para hacerlo en Managua, nació la idea de desarrollar un Recinto Universitario propio de la UNI que permita a sus estudiantes mayores espacios para su desempeño académico y recreación.

En la actualidad, la UNI en la Ciudad de Juigalpa, ofrece las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Agro-Industrial e Ingeniería de Sistemas y el proyecto “Recinto Universitario Sede Juigalpa, Universidad Nacional De Ingeniería” cuenta con el apoyo de la Alcaldía Municipal de esta localidad quien en el año 2012 realizó la donación de un terreno de cinco manzanas de tierra, donde se prevé la UNI podrá desarrollar todas las etapas del proyecto. La primera etapa del proyecto consiste en la construcción de seis aulas de clase, en la segunda etapa se construirá un edificio para la parte administrativa y finalmente un edificio para los laboratorios.

1.3. JUSTIFICACION

La educación es la principal estrategia de desarrollo social, cultural y económico con que cuenta un país para socializar e integrar a todas las personas en igualdad de condiciones a todas las dimensiones del desarrollo. Además de ser eje del desarrollo de una nación, como también un derecho fundamental de toda persona, sin distinción de raza, condición social o geográfica, género o edad, etc.

Es entonces importante, el acceso que los estudiantes universitarios tienen a la universidad en función de su lugar de origen. Encontramos que la mayoría de las universidades se ubican en la capital y es necesario que los estudiantes que aspiran a cursar una carrera de ingeniería en la región central puedan hacerlo, en este caso en la Ciudad de Juigalpa. Donde una buena infraestructura, con espacios adecuados, posibilita que jóvenes que viven en sitios remotos puedan estudiar.

En 2009 el Recinto Universitario Región Central contaba con 170 estudiantes matriculados en los turnos diurnos y sabatinos, actualmente la población estudiantil alcanza más de 1000 estudiantes en los turnos diurnos y sabatinos; este crecimiento en la demanda estudiantil hace que sea necesaria la construcción de un Recinto que le permita a los jóvenes espacios para su desempeño académico, áreas destinadas a la recreación y sobre todo comodidad durante su estadía en la universidad.

Además de mejorar la calidad de los servicios que la sede de la UNI en Juigalpa ofrece, ser propietaria de un Recinto, le permite afianzar las inversiones en el mismo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Realizar la planificación para la construcción del Proyecto “Recinto Universitario Sede Juigalpa, Universidad Nacional de Ingeniería”

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el presupuesto base para la construcción del Proyecto “Recinto Universitario Sede Juigalpa, Universidad Nacional De Ingeniería”.
- Realizar la sincronización del diseño del Recinto en el programa Revit.
- Determinar la Planificación más óptima del proyecto.
- Programar la construcción del Proyecto en el programa MS Project y apoyado en Navisworks.

1.5. Marco Teórico

1.5.1. Generalidades

Un proyecto es según Parodi, (2001, p. 13.) un conjunto de cosas que se encuentran interrelacionadas y coordinadas. En el campo de la arquitectura y la ingeniería civil, es el documento base sobre el que se desarrolla el trabajo de los arquitectos, ingenieros y proyectistas de distintas especialidades.

A lo largo de un proyecto se desarrolla la distribución de usos y espacios, la utilización de materiales y tecnologías, y la justificación técnica del cumplimiento de las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable. En muchos ámbitos la elaboración de un proyecto completo es obligatoria antes de iniciar el desarrollo de una construcción, y puede tener carácter contractual.

El proyecto de obra como cualquier tipo de proyecto es un documento que contiene el proceso de resolución técnica de un problema. Todo proyecto de obra tiene asignados unos objetivos, unas especificaciones a cumplir, un plazo de realización y un presupuesto a emplear. Estas son las partes fundamentales y que definen el documento definitivo y sirven, en muchos casos de documento contractual.

1.5.2. Ciclo de vida de un proyecto

El ciclo de vida del proyecto define las fases que conectan el inicio de un proyecto con su fin. Por ejemplo, cuando una organización identifica una oportunidad a la cual le interesaría responder, frecuentemente autoriza un estudio de viabilidad para decidir si se emprenderá el proyecto. Según (PMBOK® guide 2017) La definición del ciclo de vida del proyecto puede ayudar al director del proyecto a determinar si deberá tratar el estudio de viabilidad como la primera fase del proyecto o como un proyecto separado e independiente. Cuando el resultado de dicho esfuerzo preliminar no sea claramente identificable, lo mejor es tratar dichos esfuerzos como un proyecto por separado.

Las fases del ciclo de vida de un proyecto son según Wysocki, Robert K (2000):

- Inicio
- Planificación
- Ejecución
- Cierre del proyecto



Figura 1 Ciclo de vida un proyecto, fuente: elaboración propia.

Según (PMBOK® guide 2017), la transición de una fase a otra dentro del ciclo de vida de un proyecto generalmente implica y, por lo general, está definida por alguna forma de transferencia técnica. Generalmente, los productos entregables de una fase se revisan para verificar si están completos, si son exactos y se aprueban antes de iniciar el trabajo de la siguiente fase. No obstante, no es inusual que una fase comience antes de la aprobación de los productos entregables de la fase previa, cuando los riesgos involucrados se consideran aceptables. Esta práctica de superponer fases, que normalmente se realiza de forma secuencial, es un ejemplo de la aplicación de la técnica de compresión del cronograma denominada ejecución rápida.

1.5.3.Presupuesto

Según Beltran Razura, Alvaro (2012) Costos y presupuestos se entiende por presupuesto de una obra o proyecto, la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla.

1.5.3.1.Tipos de Presupuestos

Dependiendo de su propósito puede ser **exacto** o **aproximado**.

De acuerdo con Beltran Razura, Alvaro (2012) el presupuesto se denomina exacto o detallado cuando se obtiene mediante la suma de costos directos e indirectos. Este tipo de presupuesto es el que comúnmente se emplea para fines de licitaciones.

Según Beltran Razura, Alvaro (2012) el presupuesto se denomina aproximado cuando se obtiene mediante el empleo de índices unitarios, multiplicados por las cantidades de obras a ejecutarse. De su valor refleja más o menos en forma precisa el valor del proyecto, este tipo de presupuesto es empleado frecuentemente por los arquitectos para valorizar el costo de edificios y residencias a proyectar, conociendo la cantidad total de obra a construirse.

Contenido de un Presupuesto de Obra:

- Formación de Precios: El cuadro de precios unitarios de los materiales, mano de obra y elementos auxiliares como herramientas que componen las partidas o unidades de obra del proyecto.
- Catálogo de obra: Un cuadro de precios unitarios de los conceptos, de acuerdo con la cuantificación.
- El presupuesto de obra como tal, que contendrá la estimación económica global, desglosada y ordenada según el previo estudio de la cuantificación de los conceptos.

1.5.4. Costo

El costo es una inversión en actividades y recursos que proporcionan un beneficio, es el reflejo financiero de operaciones realizadas y factores empleados (Beltran Razura, Alvaro (2012)). Muestra, en términos monetarios, los procesos de producción, de distribución y de administración en general. O, dicho de otra manera, es la suma que nos dan los recursos (materiales) y el esfuerzo (mano de obra) que se hayan empleado en la ejecución de una obra.

1.5.5. Tipos de Costo

En la industria de la construcción, de acuerdo a Beltrán Razura, Álvaro (2012) normalmente dividimos los costos en dos grupos principales:

1.5.5.1. Costos Directos

Son todas aquellas erogaciones o gastos que se tiene que efectuar para construir la obra, tienen la particularidad de que casi siempre éstos se refieren a materiales, mano de obra, maquinaria y equipos que quedan físicamente incorporados a la obra terminada.

1.5.5.2. Costos Indirectos

El costo indirecto corresponde a los gastos generales necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos que realiza el contratista, tanto en sus oficinas centrales como en el sitio de los trabajos.

Se deben considerar dentro de este rubro los gastos administrativos y técnicos necesarios para la correcta realización de los procesos constructivos de la obra, incluyendo los imprevistos como la suspensión o la demora en el trabajo por mal tiempo, por escasez o retraso en la entrega de materiales, de equipo o de mano de obra, por omisiones o modificaciones al proyecto, por conflictos patronales o por accidentes.

1.5.5.2.1. Factor de Sobrecosto

El factor de sobrecosto es aquel que al multiplicarse por el costo directo de un concepto da como resultado el precio venta correspondiente.

Para llegar a dicho resultado nos basamos a los componentes que se detallan a continuación:

- Cargos por administración central del proyecto.
- Cargos por administración de obra in situ o gastos de campo.
- Imprevistos.
- Utilidad del contratista.

Una vez determinados todos los conceptos de costos indirectos que repercuten sobre el costo directo de una obra, se debe aplicarlos a esta, con la finalidad de asegurar el cumplimiento de las obligaciones que contrae la empresa con terceros, así como también de una justa utilidad para la misma.

Si se considera al costo directo como la unidad, los costos indirectos se valuarán en relación con aquél y en consecuencia será en porcentaje su forma de representación.

Según López Aguilar, Juan José (2013) a continuación, se mencionan los cargos y sus correspondientes rangos de variaciones usuales:

Tabla 1 Porcentaje de sobrecosto para precio de venta

CONCEPTO	% Mínimo	% máximo	% optimo
Costos indirectos de operación	4	9	5
Costos indirectos de obra local	4	8	5
Costos indirectos de obra foránea	5	12	6
Imprevistos	1	3	1
Utilidad	7	15	10

Fuente: López Aguilar, Juan José (2013), Análisis de Precios Unitarios Pag. 7

1.5.5.3. Definición de TAKE OFF (Cantidades de obras)

Según Beltran Razura, Alvaro (2012) se denomina TAKE OFF a todas aquellas cantidades de materiales que involucran los costos de una determinada obra. Dichas cantidades están medidas en unidades tales como: metros cúbicos, metros lineales, metros cuadrados, quintales, libras, kilogramos y otras unidades. De los cuales dependerá en gran parte el presupuesto.

Son los cargos por concepto de material, de mano de obra y de gastos, correspondientes directamente a la fabricación o producción en un artículo determinado.

1.5.5.4. Costo Unitario

El costo unitario según Beltran Razura, Alvaro (2012) se compone a partir de la suma de los siguientes costos:

Costo de mano obra: es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por el pago de salarios reales al personal que interviene en la ejecución del concepto de trabajo que realice.

Costo de material: Es el correspondiente a las erogaciones que hace el contratista para adquirir o producir todos los materiales necesarios para correcta ejecución del concepto de trabajo, que cumpla con las normas de calidad y las especificaciones generales y particulares de construcción requeridas por la dependencia o entidad.

Costo por maquinaria o equipo de construcción: Es el que deriva del uso correcto de las maquinas o equipos adecuados y necesarios para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo con lo estipulado en las normas de calidad y especificaciones generales y particulares que determine la dependencia o entidad y conforme al programa de ejecución convenido.

1.5.6. Catálogo de Etapas y Sub – etapas

El Catálogo de Etapas es un documento que sirve para dar cierto orden a la forma de presentación de ofertas (Beltran Razura, Alvaro (2012)). Este documento fue elaborado por la oficina técnica de proyectos de la Universidad Nacional de Ingeniería (OTP UNI, 2017) . A cada etapa se le asigna un código numérico en orden ascendente. Se separan las etapas correspondientes a los Costos Directos. En cada Etapa se muestran todas las sub – etapas o actividades necesarias para ejecutarla.

Tabla 2. Catálogo de Etapas y Sub-Etapas UNI

ETAPA	DESCRIPCION	U/M
010	Preliminares	M2
020	Movimiento de tierras	M3
030	Fundaciones	M3
031	Estructuras de madera	P2V
032	Estructuras de acero	KGS
040	Estructuras de concreto	M3
050	Mampostería	M2
060	Techos y fascias	M2
070	Acabados	M2
080	Cielos rasos	M2
090	Pisos	M2
100	Particiones	M2
110	Carpintería fina	C/U
111	Construcción de mobiliario	C/U
112	Muebles metálicos	C/U
120	Puertas	C/U
130	Ventanas	M2
140	Obras metálicas	M2
150	Obras sanitarias	GBL
160	Electricidad	GBL
170	Aire acondicionado	C/U
180	Obras misceláneas	C/U
190	Obras exteriores	GBL
200	Mitigación de obras	GBL
201	Pintura	M2
202	Limpieza final y entrega	GBL
203	Indemnización	GLB

Fuente: Catálogo de Etapas y Sub-etapas OTP-UNI

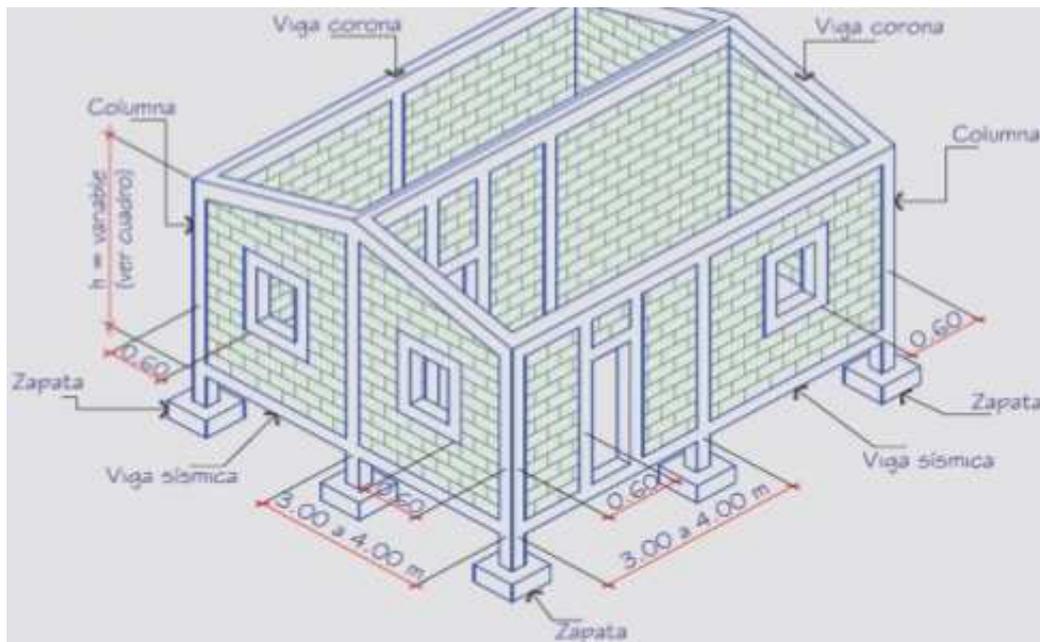


Figura 2 Elementos constructivos (Cartilla de la construcción 2019), fuente: Cartilla Nacional de la Construcción 2017.

1.5.6.1. Sistemas Constructivos

Mampostería confinada: Está conformada por muros construidos con ladrillos pegados con mortero confinados por columnas y vigas en concreto fundidas en sitio. (Nueva cartilla de la construcción, MTI-Nicaragua, 2019)

Mampostería reforzada: Es un tipo de mampostería rígida, lo que garantiza su resistencia hacia cualquier eventualidad tipo natural, como vientos, sismos, huracanes, entre otros. Este tipo de mampostería es una de las más segura y resistentes ya que los elementos son fijados con un mortero resistente y sus piezas son sujetas para que brinden resistencia y durabilidad. (Nueva cartilla de la construcción, MTI-Nicaragua, 2019)

Paredes monolíticas: Se trata del sistema constructivo con formaleta monolítica, un sistema ágil que permite al día siguiente de quitar la formaleta, continuar la edificación en horizontales sin permitir la caída de la estructura y al cabo de una semana se puede edificar el siguiente nivel sin necesidad de apuntalamientos. (Nueva cartilla de la construcción, MTI-Nicaragua, 2019)

Paredes con Covintec: Consiste en una malla tridimensional de acero galvanizado calibre de alta resistencia. Construida por cercas verticales continuas de 3” de ancho con relleno de tiros de espuma de poli estireno expandido. (Nueva cartilla de la construcción, MTI-Nicaragua, 2019)

Paredes con Plycem: este sistema utiliza laminas o placas de fibrocemento que son instaladas sobre estructuras metálicas o de madera para lograr la construcción de techos, entrepisos, paredes internas, paredes externas, fachadas y más. Esta tecnología es totalmente segura y tiene un excelente desempeño comprobado ante sismos y huracanes. (Nueva cartilla de la construcción, MTI-Nicaragua, 2019)

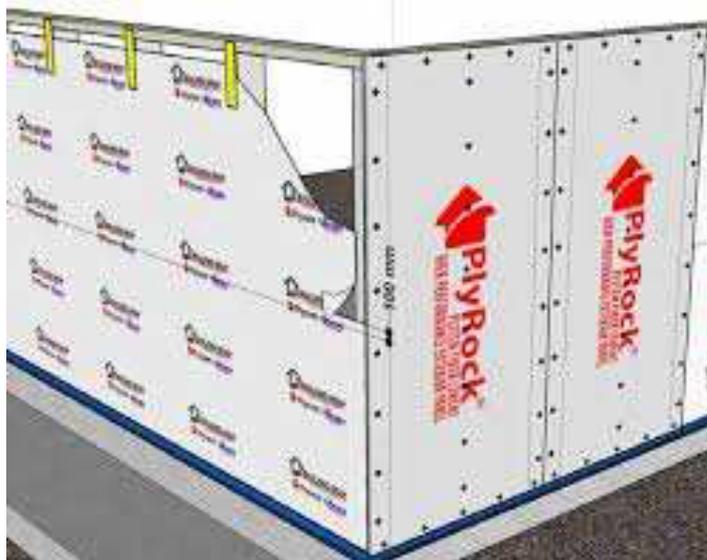


Figura 3 Sistema constructivo Plycem, fuente: Cartilla de la construcción 2017

1.5.7. Planificación de Proyectos

Según Eduardo Aldunate (2005) la planificación de proyectos es la programación y estimación del orden de prioridades de las actividades necesarias para alcanzar unos objetivos. Y es que, planificar es estimar técnicamente lo que va a suceder en los próximos días, semanas, meses o años. Desde nuestros ancestros, la planificación siempre ha estado presente en la evolución del ser humano. Necesitamos una organización para crear, desarrollarnos y dar pasos hacia delante. De ahí, la importancia de la planeación estratégica de una empresa. Es necesario establecer una ruta a seguir para alcanzar un objetivo concreto.

1.5.8. Tipos de Planificación

Según el Manual de orientación de planificación de proyectos y programas (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2010) se clasifican en niveles de planificación:

1.5.8.1. Niveles de planificación

Aunque prácticamente todo se puede planificar, no siempre son idénticas las modalidades con arreglo a las cuales formulamos los planes y los ejecutamos. Es preciso establecer diferentes niveles de planificación de acuerdo con las metas que pretenda el proceso de planificación. En el Manual de orientación de planificación de proyectos y programas, se distingue entre planificación «estratégica» y «operacional». Ambas forman parte integrante del proceso general de determinación de las prioridades y los objetivos de la organización.



Figura 4 Niveles de planificación, fuente: elaboración propia

1.5.8.2. Planificación operacional

Según el Manual de orientación de planificación de proyectos y programas (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2010) planificación operacional es el proceso para determinar la forma en que los objetivos enunciados en el plan estratégico se harán realidad sobre el terreno. A ese efecto se sigue una serie de pasos, que identifican o refinan objetivos más detallados en cada nivel, vinculados a los objetivos del plan estratégico.

Dichos objetivos se pueden entonces agrupar y organizar en planes, programas y proyectos. La planificación operacional por lo común corresponde al corto plazo (entre varios meses y tres años). A fin de traducir los objetivos estratégicos en resultados prácticos, las medidas necesarias se deben planificar (en un plan de trabajo), junto con sus costos (en un presupuesto), la forma en que se financiarán las actividades (en un plan de movilización de recursos) y las personas que realizarán las actividades.

1.5.9. Planificación estratégica

La planificación estratégica es según el Manual de orientación de planificación de proyectos y programas (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2010) el proceso de decidir dónde quiere llegar la organización y por qué y, seguidamente, de elegir entre diferentes cursos de acción a fin de asegurar la mejor posibilidad de llegar a destino. Ayuda a una organización a definir con claridad las medidas a adoptar frente a las oportunidades y desafíos emergentes, manteniendo al propio tiempo la coherencia y la sostenibilidad a largo plazo. Por lo común corresponde al largo plazo (aproximadamente un mínimo de tres o cuatro años, hasta 10 años). Orienta la dirección general de una organización mediante el enunciado de una visión y una misión y de las metas o los objetivos estratégicos necesarios para hacerlas realidad.

1.5.10. Programación de Obras

Las actividades de presupuestar y programar están entrelazadas entre sí, no se pueden delimitar como dos etapas diferentes, antes y después del presupuesto se dan actividades de programación. La programación implica la anticipación de cómo se ejecutará una obra, involucra la formulación de un plan de acción para la ejecución y definición de los recursos necesarios para lograrlo en tiempo, costo, calidad y forma acorde a especificaciones previas mencionadas por los diseñadores.

1.5.11. Duración de las Actividades

La duración es la cantidad de tiempo necesaria para la ejecución completa de la actividad medida en periodos de trabajo. La duración siempre debe referirse a días laborables, es decir, aquéllos en los que se trabaja realmente, y no a días naturales.

Las actividades incluidas en un programa de obras son todas las necesarias para su realización, no solamente las de tipo constructivo también involucra actividades como instalaciones de oficinas, bodegas, champas, así como las relativas a terminación y entrega de la obra.

En cada actividad se debe seleccionar adecuadamente la unidad de medida, de ello dependerá que la función de programación cumpla su objetivo en la etapa del control, para efecto de comparar lo programado contra lo ejecutado. Es de igual importancia la cantidad programada para cada actividad, en el caso de las actividades relativas a la ejecución de obras se obtiene directamente de los planos, a esta actividad se le conoce como cuantificación.

Tras identificar las actividades que integran la planificación, el siguiente paso es determinar la duración de cada una. De estas duraciones depende el plazo de la obra. Las duraciones mal asignadas pueden corromper la planificación, lo que la haría inviable o sin utilidad práctica para los responsables de la obra. El valor real de la planificación y la confianza que merece residen principalmente en dos parámetros: la duración y la lógica (la interdependencia entre las actividades).

Estos elementos son la base para el cálculo de la red y generarán los siguientes resultados:

- Plazo total del proyecto.
- Fechas de inicio y final de cada actividad.
- Identificación de actividades cuya ejecución debe suceder necesariamente en la fecha calculada para no demorar los proyectos (actividades críticas).
- Holguras de actividades no críticas.
- Margen de las actividades para desplazarse en el tiempo y minimizar los conflictos entre los recursos (nivelación de recursos).
- Identificación de las actividades más adecuadas para comprimir la duración, a fin de reducir el tiempo total del proyecto (aceleración).

Para efecto de tener un programa de la ejecución de la obra lo más apegado a la realidad, aparte de contar con todos los elementos del proyecto, es importante tener el presupuesto definitivo de la obra (Instituto nicaragüense de fomento municipal INIFOM, 2006).

1.5.12. PERT/CPM

El PERT (evaluación de programa y técnica de revisión) fue desarrollado por científicos de la oficina Naval de Proyectos Especiales de la armada de los Estados Unidos en los años 50. Booz, Allen y Hamilton y la División de Sistemas de Armamentos de la Corporación Lockheed Aircraft.

Casi al mismo tiempo, la Compañía DuPont en Estados Unidos, junto con la División UNIVAC de la Remington Rand, desarrolló el método de la ruta crítica (CPM) para controlar el mantenimiento de proyectos de plantas químicas de DuPont. El CPM es idéntico al PERT en concepto y metodología.

La definición de ruta crítica según Acosta Willman (2001) es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.

La diferencia principal entre ellos es simplemente el método por medio del cual se realizan estimados de tiempo para las actividades del proyecto. Con CPM, los tiempos de las actividades son determinísticos. Con PERT, los tiempos de las actividades son probabilísticos o estocásticos (Acosta Willman 2001).

De acuerdo con Acosta Willman (2001) el PERT/CPM fue diseñado para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores del proyecto. Primero, el PERT/CPM expone la «ruta crítica» de un proyecto. Estas son las actividades que limitan la duración del proyecto. En otras palabras, para lograr que el proyecto se realice pronto, las actividades de la ruta crítica deben realizarse pronto. Por otra parte, si una actividad de la ruta crítica se retarda, el proyecto como un todo se retarda en la misma cantidad. Las actividades que no están en la ruta crítica tienen una cierta cantidad de holgura; esto es, pueden empezarse más tarde, y permitir que el proyecto como un todo se mantenga en programa. El PERT/CPM identifica estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para retardos.

Para emplear la metodología PERT/CPM según Acosta Willman (2001) se deben determinar los siguientes datos:

1.5.12.1. Lista de Actividades

Es la relación de actividades físicas o mentales que forman procesos interrelacionados en un proyecto total. En general esta información es obtenida de las personas que intervendrán en la ejecución del proyecto, esto es debido a que la programación de obras optima se basa en la experiencia que tienen las personas a cargo del proyecto en proyectos con características similares.

1.5.12.2. Matriz de Secuencias

Existen dos procedimientos para conocer la secuencia de las actividades:

- Por antecedentes
- Por secuencias.

Por antecedentes, se les preguntará a los responsables de los procesos cuales actividades deben quedar terminadas para ejecutar cada una de las que aparecen en la lista. Debe tenerse especial cuidado que todas y cada una de las actividades tenga por lo menos un antecedente excepto en el caso de ser actividades iniciales, en cuyo caso su antecedente será cero (0).

Por secuencias se preguntará a los responsables de la ejecución, cuales actividades deben hacerse al terminar cada una de las que aparecen en la lista. Para este efecto debemos presentar la matriz de secuencias iniciando con la actividad cero (0) que servirá para indicar solamente el punto de partida de las demás. La información debe tomarse una por una de las actividades listadas, sin pasar por alto ninguna de ellas.

En la columna de «anotaciones» el programador hará todas las indicaciones que le ayuden a aclarar situaciones de secuencias y presentación de la red. Estas anotaciones se hacen a discreción, ya que esta matriz es solamente un papel de trabajo.

Si se hace una matriz de antecedentes es necesario hacer después una matriz de secuencias, pues es ésta última la que se utiliza para dibujar la red.

1.5.12.3. Matriz de Tiempos

En el estudio de tiempos se requieren tres cantidades estimadas por los responsables de los procesos: El tiempo medio (M), el tiempo óptimo (o) y el tiempo pésimo (p).

El tiempo medio (M) es el tiempo normal que se necesita para la ejecución de las actividades, basado en la experiencia personal del informador. El tiempo óptimo (o) es el que representa el tiempo mínimo posible sin importar el costo o cuantía de elementos materiales y humanos que se requieran; es simplemente la posibilidad física de realizar la actividad en el menor tiempo. El tiempo pésimo (p) es un tiempo excepcionalmente grande que pudiera presentarse ocasionalmente como consecuencia de accidentes, falta de suministros, retardos involuntarios, causas no previstas, etc. Debe contarse sólo el tiempo en que se ponga remedio al problema presentado y no debe contar el tiempo ocioso.

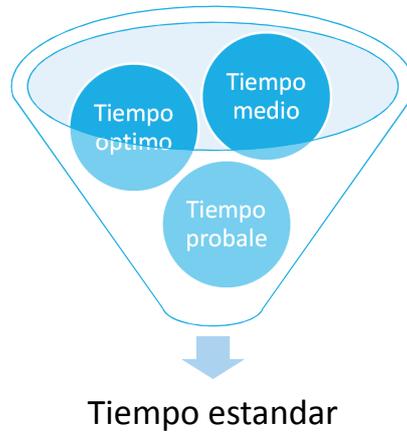


Figura 5 Relación de tiempos método PERT, fuente: elaboración propia

Se puede medir el tiempo en minutos, horas, días, semanas, meses y años, con la condición de que se tenga la misma medida para todo el proyecto. Los tiempos anteriores servirán para promediarlos mediante la fórmula PERT obteniendo un tiempo resultante llamado estándar (t) que recibe la influencia del óptimo y del pésimo a la vez.

$$t = \frac{o + 4m + p}{6} \quad \text{EC.1}$$

1.5.12.4. Red de Actividades

Se llama red la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y el camino crítico. No solamente se llama *camino crítico* al método sino también a la serie de actividades contadas desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, que no tienen flexibilidad en su tiempo de ejecución, por lo que cualquier retraso que sufriera alguna de las actividades de la serie provocaría un retraso en todo el proyecto.

1.5.12.5. Costos y pendientes

Para completar esta matriz se tomarán los costos de cada actividad realizada en los presupuestos. Dichos costos se deben anotar en la matriz de información.

La pendiente del Costo: es la cantidad de recursos económicos que aumentan con relación a la disminución de unidad de tiempo escogida, dicho en otras palabras, es como se incrementa el costo cada vez que disminuyo en tiempo.

Para obtener el Costo Limite es necesario realizar un nuevo análisis de costos por actividad donde el tiempo considerado en el cálculo de los rendimientos es el tiempo óptimo y por ende ajustar los recursos materiales a este último. En nuestro caso se asumirá un 25% más del costo a duración estándar, esto debido a que es factor que depende mucho de la experiencia del programador de obras.

Esta matriz estará conformada por los elementos de la matriz de actividades y por los costos correspondientes a cada actividad:

- Numero de Actividad (No.)
- Actividad
- Costo Normal (Cn)
- Costo Limite (Cl)

1.5.12.6. Compresión de la red

El comprimir una red nos ayudara a determinar que actividades serán las que se optimizaran en tiempo.

1.5.12.7. Limitaciones de tiempo, de recursos y económicos

Se debe determinar el tiempo normal de ejecución de la red y si no puede realizarse en el intervalo disponible, se deberá comprimir la red al tiempo necesario, calculando el costo incrementado.

El tiempo óptimo de ejecución indicara si puede hacerse o no el proyecto dentro del plazo señalado.

1.5.12.8. Matriz de elasticidad

Para poder tomar decisiones efectivas y rápidas durante la ejecución del proyecto es necesario tener a la mano los datos de las probabilidades de retraso o adelanto de trabajo de cada una de las actividades, o sea la elasticidad de las mismas.

Se llama *holgura* a la libertad que tiene una actividad para alargar su tiempo de ejecución sin perjudicar otras actividades o el proyecto total. Se distinguen tres clases de holguras:

- *Holgura total*; no afecta la terminación del proyecto;
- *Holgura libre*; no modifica la terminación del proceso; y
- *Holgura independiente*; no afecta la terminación de actividades anteriores ni la iniciación de actividades posteriores.

Actividad	Secuencia	Tiempo			Costos			Lecturas			HT	HL	HI	compresión	σ	
		M	p	t	\$N	\$L	m	P _i	U _i	P _j						U _j

Figura 6 Calculo de Holgura, fuente: Acosta Willman (CPM/PERT 2001)

i y la primera y la última del evento j . Donde:

- P_i Significa lo más temprano en que puede iniciarse la actividad.
- U_i Significa lo más tarde en que puede iniciarse.
- P_j Significa lo más temprano en que puede terminarse.
- U_j Significa lo más tarde en que puede terminarse.

La diferencia entre la fecha más temprana de iniciación y más tardía de terminación produce el intervalo de tiempo disponible de mayor duración y está en función del conteo del proyecto.

- $U_j - P_i = \text{Intervalo del Proyecto EC.2}$

Al restar la duración t de este intervalo produce la holgura total:

- $HT = U_j - P_i - T \quad \text{EC.3}$

La diferencia entre la fecha más temprana de iniciación y la más temprana de terminación indica el intervalo disponible en función del proceso,

- $P_j - P_i = \text{Intervalo del Proceso}$ EC.4

Y al restar la duración t de este intervalo queda la holgura libre:

- $HL = P_j - P_i - t$ EC.5

La diferencia entre la fecha más tardía de iniciación y la más temprana de terminación indica el intervalo de tiempo más reducido posible y esta en función de las actividades anteriores y posteriores,

- $P_j - U_i = \text{Intervalo de Actividad}$ EC.6

y al restar el tiempo t de este intervalo se obtiene la holgura independiente:

- $HI = P_j - U_i - t$ EC.7

1.5.12.9. Probabilidad de retraso

Para determinar la probabilidad de que se retrase una actividad o todo el proyecto, se calcula la cantidad que corresponde de desviación estándar a los días de retraso que se desee.

1.5.12. Modelado de Información de Construcción

El modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), también llamado modelado de información para la edificación, es el proceso de generación y gestión de datos de un edificio durante su ciclo de vida utilizando software dinámico de modelado de edificios en tres dimensiones y en tiempo real, para disminuir la pérdida de tiempo y recursos en el diseño y la construcción. Este proceso produce el modelo de información del edificio (también abreviado BIM), que abarca la geometría del edificio, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y las propiedades de sus componentes.

1.5.13. Autodesk Revit

Autodesk Revit es un software de Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling), para Microsoft Windows, desarrollado actualmente por Autodesk. Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico. BIM es un paradigma del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligentes y en tercera dimensión. De este modo, Revit provee una asociatividad completa de orden bi-direccional. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas. Un modelo BIM debe contener el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación. Esto se hace posible mediante la subyacente base de datos relacional de arquitectura de Revit, a la que sus creadores llaman el motor de cambios paramétricos.

1.5.14. Autodesk Navisworks

Navisworks es un software que permite la combinación de diferentes modelos 3D, navegar sobre ellos, revisarlos, añadir comentarios, detectar colisiones, generar mediciones o simulaciones 4D de planificación.

1.6. Metodología

El marco metodológico de un proyecto define métodos, técnicas y procedimientos a usar en el estudio. Balestrini (2006 p.125) define “el marco metodológico como la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real”.

Según Sampieri (2005), “el diseño metodológico es un plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento”.

1.6.1. Tipo de estudio.

El presente trabajo de acuerdo a sus objetivos es de tipo descriptivo, con el fin de presentar todo lo relativo a la planificación del proyecto Recinto UNI-Juigalpa.

Incluyendo así la realización del presupuesto de la obra, la programación de actividades y el tiempo referido a cada etapa del proyecto.

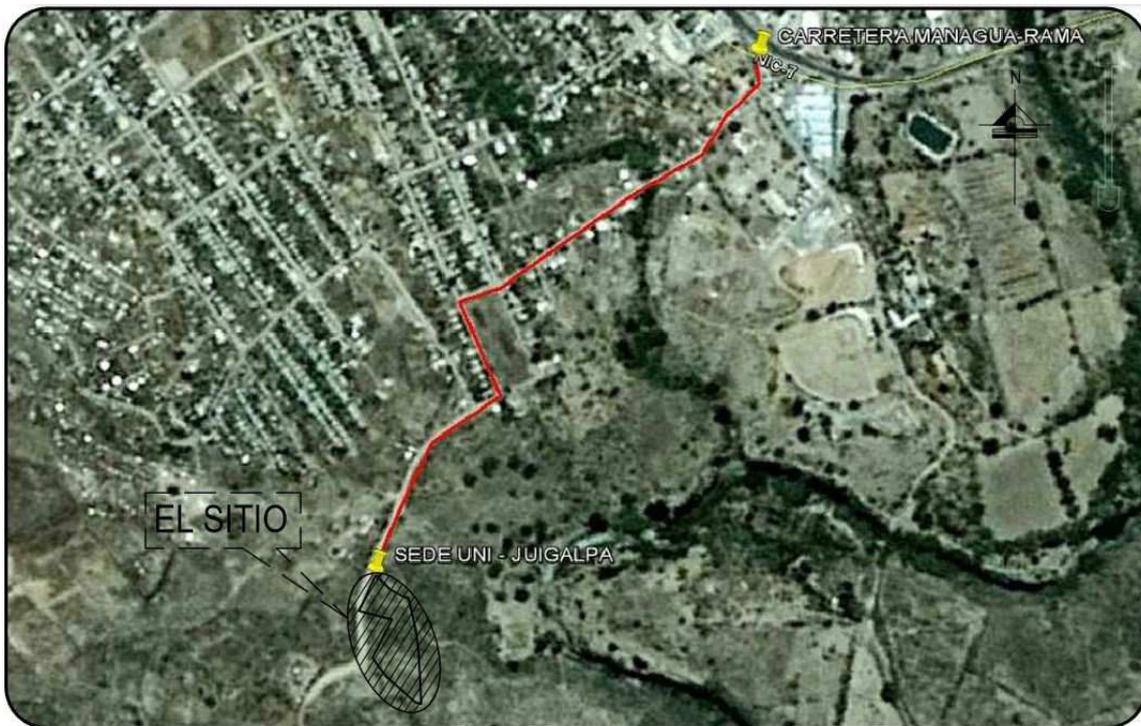
El estudio consiste en la planificación del proyecto Recinto universitario “Universidad Nacional de Ingeniería - Región Central”, para beneficio de la comunidad universitaria de la UNI en su Recinto de la ciudad de Juigalpa, departamento de Chontales, donde existe la necesidad de garantizar un espacio confortable y de alta calidad a los estudiantes de las distintas carreras que se ofrecen. Facilitando también condiciones de higiene, seguridad y confort para desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje de calidad.

1.6.2. Localización del sitio.

El proyecto del “Recinto Universitario Universidad Nacional de Ingeniería” región central, está localizado en las afueras de la ciudad de Juigalpa, del departamento de Chontales, región central de la republica de Nicaragua.



Figura 7 Macro localización del proyecto, fuente: Wikipedia



PLANO DE LOCALIZACIÓN

SIN-----ESCALA

Figura 8 Micro localización del proyecto, fuente: elaboración propia

1.6.3. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección.

Técnicas de investigación

Según Diaz (2002), las técnicas son un conjunto de mecanismos, sistemas y medios de dirigir, recolectar, conservar y reelaborar datos. En este trabajo la recolección de datos se realizó aplicando las siguientes técnicas:

Análisis Documental:

La revisión bibliográfica permitió conocer la ubicación del proyecto, características técnicas, situación actual, Metodologías de cálculo, Reglamentos, Catálogos, Convenios, Normativas y software disponibles.

Procedimiento:

Al haber sido recopilada toda la información del proyecto se procedió a la realización del modelo tridimensional de información mediante el uso del software AUTODESK REVIT, tomando siempre en cuenta las especificaciones técnicas regidas por las normas y reglamentos proporcionados, y planos existentes.

Una vez obtenido el modelo REVIT, se procedió a la elaboración del presupuesto por medio de la obtención de costos unitarios. el levantamiento de la cantidad de obra TAKE-OFF, se realiza de manera automática en el programa Revit al generar tablas de metrados, para luego asignarles un costo. El presupuesto se realizó para los cuatro edificios del Proyecto.

Para cada una de las actividades que se definieron en los costos unitarios se estimó el tiempo de duración para cada una de ellas. Este tiempo se calculó tomando en cuenta las actividades de obra a ejecutar y las normas de rendimiento horario. Luego se procedió a la suma acumulada de cada uno de los tiempos por actividad y así se obtiene el tiempo total de construcción de la obra.

Para la obtención de los costos indirectos, se toman en cuenta los gastos técnicos y administrativos que conlleva el proyecto, asumiéndose un valor porcentual del costo directo del proyecto.

Se procedió a realizar la programación de obras del proyecto, utilizando el software Microsoft Project y el software AUTODESK NAVISWORKS.

1.6.3.1. Información de costos referente a materiales.

Para conocer de manera acertada de los costos que conllevan los materiales en la construcción se realizó una búsqueda de información para la construcción de una base de datos de costos de materiales, de diferentes distribuidoras de materiales tales como importadoras, mayoristas o detallistas, los cuales son los que suplen la demanda del mercado nacional.

1.6.3.2. Cálculo del Costo Base de mano de obra.

Se tomará como referencia el listado de precios de mano de obra del Fondo Inversión Social de Emergencia FISE y para las actividades que no aparezcan en el listado antes mencionado se utilizaron normas de rendimiento de oficiales y ayudantes establecidas en el convenio laboral entre trabajadores de la construcción y empresas constructoras regulado por el Ministerio del trabajo.

1.6.3.3. Costos Directos.

Una vez realizado el modelo de información del proyecto, se procedió a determinar el take off y con la información obtenida de este, se adicionaron los costos directos a las cantidades, materiales, mano de obra y transportes, para concluir obteniendo el costo unitario por cada etapa y sub-etapa integrado en los precios.

1.6.3.4. Cálculo del Tiempo de Ejecución de Obras.

El tiempo de ejecución de obras se estimó utilizando las normas de rendimiento de mano de obra del país, haciendo uso del programa Microsoft Project y el programa Autodesk Navisworks.

1.6.3.5. Cálculo de los Costos Indirectos.

Considerando lo que se plantea en el Manual para Revisión de Costos y Presupuestos del MTI y lo planteado en el apartado de sobre costo del marco teórico de este documento, los costos indirectos se valuarán en relación con el costo directo y en consecuencia será en porcentaje su forma de representación. el cual está entre el 10 y 25% del costo directo.

1.6.3.6. Procesamiento de datos.

El procesamiento de los datos obtenido del análisis documental, se realizó primeramente en el programa Autodesk Revit, a partir de la creación de un modelo tridimensional para la determinación de los metrados y luego estas cantidades de obras fueron exportadas al programa Microsoft Excel para la realización de los cálculos matemáticos para la creación del presupuesto de obra. Igualmente, para la

programación de la obra se utilizó el programa Microsoft Project y el programa Autodesk Navisworks.

1.6.3.7.Elaboración de la Programación.

Primeramente, se configuro el calendario de trabajo en el software Microsoft Project, seguidamente se asignó los tiempos para cada actividad del proyecto en el software, seguidamente se determinó las actividades críticas o simultaneas del proyecto para así asignar recursos de la manera más optima posible. Finalmente se exporto la información de Microsoft Project a Autodesk Navisworks para la integración de la programación de obras con el modelo tridimensional previamente creado, y de esta manera se analizó a profundidad de manera gráfica los avances del proyecto a medida que el tiempo transcurre.

CAPITULO II: CREACION DE MODELO REVIT Y DETERMINACION DE CANTIDADES DE OBRAS

2.1. Determinación de las cantidades de obra

El Recinto universitario UNI-Juigalpa contara con cuatro edificios de diversos usos, para satisfacer las necesidades de la comunidad universitaria. El proyecto será realizado en un terreno donado a la UNI por la Alcaldía de Juigalpa, con una extensión cinco manzanas (37,470.742 m²), en las cuales se presentan: un edificio de dos plantas para aulas, un edificio de una planta para servicios administrativos y oficinas docentes con un auditorio de usos múltiples, un edificio tipo pabellón para laboratorios de ciencias naturales, y un edificio para laboratorios de Ingeniería. A continuación, se presentan las áreas y codificación de cada edificio:

Tabla 3 Codificación de edificios según su uso.

Fase	Edificio	Uso	Área (M2 de construcción)
P L A N M A E S T R O	01	Edificio de dos plantas para uso de aulas de clase	615.54
	02	Edificio administrativo y oficinas docentes con auditorio	346.28
	03	Edificio de laboratorios de Física y Química	305.72
	04	Edificio de laboratorios de Hidráulica, Estructuras y Materiales	519.52

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. Generalidades del Diseño

La unidad básica consta de un sistema de marcos ordinarios resistentes a momento con cerramiento ligeros de laminas prefabricadas, para un mejor comportamiento sismo resistente (debido a su ligereza posee un comportamiento muy estable frente a sollicitaciones dinámicas) y aislante térmico, lo que sumado a las condiciones de los servicios básicos de agua, energía eléctrica, de baja-media tensión, y drenaje sanitario, permiten asegurar las condiciones de higiene y seguridad establecidas por la UNI.

El diseño parte de los requerimientos y condiciones establecidas por las autoridades Universitarias de la UNI, obedece al sistema de esqueleto resistente con estructura de acero, cerramientos y entrepiso de PLYCEM; cubierta de lámina PLYCEM, soportada en una estructura a base de perfiles metálicos anclados a la estructura de un murete de ladrillo cuarterón que sirve como arranque para la estructura de aluminio, la cubierta está aislada por un sistema de cielo falso de PLYCEM con estructura de aluminio. El edificio 01 cuenta con tres aulas por piso, escalera metálica y un pasillo de circulación. Dentro de las especificaciones que rigen este sistema constructivo combinado se encuentran las siguientes

Tabla 4 Especificaciones técnicas.

Sistema Constructivo: Combinado a base de marcos de acero ordinarios (OMF) con cerramiento ligero	
Material	Especificación
Cemento	ASTM-C-1157
Agregados	ASTM-C-33-67
Concreto	ACI 318-14
Acero	ASTM A-615
Soldadura	AWS A5.1 (E70-XX con una resistencia mínima de 70,000 PSI)
Paneles Tecnología Plycem	Elementia- Plycem V.01-18

Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de las cantidades de materiales se procedió a crear modelos de información Revit, para cada uno de los edificios. Sin embargo, debido al número de edificios (4), en este trabajo se presenta una guía de creación para todas las disciplinas que conlleva un proyecto, tales como arquitectura, topografía, estructura e instalaciones. Se presenta como ejemplo para la guía de creación del modelo, el edificio 01 “Pabellón de Aulas” con un área de 615.54m².

Para los demás edificios, 02,03,04, se presentan solamente los modelos terminados con las disciplinas de arquitectura, estructura, topografía e instalaciones. Esto con el fin evitar la repetición de guías de creación, debido a que de un modelo a otro solo varían las cantidades.

2.2. Guía de creación de modelo Revit para el edificio 01 “Pabellón de aulas”

El edificio 01 “Pabellón de aulas” consta de una estructura de pórticos metálicos con arriostres, sistema de entrepiso ligero de Plycem soportado sobre sistema de viguetas metálicas, estos marcos constan con conexiones de placas base a sistema de cimentación de concreto, sistema de cubierta metálica Plycem con techo a tres aguas con un área neta de construcción 615.54 M². Para simplificar el trabajo de la creación del modelo Revit, se clasifican los objetos a modelar por disciplina de la construcción, tales como: arquitectura, estructura, topografía e instalaciones.

Haciendo uso del catálogo de obras de la oficina técnica de proyectos de la UNI se da inicio con el modelado en Revit, en el mismo orden que se construirá la obra en el sitio. Todo a partir de los diseños aprobados por el dueño para el edificio.

A continuación, se presenta la GUIA DE CREACION DE MODELO REVIT PARA EL EDIFICIO 01 DEL PROYECTO “RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA” APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK

Modelado de información de construcción (BIM, Building Information Modeling por sus siglas en inglés), es la tecnología que aúna todo el proceso de construcción de un edificio, su gestión y recopilación de información de todo cuanto atañe al proyecto. No es sólo un trabajo en tres dimensiones que proporciona únicamente información gráfica, sino cómo está construido dicho proyecto, materiales, cantidades, geografía, componentes.

2.2.1. AUTODESK Revit

Permite al usuario diseñar con elementos de modelación y dibujo paramétrico, es una herramienta del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligentes y en tercera dimensión. De este modo, Revit provee una asociatividad completa. Un cambio en algún lugar significa un cambio en todos los lugares, instantáneamente, sin la intervención del usuario para cambiar manualmente todas las vistas. Esto se hace posible mediante la subyacente base de datos relacional de arquitectura de Revit, a la que sus creadores llaman el motor de cambios paramétricos.

2.2.1.1. Interfaz de Revit

Lo primero que vemos al abrir Revit es la siguiente pantalla, donde aparecen por defecto los apartados de Proyectos y Familias. Más adelante diferenciaremos qué es cada opción. De momento, dentro de Proyectos, seleccionaremos Nuevo... y aceptaremos el cuadro de diálogo que aparezca para empezar a familiarizarnos con la interfaz de trabajo de Revit.

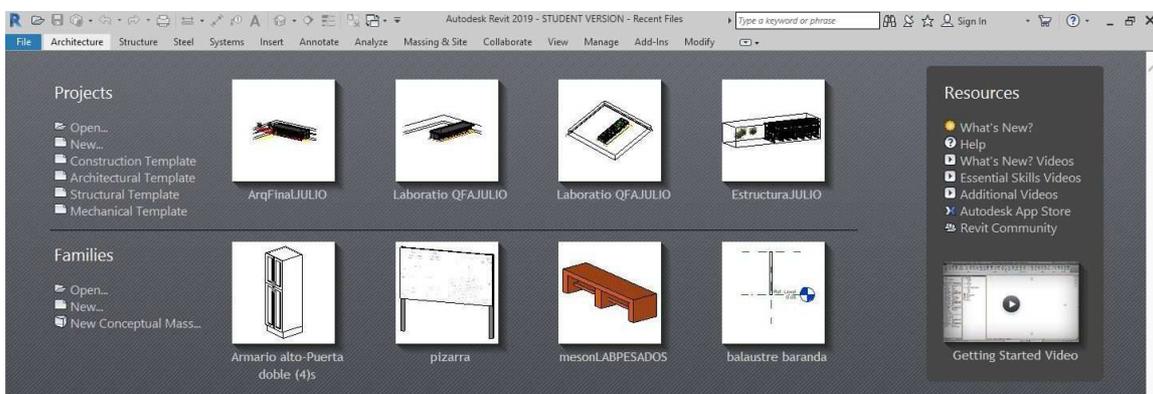


Figura 9. Interfaz del Software Autodesk Revit, fuente: Revit 2019.

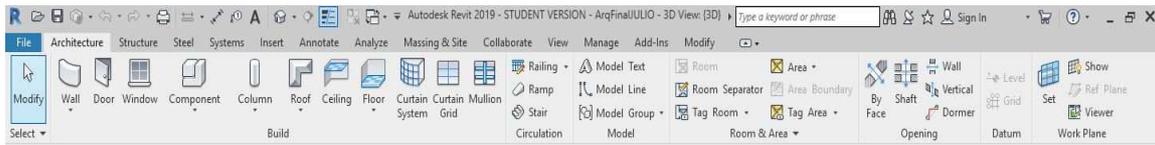


Figura 10. Cinta de herramientas de Revit, fuente: Revit 2019.

2.2.1.2. Selección de Plantilla

Es la base con la que partimos, una manera de no empezar “de cero”. Por defecto vienen varias plantillas en Revit. Nosotros vamos a usar la arquitectónica. Esta plantilla ya tiene, por defecto, preparadas ciertas vistas (alzados, planos de suelo, de techo, etc.) y nos ayuda a poder empezar a trabajar.

Podemos crear nuestra propia plantilla. Imagina que siempre usamos en nuestros proyectos los mismos muros (un muro de bloques de 20 cm. de espesor, otro de bloque de 15 cm, etc.). Para evitar crear en cada proyecto nuestros muros personalizados lo que hacemos es crear una plantilla con esos muros ya incorporados.

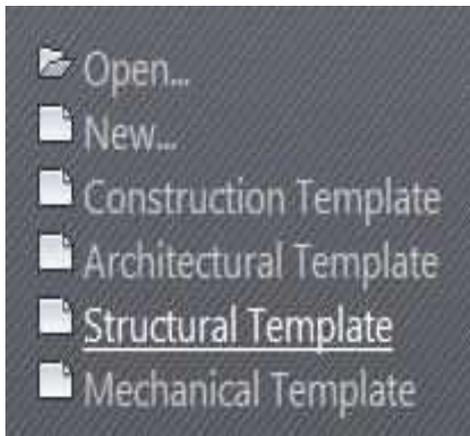


Figura 12. Menú de Plantillas, fuente: Revit 2019.

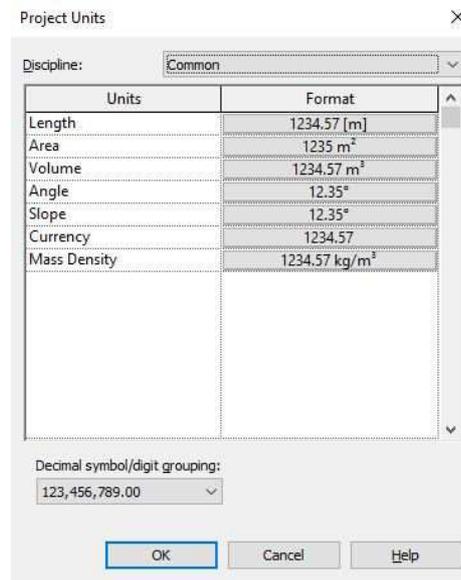


Figura 11. Menú de selección de unidades del proyecto, fuente: Revit 2019.

2.2.1.3. Grid (rejillas)

Lo primero, antes de empezar, es asegurarnos de que vamos a trabajar en las unidades que mejor nos convengan. Para ello tecleamos UN (o en Gestionar/Unidades de proyecto):

Ya hemos elegido la plantilla más conveniente para nuestra tarea, y vemos una especie de hoja en blanco con cuatro elementos. Son nuestros alzados (norte, sur, este y oeste). Haciendo doble clic en ellos visualizamos directamente el alzado que indican (también desde el Navegador de Proyectos podemos localizar dichas vistas).

Volvemos, a nuestro Nivel 1 y empezamos a usar las Rejilla. Las líneas de rejilla son nuestros guías, planos que nos sirven para “replantear” en Revit lo que vamos a empezar a construir. Para dibujar éstas vamos a la pestaña de Arquitectura y hacemos clic en el botón pertinente.

Como podemos observar automáticamente se “activa” la pestaña Modificar con las opciones disponibles añadidas para usar esta herramienta.

Una línea con un círculo al final indicando el orden, el número de dicho plano (se colocan de manera correlativa).

Ahora vamos a probar a crear otra línea de rejilla seleccionando. Para ello seleccionamos el icono de la línea verde, y en el cuadro Desfase, seleccionamos la distancia a la cual queremos que parezca la siguiente línea, en este caso 6 metros. Poniendo el ratón sobre la primera línea que ya creamos antes vemos que de color azul tenue y discontinuo aparece otra línea, a izquierda o a derecha de la primera, según la posición del ratón.

Al hacer clic conseguiremos esa segunda línea, confirmando la posición de la marca azul clara. Podemos seguir con este método y, junto otra línea dibujada de manera perpendicular, acabar completando nuestra rejilla como aparece en la imagen.

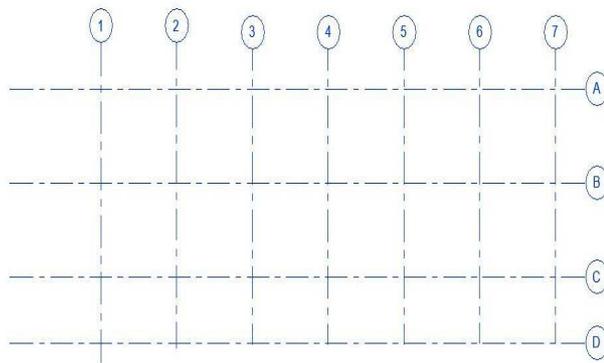


Figura 13. Rejillas terminadas en el proyecto, fuente: Revit 2019.

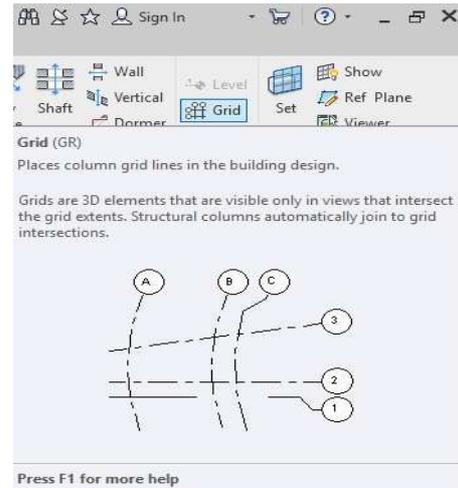


Figura 14. Botón de creación de rejillas, fuente: Revit 2019.

Las rejillas pueden ser muy útiles a la hora de colocar pilares en las intersecciones, como veremos más adelante, provocando que si rectificamos/movemos alguna de las líneas los pilares se muevan con ellas.

2.2.1.4. Niveles

De manera similar disponemos también de la herramienta Niveles. Ésta se utiliza en vistas de alzado o sección. Con los niveles definimos las diferentes alturas que va a tener nuestra edificación, los distintos pisos que iremos haciendo.

Una vez terminados se mirarán así

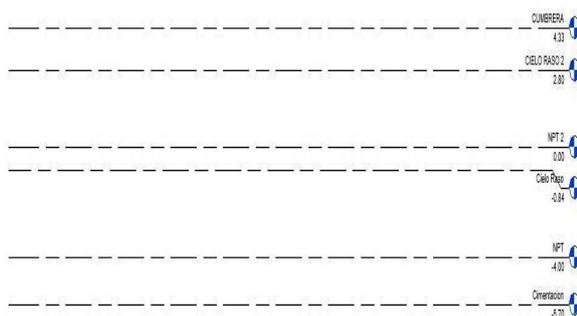


Figura 16. Niveles terminados en el proyecto, fuente: Revit 2019.

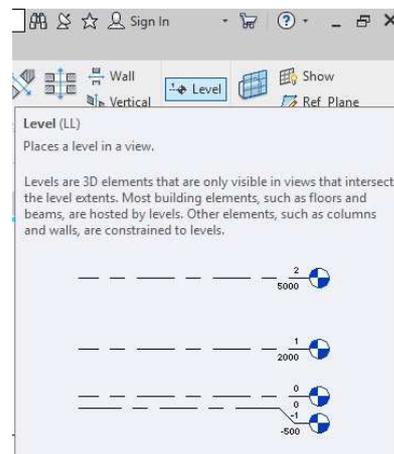


Figura 15. Botón de creación de niveles, fuente: Revit 2019

2.2.1.5. Colocación de Pilares

La estructura en cuestión es un pabellón de pisos cuyo sistema constructivo es de marcos de acero convencionales con cerramientos ligeros. Vamos a modelar nuestros primeros elementos arquitectónicos, y lo vamos a hacer con pilares. Hay dos tipos de pilares, estructurales, que son los más corrientes, y arquitectónicos, que, por decirlo, no cumplen ninguna función estructural.

Con la herramienta seleccionada observamos que Revit nos ofrece la opción de utilizar la rejilla. sólo se puede acabar con la tarea (en este caso la colocación de pilares) haciendo click en la “V” para confirmar o en la “X” para descartar. No existe otro modo. Es la manera de Revit no dejar ciertas tareas a medias, inconclusas, que puedan afectar a la “construcción” de nuestro modelo.

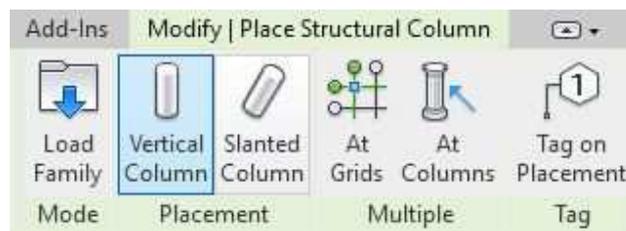


Figura 17. Panel de modificación de pilares, fuente: Revit 2019.

Habremos colocado así un pilar (el que corresponda según el diseño) en cada intersección, en el punto de medio de cada uno.

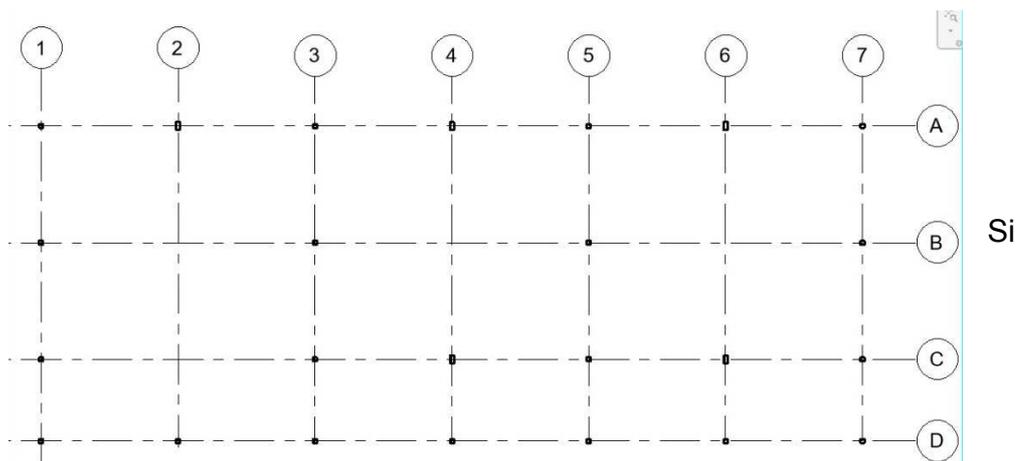


Figura 18. Pilares en planta, fuente: Revit 2019.

seleccionamos cualquiera de ellos vemos que en las propiedades de ejemplar el pilar “nace” en la cota -2,5m. y “muere” en el Nivel 1, o sea, en la cota 0. Para cambiar esto podemos modificarlo, poniendo el primer valor en “0” y el segundo diciendo que queremos que llegue al Nivel 2, que en nuestro caso a está a 3 m. de altura.



Figura 20. 11 Pilar en 3D, fuente: Revit 2019.

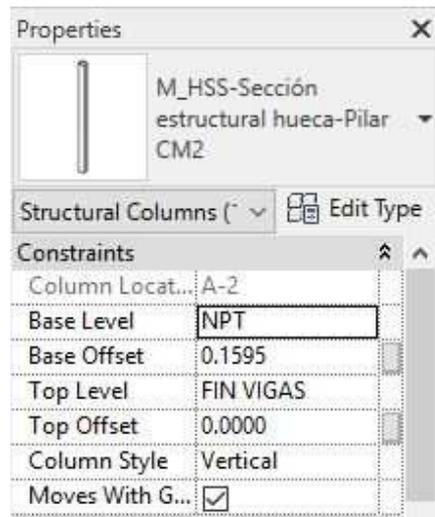


Figura 19. Navegador de propiedades, fuente: Revit 2019.

Haciendo esto nos aseguramos de que, si cambiamos la altura del Nivel 2 a 4 m., por ejemplo, los pilares “crecerán” hasta seguir llegando a ese Nivel 2. Comprobamos que vemos los pilares:

2.2.1.6. Creación de cimentaciones

Debemos tener en cuenta que la planta de cimentación, no debe ser una planta estructural, porque tendría el punto de mira hacia arriba y no se vería completa, por lo que tenemos que crear una vista de plano normal para dibujar la planta de cimentación, como si fuera una planta de arquitectura, y nos la colocará en otra carpeta dentro del navegador de proyectos, es importante tener en cuenta esta salvedad, para gestionar las vistas del proyecto.

Una vez que hemos colocado pilares debemos pasar al siguiente elemento de modelado que son las zapatas que van a completar la cimentación.

Tenemos tres categorías de zapatas estructurales:

- Zapatas aisladas, correspondientes a pilares y a elementos puntuales
- Zapatas de muro, zapatas corridas, correspondientes a elementos longitudinales.
- Losas de cimentación, zapatas propias de elementos superficiales, y cimentaciones flotantes. Que actúan además como forjado o suelo del nivel inferior.

De esta manera en función del elemento al que queramos colocar las zapatas elegiremos un tipo u otro.

Con las familias de las zapatas aisladas, nos encontramos el mismo problema que con el punto fijo de los pilares, si queremos poner zapatas excéntricas, deberemos crear la correspondiente familia, porque las zapatas que nos vienen en la biblioteca de familias, son siempre zapatas centradas, aunque no tienen bloqueadas sus dimensiones con lo cual podremos generar todo tipo de tamaños de las mismas.



Figura 21. Botón de tipos de cimentaciones, fuente: Revit 2019.

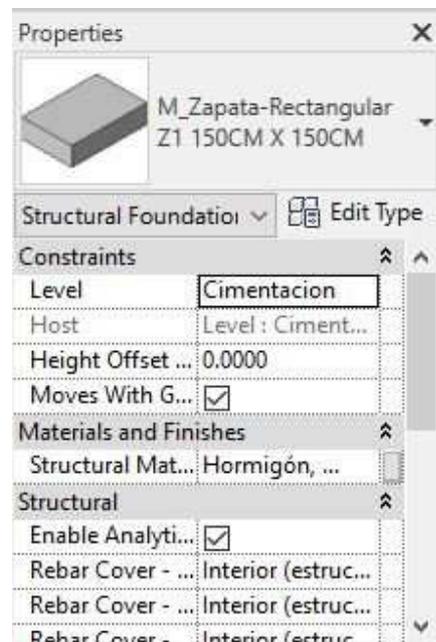


Figura 22. Panel de navegación cimentación, fuente: Revit 2019.

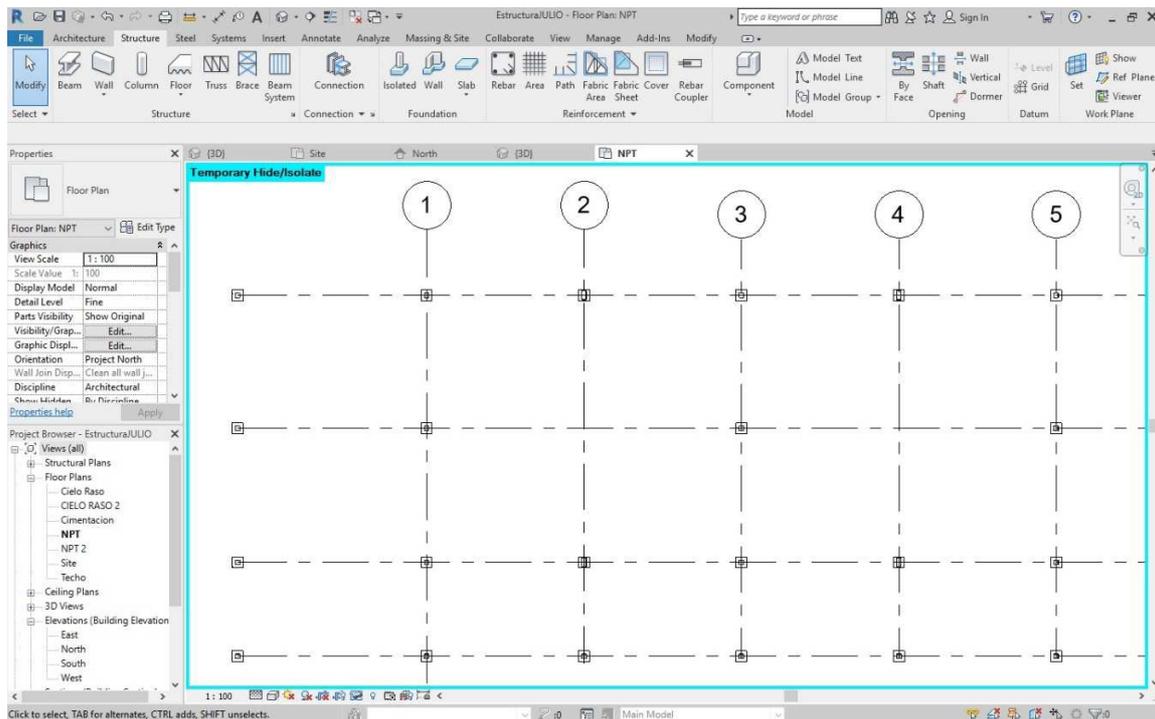


Figura 23. Zapata en rejilla, fuente: Revit 2019.

Cuando seleccionamos la colocación de zapatas aisladas, nos da dos opciones de colocación, en rejilla o en pilares:

Colocación en rejilla, nos va a colocar las zapatas en cada uno de los encuentros de las rejillas que nosotros marquemos, ya lo hemos visto en la colocación de pilares.

En pilares, nos coloca la zapata en los pilares que marquemos automáticamente, aunque estos no se encuentren en rejillas.

Si observamos las propiedades de ejemplar de cualquier elemento estructural que acabamos de modelar, veremos que nos aparece un nuevo grupo de parámetros que no habíamos usado hasta ahora denominado Estructura.

2.2.1.7. Colocación de Vigas

De manera similar a la colocación de pilares podemos hacer lo mismo, pero con las vigas, obteniendo este resultado:

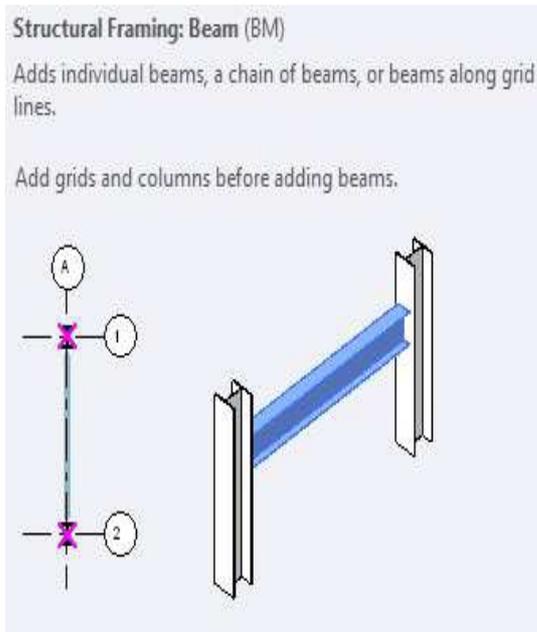


Figura 25. Botón de creación de vigas, fuente: Revit 2019.

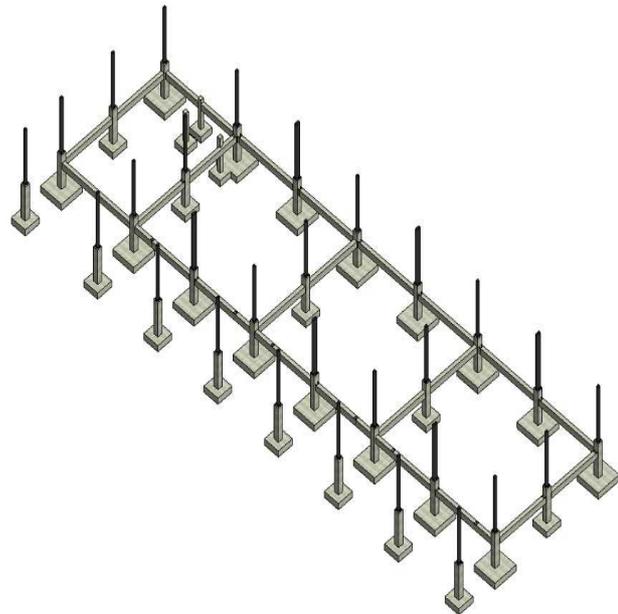


Figura 24. 3D Fundaciones, fuente: Revit 2019.

2.2.1.8. Suelos

Ya tenemos nuestros pilares. Vayamos ahora a crear nuestro primer suelo. Dentro de la pestaña Arquitectura seleccionamos Suelo arquitectónico y vemos que ahora en “Modificar”, Revit nos ofrece alguna opción más para “dibujar” nuestro suelo, no sólo a base de líneas.

En suelos, como en otras herramientas, se debe dibujar un contorno perfectamente cerrado y sin líneas solapadas. De lo contrario Revit no dejará que finalices la tarea, saliendo un error al clicar en aceptar.

Con la herramienta Rectángulo creamos un suelo que englobe nuestros pilares tal que así:

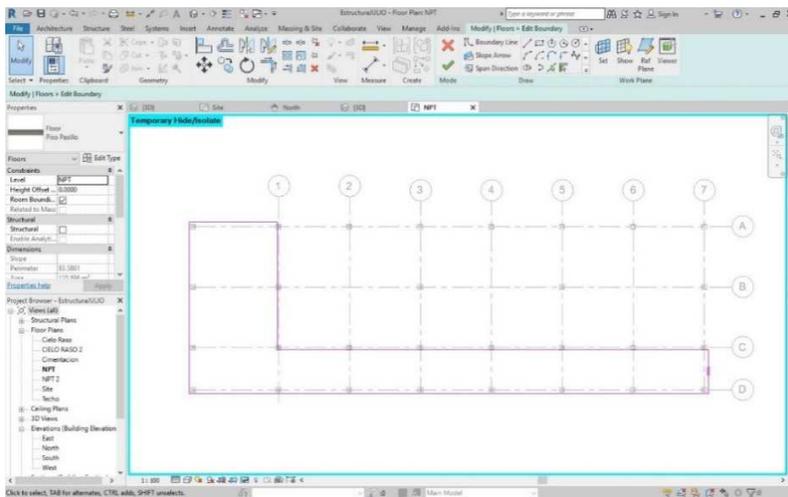


Figura 27. Edición rectángulo de suelo, fuente: Revit 2019.



Figura 26. Botón de creación de suelos, fuente: Revit 2019

Si dentro del contorno delimitado dibujamos otra área cerrada ésta se convertirá en un hueco al finalizar la tarea.

2.2.1.9. Muro arquitectónico

Con esta herramienta, con Muro arquitectónico concretamente, procedemos a dibujar nuestro primer muro eligiendo la herramienta que más nos convenga de las que nos ofrece Revit.

Si vamos a las propiedades de tipo nos aparece el siguiente cuadro:

Vemos a qué familia pertenece (Muro básico en este caso), qué Tipo es, etc. Como mencionamos anteriormente podemos cambiar el nombre o crear un nuevo muro a partir de éste simplemente dándole en “Duplicar” y escribiendo un nuevo nombre:

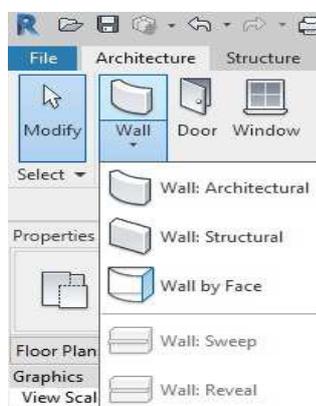


Figura 28. Botón de creación de muros arquitectónicos, fuente: Revit 2019.

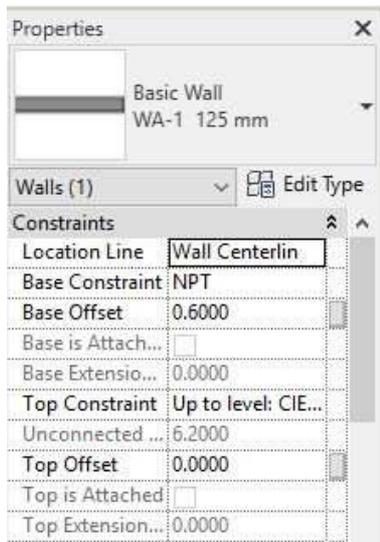


Figura 30. Propiedades del muro, fuente: Revit 2019.

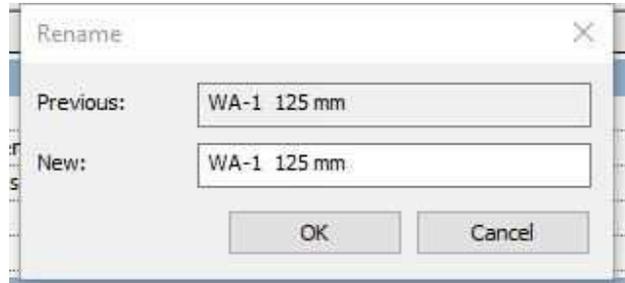


Figura 29. Cambiar nombre del muro, fuente: Revit 2019.

Haciendo esto habremos creado un nuevo tipo de muro, y nos aparecerá en el desplegable cuando vayamos a dibujar una nueva partición.

Fijémonos en un detalle muy importante, que es en el apartado Estructura (seguimos dentro de las propiedades de Tipo), donde nos aparece la composición del muro que tenemos seleccionado (materiales, grosores, acabados, etc.).

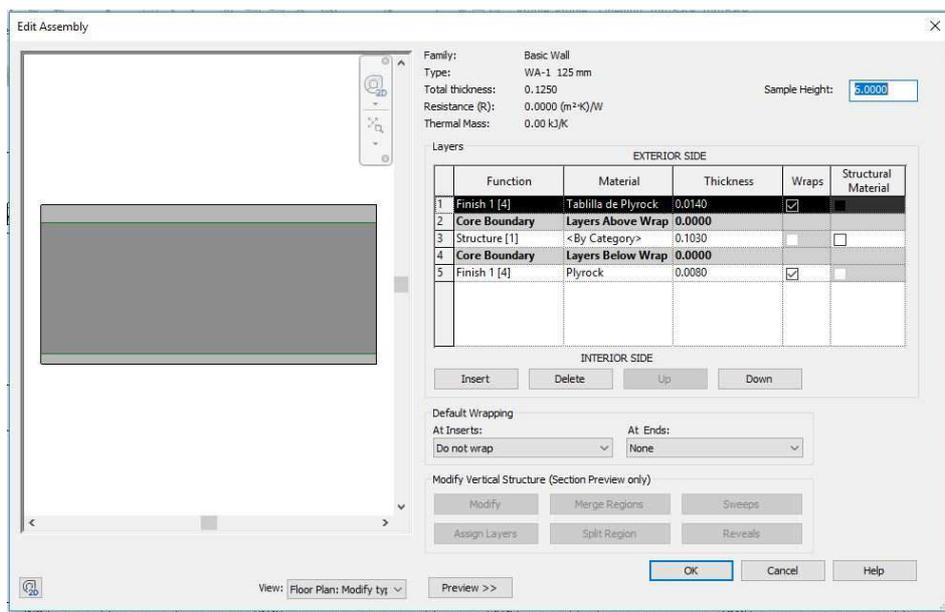


Figura 31. Panel de edición de estructura, fuente: Revit 2019.

El núcleo es la parte central (en este caso la fila 3). Las filas 1 y 5 son la parte exterior del núcleo del muro, los acabados. Vemos que cada uno tiene un número entre corchetes. Estos números van del 1 al 5 e indican una función, que va desde estructural hasta acabados pasando por capas de aire, etc.

Lo que estos números intentan reflejar es el tipo de intersecciones que se generarán entre muros. Las capas con número 1 tienen prioridad sobre otras (o sea, estas capas pasarán y otras, como los acabados, “morirán” en la intersección). En nuestro caso dos muros iguales que se encuentren formarán la siguiente unión:

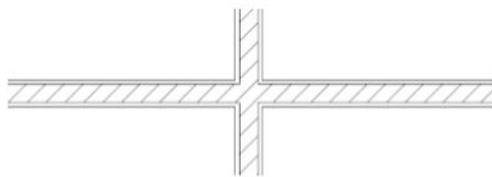


Figura 33. Unión de ideal de muros, fuente: Revit 2019.

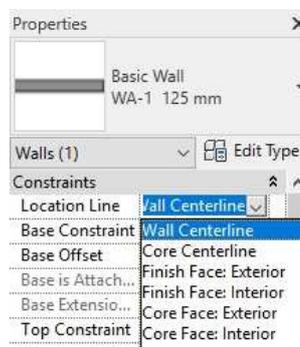


Figura 32. Línea de ubicación de la cara del de muro, fuente: Revit 2019.

Algunas de las opciones más importantes son, elegir hasta qué nivel va a llegar nuestro muro y cuál es la referencia principal a la hora de dibujar.

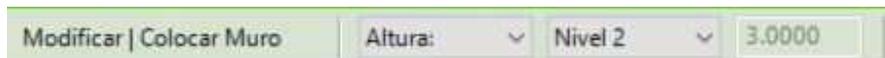


Figura 34. Altura de conexión de muros, fuente: Revit 2019.

Probando las diferentes opciones elegimos la que mejor se adapte a nuestras necesidades. En este caso podemos seleccionar la Cara de acabado: Exterior y siguiendo el contorno del suelo los muros nos quedarán limítrofes.

De cerca, con un muro seleccionado, vemos unas pequeñas flechas que, clicando en ellas, hace que el muro se “gire”, esto es, que la parte interior del muro (las capas exteriores de uno de los lados del muro) pasa hacia al exterior y viceversa, ya que en ocasiones al dibujar el muro éste lo hace hacia el lado que no nos interesa (también con la tecla espacio el muro voltea, incluso mientras lo estamos dibujando).

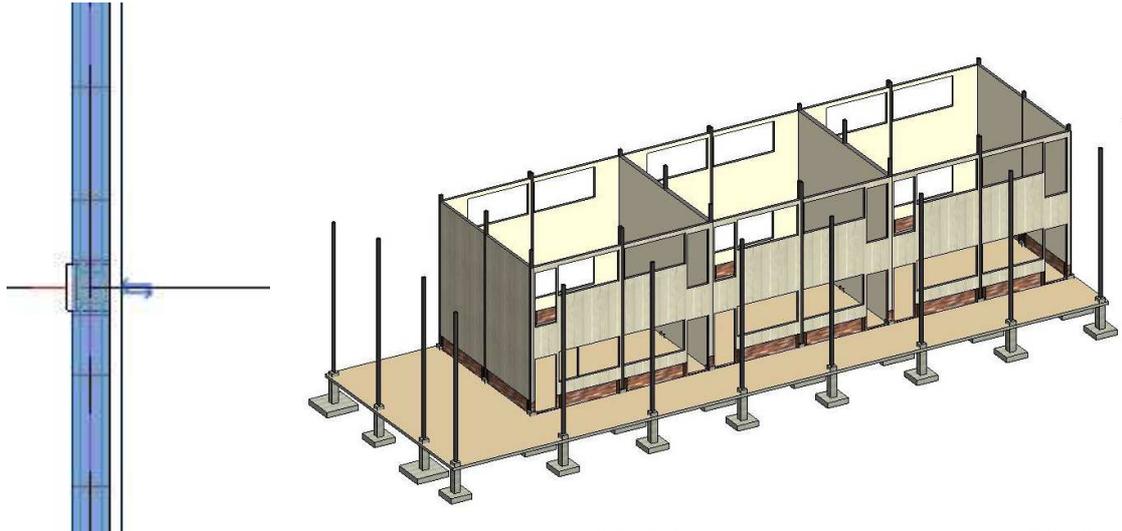


Figura 36. 3D de muros, fuente: Revit 2019.

Figura 35. Muro seleccionado flechas de cambio de cara, fuente: Revit 2019.

2.2.1.10. Cielo raso

Procedamos ahora a crear nuestro primer techo. Para ello lo más correcto es ir a Planos de cielo raso, Nivel 1, y seleccionar la herramienta dentro de la pestaña Arquitectura. Podemos hacerlo de dos maneras, mediante Techo automático o con Boceto de techo (esto es dibujando como hemos hecho con el suelo). Con techo automático seleccionamos un punto en el área que conforman nuestras cuatro paredes y observamos cómo se delimita un perímetro rojo:

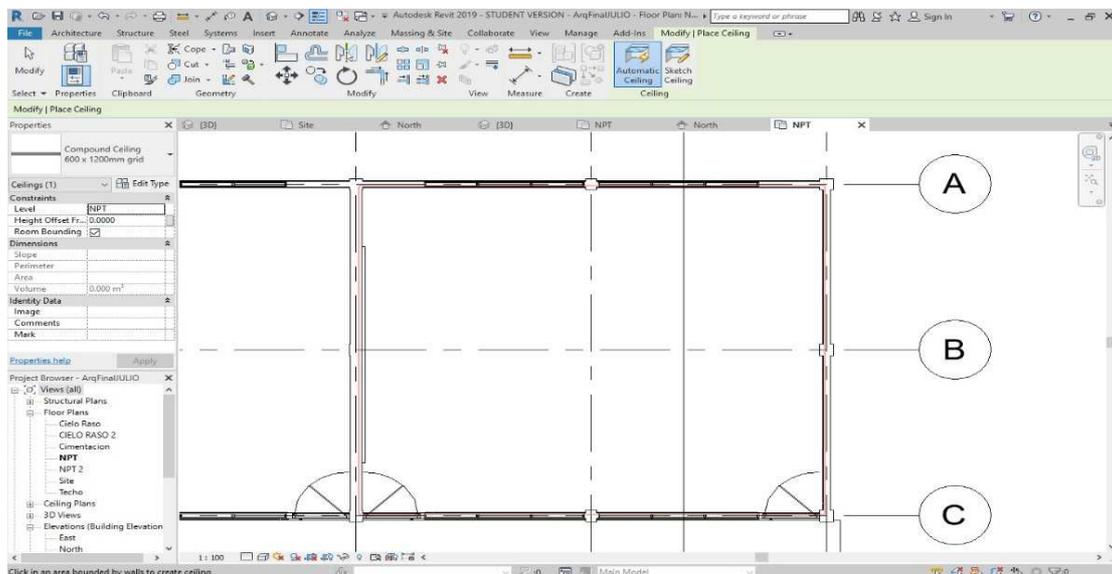


Figura 37. Cielo raso automático contorno en línea roja, fuente: Revit 2019.

Si finalizamos la tarea podemos, en la Vista 3D por ejemplo, observar cómo se ha creado el cielo raso que delimita nuestro espacio. En las propiedades de ejemplar vemos que este techo está 2,5 m. sobre el Nivel 1, distancia que podemos modificar a nuestro antojo.

Los techos, al igual que los suelos, etc. tienen una estructura que se modifica en Propiedades de Tipo, de la misma manera que vimos en el apartado de muros.

2.2.1.11. Creación de cubiertas

Como en la mayoría de herramientas, existen varios modos de hacer cada cosa (profundizaremos en cada opción en un futuro). Vamos a hacer una Cubierta por perímetro, esto es, dibujando el contorno de la misma e indicando el ángulo de cada lado.

Dibujamos el perímetro cerrado de la cubierta y, seleccionando el lado que nos interese, vemos que en cada parte existe un pequeño triángulo.

Seleccionando éste podemos indicarle cuál es la inclinación del agua:

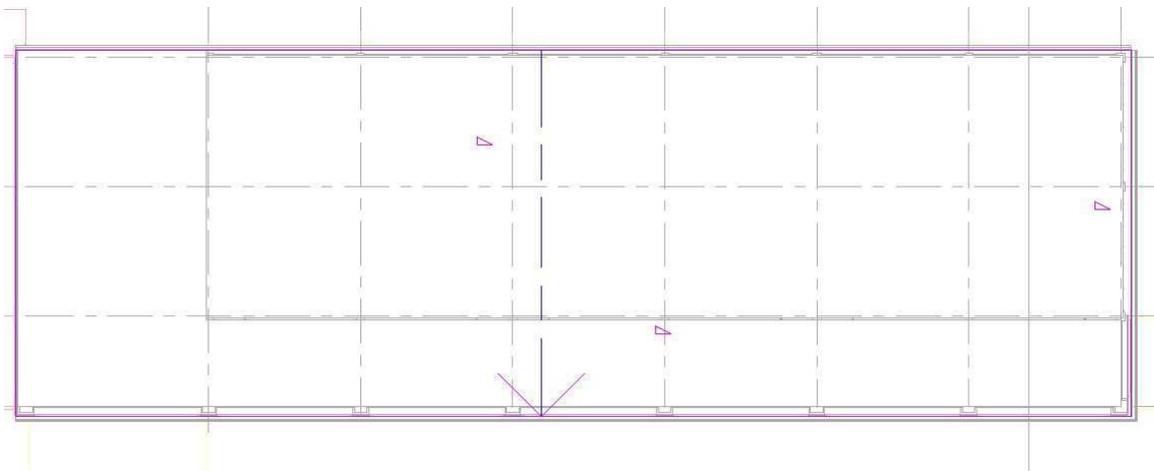


Figura 38. Línea que delimita pendiente, fuente: Revit 2019.

Podemos indicar también que no exista pendiente en ese lado, desmarcando la casilla siguiente:



Figura 40. Botón de creación de cubiertas. fuente: Revit 2019.

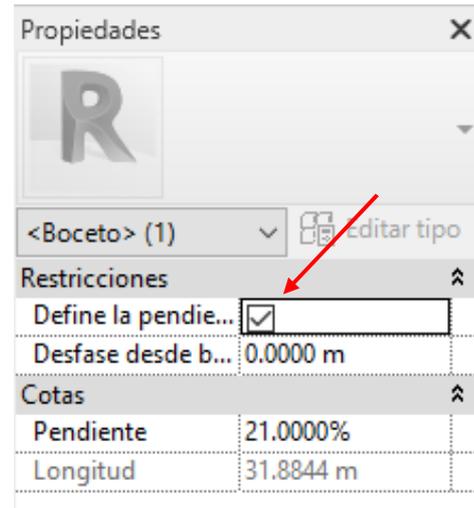


Figura 39. Desmarcando triángulo que indica pendiente, fuente: Revit 2019.

2.2.1.12. Topografía

Para crear el terreno, los diferentes puntos de nivel, lo primero que debemos hacer es seleccionar la pestaña de Masa y emplazamiento.

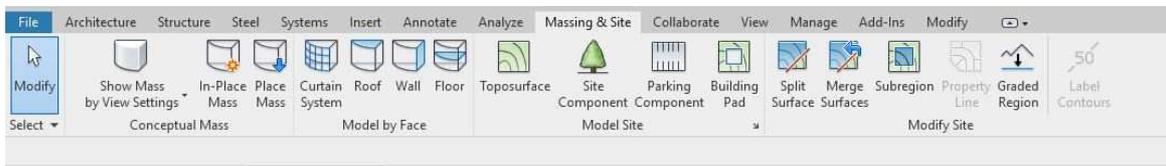


Figura 41. Vista de panel topografía, fuente: Revit 2019.

Dejando de lado el tema de la Masa, que para el caso que nos ocupa no nos aporta nada (la Masa se utilizar sobre todo para crear formas fuera de lo normal, de los estándares de Revit), seleccionamos el icono de Superficie topográfica que nos llevará a las siguientes opciones:

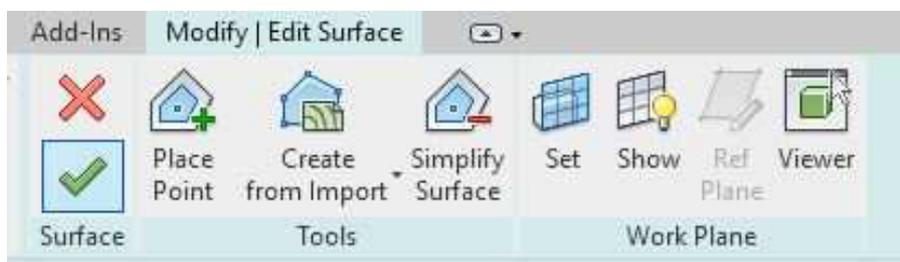


Figura 42. Panel de edición de superficie topográfica, fuente: Revit 2019.

Se puede importar un archivo donde ya nos den la información que necesitamos (incluso existen plugins que captan las curvas de nivel de Google Earth) en nuestro caso contamos con una nube de datos resultado del levantamiento topográfico, el cual esta en formato dwg de AutoCAD. Lo importamos sin ningún problema ya que Revit admite este formato por ser un programa de la misma empresa AUTODESK

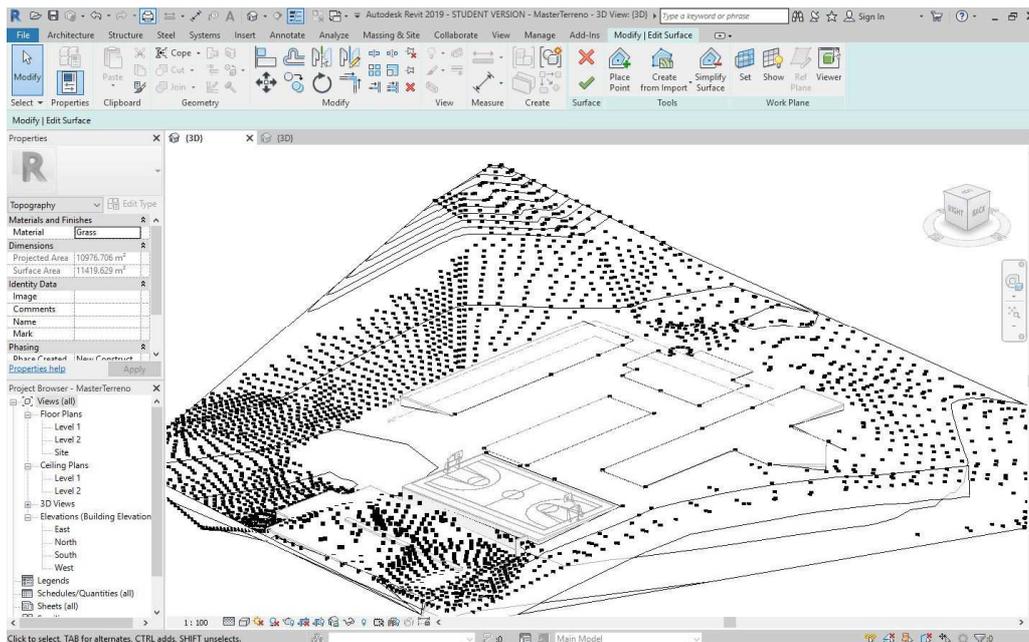


Figura 43. Nube de puntos en Revit, fuente: Revit 2019.

Entonces, ya tenemos una superficie creada. El problema que tenemos en este momento es que dicha superficie invade TODO, por lo que tenemos terreno dentro de nuestra propia edificación. Para solucionarlo elegiremos la herramienta Plataforma de construcción, que viene a ser parecida a las herramientas para generar huecos que veremos luego dentro de la pestaña Arquitectura.

2.2.1.13. Plataforma de construcción

Seleccionamos Plataforma de construcción dentro de la pestaña Masa y emplazamiento:

El software nos pide ahora que dibujemos un contorno, el área donde “excavaremos” nuestra topografía para poder liberar nuestro edificio. Dibujamos un rectángulo que aborde el perímetro de nuestra construcción y finalizamos.

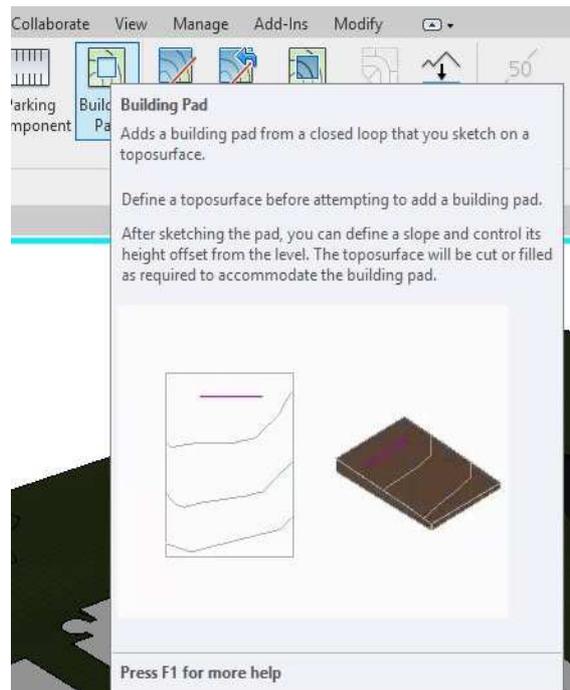


Figura 44. Botón de plataforma de construcción, fuente: Revit 2019.

Enseguida se obtienen los resultados que son apreciables a simple vista. Tenemos nuestro terreno con una plataforma de construcción que nos permite la “construcción” de nuestro edificio, o sea, que ya no tenemos dentro de la casa ningún tipo de terreno, sino que está liberada.

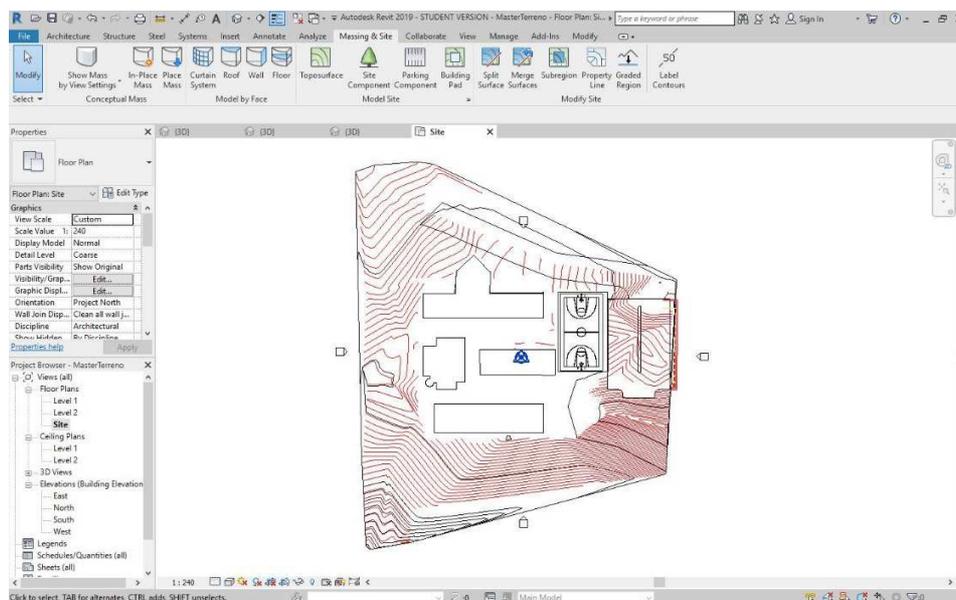


Figura 45. Vista en planta de la plataforma de construcción, fuente: Revit 2019.

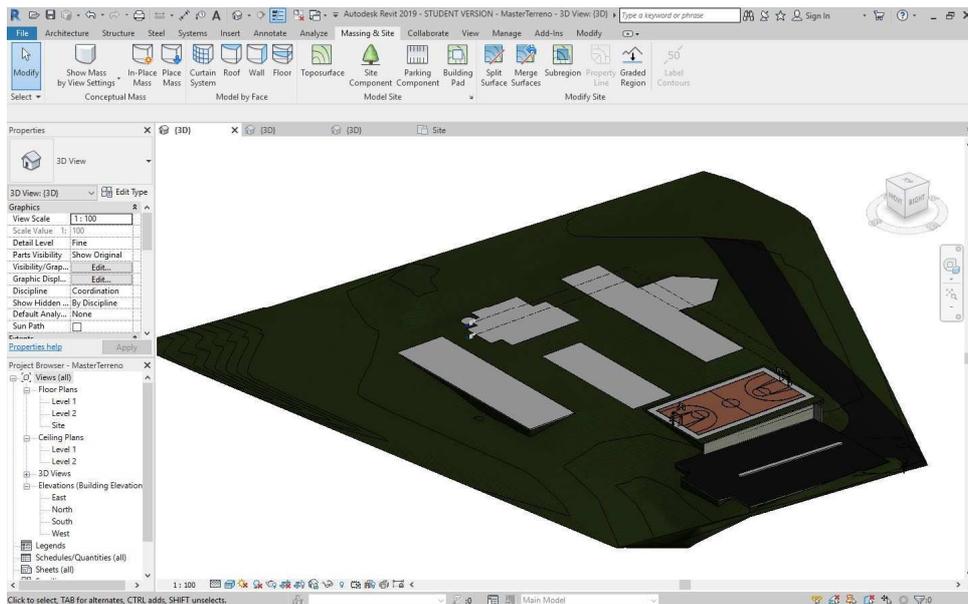


Figura 46. Vista en 3D de plataforma, fuente: Revit 2019.

2.2.1.14. Puertas

Teniendo ya el “esqueleto” de nuestra casa, la carcasa por así decirlo (suelo, pilares, muros, etc.), vamos ahora a colocar elementos más pequeños que no por ello menos importante. Empecemos pues, con las puertas. Para colocar éstas debemos seleccionar el icono correspondiente (o teclear DR):

Tenemos varias puertas cargadas por defecto en Revit. Para verlas simplemente hacemos click en el desplegable y podremos elegir la que creamos más oportuna:

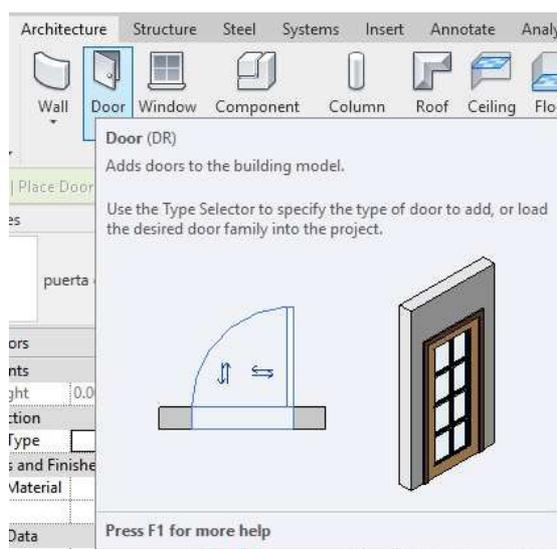


Figura 47. Panel de botón de puertas, fuente: Revit 2019.

Procedamos a colocar nuestra primera puerta. Para colocar una puerta necesitamos un muro, por lo que si nos fijamos al seleccionar el icono para colocar puertas y poner el cursor fuera de un muro nos aparecerá una “señal de prohibido”. Esto es porque no podemos colocar una puerta en medio de la nada. La colocamos, como debe ser, en un muro, simplemente poniendo el cursor encima de uno de los muros podremos previsualizar cómo va a quedar, así como la distancia que hay entre el eje de la puerta y el eje del muro (Fig. 38)

Según la posición del ratón respecto al muro Revit nos indicará en qué lado se va a colocar la puerta. Y si apretamos la tecla espacio el sentido de apertura cambiará.

Con la puerta seleccionada observamos varias distancias y flechas. Las flechas nos permiten cambiar la orientación y sentido de apertura de la puerta. Y haciendo doble clic en la distancia podemos modificar e indicar a qué distancia exactamente queremos colocar la puerta.

También, si el punto de referencia no nos ayuda podemos desplazarlo para que la distancia sea entre el exterior de la puerta y de la pared, no desde el punto medio de la puerta. Lo seleccionamos, y sin soltar el botón del ratón, movemos el punto donde creamos más oportuno (si no te detecta alguna superficie prueba pulsando el tabulador).

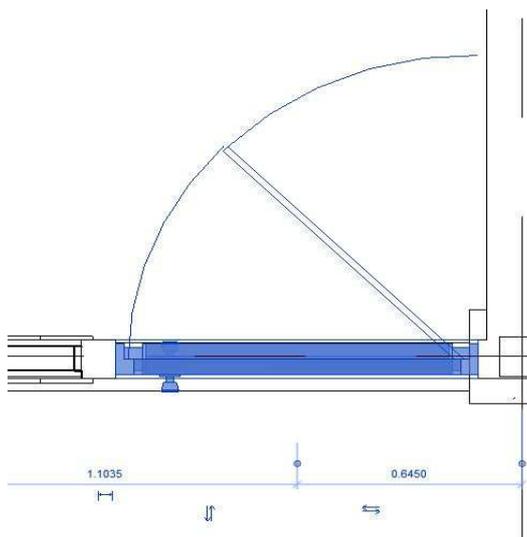


Figura 48. Flechas de dirección de puertas, fuente: Revit 2019.

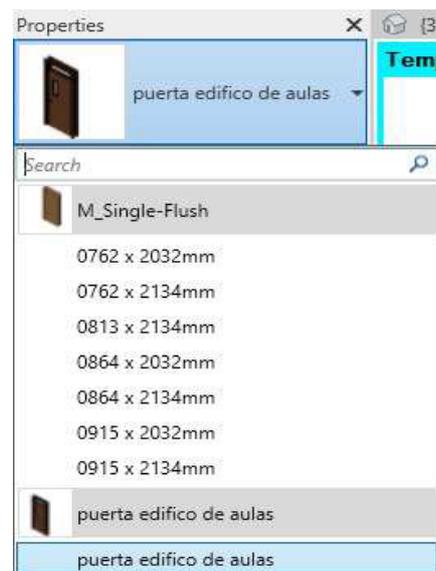


Figura 49. Vista de cinta de elección de puerta, fuente: Revit 2019.

2.2.1.15. Ventanas

El modo de proceder con las ventanas es como con las puertas. Seleccionamos la herramienta Ventana y buscamos un anfitrión donde colocarla, un muro.

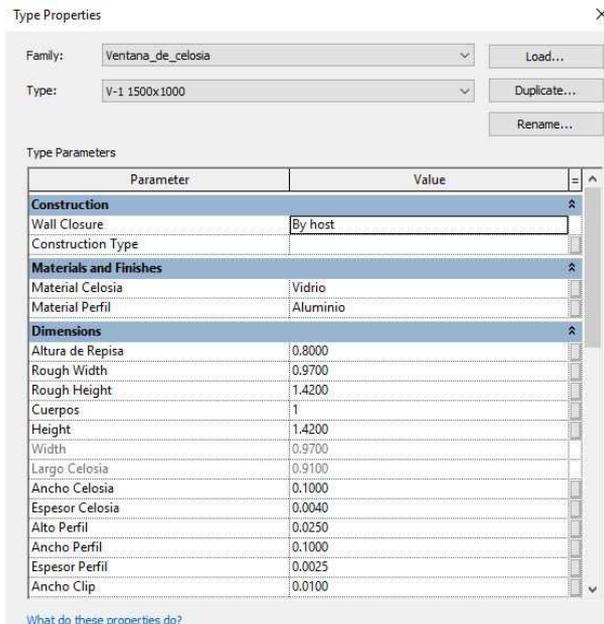


Figura 51. Panel de propiedades de ventana, fuente: Revit 2019.

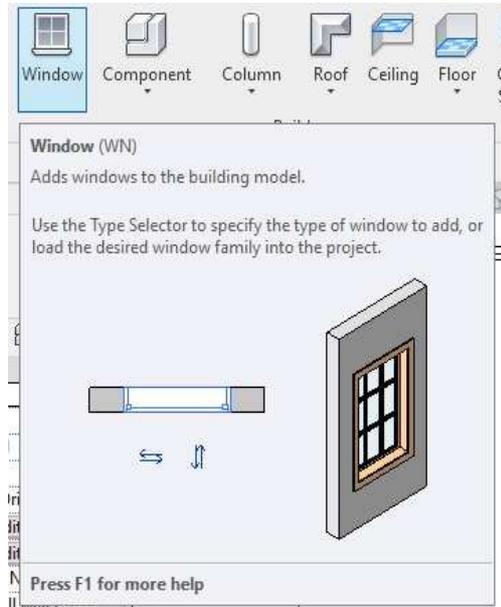


Figura 50. Panel de botón ventana, fuente: Revit 2019.

Ya tenemos colocada la ventana, y en Propiedades de tipo podemos editar ciertas medidas, por ejemplo, la anchura (dependerá siempre del origen de la ventana, de quien haya creado la familia).

Como vimos anteriormente, si hacemos cambios en las Propiedades de tipo éstos afectan a todas las ventanas de este tipo. Al igual que con las puertas, si seleccionamos la ventana podemos hacer cambios en su orientación, en cotas, etc.



Figura 52. Vista de ventana colocada, fuente: Revit 2019.

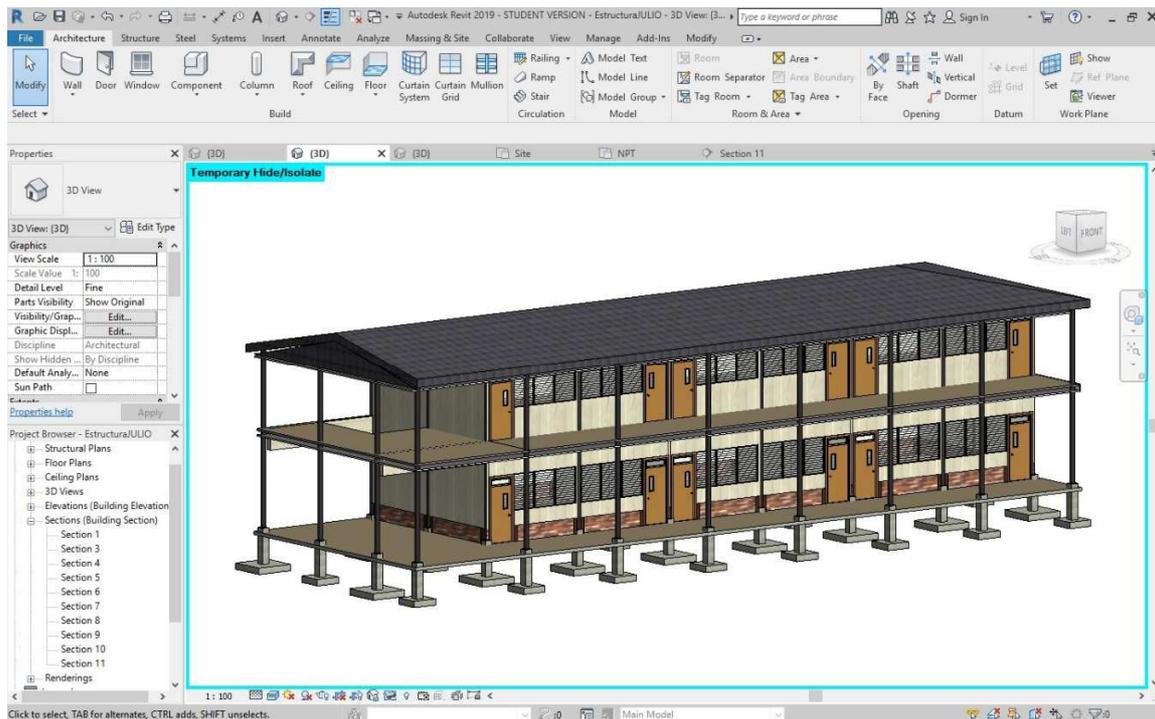


Figura 53. Vista 3D del modelo con ventanas y puertas, fuente: Revit 2019.

2.2.1.16. Creación de vistas de corte.

Vamos ahora a crear una sección para ver cómo nos ha quedado nuestra primera ventana. Clicamos en el icono de la cinta rápida de opciones (o en la pestaña Vista/Sección). Dibujando una línea obtendremos el plano de corte:

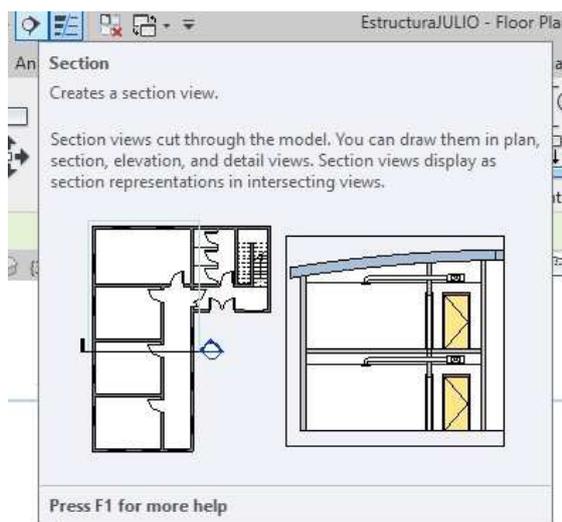


Figura 54. Botón de corte, fuente: Revit 2019.



Figura 56. Vista en planta de corte, fuente: Revit 2019.

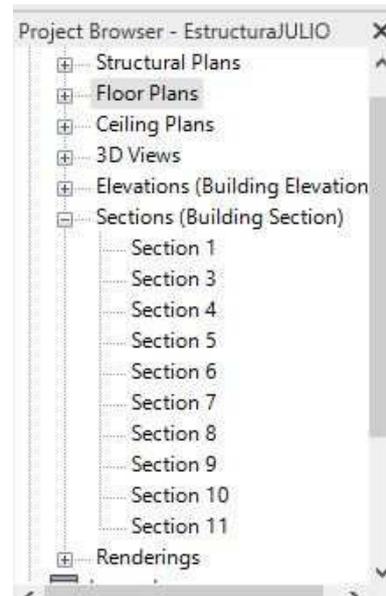


Figura 55. Vista del navegador de proyectos, específicamente el corte, fuente: Revit 2019.

En el Navegador de proyectos nos aparecerá la sección que acabamos de crear. Podremos ir a ella haciendo doble click en el navegador en la flecha azul de la sección (Fig. 47). Seleccionando el cuadro aparecen una serie de bolas que podemos arrastrar para poder ampliar la vista (Fig. 46).

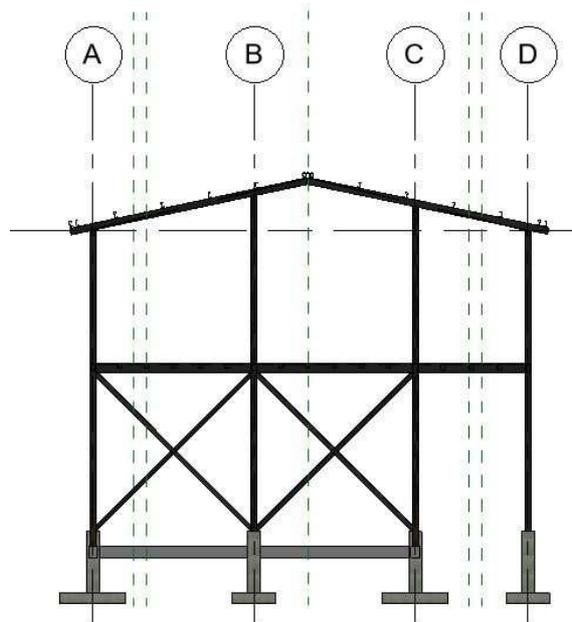


Figura 57. Vista en elevación del corte. fuente: Revit 2019.

2.2.1.17. Insertar familia

Si la ventana por defecto no nos convence podemos cargar una nueva. Pestaña Insertar/Cargar familia:



Figura 58. Panel de insertar, fuente: Revit 2019.

Se nos abrirá el directorio con las familias que lleva Revit. En la carpeta de Ventanas podemos ver algo como lo que sigue:

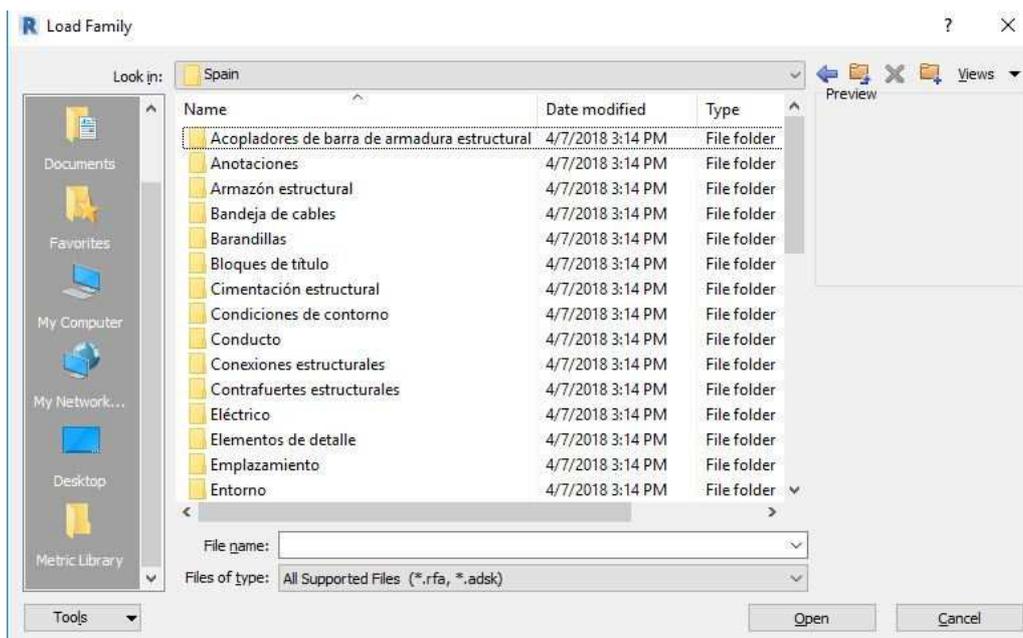


Figura 59, Panel de librería español ventanas, fuente: Revit 2019.

Elegimos la que se ha diseñado para nuestro proyecto, y la cargamos para que se cambien en lugar de las ventanas que trae por defecto el programa.

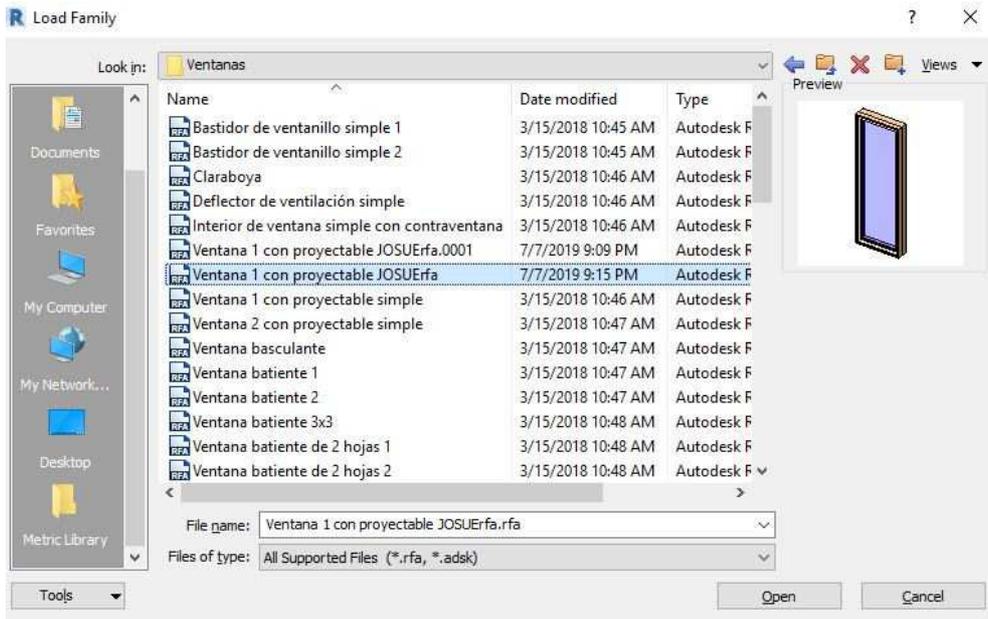


Figura 60. Miniatura de la ventana, fuente: Revit 2019.

2.2.1.18. Componentes

Del mismo modo que hemos cargado una ventana nueva para el proyecto podemos hacer lo mismo con otro tipo de elementos. Por ejemplo, con mobiliario. Vamos a cargar una silla ejecutiva

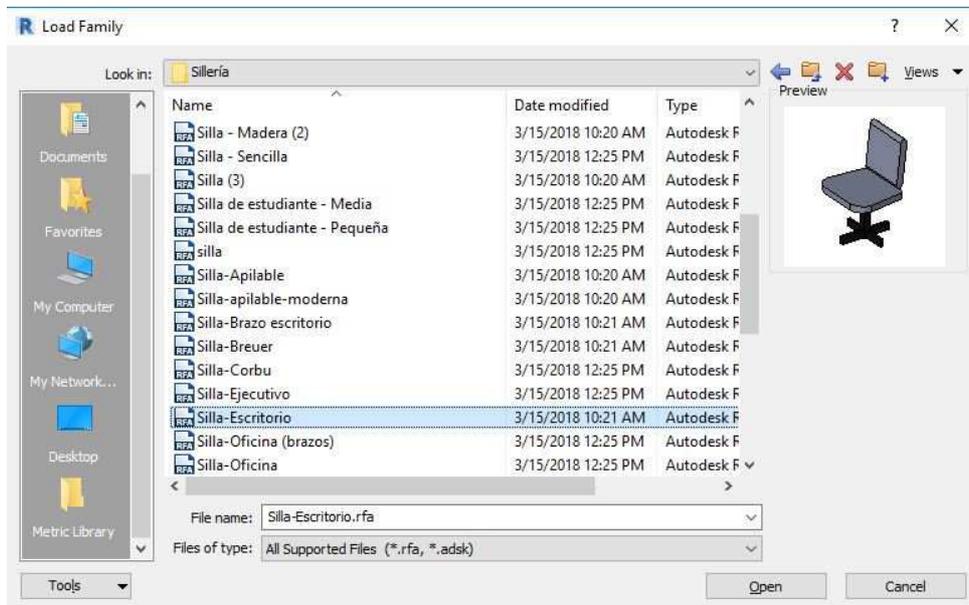


Figura 61. Silla en la Liberia, fuente: Revit 2019.

Ya tenemos insertado la silla ejecutiva en nuestro archivo. Para poder colocarlo debemos seleccionar Componente/Colocar un componente dentro de la pestaña Arquitectura. En el desplegable de Propiedades lo buscamos y al seleccionarlo Revit esperará que hagamos click allá donde deseemos ubicarlo.(Fig. 54)

2.2.1.19. Huecos

En cualquier momento será necesario crear huecos, ya sea en cubiertas para construir una buhardilla o en entresijos, para crear un hueco de escalera, de comunicaciones, donde colocar la escalera que conecte los diferentes pisos.

En la pestaña de Arquitectura, en el apartado Hueco, vemos diferentes opciones:



Figura 62. Panel de huecos, fuente: Revit 2019.

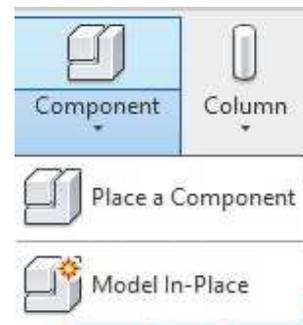


Figura 63. Botón para colocar componente, fuente: Revit 2019.

Por cara

El Hueco/Por cara, que es el primer icono que nos aparece en el apartado Hueco. Al seleccionarlo tenemos que buscar una cara, la superficie donde queremos hacer el vacío. Este tipo de hueco no se aplica a nuestro trabajo ya que no tenemos ninguna buhardilla ni nada similar.

Agujero

Para este modelo de edificio de dos pisos para aulas, lleva una escalera que une las dos plantas, porque para ubicar esa escalera tenemos que hacer un agujero en el entresijo que a su vez corte todo lo que se encuentre en el trayecto ya sean estructuras de entresijo, cielos rasos, pisos, etc.

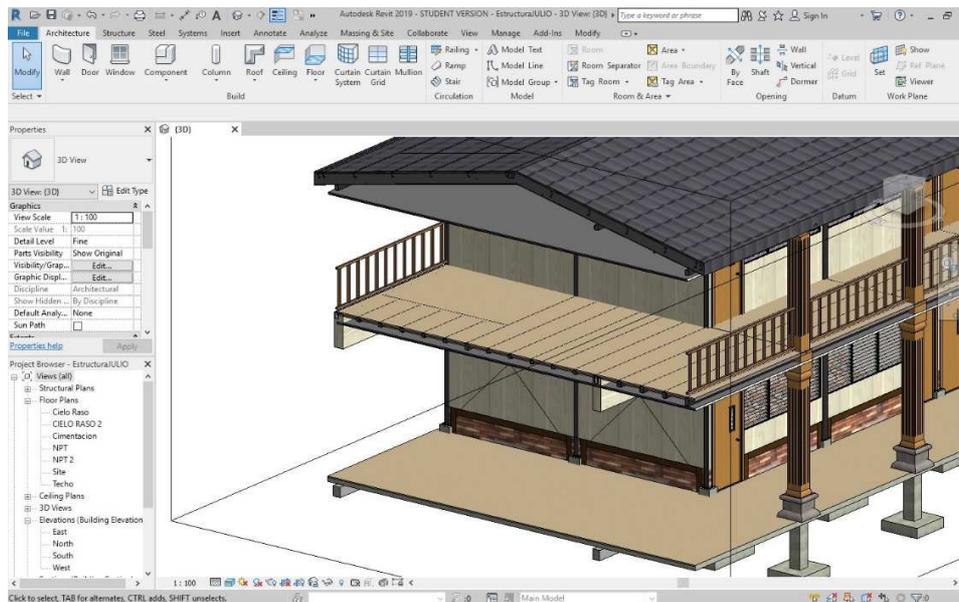


Figura 64. Vista 3D de la estructura sin el hueco, fuente: Revit 2019.

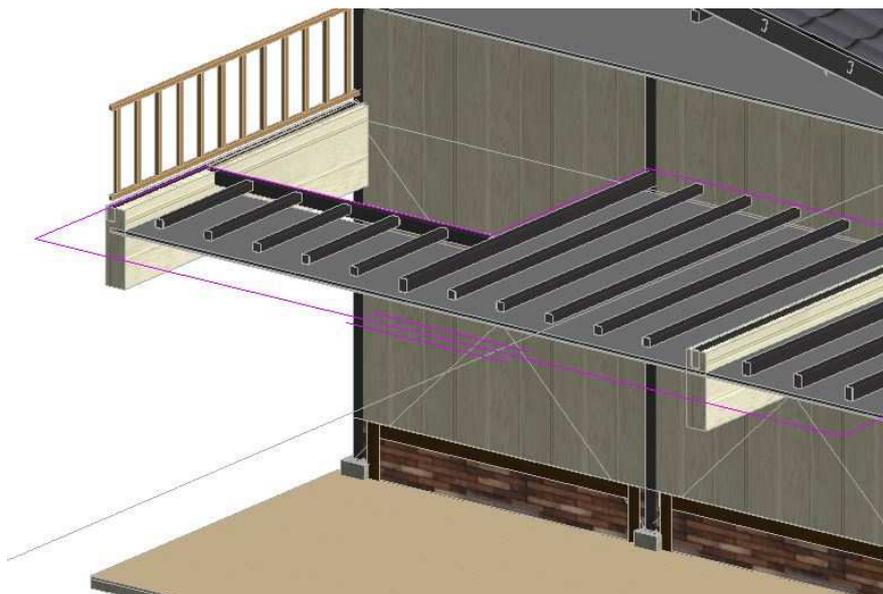


Figura 65. Vista 3D de la estructura con antes de colocar el hueco, fuente: Revit 2019.

Seleccionando el icono de Agujero simplemente nos vamos a una vista de planta y dibujamos la forma del hueco que queremos generar y que perforará todos los forjados existentes excepto el primero de planta baja, ya que no es necesario hueco donde van a arrancar escaleras, ascensores, etc.

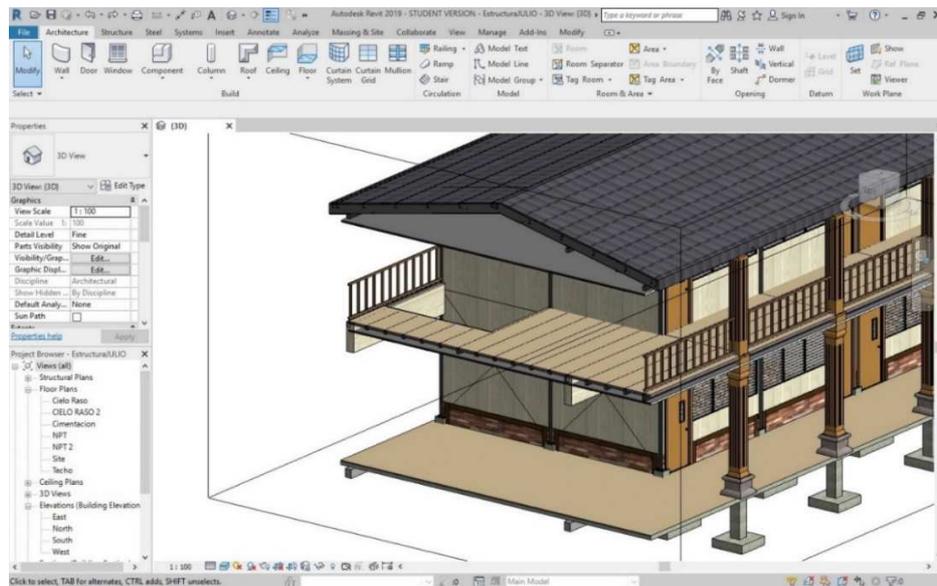


Figura 66. Vista de hueco final, fuente: Revit 2019.

2.2.1.20. Escaleras

Ya tenemos un hueco creado, ahora necesitamos escaleras que vayan comunicando con cada nivel, cada piso del proyecto.

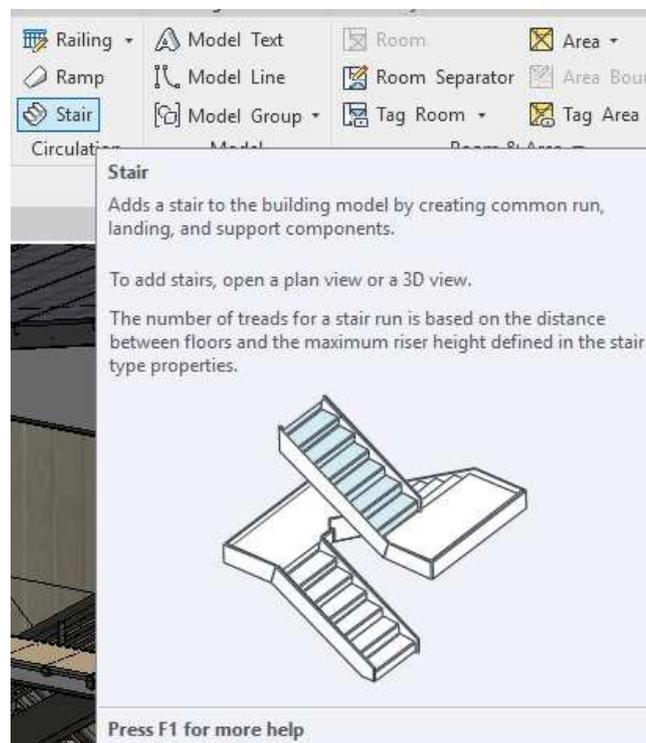


Figura 67. Vista de panel de creación de escalera, fuente: Revit 2019.

Para poder crear nuestra escalera tenemos dos opciones: Escalera por componente y Escalera por boceto, cuyas diferencias las detallamos a continuación.

Escalera por componente

Esta opción es la más rápida y también la más limitada. Revit proporciona una serie de escaleras por defecto (de caracol, en ángulo, etc.):



Figura 68. Vista de panel de edición de escalera, fuente: Revit 2019.

Podemos ir creando tramos con la primera opción, una escalera rectilínea. Hacemos un clic y vamos arrastrando el ratón, observando que el software nos indica cuántas contrahuellas llevamos y las necesarias para llegar al siguiente nivel (se empieza por el escalón más bajo):

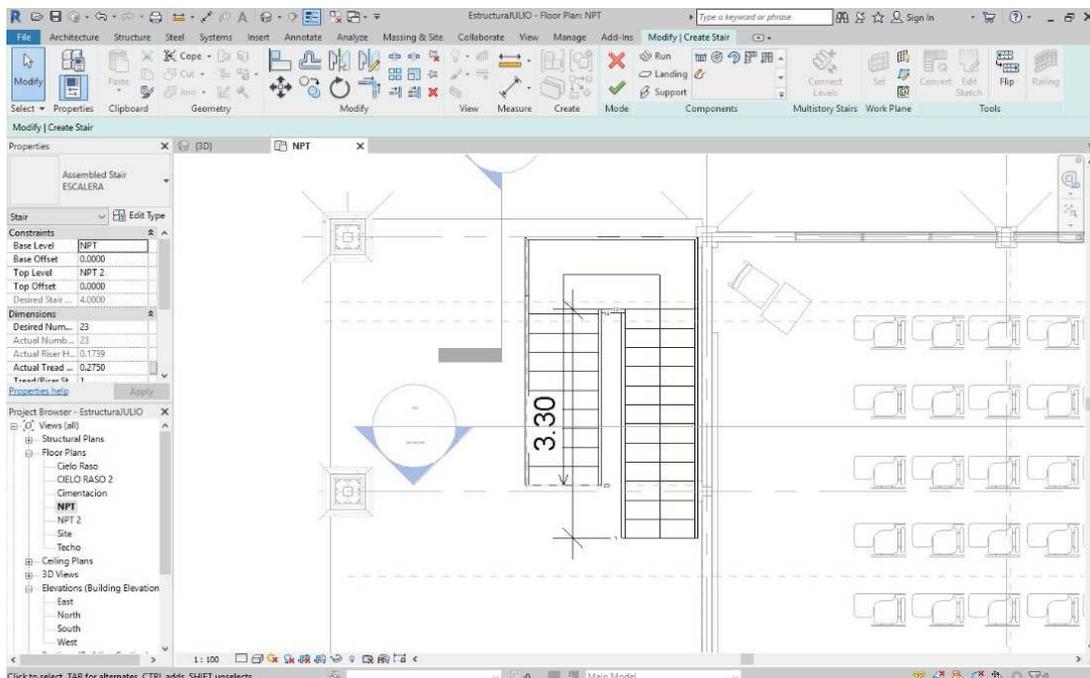


Figura 69. Ejemplo de la huella de escalera, fuente: Revit 2019.

En las propiedades de ejemplar observamos información básica, como en qué nivel está arrancando la escalera y en cuál tiene que desembarcar, el número de contrahuellas, la profundidad de éstas, etc.:

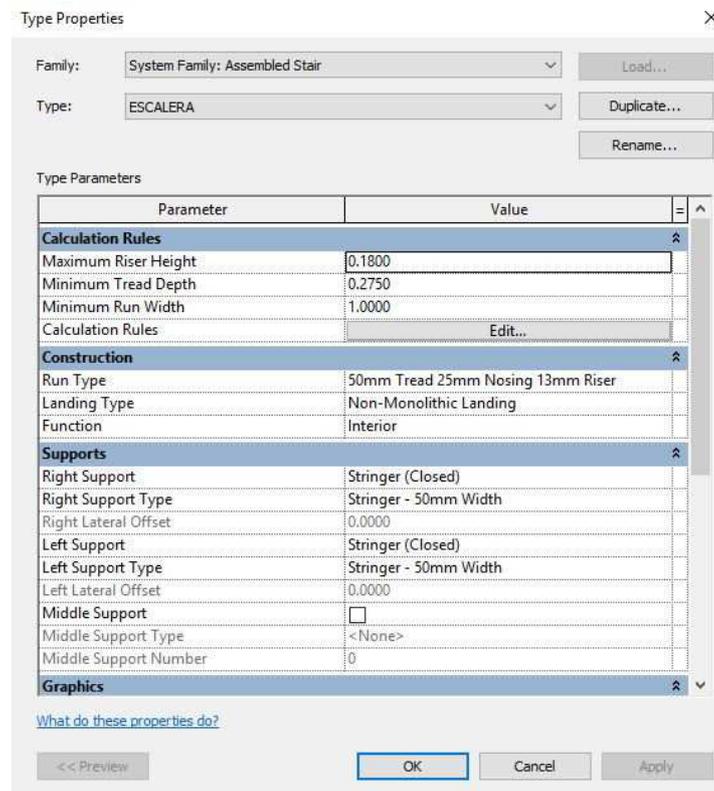


Figura 70. Propiedades de la escalera, fuente: Revit 2019.

Si el número de peldaños es insuficiente Revit nos informará de ello, advirtiéndolo de que no comunica completamente entre niveles.

Se puede “decirle” a la escalera que acabe en el Nivel 31, por ejemplo, pero es recomendable ir poco a poco, entre niveles, para evitar problemas de solapamientos.

Con la opción empleada podemos generar escaleras con giros y Revit automáticamente irá generando los distintos peldaños y descansillos, no tiene por qué ser necesariamente rectilínea.

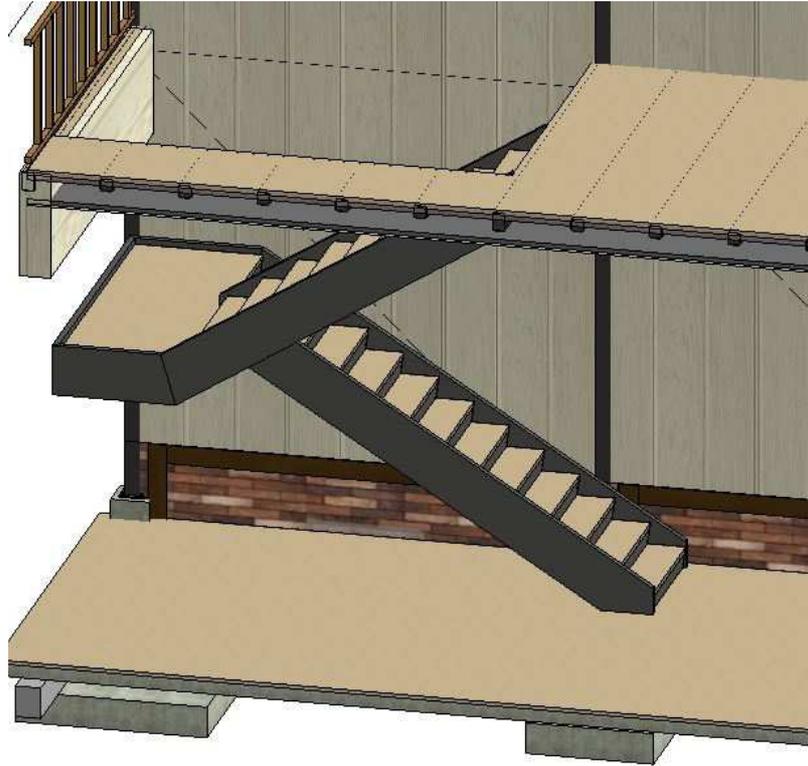


Figura 71. Boceto de escalera final, fuente: Revit 2019.

Escalera por boceto

Si la escalera por componente no nos sirve, ya que sus formas son más ortogonales y básicas (puede darse el caso de que necesitemos modelar unas escaleras de un edificio antiguo, o unas escaleras ornamentales cuyas formas escapan a las que nuestro software nos proporciona) tenemos entonces la opción de construirlas por boceto.

De aquí destacar dos herramientas: Contorno y Contrahuella. Para generar nuestra escalera primero dibujamos el Contorno, que no son más que dos líneas (rectas, curvas... como necesitemos) separadas entre sí y donde apoyarán los peldaños, las contrahuellas:

El Contorno destaca porque las líneas son de color verde, para distinguir bien de las contrahuellas. Al igual que en la escalera por componente, aquí también se nos indica cuantos peldaños llevamos y los que nos faltan por dibujar para llegar al siguiente nivel.

Una vez tenemos el contorno vamos a dibujar las contrahuellas, que no son sino simples líneas que van de una línea verde a la otra, con la forma, profundidad, etc. que queramos:

2.2.1.21. Rampas

De manera análoga a la escalera tenemos la opción de crear una rampa que comunique diferentes niveles no todos los niveles tienen que representar necesariamente, diferentes pisos o alturas, simplemente son eso, diferentes alturas, diferentes niveles).

Dentro de Arquitectura seleccionamos el icono Rampa:

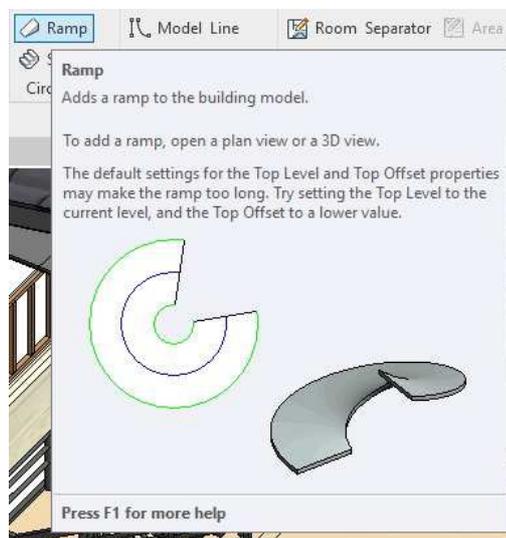


Figura 72. Vista panel de rampas, fuente: Revit 2019.

Y

comprobamos que las opciones son similares a las de las escaleras:

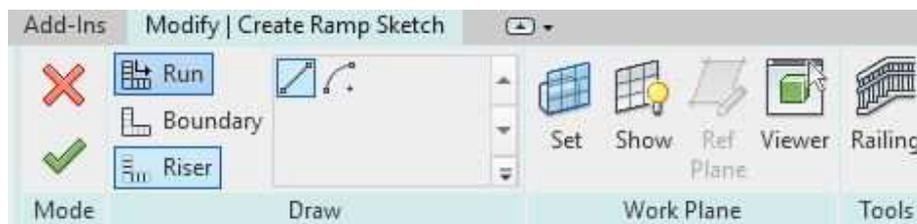


Figura 73. Vista panel edición rampas, fuente: Revit 2019.

Si seguimos los pasos de las escaleras obtenemos una rampa de manera sencilla:

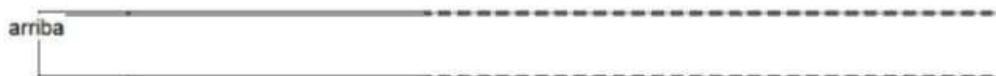


Figura 74. Vista 3D rampa termina, fuente: Revit 2019.

La rampa es una herramienta algo más limitada y en ocasiones tendremos que crear una personalizada. Para ello nos puede servir en ocasiones el Modelado in situ que veremos más adelante. Es una opción de este software donde podemos construir lo que queramos de manera personalizada y puntual, no sólo en cuanto a rampas, sino en cuanto a mobiliario, muros puntuales, etc.

2.2.1.22. Barandillas

Como en otros componentes similares éstas se pueden hacer de dos maneras, dibujando el recorrido que van a seguir éstas (Barandilla/Boceto de camino) o colocando la barandilla en una escalera ya construida, por ejemplo (Barandilla/Colocar en anfitrión).

Por boceto

Nos vamos a la pestaña de Arquitectura y probamos a realizarla con la primera opción, Boceto de camino:

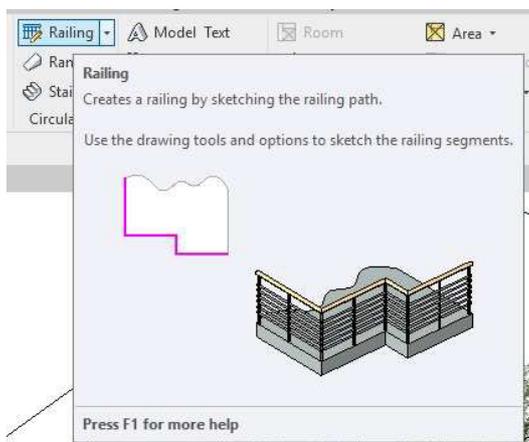


Figura 76. Vista panel de creación barandilla, fuente: Revit 2019.

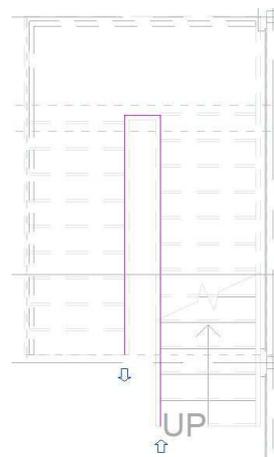


Figura 75. Modelo de creación de barandilla, fuente: Revit 2019.

Sólo tenemos que dibujar la línea por donde pasará nuestra barandilla (el tipo de barandilla lo podremos elegir/cambiar como hacemos con otros componentes, por ejemplo, como hicimos con las ventanas).

Al finalizar obtendremos algo como la siguiente imagen, con nuestra barandilla por defecto:

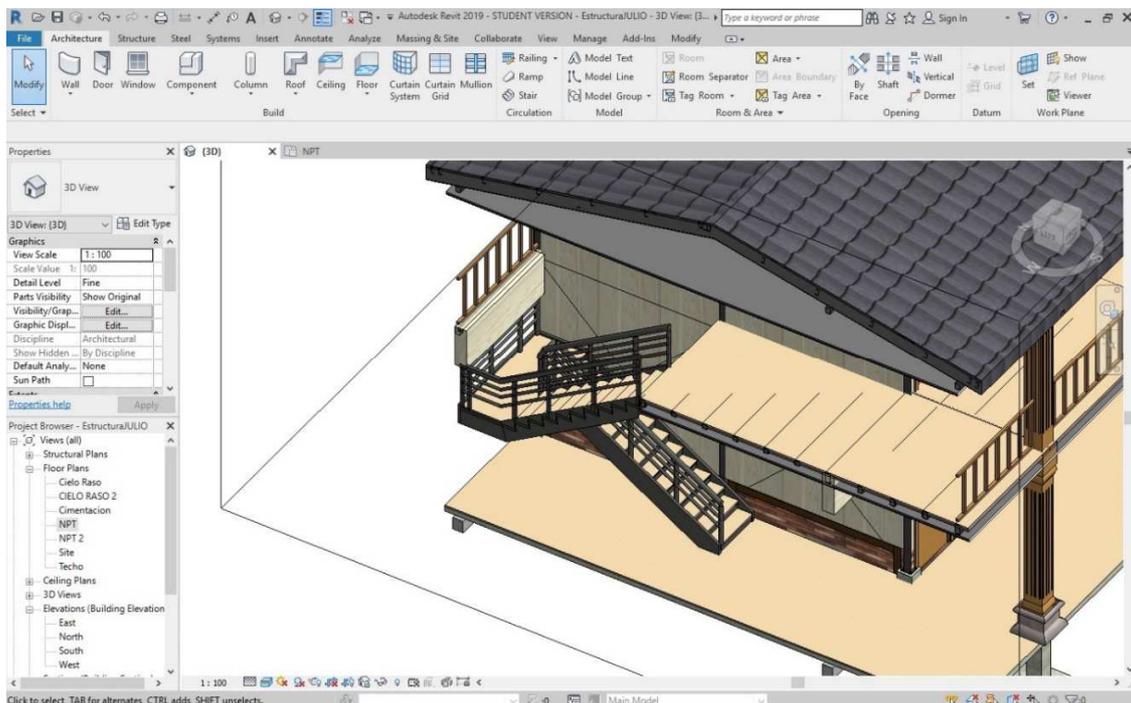


Figura 77. Vista 3D de barandilla terminada, fuente: Revit 2019.

Colocar en anfitrión

La otra opción para construir nuestra barandilla es colocándola en un componente ya existente, en nuestro caso una escalera:

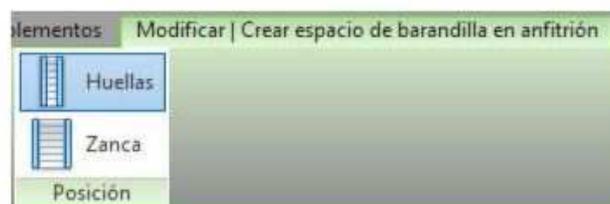


Figura 78. Barandillas por anfitrión, fuente: Revit 2019.

Seleccionando el icono Huellas debemos a continuación buscar dónde colocar la barandilla, simplemente seleccionando nuestra escalera veremos como ya tenemos nuestra nueva barandilla:

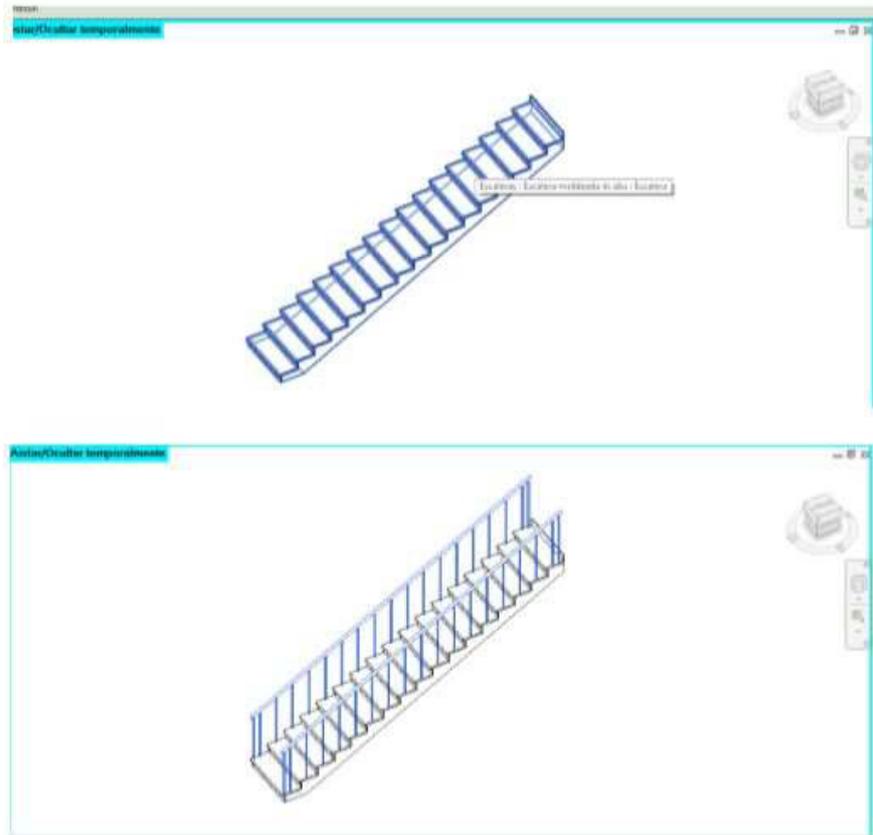


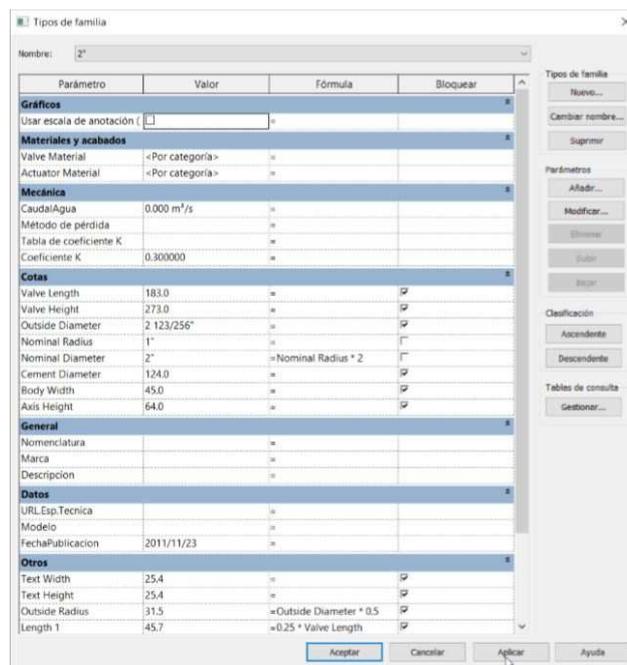
Figura 79. Vista 3D de barandillas en escalera, fuente: Revit 2019.

2.2.1.23. MEP Instalaciones sanitarias

El método que se ha usado para realizar el trazado de las tuberías de fontanería ha sido la de dibujar círculos y líneas en el papel. En los últimos 30 años se han sustituido las reglas, escuadras y plantillas por sistemas de dibujo CAD. En lugar de dibujar círculos y líneas tenemos que entender cómo se realiza la instalación de la tubería y sus accesorios. Para esto utilizamos Revit MEP, que puede ayudar con el diseño preciso y eficiente.

2.2.1.24. Aparatos Sanitarios

Se pueden hacer montajes personalizados mediante barridos, en lugar de usar familias para cada una de sus piezas (sifón...), pero éstos no serán cuantificados en una tabla, a no ser que creamos parámetros compartidos que contengan en número y tipo de accesorios que componen dicho montaje.



The screenshot shows the 'Family Types' dialog box in Revit. It contains a table with columns for 'Parámetro', 'Valor', 'Fórmula', and 'Bloquear'. The parameters are organized into sections: Gráficos, Materiales y acabados, Mecánica, Cotas, General, Datos, and Otros. The 'Cotas' section is expanded, showing various dimensions and formulas.

Parámetro	Valor	Fórmula	Bloquear
Gráficos			
Usar escala de anotación	<input type="checkbox"/>	=	
Materiales y acabados			
Valve Material	<Por categoría>	=	
Actuator Material	<Por categoría>	=	
Mecánica			
Caudal/Agua	0,000 m³/s	=	
Método de pérdida		=	
Tabla de coeficiente K		=	
Coefficiente K	0,300000	=	
Cotas			
Valve Length	183,0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Valve Height	273,0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Outside Diameter	2 123/256"	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Nominal Radius	1"	=	<input type="checkbox"/>
Nominal Diameter	2"	= Nominal Radius * 2	<input type="checkbox"/>
Cermet Diameter	124,0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Body Width	45,0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Axis Height	64,0	=	<input checked="" type="checkbox"/>
General			
Nomenclatura		=	
Marca		=	
Descripción		=	
Datos			
URL Esp.Técnica		=	
Modelo		=	
FechaPublicacion	2011/11/23	=	
Otros			
Text Width	25,4	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Text Height	25,4	=	<input checked="" type="checkbox"/>
Outside Radius	31,5	= Outside Diameter * 0,5	<input checked="" type="checkbox"/>
Length 1	45,7	= 0,25 * Valve Length	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 80. Vista de tabla aparatos de instalaciones sanitarias, fuente: Revit 2019.

Otro método es mediante familias anidadas, las cuales nos darán mayor precisión de cada una de las piezas y la representación del sistema será más parecida a la realidad. No olvidemos tener en cuenta las orientaciones de los elementos para que coincidan con la del modelo.

Podemos añadir parámetros para doblar las tuberías y alinearlas bajo los lavabos o fregaderos o para darlos cierta profundidad para adaptarlos a una losa o forjado. Estos parámetros pueden ser todo lo simple o complejo que queramos.

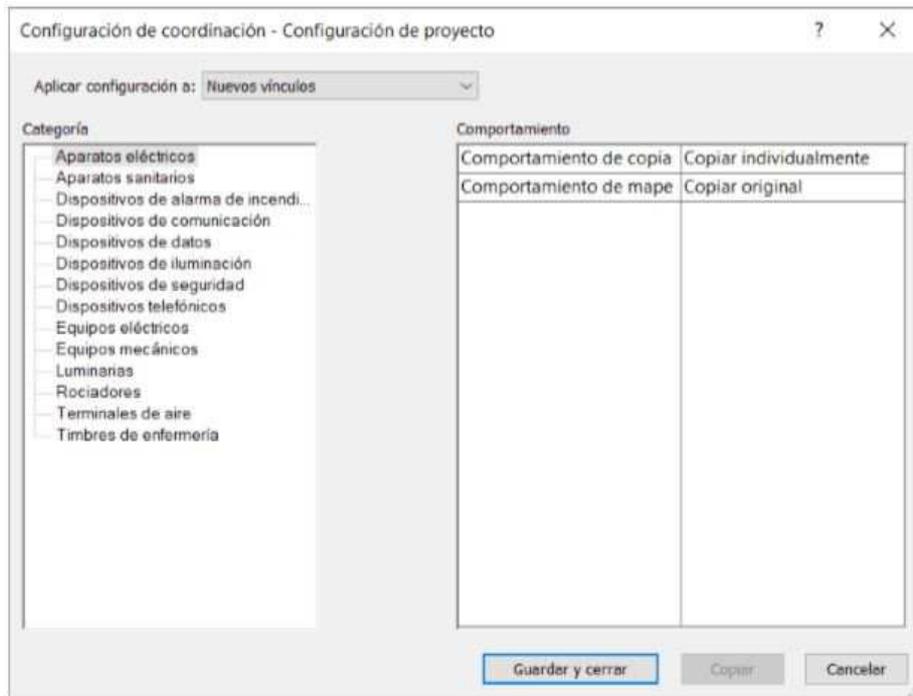


Figura 81. Tabla de coordinación de disciplinas, fuente: Revit 2019.

Tanto si hemos copiado los elementos como si los hemos colocado manualmente en el modelo, mover accesorios conectados a un sistema de tuberías pueden causar su desconexión, lo cual nos dará más trabajo ya que tendremos que unirlos de nuevo.

Cuando REVIT trata de mantener la conexión, los resultados pueden ser impredecible, sobre todo en el caso de tuberías con pendiente. Para evitar esto, lo mejor es que nosotros desconectemos el tramo necesario, lo modifiquemos y lo volvamos a conectar.

Los cambios son muy costosos para el proyecto, por lo que son buenas opciones:

- no hacer ninguna conexión con los aparatos hasta que el modelo no sea definitivo
- hacer éstas uniones con tuberías flexibles y reemplazarlas después.

2.2.1.25. Ajustes de tuberías y opciones de trazados

Es importante elegir el material, accesorios y tamaños adecuados para que las mediciones sean fiables. Y sobre todo para los sistemas con pendiente.

Los trazados de las tuberías los podemos hacer de forma automática o manual.

2.2.1.26. Tuberías con pendiente

La mejor manera de modelar tuberías con pendiente es de forma manual.

Si queremos comprobar las pendientes de las tuberías de las que disponemos > Manage > MEP Settings > Mechanical Settings > Pipe Settings > Slopes.

Desde aquí también podemos eliminar o añadir nuevas pendientes.



Figura 82. Vista panel de modificación de tuberías, fuente: Revit 2019.

Dibujamos el tramo de tubería completo y después le damos la pendiente. Desde la parte principal, hasta cada una de las ramificaciones.

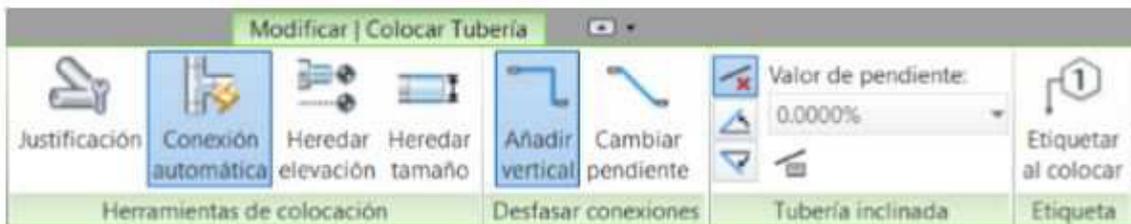


Figura 83. Vista panel de colocación de sistemas de tuberías, fuente: Revit 2019.

2.2.1.27. Invertir elevación y pendiente

Una vez que tenemos modelas las tuberías con la elevación e inclinación deseadas, podemos etiquetarlo fácilmente.

Anotación > Dimensión > Cota elevación / Cota de pendiente

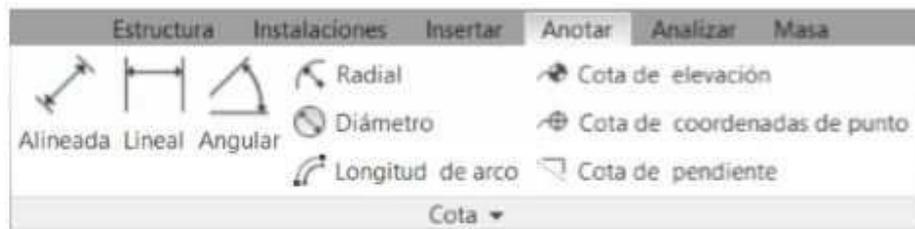


Figura 84. Panel de anotación, fuente: Revit 2019.

La etiqueta de pendiente es muy simple y puede colocarse en cualquier punto a lo largo del trazado de la tubería.

La etiqueta de elevación es un poco más complicada. Es una familia de sistema del proyecto y no puede modificarse. Sólo muestra el punto más alto y/o más bajo de la tubería seleccionada. Para ello necesitamos ver la doble línea de tubería (Fine Detail).

Tenemos que asegurarnos del nivel al que está referenciada la tubería. También se puede etiquetar la elevación de una tubería en su punto medio, para lo que usaremos una etiqueta de tubería. La cual se puede editar para incluir otros parámetros. (Elevación de los puntos extremos de la tubería)

2.2.1.28. Accesorios

Sin accesorios, un sistema de tuberías no estaría completo, ya que cumplen funciones importantes. En REVIT tenemos los siguientes:

- End Cap (sólo puede ser colocado al final de una tubería)
- Tee, Tap, Wye, and Cross (pueden ser colocadas en cualquier punto a lo largo de una tubería)
- Transitions, Couplings and Unions (sólo pueden ser colocadas al final de una tubería, y se usan para unir tuberías de igual o diferente tamaño/diámetro)
- Flange (Estas se pueden colocar en el extremo de la tubería o cara a cara con otra brida)

2.2.1.29. Controles de accesorios

El entendimiento de éstos nos ayudará a la hora de modelar grandes trazados. Cuando estamos modelando una tubería, giramos 90° para crear un codo. Si clicamos sobre el codo, nos aparecerá un “más” (+), si pinchamos sobre él, pasará de ser un codo a una “T”, lo que nos permitirá añadir otro tramo de tubería. Si desde la “T” clicamos sobre el “menos”(-), volveremos a tener un codo.

Cuando vemos este símbolo en un accesorio, quiere decir que podemos rotarlo y permite voltearlo.

2.2.1.30. Insertar válvulas

Seleccionamos la válvula que queremos (tipo y tamaño) y la arrastramos hasta la posición de la tubería donde queremos colocarla. La mayoría de las válvulas “parten” la tubería insertándose entre medias.

Systems – Pipe Accessory – En propiedades, elegimos la válvula.

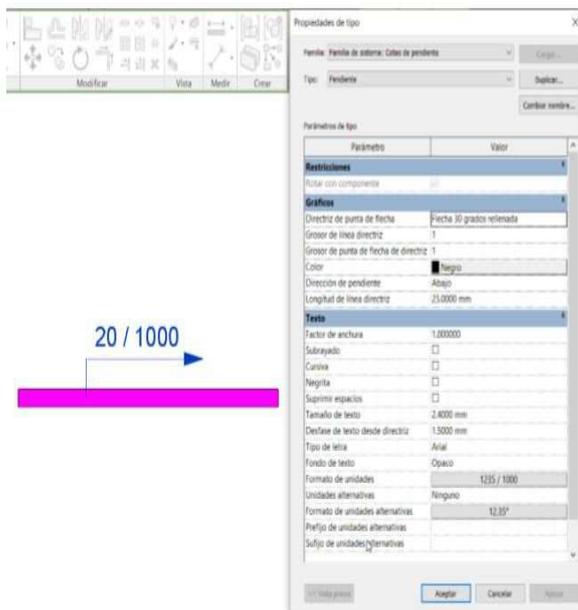


Figura 86. Tabla de propiedades de tuberías, fuente: Revit 2019.

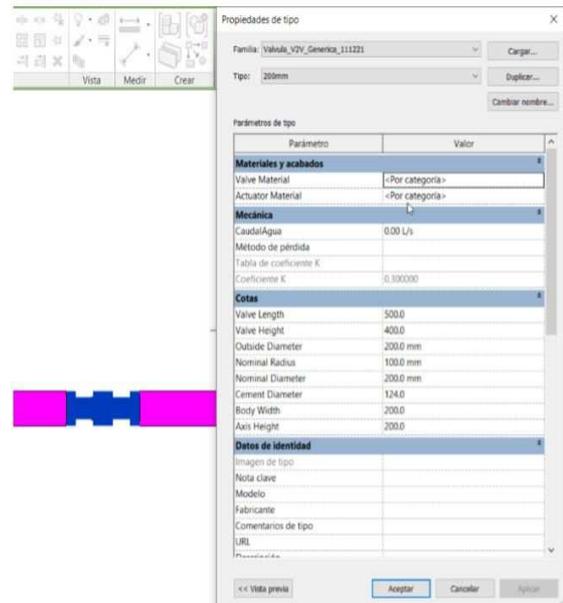


Figura 85. Válvulas en tuberías y tabla de propiedades

2.2.1.31. Instalaciones eléctricas

Aunque estamos acostumbrados a indicar las luminarias con un símbolo, a realizar los sistemas e incluir datos de fotometría en el modelo, no podemos aprovechar para sacar rendimiento. Con estos datos, podemos sacar datos de las conexiones de los circuitos, como la potencia total.

2.2.1.32. Diseño eficiente del alumbrado

Un punto crítico a la hora de desarrollar un proyecto son los falsos techos. Muchas disciplinas confluyen en un espacio reducido, por lo que la distribución geométrica de los elementos es fundamental. Y una buena distribución del alumbrado hace que el cálculo de uniformidad sea lo mejor posible.

Incluir el mayor número de datos, fotometrías, circuitos, cuadros, fabricante, modelo, tensión, numero de lámparas... hace que el cálculo sea lo más real posible, además que nos ayuda a tener un mayor control de los elementos que tenemos en el modelo.

2.2.1.33. Espacios y luminarias

Para que la información que nos dan los espacios sea lo más fiable posible, es necesario que tengamos presente que debemos modelar. Si la posición de las luminarias está por debajo de la cota de nivel de corte del nivel, puede que no se incluya en lo cálculos. Esto va a depender del punto de cálculo de la familia.

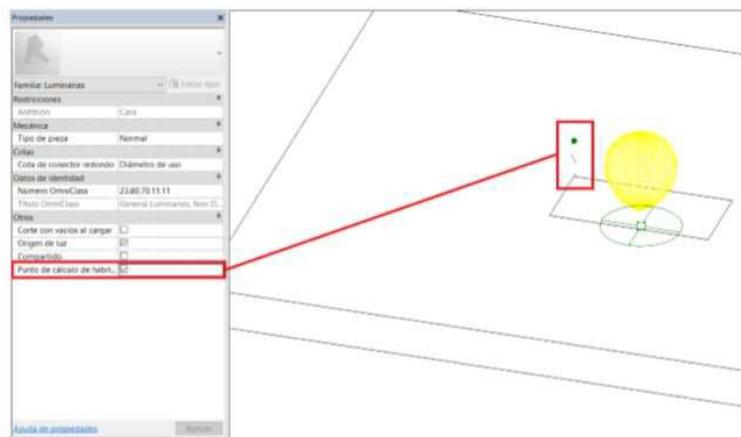


Figura 87. Panel de energización de una luminaria, fuente: Revit 2019.

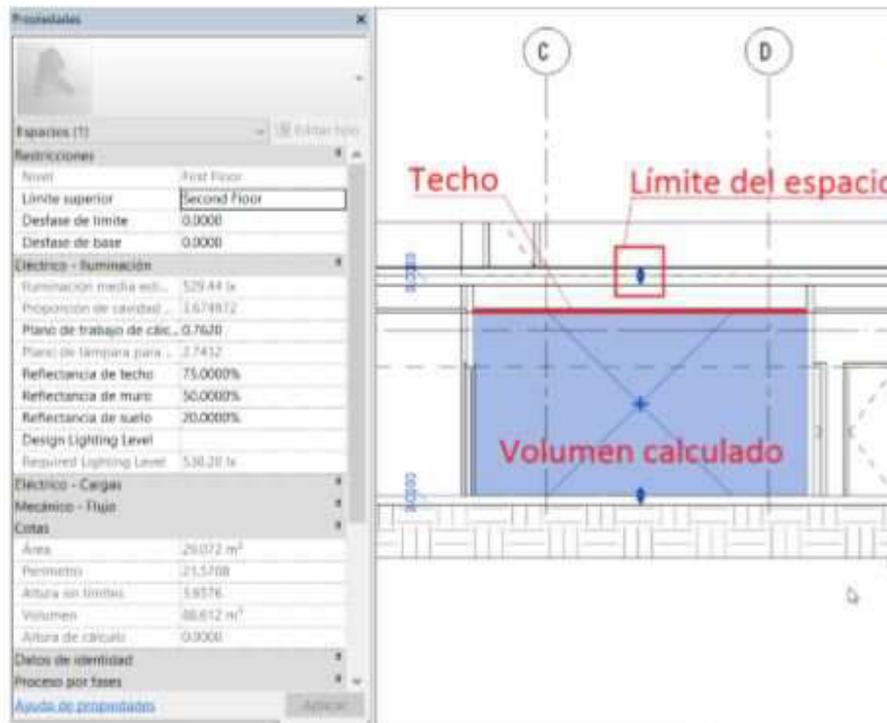


Figura 88. Panel de propiedades de luminarias y volumen de habitación, fuente: Revit 2019.

El volumen de un espacio es importante para un apropiado cálculo de iluminación en una habitación. Este cálculo de volumen se puede activar o desactivar dentro de las propiedades de Revit. Para calcular el diseño de iluminación, necesitas que este activo. Esto se realiza a través de la pestaña Habitación y Área.



Figura 89. Panel de nombrar habitación, fuente: Revit 2019.

Una vez en esta pestaña seleccionamos Cálculos de áreas y volumen.

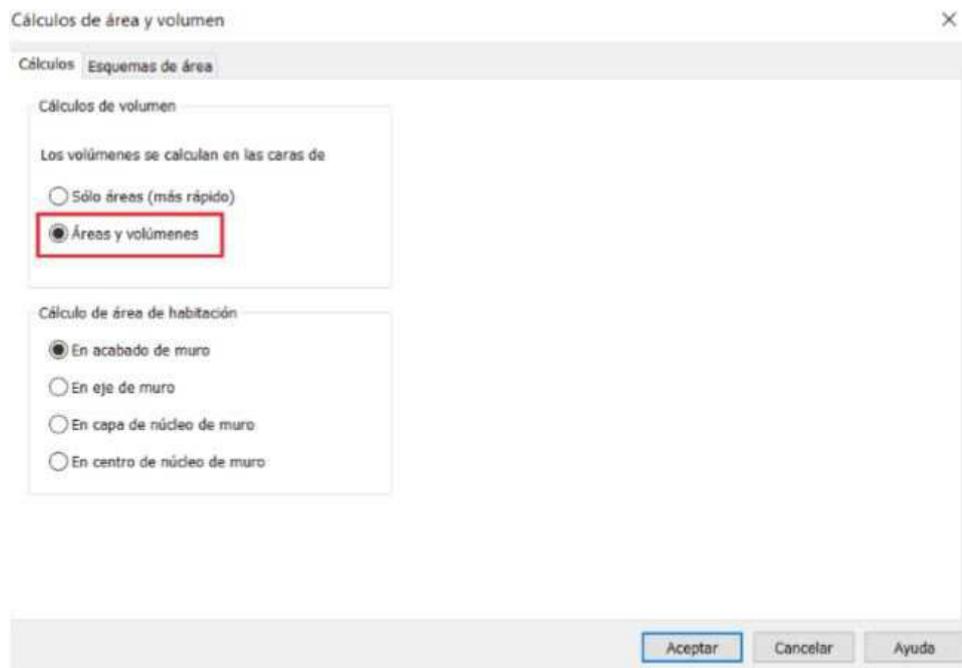


Figura 90. Cálculo de volúmenes y áreas, fuente: Revit 2019.

2.2.1.34. Luminarias de cielo falso

Las luminarias hospedadas en falso techo, suele ser lo más común en los modelos de proyecto. Se pueden montar empotradas, de superficie y descolgadas. Por defecto, cuando vamos a colocar una luminaria que tiene como huésped la opción “por cara”, nos aparece la opción de una cara vertical.



Figura 91. Opciones de colocación de luminaria, fuente: Revit 2019.

Dependiendo de la necesidad podremos seleccionar Colocar por cara, con lo que el huésped puede ser cualquier superficie. En cambio, al seleccionar Colocar en plano de trabajo, se puede seleccionar un nivel o un plano de trabajo.

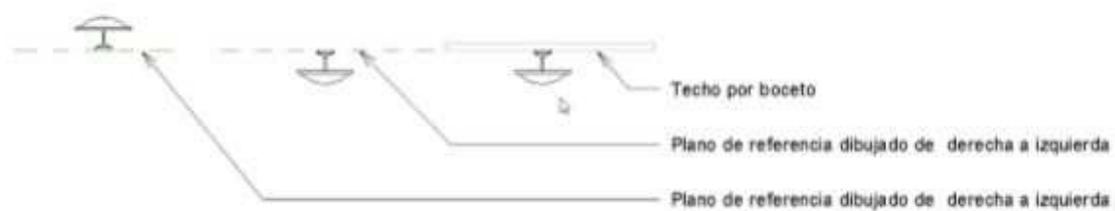


Figura 92. Vista en elevación de luminarias, fuente: Revit 2019.

Una vez que tengamos un elemento en la posición que necesitamos, se puede copiar para propagar las veces que sea necesario, siempre y cuando tenga el mismo huésped. Si por ejemplo, queremos copiar una luminaria de un falso techo a otro falso techo, para que mantenga el huésped, utilizaremos Crear similar. Para que el techo se recorte cuando ponemos una luminaria, es necesario que el anfitrión de la luminaria sea por Falso Techo, y la familia este configurado para crea un vacío.

2.2.1.35. Cambios en el cielo falso

Cuando se realizan cambios en los techos, en el desarrollo del proyecto, tenemos que saber en qué nos puede afectar a la hora de trasladarlos al modelo. Si la modificación es de posición del falso techo, las luminarios o elementos que lo tengan como anfitrión se desplazan a la vez. En cambio, si se elimina el techo la luminaria se queda con el anfitrión como no asociado.

2.2.1.36. Luminarias de Pared

Las luminarias se pueden montar, tanto los falsos techos como en pared. De hecho, si el anfitrión de las familias es por cara, se puede colocar en casi todas las superficies.

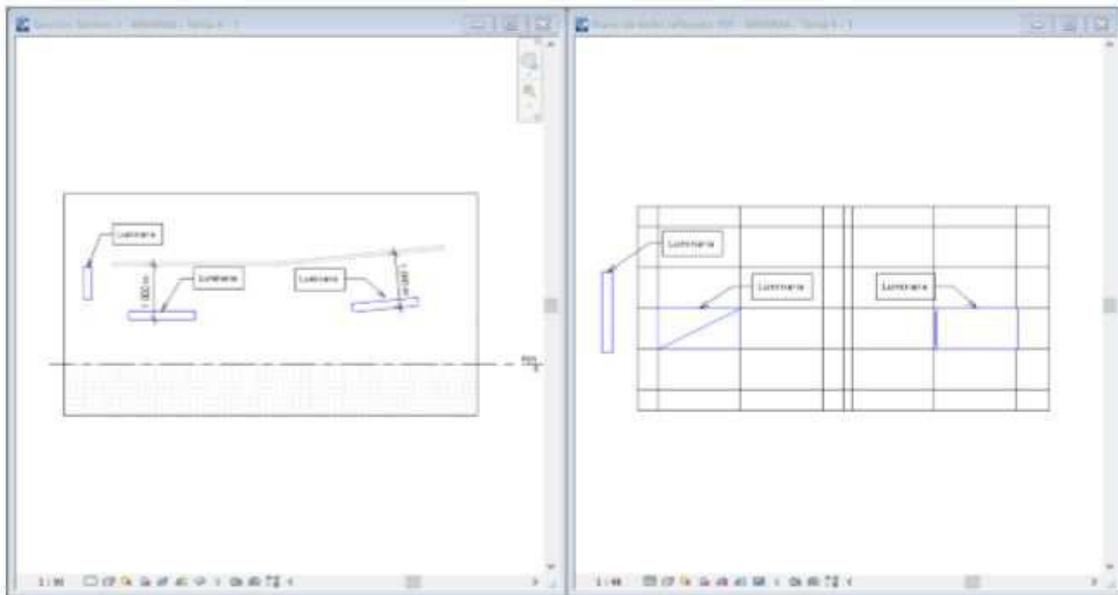


Figura 93. Panel para agregar interruptor, fuente: Revit 2019.

2.2.1.37. Interruptores

Los interruptores son familias que de forma habitual utilizan las paredes como anfitrión. Aunque también puede utilizar el techo con los detectores de presencia.

Con estos interruptores podemos asociar luminarias a un encendido. Para hacerlo, podemos seguir los siguientes pasos:

- Tenemos seleccionar una luminaria y la pestaña temporal Modificar / Luminarias

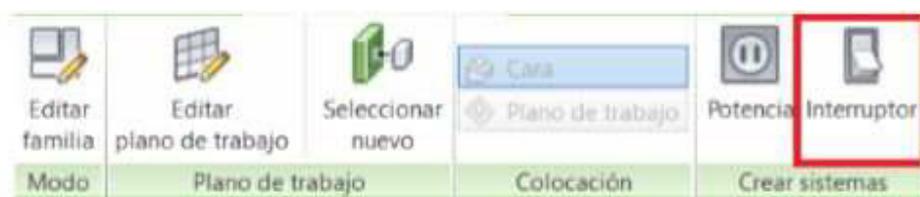


Figura 94. Vista de panel de navegación colocación de interruptor fuente: Revit 2019.

- En la pestaña Modificar / Sistema de interruptores seleccionamos el Interruptor.

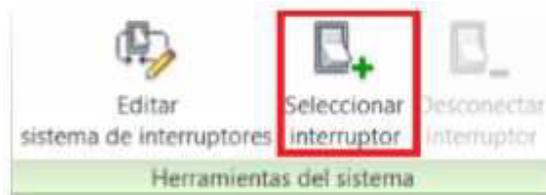


Figura 95. Panel de selección interruptor, fuente: Revit 2019.

- Cuando seleccionamos el interruptor al que va a ir asociada la luminaria, se pueden añadir más interruptores editando el sistema.

El inconveniente que tiene este tipo de sistemas es la limitación de conexión. En muchas ocasiones en nuestro proyecto las luminarias no se encienden con un solo interruptor, si no que tenemos conmutadores, con los que podemos encender o apagar un conjunto de luminarias. Incluso esto se puede hacer desde tres puntos diferentes.

2.2.1.38. Alumbrado Exterior

Aunque no podemos hacer cálculos de iluminación exterior, sí que podemos modelar los elementos para realizar una condición de los elementos que pueda haber. Además, que esto nos puede servir para realizar los renders de exterior y ver cómo queda los elementos seleccionados.



Figura 96. Vista 3D final del modelo, fuente: Revit 2019.

2.3. Take off (cantidades de obra) determinadas a partir del modelo Revit

A continuación, se presentan los resultados de los procesos de cálculo de las cantidades de obra realizadas por el software Autodesk Revit para el proyecto, como ya se mencionó, estos resultados corresponden al edificio 01 "Pabellón de aulas".

2.3.1. Edificio 01

Preliminares

05 Niveletas Simples y Dobles

En el caso de las Obras Preliminares, dado que en los planos conjuntos suministrados se ve que el terreno se encuentra terraceado (Ver Anexo 10, entonces no abran movimientos de tierra previos a la construcción, por lo que se incluye en el presupuesto únicamente la Limpieza Inicial del Lote, además de la Instalación de una bodega y una champa que contarán con un área de 30m² y 18m² respectivamente.

Las Niveletas están compuestas por Reglas de 1m y Cuartones de 1.3m, las Simples cuentan con 1 Regla y 2 Cuartones, mientras que las Dobles se componen de 2 Reglas y 3 Cuartones, la cantidad de Niveletas se estimó con respecto al plano de fundaciones de cada edificio, en el caso del Edificio 01 Obteniéndose el siguiente Resultado:

Tabla 5 Niveletas sencillas y dobles

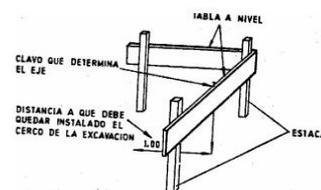
Niveletas Simples	"		"		m	Cantidad	# de Elementos	Longitud Total (m)	Longitud Total(Vrs)
Cuartones	2	x	2	x	1.3	8	2	20.8	24.752
Reglas	1	x	3	x	1	8	1	8	9.52

Niveletas Dobles	"		"		m	Cantidad		Longitud Total (m)	Longitud Total(Vrs)
Cuartones	2	x	2	x	1.3	10	3	39	46.41
Reglas	1	x	3	x	1	10	2	20	23.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 Take off niveletas

Item	Longitud (Vr)	Unidades de 6 Vr.
Cuartones	71.162	12
Reglas	33.32	6



Desperdicio	30%	Clavos por Libra	80
Clavos 2 1/2"	#	Cantidad Total	
Simples	4	32	42
Dobles	8	80	104
		Total	146
		Peso (lb)	1.825

Figura 97 Niveletas dobles (Cartilla de la construcción 2019)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7 Fundaciones

En el caso de las cantidades de obras dadas para las Fundaciones, fueron extraídas de las Tablas de Planificación del Modelo en Autodesk REVIT realizado para cada edificio a partir de los planos suministrados por la Oficina Técnica de Proyectos de la UNI (Anexo C), en el caso del Edificio 01 Obteniéndose el siguiente resultado:

01 Excavación Estructural

Para el edificio 01 se cuenta con un total de 3 tipos de Zapatas, con dimensiones de 1.5m, 1.0m y 0.8m de lado respectivamente, todas con grosores de 0.25m y una profundidad de desplante de 1.5m con respecto al Nivel de piso terminado (Ver Anexo 12, Plano Estructural S-01).

Tabla 8 Take off fundaciones

ZAPATAS					
Tipo	Dimensiones	Profundidad Excavación Zapata	Largo Excavación	Ancho Excavación	Volumen Excavación (m3)
Z-1	1.50 m x 1.50 m x 0.25 m	1.80 m	1.65 m	1.65 m	78.41
Z-2	1.00 m x 1.00 m x 0.25 m	1.80 m	1.15 m	1.15 m	30.95
Z-3	0.80 m x 0.80 m x 0.25 m	1.80 m	0.95 m	0.95 m	4.87
Total general: 32					114.23

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9 Take off viga asismica

VIGA ASISMICA					
Tipo	Longitud	Anchura	Ancho de Excavación	Profundidad Excavación VA	Volumen Excavación (m3)
VA-1	98.50 m	0.20 m	0.35 m	0.45 m	15.51

Excavación Total = Excavación Zapatas + Excavación Viga Asismica

$$Excavación Total = 114.23m^3 + 15.51m^3 = 129.74m^3$$

Fuente: Elaboración propia.

02 Mejoramiento de suelo

Se cuenta con un mejoramiento de Suelo de 30cm debajo de la retorta de las zapatas, relleno con Material Selecto, compactado al 95% Proctor Estandar (Ver Anexo 12, Plano Estructural S-01)

$$Volumen a Mejorar = 114.23m^3 * \frac{0.3m}{1.8m} = 19.04 m^3$$

05 Volumen de Concreto

Las fundaciones además se componen por Vigas Asismicas con secciones de 20cm x 25cm de peralte, y con Pedestales con secciones cuadradas de 30cm y 20cm de lado respectivamente (Ver Anexo 12, Plano Estructural S-01)

Tabla 10 Take off volumen de concreto

ZAPATAS					
Tipo		Dimensiones			Volumen Concreto (m3)
Z-1		1.50 m x 1.50 m x 0.25 m			9
Z-2		1.00 m x 1.00 m x 0.25 m			3.25
Z-3		0.80 m x 0.80 m x 0.25 m			0.47
Total general: 32					12.72
VIGA ASISMICA					
Tipo		Longitud		Volumen (m3)	
VA-1		98.50 m		4.44	
PEDESTALES				RESUMEN	
Tipo	Recuento	Dimensiones		Volumen Total	VOLUMEN TOTAL DE CONCRETO (m3)
PD-1	29	0.30 m x 0.30 m x 1.40 m		3.65	
PD-2	3	0.20 m x 0.20 m x 1.40 m		0.17	
					20.81

Fuente: Elaboración propia.

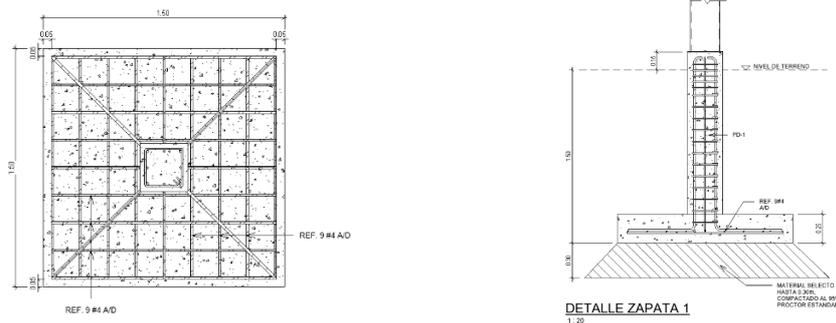


Figura 98 Estructura de fundaciones y viga asísmica, fuente: elaboración propia.

03 Relleno y Compactación

Volumen de Relleno

= Volumen de Excavacion – Volumen de Concreto – Volumen a Mejorar

$$\text{Volumen de Relleno} = 129.04\text{m}^3 - 20.81\text{m}^3 - 19.04\text{m}^3 + \left(3.65\text{m}^3 * \frac{0.15\text{m}}{1.4\text{m}}\right) = 89.581\text{m}^3$$

04 Acero de refuerzo grado 40

Tabla 11 Take off acero de refuerzo

ESTRIBO						
Tipo	Cantidad	Diámetro de barra	Longitud total de barra	Peso Lineal (Kg/m)	Peso	
ESTRIBOS #2 VA	1038	1/4"	653.836 m	0.249	162.81 kg	
	1038		653.836 m		162.81 kg	
ESTRIBOS #3 PD1	469	3/8"	433.916 m	0.56	242.99 kg	
ESTRIBOS #3 PD2	72	3/8"	47.414 m	0.56	26.55 kg	
	541		481.330 m		269.54 kg	
REFUERZO PARRILLAS						
Tipo	Cantidad	Diámetro de barra	Longitud de barra	Longitud total de barra	Peso lineal (Kg/m)	Peso
Acero Parrilla Z-1	288	1/2"	1.340 m	385.920 m	0.994	383.60 kg
Acero Parrilla Z-2	234	1/2"	0.840 m	196.560 m	0.994	195.38 kg
Acero Parrilla Z-3	42	1/2"	0.700 m	29.400 m	0.994	29.22 kg
	564			611.880 m		608.21 kg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Take off refuerzo en fundaciones

REFUERZO FUNDACIONES				
Tipo	Diámetro de barra	Longitud total de barra (m)	Peso Lineal (Kg/m)	Peso
Refuerzo PD-1 #4	1/2"	229.37	0.994	227.99 kg
Refuerzo PD-2 #4	1/2"	21.266	0.994	21.14 kg
Refuerzo VA-1 #4	1/2"	414.08	0.994	411.60 kg
		664.715		660.73 kg
Refuerzo PD-1 #5	5/8"	254.644	1.552	395.21 kg
		254.644		395.21 kg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Resumen take off acero de refuerzo

RESUMEN		
Diametro de Varilla	Longitud Total	Peso Total
#2	653.84 m	162.81 Kg
#3	481.33 m	269.54 Kg
#4	1276.60 m	1268.94 Kg
#5	254.64 m	395.21 Kg
		2096.49 Kg

Fuente: Elaboración propia.

05 Formaletas Prefabricadas (Placas Symons)

Las formaletas están conformadas por placas symons de carácter reutilizable, construido en fábrica para la producción de encofrados de hormigón. Este sistema es más productivo y económico que otros métodos para encofrar.

Tabla 14 Take off para formaletas

FORMALETAS ZAPATAS			
Tipo	Dimensiones		Area Formaleta
Z-1	1.50 m x 1.50 m x 0.25 m		24.00 m ²
Z-2	1.00 m x 1.00 m x 0.25 m		13.00 m ²
Z-3	0.80 m x 0.80 m x 0.25 m		2.40 m ²
Total general: 32			39.40 m ²
FORMALETAS VIGA ASISMICA			
Tipo	Longitud	Altura	Area de Formaleta
VA-1	98.50 m	0.25 m	49.25 m ²

Tabla continua en siguiente página...

...Continuación Tabla 14

FORMALETAS PEDESTALES			
Tipo	Recuento	Dimensiones	Area de Formaleta
PD-1	29	0.30 m x 0.30 m x 1.40 m	48.72 m ²
PD-2	3	0.20 m x 0.20 m x 1.40 m	3.36 m ²
	32		52.08 m ²

$$\text{Area Total a Formaletear} = 39.4\text{m}^2 + 49.25\text{m}^2 + 52.08\text{m}^2 = 140.73\text{m}^2$$

Fuente: Elaboración propia.

07 Desalojo del Material Sobrante

Volumen de Material a Desalojar

$$= (\text{Volumen de Material Excavado} - \text{Volumen de Relleno y Compactacion})$$

$$* \text{Factor de Abundamiento}$$

$$\text{Vol} = (129.74\text{m}^3 - 89.581\text{m}^3) * 1.3 = 52.2067\text{m}^3$$

Tabla 15 Estructura Metálica

La estructura metálica está conformada, por columnas metálicas y vigas metálicas, además se realiza la unión a las cimentaciones por medio de placas bases de 2 y 4 pernos (Ver Anexo 12, Plano Estructural S-02)

02 Columnas Metálicas

Existen dos tipos de columna en el Edificio 01, 23 Columnas del Tipo CM-1, columnas Metálicas de 5" x 5" x 1/8", y 6 Columnas del Tipo CM-2 de 5" x 10" x 1/4" ambas de Acero ASTM A-36 (Ver Anexo 12, Planos Estructurales S-02)

Tabla 16 Take columnas metálicas

COLUMNAS METALICAS				
Tipo	Longitud	Comentarios de tipo	Peso Lineal Kg/m	Peso Total
CM1	164.19	5" x 5" x 1/8" ACERO A36	11.86	1946.51
CM2	43.08	5" x 10" x 1/4" ACERO A36	35.89	1546.29

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Peso Total} = \sum \text{Pesos} = 1946.51\text{Kg} + 1546.29\text{Kg} = 3492.8\text{Kg}$$

03 Vigas Metálicas

Las vigas metálicas de igual manera son de Acero A36, con dimensiones de 4" x 8" x 1/4" para la tipo VM-1, 4" x 5" x 1/8" la tipo VM-4 y 4" x 4" x 1/8" para la VM-5 (Ver Anexo 12, Planos Estructural S-02)

Tabla 17 Take off vigas metalicas

VIGAS METALICAS				
Tipo	Longitud	Peso Lineal (Kg/m)	Peso Total (Kg)	Comentarios de tipo
VM-1 4"x8"	119.1	28.3033	3370.92	4" x 8" x 1/4" ACERO A36
VM-4 4"x5"	93.11	10.6311	989.86	4" x 5" x 1/8" ACERO A36
VM-5 4"x4"	172.18	9.6065	1654.05	4" x 4" x 1/8" ACERO A36
Total			6014.83	

Fuente: Elaboración propia.

04 Acero Estructural, Placas de Unión

Para las placas y platinas, acero ASTM A-36 (fy = 36 KSI).

Tabla 18 Take off uniones estructurales

UNIONES ESTRUCTURALES			
Item	Cantidad	Peso Unidad (Kg)	Peso Total (Kg)
Platina de 10"x12"x3/8"	32	5.80	185.48
Platina de 3"x3"x4"x1/4"	4	0.77	3.09
Platina de 3"x4"x4"x1/4"	17	0.90	15.33
Angular de 2"x2"x4"x1/8"	104	0.01	1.22
Angular de 3"x3"x4"x1/4"	96	0.58	55.64
Sag Rod de Platina de 1"x1/8"	12	8.51	102.13
Torniquete de 3/4"	12	1.12	13.44
Total			376.33

Fuente: Elaboración propia.

06 Entrepiso Metálico

El entrepiso está conformado por una estructura de viguetas de 4"x4"x1/8" de Acero ASTM A-36, espaciadas a cada 60cm para la parte de las aulas, y vigas de 4"x6"x3/16" espaciadas a cada 60cm en la parte de los pasillos (Ver Anexo 12, Plano Estructural S-02)

Tabla 19 Take off de vigas entrepiso

VIGAS ENTREPISO				
Tipo	Longitud	Peso Lineal (Kg/m)	Peso Total (Kg)	Comentarios de tipo
VM-2 4"x6"	127.17	17.81	2265.09	4" x 6" x 3/16" ACERO A36
VM-5 4"x4"	295.82	9.6065	2841.79	4" x 4" x 1/8" ACERO A36

Fuente: Elaboración propia.

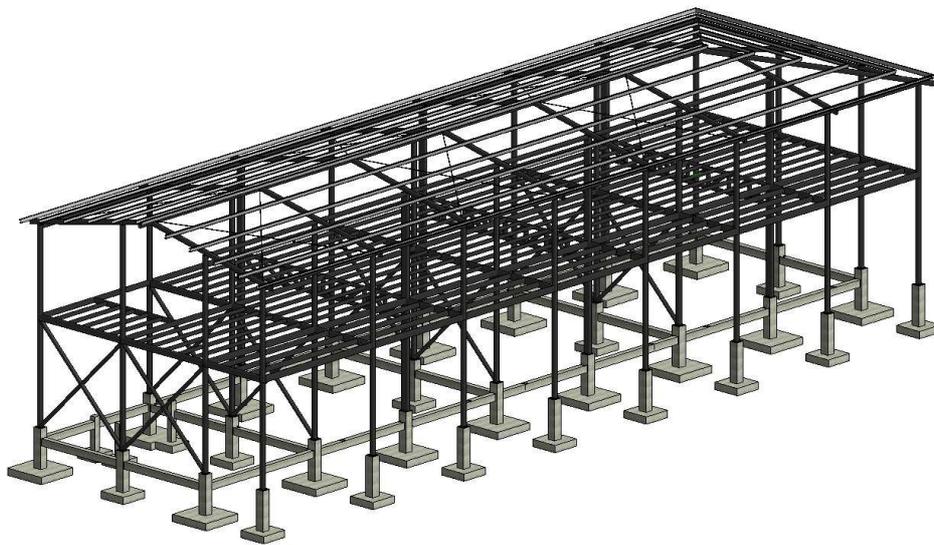


Figura 99. Estructura metálica del edificio 01, fuente: elaboración propia.

$$Peso\ Total = \sum Pesos = 2265.09Kg + 2841.79Kg = 5106.88Kg$$

Tabla 20 Estructura de Concreto

La estructura de concreto utilizada para confinar muros de ladrillo de cuarteron, se conforman por vigas y columnas de 0.15mx0.15m, ambas con acero mínimo, refuerzo 4 Ref. #3 longitudinal, con Estribos #2 a cada 10cm, el formaleteado fue realizado con Placas Symons.

01 Acero de Refuerzo

Tabla 21 Take off acero de refuerzo para muro de ladrillo cuarteron

REFUERZO CONCRETO						
Tipo	Diámetro de barra	Longitud total de barra (m)	Peso Lineal (Kg/m)	Peso		
REFUERZO C-1 #3	3/8"	153.625	0.56	86.03 kg		
REFUERZO V-1 #3	3/8"	269.485	0.56	150.91 kg		
		423.109		236.94 kg		

ESTRIBOS CONCRETO						
Tipo	Cantidad	Diámetro de barra	Longitud de barra	Longitud total de barra	Peso Lineal (Kg/m)	Peso
ESTRIBOS #2 C-1	416	1/4"	0.39 m	162.341 m	0.249	40.42 kg
ESTRIBOS #2 V-1	676	1/4"	0.39 m	263.803 m	0.249	65.69 kg
1092				426.144 m		106.11 kg

Fuente: Elaboración propia.

03 Formaletas Prefabricadas (Placas Symons)

Tabla 22 Take off formaleta para muro de ladrillo cuarterón

FORMALETAS COLUMNAS DE CONCRETO		
Tipo	Dimensiones	Área de Formaleta
C-1	0.15 m x 0.15 m	19.20 m ²

Fuente: Elaboración propia.

11 Volumen de Concreto

Tabla 23 Take off concreto para muro de ladrillo cuarterón

COLUMNAS DE CONCRETO			
Tipo	Dimensiones	Volumen	Comentarios de tipo
C-1	0.15 m x 0.15 m	0.72 m ³	COLUMNA 4 REF. #4 EST. #2, PRIMEROS 5 @0.05, RESTO @0.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24 Estructura de Cubierta de Techo y Fascias

02 Vigas Metálicas Principales de Techo

Tabla 25 Take off vigas principales de techo

VIGAS TECHO				
Tipo	Longitud	Peso Lineal (Kg/m)	Peso Total (Kg)	Comentarios de tipo
VM-3 4"x6" t=1/8"	96.59	11.8526	1144.84	TECHO 4" x 6" x 1/8" ACERO A36
VM-4 4"x5"	26.06	10.6311	277.05	TECHO 4" x 5" x 1/8" ACERO A36

Fuente: Elaboración propia.

03 Clavadores de Techo

Tabla 26 Take off clavadores de techo

PERLINES				
Tipo	Longitud	Peso Lineal (Kg/m)	Peso Total (Kg)	Comentarios de tipo
Perlin 1 2inx4in	390.86	4.80	1877.40	PERLIN 2" x 4" ACERO A36

Fuente: Elaboración propia.

04 Cubierta de Lamina de Plycem Ondulada 6mm

La cubierta será de lámina PLYCEM ondulado EUREK P-7 color terracota 6', estas no deberán presentar defectos de fábrica o abolladuras (Ver Anexo 12, Plano Arquitectónico A-03)

Tabla 27 Take off cubierta de techo

CUBIERTA	
Tipo	Área
Cubierta de Lamina de Plycem Ondulada 6mm	350.07 m ²

Fuente: Elaboración propia.

Cielos

01 Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)

El forro de los cielos será de paneles de PLYCEM, 6mm; estas láminas, deberán cumplir con los requerimientos ASTM-C36 (Ver Anexo 12, Plano Arquitectonico A-03)

Tabla 28 Take off cielos falsos

CIELOS		
Tipo	Área	Nivel
Lamina de Fibrocel	189.29 m ²	NC1
Lamina de Fibrocel	117.01 m ²	NPT 2
Lamina de Fibrocel	311.29 m ²	NC2
	617.60 m ²	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29 Pisos

01/02 conformación y compactación de suelos / colocación de cascote de 7 cm, colocación de cerámica 45x45 cm. Todo el entrepiso será de plystone, de 22mm., y tendrá revestimiento cerámico 0.45x0.45 según se indica en los planos, tanto para el pasillo como las aulas (Ver anexo 12, Plano Arquitectonico A-03)

Tabla 30 Take off pisos y entrepiso

SUELOS	
Tipo	Área
PISO PL. BAJA	311.60 m ²
CERAMICA	
Tipo	Área
PISO PL. BAJA	311.60 m ²
PISO PL. ALTA	303.94 m ²
ENTREPISO DE LAMINA DE PLYSTONE DE 22MM	
Tipo	Área
PISO PL. ALTA	303.94 m ²
Total Area	615.54 m ²

Fuente: Elaboración propia.

Paredes

Tabla 31 Take off paredes ligeras

SUB ETAPA	DESCRIPCIÓN	ÁREA
03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	283.23 m ²
03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	98.38 m ²
03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	62.42 m ²

Fuente: Elaboración propia.

Puertas

Serán del tipo madera sólida con visor de vidrio fijo de 6mm., y sección de 15 x 55 cms. Suministro e Instalación de Puertas

Tabla 32 Take off puertas

PUERTAS	
Tipo	Recuento
P/1	12

Fuente: Elaboración propia.

Ventanas

Se utilizarán ventanas de celosía de Aluminio y vidrio con dimensiones de 0.97m de base y 1.42m de alto. Suministro e Instalación de Ventanas

Tabla 33 Take off ventanas

VENTANAS		
Tipo	Dimensiones	Recuento
V/1	0.97 m x 1.42 m	72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34 Take off Instalaciones hidrosanitarias

Sub Etapa	Descripción	Actividad	Cantidad
01	Obras Civiles	Zanjeo, relleno y compactación	33.4 m
02	Sistema de agua potable	Tubería PVC sdr-26 de aguas potable de ø= 37mm (1-1/2"), incluye accesorios	33.4 m
03	Sistemas de aguas pluviales	(Tubería PVC sdr-41 de aguas pluviales de ø= 150mm (6"), incluye accesorios)	150.15 m
04	Filtro de arena	Excavación relleno y compactación de zanjas para tubería horizontal para descargue de aguas pluviales)	15 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35 Take off Electricidad

Sub Etapa	Descripción	Actividad	Cantidad
01	Canalización	Canalización conduit pvc de 1", incluye accesorios	57 m
02	Canalización conduit pvc de 1/2"	Canalización conduit pvc de 1/2", incluye accesorios	530.2 m
03	Alambre # 8	Alambre cableado thhn # 8	171.6 m
04	Alambre # 12	Alambre cableado thhn # 12	1197.6 m
05	Luminaria led superficial 1x18 watts sylvania	Luminaria led superficial 1x18 watts sylvania ,super kit-led-48-1-18w-1x2` pies.	167 uds
06	Tomacorriente	Tomacorriente leviton cat. 53251-i	57 uds
07	Apagador	Apagador leviton cat.5601-i	37 uds
08	Tablero cutler hammer de 30 espacios	Tablero cutler hammer de 30 espacios tipo, gh30et200f trifasico	2 uds

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36 Take off Limpieza Final

LIMPIEZA	
Tipo	GLB
Limpieza final de todo el lote	1

Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de desperdicios se aplican a los materiales y mezclas elaboradas en las distintas etapas de una construcción. Los valores de estos porcentajes de desperdicios varían de acuerdo al tipo de material, mano de obra calificada y equipo de instalación.

Lo cual hace que estos porcentajes no sean considerados como una norma ya que cada empresa maneja sus propios porcentajes. Estos porcentajes fueron incluidos dentro de las Cantidades de Obras finales para el Presupuesto, para ver estos valores ver Anexo 11, Pagina XLIV.

2.3.2. Edificio 02, Edificio 03, Edificio 04

Los cálculos de los edificios 02, 03 y 04, fueron realizados de la misma manera que para el edificio 01, a partir de su modelo Revit se determinaron sus cantidades de obras, por lo que solo se presentan los presupuestos finales de cada edificio.

2.4. Integración de costos (costo unitario)

El costo unitario de las actividades del proyecto se determina a partir de desglose de actividades, en el cual se integran los factores de materiales, mano de obra, transporte y equipos al precio unitario de la actividad para de esta manera determinar cuál es el costo real de cada actividad.

Debido a lo extenso que es el desglose de cada actividad, en el anexo 1 se presentan los resultados del desglose de actividades para determinar el costo unitario para cada actividad del edificio 01. A continuación presentamos el desglose para la actividad de limpieza inicial a manera de ejemplo.

Tabla 37 Calculo de costos unitarios por actividad

010		PREIMINARES			
Actividad	LIMPIEZA INICIAL DE TODO EL LOTE	Cantidad	352.59	u/m	m2
Codigo	Descripción	u/m	Cantidad	Precio unit	Total
O	Limpieza	glb	352.59	\$0.10	\$35.26
O	Cargar y descargar desperdicios	glb	352.59	\$0.10	\$35.26
T	Transporte de Desperdicios	glb	352.59	\$0.20	\$70.52
Costo Total de Actividad					\$141.04
Costo Unitario de Actividad					\$0.40
		Recursos	Cantidades	Costos Unitarios de Recursos	
M	Costo de Materiales	\$0.00	\$0.00		
	% de materiales	0.00%			
MO	Costo M. de obra	\$70.52	\$0.20		
	% de m. de obra	50.00%			
T	Costo Transporte	\$70.52	\$0.20		
	% de transporte	50.00%			
S	Costo Subcontrato	\$0.00	\$0.00		
	% de Subcontrato	0.00%			
		TOTAL	\$141.04	100.00%	\$0.40

Fuente: Elaboración propia.

2.4.1. Costos directos

Debido a su extensión en el anexo 2 se presentan los resultados de costos totales por actividad, determinados a partir del costo unitario de cada una de las actividades.

2.4.2. Costos indirectos

En el presente proyecto para efecto de estimación se toma una estructura estándar de una empresa constructora con costos correspondiente a servicios, administración del proyecto y oficina de campo del proyecto, considerando la definición del Manual para Revisión de Costos y Presupuestos del MTI y la metodología de sobrecosto de proyecto se determinó los costos indirectos de la siguiente manera:

Tabla 38 Desglose de costos indirectos

CONCEPTO	% CD
Costos indirectos de operación	5
Costos indirectos de obra foránea	6
Imprevistos	3

Fuente: Elaboración propia.

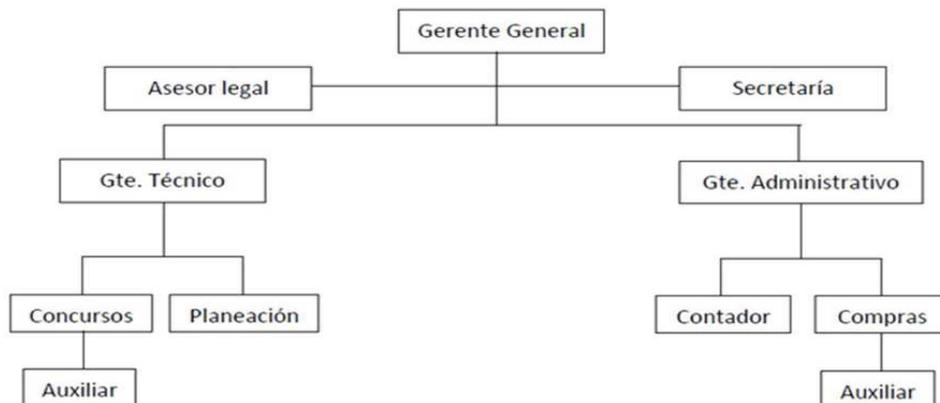


Figura 100 Estructura administrativa de una empresa constructora, fuente: elaboración propia

A partir del análisis de costos unitarios y el costo directo obtenido del presupuesto se determinó un costo indirecto del 14% de los costos directos.

Tabla 39 Calculo de Costo Indirecto

COSTO DIRECTO (CD)	\$130,774.77	C\$ 4,577,117.02
COSTO INDIRECTO (CI= 9%)	\$18,308.47	C\$ 640,796.38

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3. Utilidades

Según el Manual para Revisión de Costos y Presupuestos del MTI se definen costos indirectos y de utilidades como: “Son los costos previstos que un contratista espera obtener como ganancia por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento, de un “sitio crítico” en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido”. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos e indirectos, con un rango entre el 3% y el 10%.

Según el INIFON en su Manual de presupuestos de obras municipales. Managua, Nicaragua, (Pag 19. apartado 1-20) se define utilidad como: “son las ganancias obtenidas por las empresas o contratistas, los parámetros aceptados oscilan del 10 al 20% del costo directo de una obra municipal”

Finalmente, López Aguilar, Juan en su libro Análisis de Precios Unitarios (ver Tabla 1) estable las utilidades entre el 7 y el 15%, por lo que a partir del análisis de costos unitarios y el costo directo obtenido del presupuesto y los datos que representan el estado actual del mercado se determinó un costo de utilidad del 10% de los costos directos por considerarse este valor dentro del rango óptimo de los parámetros establecidos (No existe un parámetro para establecer el porcentaje exacto.).

2.5. Presupuesto

Para el edificio 01, pabellón de aulas de dos plantas, con área de 615.54 M2, tras el análisis de costo unitarios y la integración de los mismos, un costo indirecto del proyecto de 9% del costo directo, una utilidad neta de la contratista estimada en 10% del costo directo del proyecto, resulta en un sub total antes de impuesto de C\$ 5,163,423.11 para la ejecución del proyecto.

Tabla 40 Calculo de subtotales del proyecto

COSTO DIRECTO (CD)	\$130,774.77	C\$ 4,577,117.02
COSTO INDIRECTO (CI= 14%)	\$18,308.47	C\$ 640,796.38
UTILIDADES (U=10%)	\$13,077.48	C\$ 457,711.70
SUBTOTAL 1 (CD+CI+U)	\$162,160.72	C\$ 5,675,625.10

Fuente: Elaboración propia.

Al subtotal antes mencionado se le debe aplicar el 15% del impuesto al valor agregado correspondiente a la Dirección General de Ingresos, y el Impuesto municipal del 1% del valor del proyecto correspondiente a la alcaldía de Juigalpa Chontales, resultando el costo total del proyecto de la siguiente manera,

Tabla 41 Calculo de Totales del proyecto

SUBTOTAL 1 (CD+CI+U)	\$162,160.72	C\$ 5,675,625.10
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO IVA(15%)	\$24,324.11	C\$ 851,343.77
IMPUESTO MUNICIPAL (IM=1%)	\$1,621.61	C\$ 56,756.25
SUBTOTAL 2 (IVA+IM)	\$25,945.71	C\$ 908,100.02
GRAN TOTAL	\$188,106.43	C\$ 6,583,725.12

Fuente: Elaboración propia.

Resultando el siguiente presupuesto completo de todas las etapas y sub etapas y su costo unitario siguiente:

Tabla 42 Presupuesto general para el Edificio 01

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
				COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES						
Etapa	Sub-Etapa	Descripcion	Unidad	Cantidad	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Total C\$
10	Preliminares														
	01	Limpieza Inicial	M2	352.59	\$0.00	\$0.20	\$0.20	\$0.00	\$0.40	\$0.00	\$70.52	\$70.52	\$0.00	\$141.04	C\$ 4,936.26
	02	Topografia Trazo y Nivelacion	M2	352.59	\$0.73	\$0.50	\$0.12	\$0.00	\$1.35	\$257.66	\$176.30	\$40.68	\$0.00	\$474.64	C\$ 16,612.41
	03	Instalacion de Bodega	M2	48	\$35.70	\$19.23	\$6.15	\$0.00	\$61.08	\$1,713.60	\$923.08	\$295.38	\$0.00	\$2,932.06	C\$ 102,622.15
	04	Instalacion de Servicios Basicos Temporales	GLB	1	\$250.00	\$85.30	\$50.00	\$0.00	\$385.30	\$250.00	\$85.30	\$50.00	\$0.00	\$385.30	C\$ 13,485.50
	05	Niveletas	C/U	18	\$3.90	\$2.63	\$0.83	\$0.00	\$7.36	\$70.19	\$47.34	\$15.00	\$0.00	\$132.53	C\$ 4,638.51
30	Fundaciones														
	01	Excavacion Estructural	M3	129.73	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$822.49	\$0.00	\$0.00	\$822.49	C\$ 28,787.09
	02	Mejoramiento de Suelo	M3	19.99	\$43.15	\$11.47	\$5.20	\$1.67	\$61.48	\$862.51	\$229.20	\$103.95	\$33.32	\$1,228.98	C\$ 43,014.22
	03	Relleno y Compactacion	M3	89.58	\$0.51	\$11.43	\$0.00	\$1.67	\$13.60	\$45.44	\$1,023.91	\$0.00	\$149.30	\$1,218.65	C\$ 42,652.88
	04	Acero de refuerzo grado 40	KG	2159.29	\$3.52	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$4.22	\$7,593.79	\$1,295.58	\$215.93	\$0.00	\$9,105.29	C\$ 318,685.30
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	168.88	\$5.19	\$5.88	\$1.20	\$0.00	\$12.27	\$876.83	\$992.99	\$202.65	\$0.00	\$2,072.47	C\$ 72,536.38
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	M3	21.85	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$3,430.53	\$480.71	\$0.00	\$16.39	\$3,927.63	C\$ 137,466.96
	07	Desalojo de Material sobrante	M3	52.21	\$0.00	\$4.45	\$7.35	\$0.00	\$11.80	\$0.00	\$232.32	\$383.72	\$0.00	\$616.04	C\$ 21,561.37
	08	Curado de Concreto	GLB	1.00	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	C\$ 2,352.00

Continua...

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Total C\$
40	Estructura de Concreto														
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	KG	371.006	\$1.00	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$1.70	\$369.54	\$222.60	\$37.10	\$0.00	\$629.25	C\$ 22,023.70
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	23.04	\$5.62	\$10.59	\$1.00	\$0.00	\$17.21	\$129.47	\$243.99	\$23.04	\$0.00	\$396.51	C\$ 13,877.74
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	M3	0.756	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$118.69	\$16.63	\$0.00	\$0.57	\$135.89	C\$ 4,756.19
	08	Curado de Concreto	GLB	1	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$0.00	\$102.00	C\$ 3,570.00
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias														
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	KG	1450.33	\$1.42	\$0.38	\$0.10	\$0.00	\$1.90	\$2,062.40	\$551.12	\$145.03	\$0.00	\$2,758.55	C\$ 96,549.34
	02	Clavadores de techo	KG	1971.27	\$1.02	\$0.38	\$0.10	\$0.00	\$1.50	\$2,014.68	\$749.08	\$197.13	\$0.00	\$2,960.89	C\$ 103,631.04
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	M2	367.574	\$1.33	\$0.40	\$0.10	\$0.00	\$1.83	\$487.53	\$147.03	\$36.76	\$0.00	\$671.32	C\$ 23,496.25
80	Cielos													\$0.00	C\$ 0.00
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	M2	648.48	\$1.30	\$0.60	\$0.00	\$0.00	\$1.90	\$840.47	\$389.09	\$0.00	\$0.00	\$1,229.56	C\$ 43,034.49
90	Pisos														
	01	Conformacion y compactacion de suelos	M2	311.6	\$0.38	\$0.85	\$0.00	\$1.25	\$2.48	\$118.55	\$264.86	\$0.00	\$389.50	\$772.91	C\$ 27,051.78
	02	Colocacion concreto para cascote	M3	22.4664	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$3,527.22	\$494.26	\$0.00	\$16.85	\$4,038.33	C\$ 141,341.49
	04	Piso de ceramica de 45x45	M2	646.317	\$11.50	\$4.00	\$0.00	\$0.00	\$15.50	\$7,432.65	\$2,585.27	\$0.00	\$0.00	\$10,017.91	C\$ 350,626.97
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	M2	319.137	\$16.07	\$10.00	\$0.00	\$0.00	\$26.07	\$5,129.75	\$3,191.37	\$0.00	\$0.00	\$8,321.12	C\$ 291,239.29
100	Paredes														
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	M2	296.574	\$52.10	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$59.60	\$15,450.75	\$2,076.01	\$149.66	\$0.00	\$17,676.42	C\$ 618,674.78
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	M2	103.299	\$50.83	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$58.33	\$5,250.56	\$723.09	\$51.73	\$0.00	\$6,025.38	C\$ 210,888.40
	03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	M2	64.537	\$24.23	\$21.40	\$6.06	\$0.03	\$51.73	\$1,563.91	\$1,381.19	\$391.31	\$1.88	\$3,338.29	C\$ 116,840.11

Continua...

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
				COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES						
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transport e \$	Equipo s \$	Total \$	Total C\$
120	Puertas														
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	C/U	12	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$1,260.00	\$300.00	\$120.00	\$0.00	\$1,680.00	C\$ 58,800.00
130	Ventanas									\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	C\$ 0.00
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	C/U	24	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$2,520.00	\$600.00	\$240.00	\$0.00	\$3,360.00	C\$ 117,600.00
150	Instalaciones Hidrosanitarias														
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	ML	33.4	\$0.00	\$12.05	\$0.00	\$2.30	\$14.35	\$0.00	\$402.60	\$0.00	\$76.69	\$479.29	C\$ 16,775.15
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	33.4	\$12.57	\$2.40	\$0.40	\$0.00	\$15.37	\$419.95	\$80.16	\$13.36	\$0.00	\$513.47	C\$ 17,971.45
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	150.15	\$5.76	\$4.00	\$0.80	\$0.00	\$10.56	\$865.35	\$600.60	\$120.12	\$0.00	\$1,586.07	C\$ 55,512.45
	09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	ML	15	\$2.16	\$12.05	\$0.00	\$2.30	\$16.51	\$32.40	\$180.81	\$0.00	\$34.44	\$247.65	C\$ 8,667.75

Continua...

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Total C\$
160	Electricidad														
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	ML	57.2	\$0.75	\$0.30	\$0.07	\$0.00	\$1.12	\$42.90	\$17.16	\$4.00	\$0.00	\$64.06	C\$ 2,242.24
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	ML	530.2	\$0.44	\$0.17	\$0.04	\$0.00	\$0.65	\$233.29	\$90.13	\$21.21	\$0.00	\$344.63	C\$ 12,062.05
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	ML	171.6	\$1.19	\$0.47	\$0.12	\$0.00	\$1.78	\$204.20	\$80.65	\$20.59	\$0.00	\$305.45	C\$ 10,690.68
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	ML	1194.6	\$0.47	\$0.19	\$0.05	\$0.00	\$0.71	\$561.46	\$226.97	\$59.73	\$0.00	\$848.17	C\$ 29,685.81
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	C/U	167	\$10.34	\$4.14	\$1.03	\$0.00	\$15.51	\$1,726.78	\$691.38	\$172.01	\$0.00	\$2,590.17	C\$ 90,655.95
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	C/U	57	\$1.93	\$0.77	\$0.19	\$0.00	\$2.89	\$110.01	\$43.89	\$10.83	\$0.00	\$164.73	C\$ 5,765.55
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	C/U	37	\$2.94	\$1.18	\$0.29	\$0.00	\$4.41	\$108.78	\$43.66	\$10.73	\$0.00	\$163.17	C\$ 5,710.95
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	C/U	2	\$632.61	\$253.05	\$63.26	\$0.00	\$948.92	\$1,265.22	\$506.10	\$126.52	\$0.00	\$1,897.84	C\$ 66,424.40
201	Pintura														
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	M2	780	\$2.28	\$0.88	\$0.02	\$0.00	\$3.18	\$1,778.40	\$686.40	\$15.60	\$0.00	\$2,480.40	C\$ 86,814.00
202	Limpieza Final														
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	GLB	1	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	C\$ 42,000.00

COSTO DIRECTO (CD)	\$130,774.77	C\$ 4,577,117.02
COSTO INDIRECTO (CI= 14%)	\$18,308.47	C\$ 640,796.38
UTILIDADES (U=10%)	\$13,077.48	C\$ 457,711.70
SUBTOTAL 1 (CD+CI+U)	\$162,160.72	C\$ 5,675,625.10
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA=15%)	\$24,324.11	C\$ 851,343.77
IMPUESTO MUNICIPAL (IM=1%)	\$1,621.61	C\$ 56,756.25
SUBTOTAL 2 (IVA+IM)	\$25,945.71	C\$ 908,100.02
GRAN TOTAL	\$188,106.43	C\$ 6,583,725.12

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Presupuesto general del proyecto

Los presupuestos generales de obra para los edificios 02,03 y 04 se presentan en el anexo 3 de este documento

A continuación, se presenta el costo global del proyecto desglosado por cada edificio

Tabla 43 Resultados de presupuestos

Fase	Edificio	Costo Directo	Costo Indirecto	Total \$
P L A N M A E S T R O	01- Edificio de dos plantas para uso de aulas de clase	\$130,774.77	\$18,308.47	\$188,106.43
	02- Edificio administrativo y oficinas docentes con auditorio	\$94,891.97	\$13,284.88	\$136,492.61
	03- Edificio de laboratorios de Física y Química	\$81,132.12	\$11,358.50	\$116,700.44
	04- Edificio de laboratorios de Hidráulica, Estructuras y Materiales	\$89,724.72	\$12,561.46	\$129,060.04
	Costo total del Proyecto			\$570,359.48

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III: PROGRAMACION DE OBRAS

3.1. Planificación del Proyecto

Para llevar a cabo satisfactoriamente la obra se debe de tomar en cuenta la magnitud del proyecto y los requerimientos que se presentaran a lo largo de la ejecución de la obra.

Para satisfacer todos estos requerimientos y necesidades que se presentaran durante la ejecución de la obra se debe primeramente elaborar un plan para programar los requerimientos y cumplir con todas las necesidades de toda la obra en tiempos óptimos. Partiendo de estas premisas se debe contemplar todos los factores que intervendrán en el proyecto.

3.1.1. Programación de obras para el proyecto

Debido a que el proyecto “Recinto Universitario Región Central, UNI” consta de 4 edificios, la programación general del mismo, tendrá una duración total de la suma de la duración de ejecución de cada edificio, esto a partir de los requerimientos del dueño que planteo debido a los requerimientos financieros, la ejecución será de manera consecutiva y no paralela de los edificios.

El tiempo de ejecución será estimado de manera independiente para cada edificio, lo que significa que la ejecución de un edificio no afecta la de otro.

3.2. Programación para el edificio 01

Para explicar más detalladamente el proceso de programación de obras, a continuación, se expondrá la programación detallada para el edificio 01 “Pabellón de aulas”, tal como se hizo para el presupuesto, luego se presentarán la programación para los demás edificios.

A continuación, se muestra la elaboración de las Matrices y Redes de tiempos para el edificio 01:

El tiempo de ejecución de obras se estimó utilizando las normas de rendimiento de mano de obra del país, se presenta la matriz de rendimiento resultante de los catálogos de rendimiento del FISE. (ver anexo 4)

A continuación, se presenta la matriz de tiempos en la cual se calculó la duración en días para cada actividad de la obra, por medio la formula PERT

2.8.1. Matriz de Tiempos

Tabla 44 Matriz de tiempos

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Tiempo Optimo	Tiempo más Probable	Tiempo Pésimo	T Calculado	Tiempo en días
		PROYECTO					
10	Preliminares						
	01	Limpieza Inicial	1	2	3	2	2 días
	02	Topografía Trazo y Nivelación	1	2	3	2	2 días
	03	Instalación de Bodega	1	2	3	2	2 días
	04	Instalación de Servicios Básicos Temporales	1	1	2	1	1 día
	05	Niveletas Sencillas y Dobles	1	1	2	1	1 día
30	Fundaciones						
	01	Excavación Estructural	8	10	12	10	10 días
	02	Mejoramiento de Suelo	2	3	4	3	3 días
	02	Relleno y Compactación	5	6	7	6	6 días
	04	Acero de refuerzo grado 40	19	20	22	20	20 días
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	5	6	7	6	6 días
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	7	8	9	8	8 días
	07	Desalojo de Material sobrante	3	3	3	3	3 días
	08	Curado de Concreto	4	4	5	4	4 días

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Tiempo Optimo	Tiempo mas Probable	Tiempo Pesimo	T Calculado	Tiempo en dias
32		Estructura Metalica					
	02	Columnas Metalicas	18	19	20	19	19 dias
	03	Vigas Metalicas	17	18	19	18	18 dias
	04	Acero Estructural (Placas de Union)	5	5	6	5	5 dias
	05	Escalera Metalica	5	5	6	5	5 dias
	06	Viguetas de Entrepiso Metalico	25	26	27	26	26 dias
40		Estructura de Concreto					
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	2	2	3	2	2 dias
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	2	2	3	2	2 dias
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	2	2	3	2	2 dias
	08	Curado de Concreto	6	6	7	6	6 dias
60		Estructura de cubierta de Techos y Fascias					
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	5	6	7	6	6 dias
	02	Clavadores de techo	4	5	6	5	5 dias
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	3	3	4	3	3 dias
80		Cielos					
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	17	18	20	18	18 dias
90		Pisos					
	01	Conformacion y compactacion de suelos	5	5	6	5	5 dias
	02	Colocacion concreto para cascote	6	6	7	6	6 dias
	04	Piso de ceramica de 45x45	18	19	20	19	19 dias
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	15	16	17	16	16 dias

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Tiempo Optimo	Tiempo mas Probable	Tiempo Pesimo	T Calculado	Tiempo en dias
100	Paredes						
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	15	16	18	16	16 dias
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	5	6	7	6	6 dias
	03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	5	5	6	5	5 dias
120	Puertas						
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	3	3	4	3	3 dias
130	Ventanas						
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	6	7	8	7	7 dias
150	Instalaciones Hidrosanitarias						
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	2	3	4	3	3 dias
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	2	2	3	2	2 dias
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCESORIOS)	10	10	12	10	10 dias
	09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	2	3	4	3	3 dias

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Tiempo Optimo	Tiempo mas Probable	Tiempo Pesimo	T Calculado	Tiempo en dias
160	Electricidad						
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	2	3	4	3	3 dias
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	8	9	10	9	9 dias
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	1	2	3	2	2 dias
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	12	13	14	13	13 dias
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	6	7	8	7	7 dias
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	4	5	6	5	5 dias
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	4	5	6	5	5 dias
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	5	5	6	5	5 dias
201	Pintura						
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	12	13	14	13	13 dias
202	Limpieza Final						
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	4	5	6	5	5 dias

Fuente: Elaboración propia.

2.8.2. Matriz de actividades antecesoras y sucesoras

Para para conocer la secuencia de las actividades se determinaron las actividades antecedentes y sucesora para cada actividad, CC corresponde a actividades que comienzan en paralelo y FC corresponde a actividades que empiezan antes de finalizar la actividad anterior. A continuación, se presentan los resultados en la matriz de secuencias:

Tabla 45 Matriz de secuencias

Etap a	Sub- Etap a	Nombre de tarea	T calculad o	Actividades Predecesoras	Actividades Sucesoras
10	Preliminares				
	01	Limpieza Inicial	2		4
	02	Topografía Trazo y Nivelación	2	3	5CC+1 día,7
	03	Instalación de Bodega	2	4CC+1 día	6CC
	04	Instalación de Servicios Básicos Temporales	1	5CC	
	05	Niveletas Sencillas y Dobles	1	4	9
30	Fundaciones				
	01	Excavación Estructural	10	7	12CC,10FC-2 días
	02	Mejoramiento de Suelo	3	9FC-2 días	13
	02	Relleno y Compactación	6	14	15
	04	Acero de refuerzo grado 40	20	9CC	
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	6	10	14

Etap a	Sub- Etap a	Nombre de tarea	T calculad o	Actividades Predecesoras	Actividades Sucesoras
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	8	13	11,16,20
	07	Desalojo de Material sobrante	3	11	
	08	Curado de Concreto	4	14	
32	Estructura Metálica				
	02	Columnas Metálicas	19	20FC-2 días	24,19
	03	Vigas Metalicas	18	18	29,22FC-10 días
	04	Acero Estructural (Placas de Union)	5	14	18FC-2 días
	05	Escalera Metalica	5	22	
	06	Viguetas de Entrepiso Metalico	26	19FC-10 días	21,38
40	Estructura de Concreto				
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	2	18	25CC+1 día
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	2	24CC+1 día	42CC-3 días,26
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	2	42,25	27,40FC-7 días

Etap a	Sub-Etap a	Nombre de tarea	T calculado	Actividades Predecesoras	Actividades Sucesoras
	08	Curado de Concreto	6	26	
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias				
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	6	19	30
	02	Clavadores de techo	5	29	31
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	3	30	35,48
80	Cielos				
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	18	41CC+1 día	
90	Pisos				
	01	Conformacion y compactacion de suelos	5	31	36FC-2 días
	02	Colocacion concreto para cascote	6	35FC-2 días	37
	04	Piso de ceramica de 45x45	19	36,38FC-10 días	40FC-7 días,41
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	16	22	37FC-10 días,41
100	Paredes				
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	16	37FC-7 días,26FC-7 días	46FC+1 día,53CC+2 días,62FC+2 días

Etap a	Sub- Etap a	Nombre de tarea	T calculad o	Actividades Predecesoras	Actividades Sucesoras
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	6	38,37	44,33CC+1 día
	03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	5	25CC-3 días	26
120	Puertas				
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	3	41	
130	Ventanas				
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	7	40FC+1 día	
150	Instalaciones Hidrosanitarias				
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	3	31	49
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2")),INCLUYE ACCESORIOS)	2	48	50
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6")),INCLUYE ACCESORIOS)	10	49	51

Etap a	Sub- Etap a	Nombre de tarea	T calculad o	Actividades Predecesoras	Actividades Sucesoras
	09	Filtro de arena (EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	3	50	
160	Electricidad				
	01	Canalización conduit pvc de 1", incluye accesorios	3	40CC+2 días	54CC,55
	02	Canalización conduit pvc de 1/2", incluye accesorios	9	53CC	56FC-3 días
	03	Alambre cableado thhn # 8	2	53	60
	04	Alambre cableado thhn # 12	13	54FC-3 días	57FC-6 días
	05	Luminaria led superficial 1x18 watts sylvania ,super kit-led-48-1-18w-1x2` pies.	7	56FC-6 días	58FF
	06	Tomacorriente leviton cat. 53251-i	5	57FF	59FF
	07	Apagador leviton cat.5601-i	5	58FF	
	08	Tablero cutler hammer de 30 espacios tipo, gh30et200f trifasico	5	55	

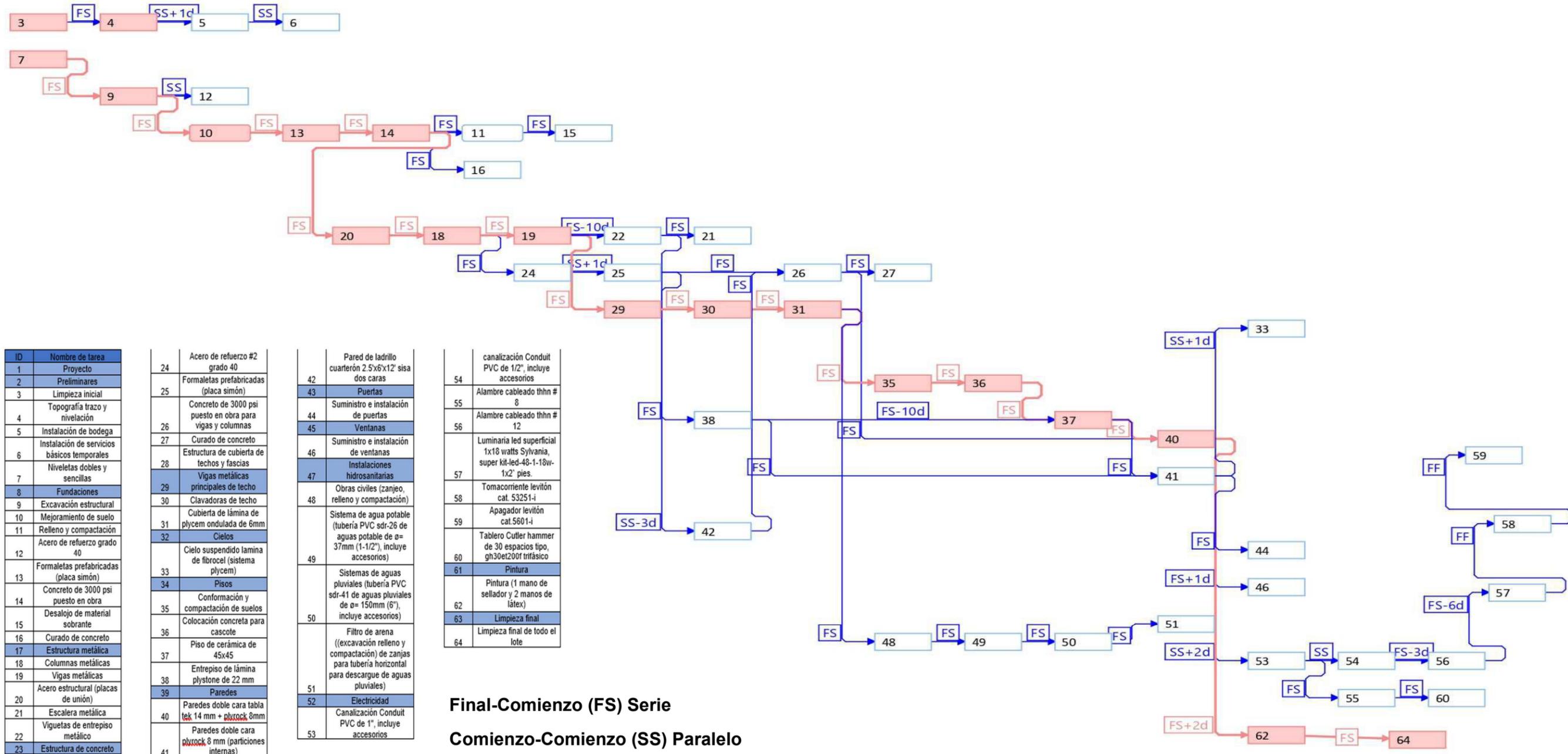
Etap a	Sub- Etap a	Nombre de tarea	T calculad o	Actividades Predecesoras	Actividades Sucesoras
201	Pintura				
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	13	40FC+2 días	64
202	Limpieza Final				
	01	Limpieza final de todo el lote	5	62	

Fuente: Elaboración propia.

1.1.1. Red de Actividades a Tiempo Estándar

A continuación, se presenta red de actividades, la cual es la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y el camino crítico. En esta red se representa la ejecución de actividades a tiempo estándar sin ninguna limitante ni atraso previsible. La ruta crítica es la serie de actividades en color rojo desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, que no tienen flexibilidad en su tiempo de ejecución. Por lo que cualquier retraso que podría sufrir alguna de las actividades de la serie provocaría un retraso en todo el proyecto. Cada una de las actividades es representada por una flecha que empieza en un evento y termina en otro

RED DE ACTIVIDADES A TIEMPO ESTANDAR



ID	Nombre de tarea
1	Proyecto
2	Preliminares
3	Limpieza inicial
4	Topografía trazo y nivelación
5	Instalación de bodega
6	Instalación de servicios básicos temporales
7	Niveletas dobles y sencillas
8	Fundaciones
9	Excavación estructural
10	Mejoramiento de suelo
11	Relleno y compactación
12	Acero de refuerzo grado 40
13	Formaletas prefabricadas (placa simón)
14	Concreto de 3000 psi puesto en obra
15	Desalajo de material sobrante
16	Curado de concreto
17	Estructura metálica
18	Columnas metálicas
19	Vigas metálicas
20	Acero estructural (placas de unión)
21	Escalera metálica
22	Viguetas de entrecimso metálico
23	Estructura de concreto

24	Acero de refuerzo #2 grado 40
25	Formaletas prefabricadas (placa simón)
26	Concreto de 3000 psi puesto en obra para vigas y columnas
27	Curado de concreto
28	Estructura de cubierta de techos y fascias
29	Vigas metálicas principales de techo
30	Clavadoras de techo
31	Cubierta de lámina de plycem ondulada de 6mm
32	Cielos
33	Cielo suspendido lamina de fibrocem (sistema plycem)
34	Pisos
35	Conformación y compactación de suelos
36	Colocación concreta para cascote
37	Piso de cerámica de 45x45
38	Entrepiso de lámina plystone de 22 mm
39	Paredes
40	Paredes doble cara tabla tek 14 mm + plyrock 8mm
41	Paredes doble cara plyrock 8 mm (particiones internas)

42	Pared de ladrillo cuarterón 2.5'x6'x12' sisa dos caras
43	Puertas
44	Suministro e instalación de puertas
45	Ventanas
46	Suministro e instalación de ventanas
47	Instalaciones hidrosanitarias
48	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactación)
49	Sistema de agua potable (tubería PVC sdr-26 de aguas potable de ø= 37mm (1-1/2"), incluye accesorios)
50	Sistemas de aguas pluviales (tubería PVC sdr-41 de aguas pluviales de ø= 150mm (6"), incluye accesorios)
51	Filtro de arena ((excavación relleno y compactación) de zanjas para tubería horizontal para descarga de aguas pluviales)
52	Electricidad
53	Canalización Conduit PVC de 1", incluye accesorios

54	canalización Conduit PVC de 1/2", incluye accesorios
55	Alambre cableado thn # 8
56	Alambre cableado thn # 12
57	Luminaria led superficial 1x18 watts Sylvania, super kit-led-48-1-18w-1x2' pies.
58	Tomacorriente levitón cat. 53251-i
59	Apagador levitón cat.5601-i
60	Tablero Cutler hammer de 30 espacios tipo, gh30et200f trifásico
61	Pintura
62	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de látex)
63	Limpieza final
64	Limpieza final de todo el lote

Final-Comienzo (FS) Serie

Comienzo-Comienzo (SS) Paralelo

Proyecto: Red a tiempo estanda
Fecha: Wed 12/8/20



Figura 101 Red a tiempo estándar, fuente: elaboración propia.

3.2.4. Matriz de Tiempo y Costos

Para analizar qué actividades se iban a comprimir se procedió a realizar el análisis de tiempo versus costo, al determinar la pendiente de esta relación se logró establecer que actividades son las que más peso tiene en el proyecto y de esta forma se procedió a optimizar por medio de iteraciones estas actividades encontradas a partir de la relación costo-tiempo. La pendiente en este caso es la cantidad de recursos económicos que aumentan con relación a la disminución de unidad de tiempo escogida, dicho en otras palabras, es como se incrementa el costo cada vez que disminuyo en tiempo.

Costo limite y costo normal se determinaron a partir del presupuesto para el edificio 01 y los tiempos a partir de la matriz de tiempos determinados con la formula PERT

Tabla 46 Matriz de tiempos y costos

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	AUMENTO	COSTO NORMAL	COSTO LIMITE	TIEMPO LIMITE	TIEMPO ESTANDAR	Pendiente
		PROYECTO						
10	Preliminares							
	01	Limpieza Inicial	1	\$141.04	\$141.04	3	2	0
	02	Topografia Trazo y Nivelacion	1.25	\$474.64	\$593.30	3	2	118.660096
	03	Instalacion de Bodega	1	\$2,932.06	\$2,932.06	3	2	0
	04	Instalacion de Servicios Basicos Temporales	1	\$385.30	\$385.30	2	1	0
	05	Niveletas Dobles y Sencillas	1.25	\$132.53	\$165.66	2	1	33.1321875

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	AUMENTO	COSTO NORMAL	COSTO LIMITE	TIEMPO LIMITE	TIEMPO ESTANDAR	Pendiente
30	Fundaciones							
	01	Excavacion Estructural	1	\$822.49	\$822.49	12	10	0
	02	Mejoramiento de Suelo	1	\$1,228.98	\$1,228.98	4	3	
	02	Relleno y Compactacion	1	\$1,218.65	\$1,218.65	7	6	0
	04	Acero de refuerzo grado 40	1	\$9,105.29	\$9,105.29	22	20	0
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	1	\$2,072.47	\$2,072.47	7	6	0
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	1	\$3,927.63	\$3,927.63	9	8	0
	07	Desalojo de Material sobrante	1	\$616.04	\$616.04	3	3	-
	08	Curado de Concreto	1	\$67.20	\$67.20	5	4	0
32	Estructura Metalica							
	02	Columna Metalica	1.25	\$6,555.29	\$8,194.11	21	19	819.4108
	03	Viga Metalica	1	\$11,288.63	\$11,288.63	20	18	0
	04	Acero Estructural (Placas de Union)	1	\$706.30	\$706.30	6	5	0
	05	Escalera Metalica	1	\$2,516.22	\$2,516.22	6	5	0
	06	Viguetas de Entrepiso Metalico	1	\$9,584.59	\$9,584.59	27	26	0
40	Estructura de Concreto							
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	1	\$629.25	\$629.25	3	2	0
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	1	\$396.51	\$396.51	3	2	0
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	1	\$135.89	\$135.89	3	2	0
	08	Curado de Concreto	1	\$102.00	\$102.00	7	6	0
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias							
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	1	\$2,758.55	\$2,758.55	7	6	0
	02	Clavadores de techo	1	\$2,960.89	\$2,960.89	6	5	0
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	1	\$671.32	\$671.32	4	3	0

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	AUMENTO	COSTO NORMAL	COSTO LIMITE	TIEMPO LIMITE	TIEMPO ESTANDAR	Pendiente
80	Cielos			\$0.00	\$0.00			
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	1	\$1,229.56	\$1,229.56	20	18	0
90	Pisos							
	01	Conformacion y compactacion de suelos	1	\$772.91	\$772.91	6	5	0
	02	Colocacion concreto para cascote	1.25	\$4,038.33	\$5,047.91	7	6	1009.58205
	04	Piso de ceramica de 45x45	1	\$10,017.91	\$10,017.91	20	19	0
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	1	\$8,321.12	\$8,321.12	17	16	0
100	Paredes							
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	1.25	\$17,676.42	\$22,095.53	18	16	2209.55278
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	1	\$6,025.38	\$6,025.38	7	6	0
	03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	1	\$3,338.29	\$3,338.29	6	5	0
120	Puertas							
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	1	\$1,680.00	\$1,680.00	4	3	0
130	Ventanas							
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	1	\$3,360.00	\$3,360.00	8	7	0

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	AUMENTO	COSTO NORMAL	COSTO LIMITE	TIEMPO LIMITE	TIEMPO ESTANDAR	Pendiente
150	Instalaciones Hidrosanitarias							
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	1	\$479.29	\$479.29	4	3	0
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	1	\$513.47	\$513.47	3	2	0
	07	Sistemas de aguas pluviales	1	\$1,586.07	\$1,586.07	12	10	0
	09	Filtro de arena	1	\$247.65	\$247.65	4	3	0
160	Electricidad							
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	1	\$64.06	\$64.06	4	3	0
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	1	\$344.63	\$344.63	10	9	0
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	1	\$305.45	\$305.45	3	2	0
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	1	\$848.17	\$848.17	14	13	0
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	1	\$2,590.17	\$2,590.17	8	7	0
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	1	\$164.73	\$164.73	6	5	0
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	1	\$163.17	\$163.17	6	5	0
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	1	\$1,897.84	\$1,897.84	6	5	0
201	Pintura							
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	1	\$2,480.40	\$2,480.40	14	13	0
02	Limpieza Final							
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	1	1200	\$1,200.00	6	5	0

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Determinación del tiempo optimo

Para la determinación del tiempo óptimo se procedió al análisis de los posibles escenarios de programación del proyecto los cuales se listan a continuación:

- Tiempo límite (existen restricciones de tiempo para entregar la obra)
- Tiempo libre (sin restricciones de tiempo)

Para lograr el análisis de estos escenarios se realizó el mismo proceso anteriormente realizado (para la red a tiempo estándar) para determinar matrices de secuencia, antecedentes rendimiento y tiempo para la elaboración de 2 redes de actividades, una a tiempo libre y otra a tiempo límite. Ver anexos 5 y 6 respectivamente



3.2.6. Compresión de Red de Actividades al Costo menor

La red al costo menor es aquella en la que sin limitantes de tiempo, se puede alcanzar el menor costo, cabe mencionar que dentro del análisis de ruta crítica los tiempos aumentan, sin embargo, el costo disminuye, este tiempo no es el tiempo óptimo de la obra, sino que esta coincide con la de mayor duración del proyecto el cual es de 160 días con costo directo de \$\$152,038.20 dólares Ver red en anexo 5. En el caso del presente proyecto tiene una duración similar (150 días) con la duración de actividades a tiempo estándar (155 días) en la cual no existe ninguna restricción de tiempo o recursos por lo que se puede descartar esta red como la más óptima para el proyecto.

3.2.7. Compresión de Red de Actividades cuando aumenta el costo

Se determinó para el caso de este proyecto que el costo aumentara a medida que se busca entregar la obra en el menor tiempo posible, de este análisis se encontró que la red cuando al menor tiempo posible (ver anexo 6) (posible dentro de lo proyectado en los rendimientos de mano de obra para este proyecto) se presenta a los 140 días con un costo directo máximo de \$146,393.97 dólares , sin embargo, esto tiene que ser dentro de un costo razonable, por lo que se procedió a analizar las actividades para encontrar el tiempo optimo cuando el costo aumenta.(Fig. 14)

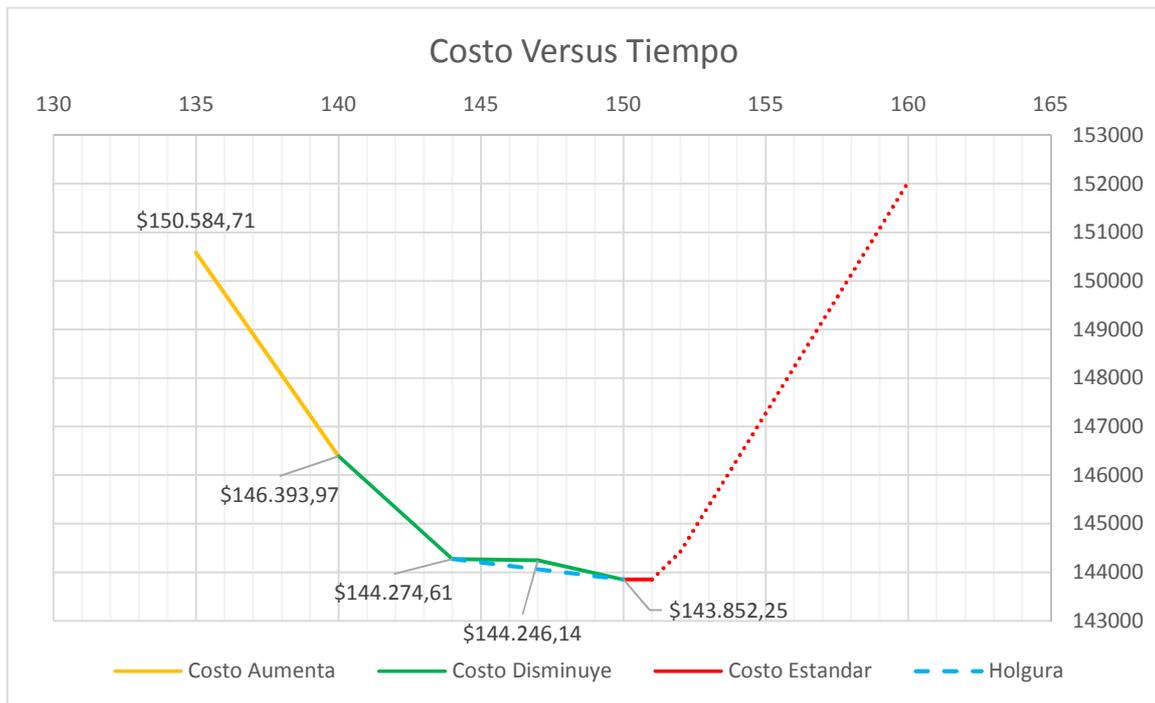


Figura 102 Grafica Costo versus Tiempo, fuente: elaboración propia

1.1.6. Tiempo Óptimo

Para el análisis determinante del tiempo optimo se partió de la Figura 14 en la cual se representa la relación costo vs tiempo después de haber realizado la compresión de la red a tiempo estándar, tiempo limitado (restringido) y tiempo libre (sin restricciones).

Según Acosta Willman (2001) el comportamiento regular de esta grafica deber ser que a menor tiempo el costo es mayor y viceversa a mayor tiempo el costo disminuye, sin embargo, Acosta Willman (2001) plantea que se pueden presentar retrasos en la ruta crítica debido a la compresión de actividades, estos retrasos representaran un aumento en el costo de las mismas, por lo que a medida que el tiempo aumente existe un punto en el que el costo del proyecto aumentara debió a estos retrasos. Del análisis de la gráfica podemos determinar que a partir del día 140 que es la fecha de finalización más temprana del proyecto, al día 160 la fecha más tarde de finalización existe un aumento en el costo del proyecto en el día 152 con un costo directo total de \$144,442.87 dólares, por lo que podemos decir que el tiempo optimo del proyecto es el punto inmediatamente anterior a 152 días en la

gráfica, en este caso es de 150 días con un costo directo total de \$143,852.25 dólares.

A continuación, se presentan los resultados del análisis

Tabla 47 Costo directo versus tiempo

Tiempo en días	140	144	150	152	160
Costo Directo en dólares	\$146,393.97	\$144,274.61	\$143,852.25	\$144,442.87	\$152,038.20

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo óptimo es de 150 días debido a una disminución de \$590.62 del CD con respecto al CD del día 152 de ejecución del proyecto, Sin embargo si se comparan los precios del proyecto de los días 144 y 152 respectivamente, se apreció una diferencia de 168.26 dólares, por lo que es viable seleccionar 144 días como tiempo óptimo ya que aunque tenga un diferencia de CD de \$422.36 dólares con el día 150 del proyecto (óptimo según teoría) se ganan como holgura 6 días de proyecto. Por lo que partiendo de que depende de cada planificador estimar cual es la ruta más óptima para ejecutar un proyecto, se determinó el tiempo óptimo como 144 días.

En el capítulo III sección 2.13 se presentan los análisis de holgura y retraso previsto para el tiempo óptimo de 144 días.

3.2.9. Red de Actividades mostrando que existen limitaciones de Equipos

En nuestro caso se supone una limitación de equipo (herramientas) para las actividades de instalación de puertas y ventanas, debido a que son las mismas herramientas empleadas por la mano de obra, por lo que estas dos actividades que debieran hacerse durante el mismo lapso con personal diferente, no pudieran ejecutarse, ya que habría que realizarla con la misma maquinaria ambas, así no hay más que esperar a que termine una actividad para poder iniciar la siguiente.

Para solucionar este problema partimos de la red comprimida sin limitaciones hasta ese tiempo. Luego se permite realizar más actividades a su culminación.

La segunda limitación atiende al caso de equipos, donde consideraremos que las actividades “Instalación de puertas” y “Instalación de ventanas” se deben realizar utilizando las mismas herramientas, para este caso se realiza “Instalación de puertas” primero y luego “Instalación de ventanas”. Ver anexo 7

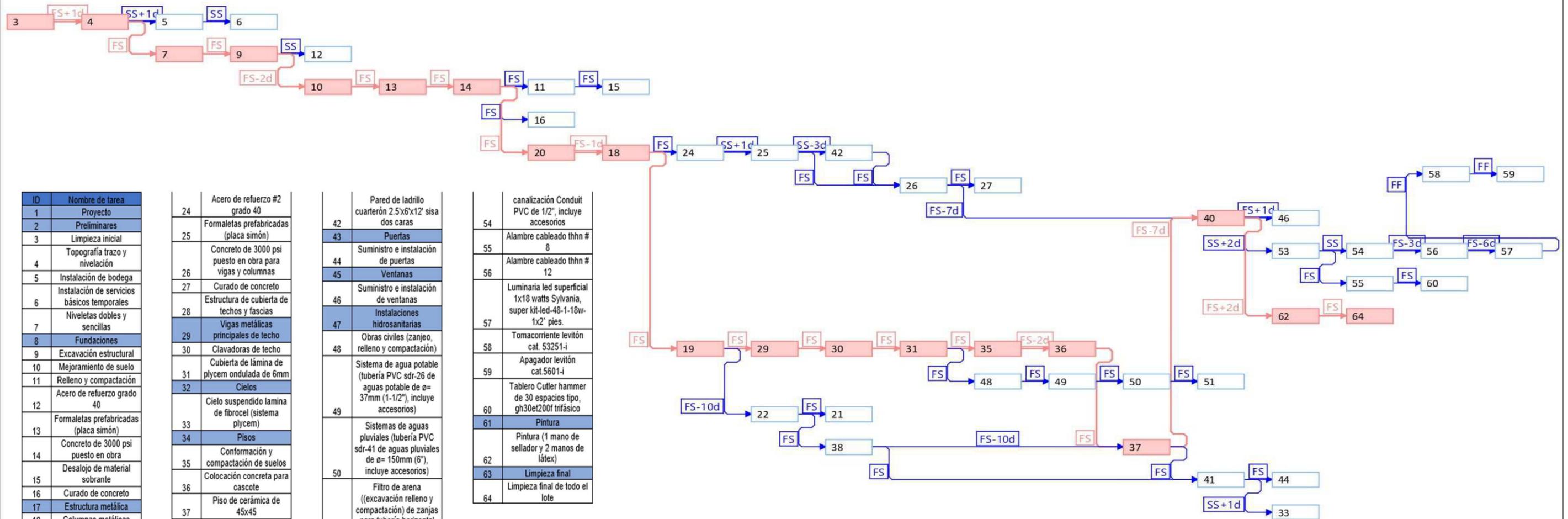
3.2.9. Red con Limitaciones

Las limitaciones son las restricciones que se presentaran al tiempo de llevar a cabo un proyecto, siendo estas las que provocaran que abandonemos la programación efectuada. En resumidas no son más que el hecho de reflejar la realidad a la programación realizada. Existen diferentes tipos de limitaciones atendiendo a las restricciones que se pueden dar en los proyectos como son: limitaciones de tiempo, limitaciones económicas y limitaciones de recursos. Ver Anexo 7

3.2.9. Red definitiva de Actividades

A continuación, se presenta la red definitiva de actividades después de la compresión de las actividades y el análisis de la red limitada, en el anexo 8 se puede encontrar la calendarización.

RED DE DEFINITIVA DE ACTIVIDADES



ID	Nombre de tarea
1	Proyecto
2	Preliminares
3	Limpieza inicial
4	Topografía trazo y nivelación
5	Instalación de bodega
6	Instalación de servicios básicos temporales
7	Niveletas dobles y sencillas
8	Fundaciones
9	Excavación estructural
10	Mejoramiento de suelo
11	Relleno y compactación
12	Acero de refuerzo grado 40
13	Formaletas prefabricadas (placa simón)
14	Concreto de 3000 psi puesto en obra
15	Desalojo de material sobrante
16	Curado de concreto
17	Estructura metálica
18	Columnas metálicas
19	Vigas metálicas
20	Acero estructural (placas de unión)
21	Escalera metálica
22	Viguetas de entepiso metálico
23	Estructura de concreto

24	Acero de refuerzo #2 grado 40
25	Formaletas prefabricadas (placa simón)
26	Concreto de 3000 psi puesto en obra para vigas y columnas
27	Curado de concreto
28	Estructura de cubierta de techos y fascias
29	Vigas metálicas principales de techo
30	Clavadoras de techo
31	Cubierta de lámina de plycem ondulada de 6mm
32	Cielos
33	Cielo suspendido lamina de fibrocel (sistema plycem)
34	Pisos
35	Conformación y compactación de suelos
36	Colocación concreta para cascote
37	Piso de cerámica de 45x45
38	Entrepiso de lámina plystone de 22 mm
39	Paredes
40	Paredes doble cara tabla tek 14 mm + plyrock 8mm
41	Paredes doble cara plyrock 8 mm (particiones internas)

42	Pared de ladrillo cuarterón 2.5'x6'x12' sisa dos caras
43	Puertas
44	Suministro e instalación de puertas
45	Ventanas
46	Suministro e instalación de ventanas
47	Instalaciones hidrosanitarias
48	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactación)
49	Sistema de agua potable (tubería PVC sdr-26 de aguas potable de ø= 37mm (1-1/2"), incluye accesorios)
50	Sistemas de aguas pluviales (tubería PVC sdr-41 de aguas pluviales de ø= 150mm (6"), incluye accesorios)
51	Filtro de arena ((excavación relleno y compactación) de zanjas para tubería horizontal para descargue de aguas pluviales)
52	Electricidad
53	Canalización Conduit PVC de 1", incluye accesorios

54	canalización Conduit PVC de 1/2", incluye accesorios
55	Alambre cableado thhn # 8
56	Alambre cableado thhn # 12
57	Luminaria led superficial 1x18 watts Sylvania, super kit-led-48-1-18w-1x2' pies.
58	Tomacorriente levitón cat. 53251-i
59	Apagador levitón cat.5601-i
60	Tablero Cutler hammer de 30 espacios tipo, gh30et200f trifásico
61	Pintura
62	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de látex)
63	Limpieza final
64	Limpieza final de todo el lote

Final-Comienzo (FS) Serie

Comienzo-Comienzo (SS) Paralelo

Critical

Noncritical

Critical Milestone

Milestone

Critical Summary

Summary

Critical Inserted

Inserted

Critical Marked

Marked

Critical External

External

Project Summary

Highlighted Critical

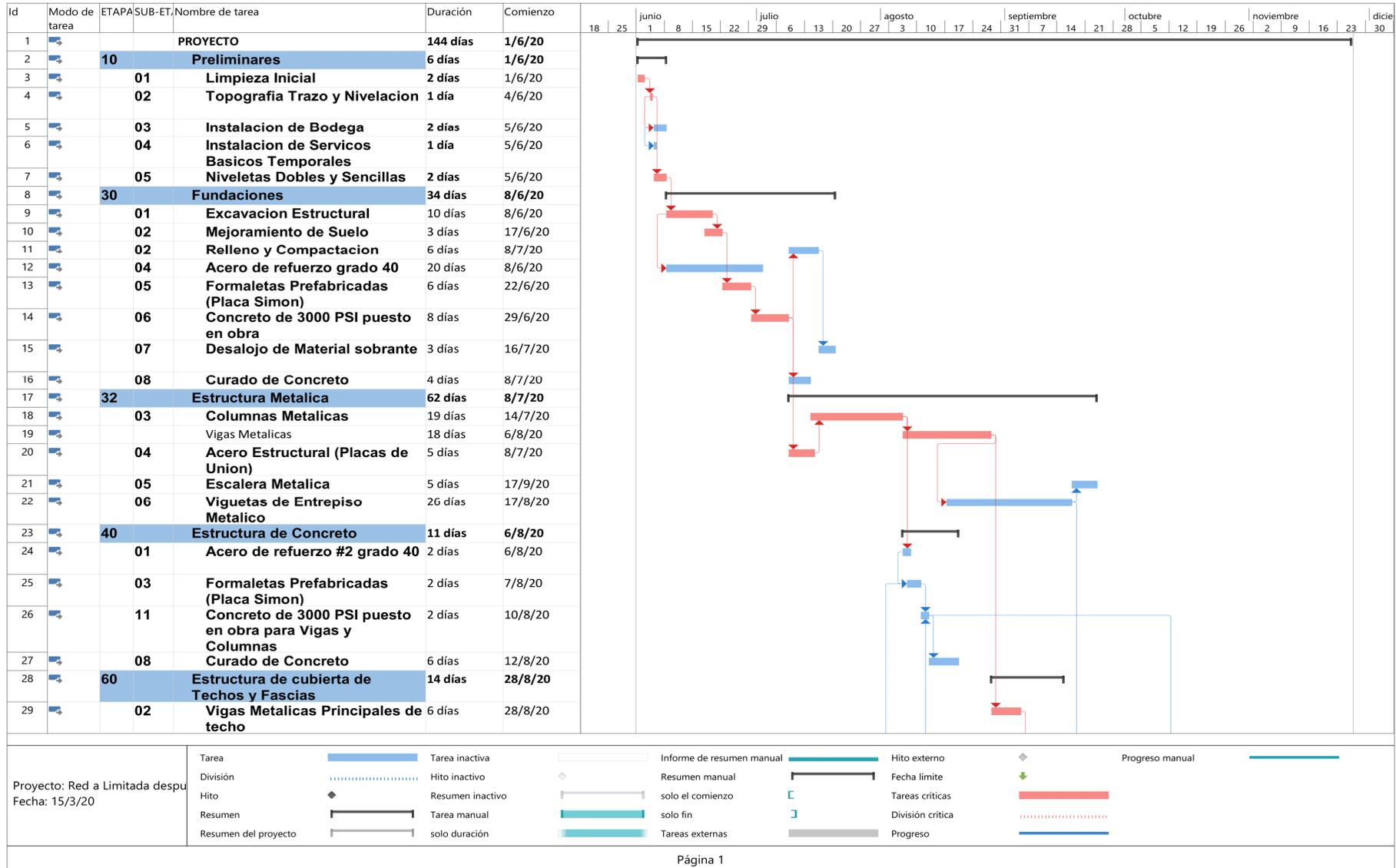
Highlighted Noncritical

Proyecto: Red a Limitada despues de compresio
Fecha: Wed 12/8/20

Figura 103. Red definitiva a tiempo optimo, fuente: elaboracion propia.

3.2.10. Diagrama de Gantt

Tabla 48 Diagrama de Gantt



Id	Modo de tarea	ETAPA	SUB-ET.	Nombre de tarea	Duración	Comienzo																														
							junio	junio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre																							
51			09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	3 días	3/10/20	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	
52		160		Electricidad	20 días	14/10/20																														
53			01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	3 días	14/10/20																														
54			02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	9 días	14/10/20																														
55			03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	2 días	17/10/20																														
56			04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	13 días	21/10/20																														
57			05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2' PIES.	7 días	29/10/20																														
58			06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	5 días	2/11/20																														
59			07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	5 días	2/11/20																														
60			08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	5 días	20/10/20																														
61		201		Pintura	13 días	3/11/20																														
62			01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	13 días	3/11/20																														
63		202		Limpieza Final	6 días	19/11/20																														
64			01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	6 días	19/11/20																														



Proyecto: Red a Limitada despu Fecha: 15/3/20	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha limite			
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas criticas			
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División critica			
Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso				

3.2.11. Matriz de Elasticidad

Mediante la matriz de elasticidad se logró determinar las probabilidades de retraso o adelanto de trabajo de cada una de las actividades, o sea la elasticidad de las mismas. De igual manera se determinaron las holguras de cada actividad del proyecto. Se distinguen tres clases de holguras:

- Holgura total HT; no afecta la terminación del proyecto;
- Holgura libre HL; no modifica la terminación del proceso; y
- Holgura independiente HI; no afecta la terminación de actividades anteriores ni la iniciación de actividades posteriores.
- S es la desviación estándar calculada a partir del tiempo optimo y la probabilidad de retraso o adelanto para cada actividad

A partir de la matriz de holgura se calculó la cantidad que corresponde de desviación estándar a los días de retraso a las actividades de la ruta crítica que son las que de retrasarte atrasarían la fecha de entrega del proyecto.

Tabla 49 Matriz de elasticidad

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Sucesoras	Tareas críticas	o	m	p	e	CN	CL	Pendiente	IPi	TRi	IPj	TRj	días	%	D	D2	D3	%2	S	ΣS
		PROYECTO																					
10		Preliminares																					
	01	Limpieza Inicial	4FC+1 día	Sí	1	2	3	2	\$141.04	\$183.35	0	1	1	2	2	-1	0.50	-1	-1	1	50.00%	0.33333	0.333
	02	Topografía Trazo y Nivelación	5CC+1 día,7	Sí	1	2	3	2	\$474.64	\$617.03	235.5769231	3	3	3	3	-2	1.00	-2	-2	1	50.00%	0.33333	0.333
	03	Instalación de Bodega	6CC	No	1	2	3	2	\$2,932.06	\$3,811.68	0	4	4	7	7	1	0.50	1	1	1	50.00%	0.333	
	04	Instalación de Servicios Básicos Temporales		No	1	1	2	1	\$385.30	\$500.89	0	4	4	4	4	-1	1.00	-1	-1	0	0.00%	0.167	
	05	Niveletas Dobles y Sencillas	9	Sí	1	1	2	1	\$132.53	\$172.29	33.82554286	6	6	8	7	0	0.00	1	1	0	0.00%	0.167	0.167
30		Fundaciones																					
	01	Excavación Estructural	12CC,10FC-2 días	Sí	8	10	12	10	\$822.49	\$1,069.23	0	7	6	16	16	-1	0.10	-1	0	2	20.00%	0.667	0.667
	02	Mejoramiento de Suelo	13	Sí	2	3	4	3	\$1,228.98	\$1,597.67		17	17	21	20	0	0.00	1	1	1	33.33%	0.333	0.333
	02	Relleno y Compactación	15	No	5	6	7	6	\$1,218.65	\$1,584.25	0	33	33	40	39	0	0.00	1	1	1	16.67%	0.333	
	04	Acero de refuerzo grado 40		No	19	20	22	20	\$9,105.29	\$11,836.88	0	7	7	28	27	0	0.00	1	1	1	5.00%	0.500	
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	14	Sí	5	6	7	6	\$2,072.47	\$2,694.21	0	20	19	25	25	-1	0.17	-1	0	1	16.67%	0.333	0.333
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	11,16,20	Sí	7	8	9	8	\$3,927.63	\$5,105.92	0	25	25	33	33	0	0.00	0	0	1	12.50%	0.333	0.333
	07	Desalojo de Material sobrante		No	3	3	3	3	\$616.04	\$800.85	-	40	39	42	42	-1	0.33	-1	0	0	0.00%	0.000	
	08	Curado de Concreto		No	4	4	5	4	\$67.20	\$87.36	0	33	33	37	37	0	0.00	0	0	0	0.00%	0.167	

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Sucesoras	Tareas críticas	o	m	p	e	CN	CL	Pendiente	IPI	TRi	IPj	TRj	días	%	D	D2	D3	%2	S	ΣS
32	Estructura Metálica																						
	03	Columnas Metálica	24,19	Sí	18	19	20	19	\$6,555.29	\$8,521.87	9155.784418	37	37	59	59	3	0.16	3	3	1	5.26%	0.333	0.333
		Vigas Metálicas	29,22FC-10 días	Si	17	18	19	18	\$11,288.63	\$14,675.22		58	58	79	79	3	0.17	3	3	1	5.56%	0.333	0.333
	04	Acero Estructural (Placas de Unión)	18FC-1 día	Sí	5	5	6	5	\$706.30	\$918.18	0	33	33	38	38	0	0.00	0	0	0	0.00%	0.167	0.167
	05	Escalera Metálica		No	5	5	6	5	\$2,516.22	\$3,271.09	0	88	88	95	94	1	0.20	2	2	0	0.00%	0.167	
	06	Viguetas de Entrepiso Metálico	21,38	No	25	26	27	26	\$9,584.59	\$12,459.97	0	62	62	89	88	0	0.00	1	1	1	3.85%	0.333	
40	Estructura de Concreto																						
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	25CC+1 día	No	2	2	3	2	\$629.25	\$818.02	0	74	74	77	76	0	0.00	1	1	0	0.00%	0.167	
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simón)	42CC-3 días,26	No	2	2	3	2	\$396.51	\$515.46	0	75	75	77	77	0	0.00	0	0	0	0.00%	0.167	
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	27,40FC-7 días	No	2	2	3	2	\$135.89	\$176.66	0	77	77	79	79	0	0.00	0	0	0	0.00%	0.167	
	08	Curado de Concreto		No	6	6	7	6	\$102.00	\$132.60	0	79	79	86	85	0	0.00	1	1	0	0.00%	0.167	
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias																						
	02	Vigas Metálicas Principales de techo	30	Sí	5	6	7	6	\$2,758.55	\$3,586.12	0	74	74	81	80	0	0.00	1	1	1	16.67%	0.333	0.333
	02	Clavadoras de techo	31	Sí	4	5	6	5	\$2,960.89	\$3,849.15	0	81	80	85	85	-1	0.20	-1	0	1	20.00%	0.333	0.333
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	35,48	Sí	3	3	4	3	\$671.32	\$872.72	0	85	85	89	88	0	0.00	1	1	0	0.00%	0.167	0.167
80	Cielos																						
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)		No	17	18	20	18	\$1,229.56	\$1,598.42	0	114	114	135	134	2	0.11	3	3	1	5.56%	0.500	
90	Pisos																						
	01	Conformación y compactación de suelos	36FC-2 días	Sí	5	5	6	5	\$772.91	\$1,004.78	0	88	88	93	93	0	0.00	0	0	0	0.00%	0.167	0.167
	02	Colocación concreto para cascote	37	Sí	6	6	7	6	\$4,038.33	\$5,249.83	1420.025	93	92	98	98	-1	0.17	-1	0	0	0.00%	0.167	0.167
	04	Piso de cerámica de 45x45	40FC-7 días,41	Sí	18	19	20	19	\$10,017.91	\$13,023.29	0	95	94	115	113	-1	0.05	1	2	1	5.26%	0.333	0.333
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	37FC-10 días,41	No	15	16	17	16	\$8,321.12	\$10,817.46	0	88	88	105	104	0	0.00	1	1	1	6.25%	0.333	
100	Paredes																						
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	46FC+1 día,53CC+2 días,62FC+2 días	Sí	15	16	18	16	\$17,676.42	\$22,979.35	2102.980038	109	109	125	125	0	0.00	0	0	1	6.25%	0.500	0.500
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	44,33CC+1 día	No	5	6	7	6	\$6,025.38	\$7,833.00	0	113	113	120	119	0	0.00	1	1	1	16.67%	0.333	
	03	Pared de ladrillo cuarterón 2.5'x6'x12' sisa dos caras	26	No	5	5	6	5	\$3,338.29	\$4,339.78	0	60	60	67	65	0	0.00	2	2	0	0.00%	0.167	

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Sucesoras	Tareas críticas	o	m	p	e	CN	CL	Pendiente	IPi	TRi	IPj	TRj	días	%	D	D2	D3	%2	S	ΣS
120	Puertas																						
	01	Suministro e Instalación de Puertas		No	3	3	4	3	\$1,680.00	\$2,184.00	0	119	119	122	122	0	0.00	0	0	0	0.00%	0.167	
130	Ventanas								\$0.00														
	01	Suministro e Instalación de Ventanas		No	6	7	8	7	\$3,360.00	\$4,368.00	0	125	125	132	132	0	0.00	0	0	1	14.29%	0.333	
150	Instalaciones Hidrosanitarias																						
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactación)	49	No	2	3	4	3	\$479.29	\$623.08	0	79	79	82	82	0	0.00	0	0	1	33.33%	0.333	
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	50	No	2	2	3	2	\$513.47	\$667.51	0	84	84	87	86	0	0.00	1	1	0	0.00%	0.167	0.167
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCESORIOS)	51	No	10	10		10	\$1,586.07	\$2,061.89	0	87	87	99	97	0	0.00	2	2	0	0.00%	0.333	
	09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)		No	2	3		3	\$247.65	\$321.95	0	97	97	102	100	0	0.00	2	2	1	33.33%	0.333	
160	Electricidad																						
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	54CC,55	No	2	3	4	3	\$64.06	\$83.28	0	107	107	110	110	0	0.00	0	0	1	33.33%	0.333	
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	56FC-3 días	No	8	9	10	9	\$344.63	\$448.02	0	107	107	119	118	2	0.22	3	3	1	11.11%	0.333	
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	60	No	1	2	3	2	\$305.45	\$397.08	0	109	110	112	112	1	0.50	1	0	1	50.00%	0.333	
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	57FC-6 días	No	12	13	14	13	\$848.17	\$1,102.62	0	112	113	130	129	4	0.31	5	4	1	7.69%	0.333	
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	58FF	No	6	7		7	\$2,590.17	\$3,367.22	0	121	121	132	131	3	0.43	4	4	1	14.29%	0.333	
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	59FF	No	4	5	6	5	\$164.73	\$214.15	0	126	126	132	131	0	0.00	1	1	1	20.00%	0.333	
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I		No	4	5	6	5	\$163.17	\$212.12	0	126	126	132	131	0	0.00	1	1	1	20.00%	0.333	
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO		No	5	5	6	5	\$1,897.84	\$2,467.19	0	110	110	116	115	0	0.00	1	1	0	0.00%	0.167	
201	Pintura																						
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de látex)	64	Sí	12	13	14	13	\$2,480.40	\$3,224.52	0	126	126	139	139	0	0.00	0	0	1	7.69%	0.333	0.333
202	Limpieza Final								\$0.00														
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE		Sí	4	5	6	5	\$1,200.00	\$1,560.00	0	138	139	144	144	1	0.20	1	0	1	20.00%	0.333	0.333

Fuente: Elaboración propia.

3.2.12. Matriz de Retraso Previsto del Camino crítico

Se determino la probabilidad de que se retrase todo el proyecto para cada edificio sin embargo a como se hizo anteriormente se presenta detalladamente el cálculo para el edificio 01 y después se presentan los resultados de retraso previsto para los demás edificios.

Tabla 50 Matriz de retraso previsto

Nº	Actividad	t	Σt	σ	σ+t	Σ(σ+t)
01	LIMPIEZA INICIAL	1	1	0.33	1.333	1.333
02	TOPOGRAFIA TRAZO Y NIVELACION	2	3	0.33	2.333	3.667
05	NIVELETAS DOBLES	1	4	0.17	1.167	4.833
01	EXCAVACION ESTRUCTURAL	9	13	0.67	9.667	14.500
02	MEJORAMIENTO DE SUELO	3	16	0.33	3.333	17.833
05	FORMALETAS PREFABRICADAS (PLACA SIMON)	6	22	0.33	6.333	24.167
06	CONCRETO DE 3000 PSI PUESTO EN OBRA	8	30	0.33	8.333	32.500
03	ESTRUCTURA METALICA PRINCIPAL	19	49	0.33	19.333	51.833
03	VIGAS METALICAS	18	67	0.33	18.333	70.167
04	ACERO ESTRUCTURAL (PLACAS DE UNION)	5	72	0.17	5.167	75.333
02	VIGAS METALICAS PRINCIPALES DE TECHO	6	78	0.33	6.333	81.667
02	CLAVADORES DE TECHO	5	83	0.33	5.333	87.000
01	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUELOS	3	86	0.17	3.167	90.167
02	COLOCACION CONCRETO PARA CASCOTE	5	91	0.17	5.167	95.333
04	PISO DE CERAMICA DE 45X45	19	110	0.33	19.333	114.667
03	PAREDES DOBLE CARA TABLA TEK 14 MM + PLYROCK 8MM	16	126	0.5	16.500	131.167
01	PINTURA (1 MANO DE SELLADOR Y 2 MANOS DE LATEX)	13	139	0.33	13.333	144.500
01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	5	144	0.33	5.333	149.833

Fuente: Elaboración propia.

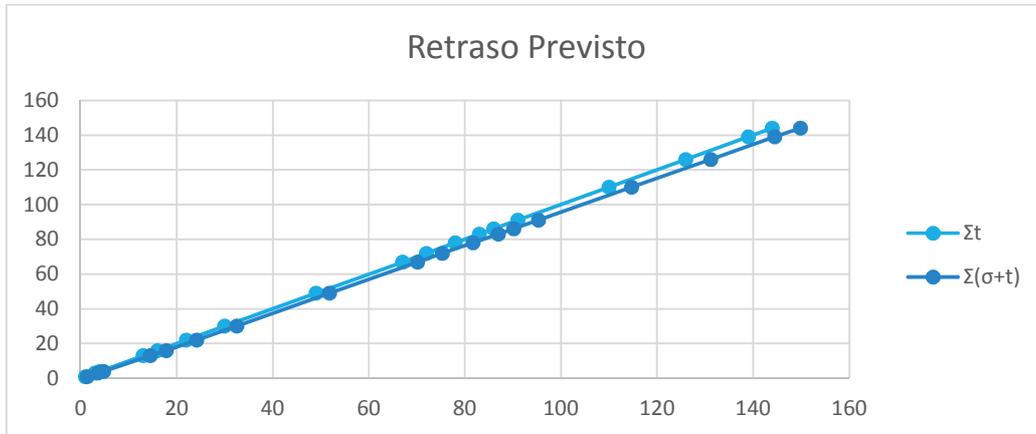


Figura 104 Retraso previsto de la obra, fuente: elaboración propia.

3.3. Programación para edificios 02,03 y 04

Los cálculos de los edificios 02, 03 y 04, fueron realizados de la misma manera que para el edificio 01 a partir de su red definitiva de actividades, por lo que solo se presentan los presupuestos finales de cada edificio.

Tabla 51 Duración por Edificio

Edificio	Duración Estimada	Retraso Previsto	Duración Máxima
01	144 días	6 días	150 días
02	121 días	6 días	127 días
03	111 días	5 días	115 días
04	118 días	5 días	123 días

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Programación con MS Project y Navisworks.

Se toma el modelo informativo obtenido en el programa Autodesk Revit, y se fusiona con la Programación realizada en el programa MS Project, de esta manera se obtiene una sincronización exitosa de la información en el programa Autodesk Navisworks, la que permite, la visualización de un modelo tridimensional que además muestra la programación de los elementos que lo componen.

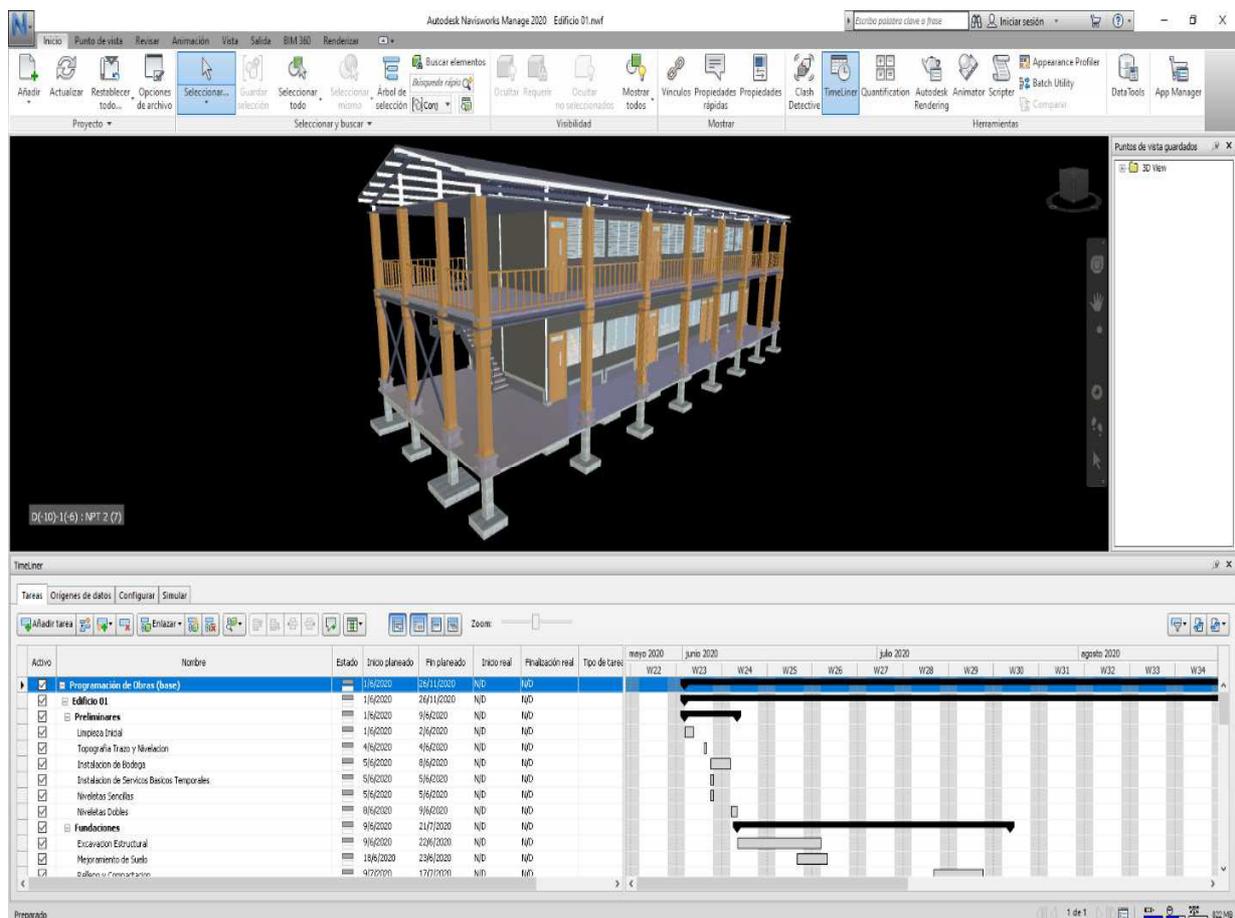


Figura 105 Modelo en Navisworks, fuente: elaboración propia

Navisworks nos permite entonces realizar una representación y generación de animaciones o imágenes y elementos en 3D, la navegación interactiva dentro del proyecto y la representación digital que hemos realizado, la vinculación de campos de información para completar el trabajo.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

A partir de los planos suministrados por la Universidad Nacional de Ingeniería, a través de la Oficina Técnica de Proyectos, se elaboró un modelo de información en el Software REVIT en el que se logró la sincronización de las disciplinas: Arquitectura, Estructura e Instalaciones en un solo modelo que permite analizarlas como un conjunto.

En base a los costos unitarios y a los volúmenes de obras extraídos del modelo de información de REVIT, se calculó un costo directo total para el Edificio 01 de \$130,774.77 dólares y un costo indirecto total de \$18,308.47 dólares, la sumatoria de ambos, más el porcentaje de impuesto municipal (IVA), gastos administrativos y utilidades, determinan el costo base de la obra, resultando un monto total en dólares de \$188,106.43 (ciento ochenta y ocho mil ciento seis con cuarenta y tres centavos).

Para el Edificio 02 el costo directo total es de \$94,891.97 dólares y el costo indirecto total de \$13,284.88 dólares, la sumatoria de ambos, más el porcentaje de impuesto municipal, (IVA), gastos administrativos y utilidades, determinan el costo base de la obra, resultando un monto total en dólares de \$136,492.61 (ciento treinta y seis mil cuatrocientos noventa y dos con sesenta y un centavos).

Para el Edificio 03 el costo directo total es de \$81,132.12 dólares y el costo indirecto total de \$11,358.50 dólares, la sumatoria de ambos, más el porcentaje de impuesto municipal, (IVA), gastos administrativos y utilidades, determinan el costo base de la obra, resultando un monto total en dólares de \$116,700.44 (ciento dieciséis mil setecientos con cuarenta y cuatro centavos).

Para el Edificio 04 el costo directo total es de \$89,724.72 dólares y el costo indirecto total de \$12,561.46 dólares, la sumatoria de ambos, más el porcentaje de impuesto municipal, (IVA), gastos administrativos y utilidades, determinan el costo base de la obra, resultando un monto total en dólares de \$129,060.04 (ciento veintinueve mil sesenta con cuatro centavos).

Se calculo el costo total del Proyecto “Recinto Universitario Región Central, UNI”, el cual asciende en dólares a \$570,359.48 (quinientos setenta mil trescientos cincuenta y nueve con cuarenta y ocho).

Se realizó la programación para cada uno de los modelos en el programa MS Project, que corresponden a cada uno de los edificios del proyecto.

Se estableció que la ejecución del Edificio 01 incurre en un tiempo de 144 días, este lapso de tiempo puede variar de acuerdo a la programación. De acuerdo a los cálculos de retraso previsto determinados a partir de la matriz de holgura se prevé un retraso máximo de 6 días en la finalización de este edificio, debido a atrasos en cualquiera de las actividades críticas del proyecto, por lo que se estima una duración máxima de 150 días de ejecución para el Edificio 01, se opta por un punto de vista conservador, por lo que el tiempo de ejecución del Edificio 01 será de 150 días.

De igual manera se estableció el tiempo de ejecución para cada edificio es: Edificio 02, duración de 126 días. Edificio 03, duración de 116 días. Edificio 04, duración de 123 días.

El tiempo de ejecución del proyecto “Recinto Universitario Región Central, UNI”, fue estimado de manera independiente para cada edificio, debido a que por solicitud del dueño del proyecto se programaron los edificios para ser ejecutados de manera consecutiva. Por lo tanto, la duración total del proyecto es la suma del tiempo de ejecución de cada edificio dando un total de 513 días laborales lo que es decir 17 meses aproximadamente.

A partir de la programación en MS Project y el modelo de información AUTODESK Revit se obtuvo la simulación constructiva en el programa AUTODESK Navisworks mediante el cual se obtuvo una visión tridimensional de la programación de obras obtenida en MS Project.

4.2. Recomendaciones

Para mejorar el flujo de trabajo durante la creación del modelo de información en Revit todos los participante deben tener acceso a los documentos del proyecto.

Durante la ejecución del proyecto la administración debe tener constante control sobre el ritmo de ejecución de obras y detectar atrasos que estén fuera de los retrasos previstos para este proyecto, y tomar acciones para mitigar estos atrasos.

Regirse a las medidas y materiales reflejados en los planos facilitados, con el fin de evitar errores mediante la creación del modelo de información en REVIT.

Dar una codificación a los archivos y ordenarlos en carpetas a manera de evitar la pérdida de información importante que pueda resultar en un atraso sustancial durante la ejecución del proyecto.

Si durante la ejecución del proyecto el dueño decide cambiar la ejecución del proyecto de consecutiva a paralela para los edificios que conforman el proyecto, se deben hacer los respectivos ajustes en la programación con el fin de adaptarla a los nuevos requerimientos del dueño.

Si se encuentra una incongruencia o conflicto entre alguna de las especialidades, se debe procurar solucionar en la etapa de creación del modelo de información, para evitar errores posteriores.

Garantizar cumplir con las normas de construcción vigentes que rigen a la industria de la construcción en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- **Acosta Willman (2001)** *Redes y PERT / CPM método del camino crítico*, Universidad Nacional Abierta de Caracas, Venezuela.
- **Baldovinos Soliz I (2013)** *Tesis: Costos Indirectos en la construcción*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México UNAM.
- **Banco Central de Nicaragua (2019)** *Informe de construcción privada Cuarto trimestre de 2019*, Dirección de Estadísticas, – BCN, Nicaragua 2019
- **Beltran Razura, A (2012)** Libro de Textos: *Costos y Presupuestos*; Instituto Tecnológico de Tepic.
- **Bolpagni, M., (2013)**. *The implementation of BIM within the public procurement. A model-based approach for the construction industry*. VTT Technology 130.
- **Espacio BIM. (2015)**. *Manual-avanzado-Autodesk-Revit-Architecture*. Autodesk Official Press.
- **Gómez Fernández, I., (2013)**. *Interacción de procesos BIM sobre una vivienda del movimiento moderno*. La Ville Savoye.
- **Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal INIFOM. (2006)**. *Manual de presupuestos de obras municipales*. Managua, Nicaragua.
- **Koppinen, T. and Lahdenperä, P., (2004)**. *The current and future performance of road project delivery methods*. Espoo: VTT Publications 549.
- **Krygiel, Eddy (2015)**. *Mastering autodesk revit architecture 2015*. Autodesk Official Press.
- **López Aguilar, Juan José (2013)**, *Análisis de Precios Unitarios*, Universidad de Guanajuato, Guanajuato México.
- **Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008)** *Manual para Revisión de Costos y Presupuestos*, Dirección de planificación, – MTI, Nicaragua.
- **Ricci Chacón, F. (1984)**. *Costos y su aplicación a las obras de ingeniería civil en construcción pesada*. México, D.F: Instituto Técnico de Ingeniería

- **Sánchez Henao, J (1997)** *Manual de Programación y Control de Programas de obra Medellín-Colombia*: Universidad Nacional de Colombia UNC.
- **Vandezande y Eddy Krygiel (2015)** *Revit. Manual imprescindible*. Grupo Anaya Publicaciones Generales; Reino de España.

Webgrafía

- <https://uni.edu.ni/Articulo/Ver/Sede-UNI-Juigalpa-con-vision-de-futuro?fbclid=IwAR1y9InHcuKBYKpQuX3evQYef8JNOw7hcNetdLz94O81FkmlflhPYCzZPMc>
- <https://uni.edu.ni/Articulo/Ver/Seguimos-trabajando-por-la-educacion-en-2019?fbclid=IwAR1y9InHcuKBYKpQuX3evQYef8JNOw7hcNetdLz94O81FkmlflhPYCzZPMc>
- https://webimg.uni.edu.ni/pdf/Boletines/2017/09.pdf?fbclid=IwAR3F3epvntI31fQB6McEI2IWg29Dy1IAdfWPifdr7uBtegS_oIQPaXg0N-Q
- <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2016/10/la-importancia-de-tener-una-buena-infraestructura-escolar/>
- <https://www.ieepp.org/media/files/publicacion-9-220.pdf>
- <http://1.droppdf.com/files/BeyuC/sybex-mastering-autodesk-revit-architecture-2015-2014.pdf>
- <https://www.espaciobim.com/recursos-gratis/>

ANEXOS

Índice de Anexos

Anexo 1 Costo unitario por actividad para el Edificio 01	I
Anexo 2 Costo directo por actividad a partir de costos unitarios	V
Anexo 3 Presupuestos generales de obra para los edificios 02,03 y 04	IX
Anexo 4 Rendimiento calculado a partir de los catálogos de rendimiento del FISE	XIX
Anexo 5 Red de actividades cuando el costo aumenta.....	XXII
Anexo 6 Red de actividades al costo mínimo.....	XXIII
Anexo 7 Red de actividades con limitaciones	XXIV
Anexo 8 Calendarización del proyecto.	XXV
Anexo 9 Programación para edificios 02,03 y 04 Edificio 02.....	XXX
Anexo 10 Plano Topográfico	XL

Anexo 1 Costo unitario por actividad para el Edificio 01

Tabla 52 Costo unitario por actividad para el Edificio 01

Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transport e \$	Equipos \$	Total \$
10	Preliminares								
	01	Limpieza Inicial	M2	352.59	\$0.00	\$0.20	\$0.20	\$0.00	\$0.40
	02	Topografia Trazo y Nivelacion	M2	352.59	\$0.73	\$0.50	\$0.12	\$0.00	\$1.35
	03	Instalacion de Bodega	M2	48	\$35.70	\$19.23	\$6.15	\$0.00	\$61.08
	04	Instalacion de Servicios Basicos Temporales	GLB	1	\$250.00	\$85.30	\$50.00	\$0.00	\$385.30
	05	Niveletas	C/U	18	\$3.90	\$2.63	\$0.83	\$0.00	\$7.36
30	Fundaciones								
	01	Excavacion Estructural	M3	129.73	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$0.00	\$6.34
	02	Mejoramiento de Suelo	M3	19.99	\$43.15	\$11.47	\$5.20	\$1.67	\$61.48
	03	Relleno y Compactacion	M3	89.58	\$0.51	\$11.43	\$0.00	\$1.67	\$13.60
	04	Acero de refuerzo grado 40	KG	2159.29	\$3.52	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$4.22
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	168.88	\$5.19	\$5.88	\$1.20	\$0.00	\$12.27
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	M3	21.85	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75
	07	Desalojo de Material sobrante	M3	52.21	\$0.00	\$4.45	\$7.35	\$0.00	\$11.80
	08	Curado de Concreto	GLB	1.00	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20
30	Estructura Metalica								
	02	Columnas Metalicas	KG	3562.66	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84
	03	Vigas Metalicas	KG	6135.13	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84
	04	Acero Estructural (Placas de Union)	KG	383.857	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84
	05	Escalera Metalica	GLB	1	\$1,656.22	\$800.00	\$60.00	\$0.00	\$2,516.22
	06	Viguetas de Entrepiso Metalico	KG	5209.02	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84

Etapa	Sub-Etapa	Descripcion	Unidad	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$
40	Estructura de Concreto								
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	KG	371.006	\$1.00	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$1.70
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	23.04	\$5.62	\$10.59	\$1.00	\$0.00	\$17.21
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	M3	0.756	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75
	08	Curado de Concreto	GLB	1	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$0.00	\$102.00
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias								
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	KG	1450.33	\$1.42	\$0.38	\$0.10	\$0.00	\$1.90
	02	Clavadores de techo	KG	1971.27	\$1.02	\$0.38	\$0.10	\$0.00	\$1.50
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	M2	367.574	\$1.33	\$0.40	\$0.10	\$0.00	\$1.83
80	Cielos								
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	M2	648.48	\$1.30	\$0.60	\$0.00	\$0.00	\$1.90
90	Pisos								
	01	Conformacion y compactacion de suelos	M2	311.6	\$0.38	\$0.85	\$0.00	\$1.25	\$2.48
	02	Colocacion concreto para cascote	M3	22.4664	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75
	04	Piso de ceramica de 45x45	M2	646.317	\$11.50	\$4.00	\$0.00	\$0.00	\$15.50
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	M2	319.137	\$16.07	\$10.00	\$0.00	\$0.00	\$26.07
100	Paredes								
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	M2	296.574	\$52.10	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$59.60
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	M2	103.299	\$50.83	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$58.33
	03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	M2	64.537	\$24.23	\$21.40	\$6.06	\$0.03	\$51.73

Etap a	Sub- Etapa	Descripcion	Unidad	Cantidad	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$
120	Puertas								
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	C/U	12	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00
130	Ventanas								
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	C/U	24	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00
150	Instalaciones Hidrosanitarias								
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	ML	33.4	\$0.00	\$12.05	\$0.00	\$2.30	\$14.35
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	33.4	\$12.57	\$2.40	\$0.40	\$0.00	\$15.37
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	150.15	\$5.76	\$4.00	\$0.80	\$0.00	\$10.56
	09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	ML	15	\$2.16	\$12.05	\$0.00	\$2.30	\$16.51

Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$
160	Electricidad								
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	ML	57.2	\$0.75	\$0.30	\$0.07	\$0.00	\$1.12
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	ML	530.2	\$0.44	\$0.17	\$0.04	\$0.00	\$0.65
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	ML	171.6	\$1.19	\$0.47	\$0.12	\$0.00	\$1.78
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	ML	1194.6	\$0.47	\$0.19	\$0.05	\$0.00	\$0.71
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	C/U	167	\$10.34	\$4.14	\$1.03	\$0.00	\$15.51
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	C/U	57	\$1.93	\$0.77	\$0.19	\$0.00	\$2.89
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	C/U	37	\$2.94	\$1.18	\$0.29	\$0.00	\$4.41
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	C/U	2	\$632.61	\$253.05	\$63.26	\$0.00	\$948.92
201	Pintura								
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	M2	780	\$2.28	\$0.88	\$0.02	\$0.00	\$3.18
202	Limpieza Final								
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	GLB	1	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2 Costo directo por actividad a partir de costos unitarios

Tabla 53 Costo directo por actividad a partir de costos unitarios

Etapa	Sub-Etapa	Descripción	Unidad	Cantidad	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$
10	Preliminares								
	01	Limpieza Inicial	M2	352.59	\$0.00	\$70.52	\$70.52	\$0.00	\$141.04
	02	Topografía Trazo y Nivelación	M2	352.59	\$257.66	\$176.30	\$40.68	\$0.00	\$474.64
	03	Instalación de Bodega	M2	48	\$1,713.60	\$923.08	\$295.38	\$0.00	\$2,932.06
	04	Instalación de Servicios Básicos Temporales	GLB	1	\$250.00	\$85.30	\$50.00	\$0.00	\$385.30
	05	Niveletas	C/U	18	\$70.19	\$47.34	\$15.00	\$0.00	\$132.53
30	Fundaciones								
	01	Excavación Estructural	M3	129.73	\$0.00	\$822.49	\$0.00	\$0.00	\$822.49
	02	Mejoramiento de Suelo	M3	19.99	\$862.51	\$229.20	\$103.95	\$33.32	\$1,228.98
	03	Relleno y Compactación	M3	89.58	\$45.44	\$1,023.91	\$0.00	\$149.30	\$1,218.65
	04	Acero de refuerzo grado 40	KG	2159.29	\$7,593.79	\$1,295.58	\$215.93	\$0.00	\$9,105.29
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	168.88	\$876.83	\$992.99	\$202.65	\$0.00	\$2,072.47
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	M3	21.85	\$3,430.53	\$480.71	\$0.00	\$16.39	\$3,927.63
	07	Desalojo de Material sobrante	M3	52.21	\$0.00	\$232.32	\$383.72	\$0.00	\$616.04
	08	Curado de Concreto	GLB	1.00	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20
30	Estructura Metálica								
	02	Columnas Metálicas	KG	3562.66	\$5,023.34	\$1,353.81	\$178.13	\$0.00	\$6,555.29
	03	Vigas Metálicas	KG	6135.13	\$8,650.53	\$2,331.35	\$306.76	\$0.00	\$11,288.63
	04	Acero Estructural (Placas de Unión)	KG	383.857	\$541.24	\$145.87	\$19.19	\$0.00	\$706.30
	05	Escalera Metálica	GLB	1	\$1,656.22	\$800.00	\$60.00	\$0.00	\$2,516.22
	06	Viguetas de Entrepiso Metálico	KG	5209.02	\$7,344.71	\$1,979.43	\$260.45	\$0.00	\$9,584.59

Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiale s \$	Mano de Obra \$	Transport e \$	Equipo s \$	Total \$
40	Estructura de Concreto								
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	KG	371.006	\$369.54	\$222.60	\$37.10	\$0.00	\$629.25
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	23.04	\$129.47	\$243.99	\$23.04	\$0.00	\$396.51
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	M3	0.756	\$118.69	\$16.63	\$0.00	\$0.57	\$135.89
	08	Curado de Concreto	GLB	1	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$0.00	\$102.00
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias								
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	KG	1450.33	\$2,062.40	\$551.12	\$145.03	\$0.00	\$2,758.55
	02	Clavadores de techo	KG	1971.27	\$2,014.68	\$749.08	\$197.13	\$0.00	\$2,960.89
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	M2	367.574	\$487.53	\$147.03	\$36.76	\$0.00	\$671.32
80	Cielos								\$0.00
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	M2	648.48	\$840.47	\$389.09	\$0.00	\$0.00	\$1,229.56
90	Pisos								
	01	Conformacion y compactacion de suelos	M2	311.6	\$118.55	\$264.86	\$0.00	\$389.50	\$772.91
	02	Colocacion concreto para cascote	M3	22.4664	\$3,527.22	\$494.26	\$0.00	\$16.85	\$4,038.33
	04	Piso de ceramica de 45x45	M2	646.317	\$7,432.65	\$2,585.27	\$0.00	\$0.00	\$10,017.91
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	M2	319.137	\$5,129.75	\$3,191.37	\$0.00	\$0.00	\$8,321.12
100	Paredes								
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	M2	296.574	\$15,450.75	\$2,076.01	\$149.66	\$0.00	\$17,676.42
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	M2	103.299	\$5,250.56	\$723.09	\$51.73	\$0.00	\$6,025.38
	03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	M2	64.537	\$1,563.91	\$1,381.19	\$391.31	\$1.88	\$3,338.29

Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiale s \$	Mano de Obra \$	Transport e \$	Equipo s \$	Total \$
120	Puertas								
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	C/U	12	\$1,260.00	\$300.00	\$120.00	\$0.00	\$1,680.00
130	Ventanas				\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	C/U	24	\$2,520.00	\$600.00	\$240.00	\$0.00	\$3,360.00
150	Instalaciones Hidrosanitarias								
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	ML	33.4	\$0.00	\$402.60	\$0.00	\$76.69	\$479.29
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	33.4	\$419.95	\$80.16	\$13.36	\$0.00	\$513.47
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	150.15	\$865.35	\$600.60	\$120.12	\$0.00	\$1,586.07
	09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	ML	15	\$32.40	\$180.81	\$0.00	\$34.44	\$247.65

Etap a	Sub- Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transport e \$	Equipo s \$	Total \$
160	Electricidad								
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	ML	57.2	\$42.90	\$17.16	\$4.00	\$0.00	\$64.06
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	ML	530.2	\$233.29	\$90.13	\$21.21	\$0.00	\$344.63
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	ML	171.6	\$204.20	\$80.65	\$20.59	\$0.00	\$305.45
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	ML	1194.6	\$561.46	\$226.97	\$59.73	\$0.00	\$848.17
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48- 1-18W-1X2` PIES.	C/U	167	\$1,726.78	\$691.38	\$172.01	\$0.00	\$2,590.17
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	C/U	57	\$110.01	\$43.89	\$10.83	\$0.00	\$164.73
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	C/U	37	\$108.78	\$43.66	\$10.73	\$0.00	\$163.17
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	C/U	2	\$1,265.22	\$506.10	\$126.52	\$0.00	\$1,897.84
201	Pintura								
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	M2	780	\$1,778.40	\$686.40	\$15.60	\$0.00	\$2,480.40
202	Limpieza Final								
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	GLB	1	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54 Presupuesto general para el edificio 02

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etapa	Sub-Etapa	Descripcion	Unidad	Cantidad	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Total C\$
10	Preliminares														
	01	Limpieza Inicial	M2	426.8	\$0.00	\$0.20	\$0.20	\$0.00	\$0.40	\$0.00	\$85.36	\$85.36	\$0.00	\$170.72	C\$ 5,975.20
	02	Topografia Trazo y Nivelacion	M2	426.8	\$0.73	\$0.50	\$0.12	\$0.00	\$1.35	\$311.89	\$213.40	\$49.25	\$0.00	\$574.54	C\$ 20,108.85
	05	Niveletas	C/U	68	\$1.30	\$2.63	\$0.22	\$0.00	\$4.15	\$88.64	\$178.84	\$15.00	\$0.00	\$282.48	C\$ 9,886.76
30	Fundaciones														
	01	Excavacion Estructural	M3	142.1	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$900.91	\$0.00	\$0.00	\$900.91	C\$ 31,531.99
	02	Mejoramiento de Suelo	M3	19.99	\$43.15	\$11.47	\$5.20	\$1.67	\$61.48	\$862.60	\$229.23	\$103.96	\$33.32	\$1,229.11	C\$ 43,018.74
	03	Relleno y Compactacion	M3	94.23	\$0.51	\$11.43	\$0.00	\$1.67	\$13.60	\$47.80	\$1,077.05	\$0.00	\$157.05	\$1,281.91	C\$ 44,866.69
	04	Acero de refuerzo grado 40	KG	3190.394	\$2.40	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$3.10	\$7,661.90	\$1,914.24	\$319.04	\$0.00	\$9,895.18	C\$ 346,331.31
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	262.836	\$5.18	\$5.88	\$1.20	\$0.00	\$12.26	\$1,361.77	\$1,545.48	\$315.40	\$0.00	\$3,222.65	C\$ 112,792.78
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	M3	27.8775	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$4,376.77	\$613.31	\$0.00	\$20.91	\$5,010.98	C\$ 175,384.32
	07	Desalojo de Material sobrante	M3	62.23035	\$0.00	\$4.45	\$7.35	\$0.00	\$11.80	\$0.00	\$276.93	\$457.39	\$0.00	\$734.32	C\$ 25,701.13
	08	Curado de Concreto	GLB	1	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	C\$ 2,352.00
30	Estructura Metalica														
	02	Columnas Metalicas	KG	1578.277	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$2,225.37	\$599.75	\$78.91	\$0.00	\$2,904.03	C\$ 101,641.01
	03	Vigas Metalicas	KG	1872.914	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$2,640.81	\$711.71	\$93.65	\$0.00	\$3,446.16	C\$ 120,615.65
	04	Acero Estructural (Placas de Union)	KG	255.45	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$360.18	\$97.07	\$12.77	\$0.00	\$470.02	C\$ 16,450.70

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
				COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES						
Etapa	Sub-Etapa	Descripcion	Unidad	Cantidad	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Total C\$
40	Estructura de Concreto														
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	KG	755.8037	\$1.00	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$1.70	\$752.83	\$453.48	\$75.58	\$0.00	\$1,281.89	C\$ 44,866.09
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	72.336	\$5.62	\$10.59	\$1.00	\$0.00	\$17.21	\$406.49	\$766.04	\$72.34	\$0.00	\$1,244.87	C\$ 43,570.32
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	M3	4.368	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$685.78	\$96.10	\$0.00	\$3.28	\$785.15	C\$ 27,480.18
	08	Curado de Concreto	GLB	1	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$102.00	\$0.00	\$0.00	\$102.00	C\$ 3,570.00
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias														
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	KG	2192.164	\$1.42	\$0.38	\$0.10	\$0.00	\$1.90	\$3,117.30	\$833.02	\$219.22	\$0.00	\$4,169.54	C\$ 145,933.87
	02	Clavadores de techo	KG	2879.258	\$1.00	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$1.70	\$2,867.91	\$1,727.55	\$287.93	\$0.00	\$4,883.39	C\$ 170,918.77
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	M2	381.276	\$1.33	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$2.03	\$505.71	\$228.77	\$38.13	\$0.00	\$772.60	C\$ 27,041.09
80	Cielos													\$0.00	C\$ 0.00
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	M2	258.5205	\$1.30	\$0.60	\$0.00	\$0.00	\$1.90	\$335.06	\$155.11	\$0.00	\$0.00	\$490.17	C\$ 17,155.96
90	Pisos														
	01	Conformacion y compactacion de suelos	M2	346.28	\$0.38	\$0.85	\$0.00	\$1.25	\$2.48	\$131.74	\$294.34	\$0.00	\$432.85	\$858.93	C\$ 30,062.55
	02	Colocacion concreto para cascote	M3	22.3716	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$3,512.34	\$492.18	\$0.00	\$16.78	\$4,021.30	C\$ 140,745.33
	04	Piso de ceramica de 45x45	M2	258.5205	\$11.50	\$4.00	\$0.00	\$0.00	\$15.50	\$2,972.99	\$1,034.08	\$0.00	\$0.00	\$4,007.07	C\$ 140,247.37
100	Paredes														
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	M2	297.0555	\$52.08	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$59.58	\$15,470.14	\$2,079.39	\$149.71	\$0.00	\$17,699.24	C\$ 619,473.30
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	M2	89.0085	\$50.78	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$58.28	\$4,519.66	\$623.06	\$44.74	\$0.00	\$5,187.46	C\$ 181,561.18
	03	Pared de Mampostería, Bloque 15x20x40	M2	70.1064	\$8.03	\$13.30	\$2.01	\$0.03	\$23.38	\$563.15	\$932.52	\$141.15	\$2.04	\$1,638.86	C\$ 57,360.07

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA														
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA														

MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
				COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES						
Etapa	Sub-Etapa	Descripcion	Unidad	Cantidad	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Total C\$
120	Puertas														
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	C/U	20	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$2,100.00	\$500.00	\$200.00	\$0.00	\$2,800.00	C\$ 98,000.00
130	Ventanas									\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	C\$ 0.00
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	C/U	24	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$2,520.00	\$600.00	\$240.00	\$0.00	\$3,360.00	C\$ 117,600.00
150	Instalaciones Hidrosanitarias														
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	ML	33.4	\$0.00	\$12.05	\$0.00	\$2.30	\$14.35	\$0.00	\$402.60	\$0.00	\$76.69	\$479.29	C\$ 16,775.15
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	33.4	\$12.57	\$2.40	\$0.40	\$0.00	\$15.37	\$419.95	\$80.16	\$13.36	\$0.00	\$513.47	C\$ 17,971.45
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	150.15	\$5.76	\$4.00	\$0.80	\$0.00	\$10.56	\$865.35	\$600.60	\$120.12	\$0.00	\$1,586.07	C\$ 55,512.45
	09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	ML	15	\$2.16	\$12.05	\$0.00	\$2.30	\$16.51	\$32.40	\$180.81	\$0.00	\$34.44	\$247.65	C\$ 8,667.75

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
				COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES						
Etapa	Sub-Etapa	Descripcion	Unidad	Cantidad	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Total C\$
160	Electricidad														
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	ML	57.2	\$0.75	\$0.30	\$0.07	\$0.00	\$1.12	\$42.90	\$17.16	\$4.00	\$0.00	\$64.06	C\$ 2,242.24
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	ML	268.4	\$0.44	\$0.17	\$0.04	\$0.00	\$0.65	\$118.10	\$45.63	\$10.74	\$0.00	\$174.46	C\$ 6,106.10
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	ML	250	\$1.19	\$0.47	\$0.12	\$0.00	\$1.78	\$297.50	\$117.50	\$30.00	\$0.00	\$445.00	C\$ 15,575.00
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	ML	980	\$0.47	\$0.19	\$0.05	\$0.00	\$0.71	\$460.60	\$186.20	\$49.00	\$0.00	\$695.80	C\$ 24,353.00
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	C/U	70	\$10.34	\$4.14	\$1.03	\$0.00	\$15.51	\$723.80	\$289.80	\$72.10	\$0.00	\$1,085.70	C\$ 37,999.50
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	C/U	50	\$1.93	\$0.77	\$0.19	\$0.00	\$2.89	\$96.50	\$38.50	\$9.50	\$0.00	\$144.50	C\$ 5,057.50
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	C/U	25	\$2.94	\$1.18	\$0.29	\$0.00	\$4.41	\$73.50	\$29.50	\$7.25	\$0.00	\$110.25	C\$ 3,858.75
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	C/U	2	\$632.61	\$253.05	\$63.26	\$0.00	\$948.92	\$1,265.22	\$506.10	\$126.52	\$0.00	\$1,897.84	C\$ 66,424.40
201	Pintura														
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	M2	866.42	\$2.28	\$0.88	\$0.02	\$0.00	\$3.18	\$1,975.44	\$762.45	\$17.33	\$0.00	\$2,755.22	C\$ 96,432.55
202	Limpieza Final														
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	GLB	1	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	C\$ 42,000.00

COSTO DIRECTO (CD)	\$94,891.97	C\$ 3,321,219.04
COSTO INDIRECTO (CI= 14%)	\$13,284.88	C\$ 464,970.67
UTILIDADES (U=10%)	\$9,489.20	C\$ 332,121.90
SUBTOTAL 1 (CD+CI+U)	\$117,666.05	C\$ 4,118,311.61
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA=15%)	\$17,649.91	C\$ 617,746.74
IMPUESTO MUNICIPAL (IM=1%)	\$1,176.66	C\$ 41,183.12
SUBTOTAL 2 (IVA+IM)	\$18,826.57	C\$ 658,929.86
GRAN TOTAL	\$136,492.61	C\$ 4,777,241.47

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55 Presupuesto general para el edificio 03

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA																
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA																
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"																
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES						
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Equipos \$	Transporte \$	Total \$	Total C\$	
10	Preliminares															
	01	Limpieza Inicial	M2	352.59	\$0.00	\$0.20	\$0.20	\$0.00	\$0.40	\$0.00	\$70.52	\$70.52	\$0.00	\$141.04	C\$ 4,936.26	
	02	Topografia Trazo y Nivelacion	M2	352.59	\$0.73	\$0.50	\$0.12	\$0.00	\$1.35	\$257.66	\$176.30	\$40.68	\$0.00	\$474.64	C\$ 16,612.41	
	05	Niveletas Sencillas y Dobles	C/U	18	\$3.90	\$2.63	\$0.83	\$0.00	\$7.36	\$70.19	\$47.34	\$15.00	\$0.00	\$132.53	C\$ 4,638.51	
30	Fundaciones															
	01	Excavacion Estructural	M3	85.49	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$542.01	\$0.00	\$0.00	\$542.01	C\$ 18,970.23	
	02	Mejoramiento de Suelo	M3	11.67	\$43.15	\$11.47	\$5.20	\$1.67	\$61.48	\$503.33	\$133.76	\$60.66	\$19.44	\$717.19	C\$ 25,101.80	
	03	Relleno y Compactacion	M3	55.99	\$0.51	\$11.43	\$0.00	\$1.67	\$13.60	\$28.40	\$639.91	\$0.00	\$93.31	\$761.62	C\$ 26,656.57	
	04	Acero de refuerzo grado 40	KG	2089.99	\$3.63	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$4.33	\$7,589.21	\$1,254.00	\$209.00	\$0.00	\$9,052.21	C\$ 316,827.26	
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	131.928	\$5.18	\$5.88	\$1.20	\$0.00	\$12.26	\$683.53	\$775.74	\$158.31	\$0.00	\$1,617.58	C\$ 56,615.25	
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	M3	17.8395	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$2,800.80	\$392.47	\$0.00	\$13.38	\$3,206.65	C\$ 112,232.75	
	07	Desalojo de Material sobrante	M3	38.3565	\$0.00	\$4.45	\$7.35	\$0.00	\$11.80	\$0.00	\$170.69	\$281.92	\$0.00	\$452.61	C\$ 15,841.23	
	08	Curado de Concreto	GLB	1	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	C\$ 2,352.00	
32	Estructura Metalica															
	02	Columnas Metalicas	KG	2604.09	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$3,671.77	\$989.55	\$130.20	\$0.00	\$4,791.53	C\$ 167,703.43	
	03	Vigas Metalicas	KG	1298.94	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$1,831.50	\$493.60	\$64.95	\$0.00	\$2,390.05	C\$ 83,651.70	
	04	Acero Estructural (Placas de Union)	KG	192.52	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$271.46	\$73.16	\$9.63	\$0.00	\$354.24	C\$ 12,398.49	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Equipos \$	Transporte \$	Total \$	Total C\$
60		Estructura de cubierta de Techos y Fascias													
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	KG	1406.93	\$1.42	\$0.38	\$0.10	\$0.00	\$1.90	\$2,000.68	\$534.63	\$140.69	\$0.00	\$2,676.00	C\$ 93,660.10
	02	Clavadores de techo	KG	1113.33	\$1.00	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$1.70	\$1,108.94	\$668.00	\$111.33	\$0.00	\$1,888.27	C\$ 66,089.34
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	M2	375.291	\$1.33	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$2.03	\$497.77	\$225.17	\$37.53	\$0.00	\$760.47	C\$ 26,616.61
80		Cielos												\$0.00	C\$ 0.00
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	M2	318.455	\$1.30	\$0.60	\$0.00	\$0.00	\$1.90	\$412.74	\$191.07	\$0.00	\$0.00	\$603.81	C\$ 21,133.31
90		Pisos													
	01	Conformacion y compactacion de suelos	M2	305.72	\$0.38	\$0.85	\$0.00	\$1.25	\$2.48	\$116.31	\$259.86	\$0.00	\$382.15	\$758.32	C\$ 26,541.30
	02	Colocacion concreto para cascote	M3	31.7949	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$4,991.80	\$699.49	\$0.00	\$23.85	\$5,715.13	C\$ 200,029.54
	04	Piso de ceramica de 45x45	M2	321.006	\$11.50	\$4.00	\$0.00	\$0.00	\$15.50	\$3,691.57	\$1,284.02	\$0.00	\$0.00	\$4,975.59	C\$ 174,145.76
100		Paredes													
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	M2	247.611	\$52.06	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$59.56	\$12,890.89	\$1,733.28	\$124.47	\$0.00	\$14,748.64	C\$ 516,202.38
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	M2	171.959	\$50.78	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$58.28	\$8,731.68	\$1,203.71	\$86.44	\$0.00	\$10,021.83	C\$ 350,764.12
120		Puertas													
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	C/U	17	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$1,785.00	\$425.00	\$170.00	\$0.00	\$2,380.00	C\$ 83,300.00
130		Ventanas								\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	C\$ 0.00
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	C/U	25	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$2,625.00	\$625.00	\$250.00	\$0.00	\$3,500.00	C\$ 122,500.00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Equipos \$	Transporte \$	Total \$	Total C\$
160	Electricidad														
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	ML	57.2	\$0.75	\$0.30	\$0.07	\$0.00	\$1.12	\$42.90	\$17.16	\$4.00	\$0.00	\$64.06	C\$ 2,242.24
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	ML	268.4	\$0.44	\$0.17	\$0.04	\$0.00	\$0.65	\$118.10	\$45.63	\$10.74	\$0.00	\$174.46	C\$ 6,106.10
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	ML	171.6	\$1.19	\$0.47	\$0.12	\$0.00	\$1.78	\$204.20	\$80.65	\$20.59	\$0.00	\$305.45	C\$ 10,690.68
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	ML	704	\$0.47	\$0.19	\$0.05	\$0.00	\$0.71	\$330.88	\$133.76	\$35.20	\$0.00	\$499.84	C\$ 17,494.40
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	C/U	90	\$10.34	\$4.14	\$1.03	\$0.00	\$15.51	\$930.60	\$372.60	\$92.70	\$0.00	\$1,395.90	C\$ 48,856.50
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	C/U	30	\$1.93	\$0.77	\$0.19	\$0.00	\$2.89	\$57.90	\$23.10	\$5.70	\$0.00	\$86.70	C\$ 3,034.50
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	C/U	25	\$2.94	\$1.18	\$0.29	\$0.00	\$4.41	\$73.50	\$29.50	\$7.25	\$0.00	\$110.25	C\$ 3,858.75
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	C/U	2	\$632.61	\$253.05	\$63.26	\$0.00	\$948.92	\$1,265.22	\$506.10	\$126.52	\$0.00	\$1,897.84	C\$ 66,424.40
201	Pintura														
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	M2	831.139	\$2.28	\$0.88	\$0.02	\$0.00	\$3.18	\$1,895.00	\$731.40	\$16.62	\$0.00	\$2,643.02	C\$ 92,505.77
202	Limpieza Final														
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	GLB	1	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	C\$ 42,000.00

COSTO DIRECTO (CD)	\$81,132.12	C\$ 2,839,624.09
COSTO INDIRECTO (CI= 14%)	\$11,358.50	C\$ 397,547.37
UTILIDADES (U=10%)	\$8,113.21	C\$ 283,962.41
SUBTOTAL 1 (CD+CI+U)	\$100,603.82	C\$ 3,521,133.87
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA=15%)	\$15,090.57	C\$ 528,170.08
IMPUESTO MUNICIPAL (IM=1%)	\$1,006.04	C\$ 35,211.34
SUBTOTAL 2 (IVA+IM)	\$16,096.61	C\$ 563,381.42
GRAN TOTAL	\$116,700.44	C\$ 4,084,515.29

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56 Presupuesto general para el edificio 04

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Equipos \$	Transporte \$	Total \$	Total C\$
10	Preliminares														
	01	Limpieza Inicial	M2	534.946	\$0.00	\$0.20	\$0.20	\$0.00	\$0.40	\$0.00	\$106.99	\$106.99	\$0.00	\$213.98	C\$ 7,489.24
	02	Topografia Trazo y Nivelacion	M2	534.946	\$0.73	\$0.50	\$0.12	\$0.00	\$1.35	\$390.92	\$267.47	\$61.72	\$0.00	\$720.12	C\$ 25,204.19
	05	Niveletas Sencillas y Dobles	C/U	26	\$2.79	\$2.63	\$0.58	\$0.00	\$6.00	\$72.65	\$68.38	\$15.00	\$0.00	\$156.03	C\$ 5,461.01
30	Fundaciones														
	01	Excavacion Estructural	M3	86.605	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$0.00	\$6.34	\$0.00	\$549.08	\$0.00	\$0.00	\$549.08	C\$ 19,217.65
	02	Mejoramiento de Suelo	M3	11.67	\$43.15	\$11.47	\$5.20	\$1.67	\$61.48	\$503.33	\$133.76	\$60.66	\$19.44	\$717.19	C\$ 25,101.80
	03	Relleno y Compactacion	M3	57.16	\$0.51	\$11.43	\$0.00	\$1.67	\$13.60	\$29.00	\$653.37	\$0.00	\$95.27	\$777.64	C\$ 27,217.46
	04	Acero de refuerzo grado 40	KG	1243.28	\$6.06	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$6.76	\$7,533.28	\$745.97	\$124.33	\$0.00	\$8,403.58	C\$ 294,125.15
	05	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	171.168	\$5.18	\$5.88	\$1.20	\$0.00	\$12.26	\$886.83	\$1,006.47	\$205.40	\$0.00	\$2,098.70	C\$ 73,454.61
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	M3	17.7765	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$2,790.91	\$391.08	\$0.00	\$13.33	\$3,195.33	C\$ 111,836.41
	07	Desalojo de Material sobrante	M3	38.2746	\$0.00	\$4.45	\$7.35	\$0.00	\$11.80	\$0.00	\$170.32	\$281.32	\$0.00	\$451.64	C\$ 15,807.41
	08	Curado de Concreto	GLB	1	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$67.20	\$0.00	\$0.00	\$67.20	C\$ 2,352.00
32	Estructura Metalica														
	02	Columnas Metalicas	KG	1217.06	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$1,716.06	\$462.48	\$60.85	\$0.00	\$2,239.40	C\$ 78,378.92
	03	Vigas Metalicas	KG	2113.14	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$2,979.53	\$802.99	\$105.66	\$0.00	\$3,888.19	C\$ 136,086.49
	04	Acero Estructural (Placas de Union)	KG	232.67	\$1.41	\$0.38	\$0.05	\$0.00	\$1.84	\$328.07	\$88.41	\$11.63	\$0.00	\$428.11	C\$ 14,983.97

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA															
PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Equipos \$	Transporte \$	Total \$	Total C\$
60		Estructura de cubierta de Techos y Fascias													
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	KG	1669.25	\$1.42	\$0.38	\$0.10	\$0.00	\$1.90	\$2,373.71	\$634.32	\$166.93	\$0.00	\$3,174.95	C\$ 111,123.17
	02	Clavadores de techo	KG	2763.29	\$1.00	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$1.70	\$2,752.40	\$1,657.97	\$276.33	\$0.00	\$4,686.70	C\$ 164,034.40
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	M2	550.169	\$1.33	\$0.60	\$0.10	\$0.00	\$2.03	\$729.72	\$330.10	\$55.02	\$0.00	\$1,114.84	C\$ 39,019.38
80		Cielos												\$0.00	C\$ 0.00
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	M2	499.086	\$1.30	\$0.60	\$0.00	\$0.00	\$1.90	\$646.85	\$299.45	\$0.00	\$0.00	\$946.30	C\$ 33,120.40
90		Pisos													
	01	Conformacion y compactacion de suelos	M2	519.52	\$0.38	\$0.85	\$0.00	\$1.25	\$2.48	\$197.65	\$441.59	\$0.00	\$649.40	\$1,288.64	C\$ 45,102.50
	02	Colocacion concreto para cascote	M2	37.8211	\$157.00	\$22.00	\$0.00	\$0.75	\$179.75	\$5,937.91	\$832.06	\$0.00	\$28.37	\$6,798.33	C\$ 237,941.72
	04	Pulido Integral de concreto	M2	519.52	\$0.00	\$8.00	\$0.00	\$0.00	\$8.00	\$0.00	\$4,156.16	\$0.00	\$0.00	\$4,156.16	C\$ 145,465.60
100		Paredes													
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	M2	331.27	\$52.06	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$59.56	\$17,246.27	\$2,318.89	\$166.52	\$0.00	\$19,731.68	C\$ 690,608.90
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	M2	167.03	\$50.78	\$7.00	\$0.50	\$0.00	\$58.28	\$8,481.42	\$1,169.21	\$83.96	\$0.00	\$9,734.60	C\$ 340,710.87
120		Puertas													
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	C/U	12	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$1,260.00	\$300.00	\$120.00	\$0.00	\$1,680.00	C\$ 58,800.00
130		Ventanas								\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	C\$ 0.00
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	C/U	18	\$105.00	\$25.00	\$10.00	\$0.00	\$140.00	\$1,890.00	\$450.00	\$180.00	\$0.00	\$2,520.00	C\$ 88,200.00

PRESUPUESTO RECINTO REGION CENTRAL UNIVERSIDAD JUIGALPA															
MONOGRAFIA "PLANIFICACION PARA EL PROYECTO "RECINTO UNIVERSITARIO SEDE JUIGALPA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA" APOYADO EN REVIT Y NAVISWORK"															
					COSTOS UNITARIOS					COSTOS TOTALES					
Etap a	Sub-Etap a	Descripcion	Unida d	Cantida d	Materiales \$	Mano de Obra \$	Transporte \$	Equipos \$	Total \$	Materiales \$	Mano de Obra \$	Equipos \$	Transporte \$	Total \$	Total C\$
160	Electricidad														
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	ML	57.2	\$0.75	\$0.30	\$0.07	\$0.00	\$1.12	\$42.90	\$17.16	\$4.00	\$0.00	\$64.06	C\$ 2,242.24
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	ML	440	\$0.44	\$0.17	\$0.04	\$0.00	\$0.65	\$193.60	\$74.80	\$17.60	\$0.00	\$286.00	C\$ 10,010.00
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	ML	171.6	\$1.19	\$0.47	\$0.12	\$0.00	\$1.78	\$204.20	\$80.65	\$20.59	\$0.00	\$305.45	C\$ 10,690.68
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	ML	842.6	\$0.47	\$0.19	\$0.05	\$0.00	\$0.71	\$396.02	\$160.09	\$42.13	\$0.00	\$598.25	C\$ 20,938.61
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	C/U	80	\$10.34	\$4.14	\$1.03	\$0.00	\$15.51	\$827.20	\$331.20	\$82.40	\$0.00	\$1,240.80	C\$ 43,428.00
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	C/U	30	\$1.93	\$0.77	\$0.19	\$0.00	\$2.89	\$57.90	\$23.10	\$5.70	\$0.00	\$86.70	C\$ 3,034.50
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	C/U	15	\$2.94	\$1.18	\$0.29	\$0.00	\$4.41	\$44.10	\$17.70	\$4.35	\$0.00	\$66.15	C\$ 2,315.25
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	C/U	2	\$632.61	\$253.05	\$63.26	\$0.00	\$948.92	\$1,265.22	\$506.10	\$126.52	\$0.00	\$1,897.84	C\$ 66,424.40
201	Pintura														
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	M2	995.29	\$2.28	\$0.88	\$0.02	\$0.00	\$3.18	\$2,269.26	\$875.86	\$19.91	\$0.00	\$3,165.02	C\$ 110,775.78
202	Limpeza Final														
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	GLB	1	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	\$0.00	\$500.00	\$700.00	\$0.00	\$1,200.00	C\$ 42,000.00

COSTO DIRECTO (CD)	\$89,724.72	C\$ 3,140,365.21
COSTO INDIRECTO (CI= 14%)	\$12,561.46	C\$ 439,651.13
UTILIDADES (U=10%)	\$8,972.47	C\$ 314,036.52
SUBTOTAL 1 (CD+CI+U)	\$111,258.65	C\$ 3,894,052.86
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA=15%)	\$16,688.80	C\$ 584,107.93
IMPUESTO MUNICIPAL (IM=1%)	\$1,112.59	C\$ 38,940.53
SUBTOTAL 2 (IVA+IM)	\$17,801.38	C\$ 623,048.46
GRAN TOTAL	\$129,060.04	C\$ 4,517,101.31

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4 Rendimiento calculado a partir de los catálogos de rendimiento del FISE

Tabla 57 Rendimiento de Mano de obra

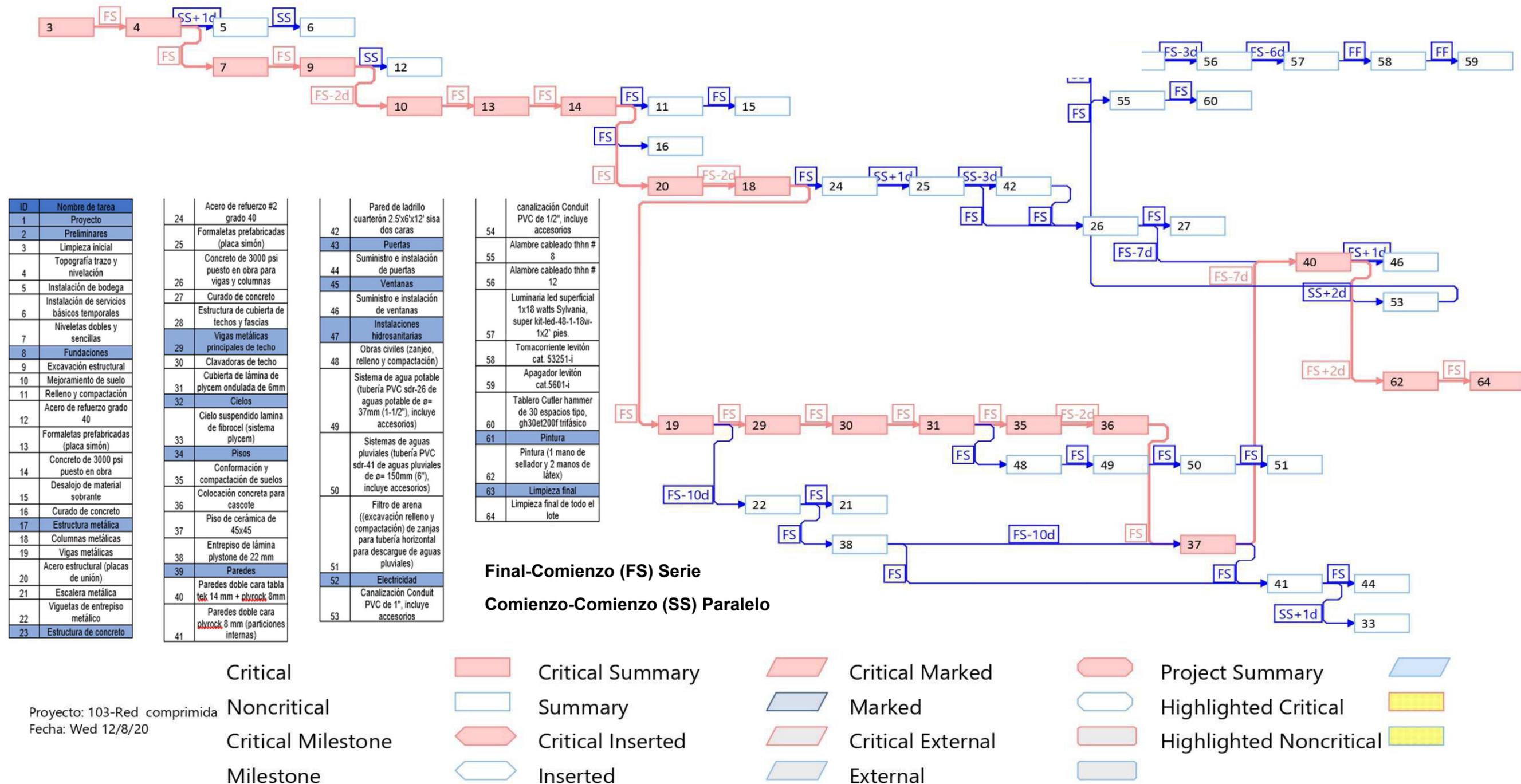
Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Rendimiento		Cant de brigadas	Cuadrillas
			u/m	8 HRS		
		PROYECTO				
10		Preliminares				
	01	Limpieza Inicial	M2	150	1	1 ayudante
	02	Topografía Trazo y Nivelación	M2	1000	1	1 oficial
	03	Instalación de Bodega	<u>M2</u>	20.00	1	1 oficial
	04	Instalación de Servicios Básicos Temporales	GLB		1	1 oficial
	05	Niveletas Sencillas y Dobles	C/U	10.00	1	1 oficial
30		Fundaciones				
	01	Excavación Estructural	M3	4.00	3	1 ayudante
	02	Mejoramiento de Suelo	M3	6.30	1	1 ayudante
	02	Relleno y Compactación	M3	6.3	3	1 ayudante
	04	Acero de refuerzo grado 40 Formaletas Prefabricadas	KG	84.64	1	1 oficial, 1/2 ayudante
	05	(Placa Simon)	M2	30.74	1	1 oficial
	06	Concreto de 3000 PSI puesto en obra	M3	1.5	1	1 oficial, 1 ayudante
	07	Desalojo de Material sobrante	M3	11.2	1	1 ayudante
	08	Curado de Concreto	GLB		1	1 ayudante
32		Estructura Metálica				
	02	Columnas Metálicas	KG		1	1 soldador, 1/2 ayudante'
	03	Vigas Metálicas	KG		1	1 soldador, 1/2 ayudante'
	04	Acero Estructural (Placas de Unión)	KG		1	1 soldador, 1/2 ayudante'
	05	Escalera Metálica	KG		1	1 soldador, 1/2 ayudante'
	06	Viguetas de Entrepiso Metálico	KG		1	1 soldador, 1/2 ayudante'

Etap a	Sub- Etap a	Nombre de tarea	Rendimiento		Cant de brigada s	Cuadrillas
			u/m	8 HRS		
		PROYECTO				
40	Estructura de Concreto					
	01	Acero de refuerzo #2 grado 40	KG	69	1	1 armador, 1/2 ayudante
	03	Formaletas Prefabricadas (Placa Simon)	M2	30.74	1	1 oficial
	11	Concreto de 3000 PSI puesto en obra para Vigas y Columnas	M3	0.848	1	1 oficial, 1 ayudante
	08	Curado de Concreto	GL B		1	1 ayudante
60	Estructura de cubierta de Techos y Fascias					
	02	Vigas Metalicas Principales de techo	KG	304.0 4	1	1 soldador, 1/2 ayudante'
	02	Clavadores de techo	KG	304.0 4	1	1 soldador, 1/2 ayudante'
	04	Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm	M2	116	1	1 oficial, 1 ayudante
80	Cielos					
	05	Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem)	M2	17.5	2	1 oficial, 1 ayudante
90	Pisos					
	01	Conformacion y compactacion de suelos	M2	50	1	1 ayudante
	02	Colocacion concreto para cascote	M2	40	1	1 oficial, 1/2 ayudante
	04	Piso de ceramica de 45x45	M2	12	3	1 oficial, 1/2 ayudante
	13	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	M2	10	2	1 oficial, 1/2 ayudante
100	Paredes					
	03	Paredes doble cara Tabla Tek 14 mm + Plyrock 8mm	M2	18.29 7	1	1 oficial, 1 ayudante
	03	Paredes doble cara Plyrock 8 mm (Particiones internas)	M2	18.29 7	1	1 oficial, 1 ayudante
	03	Pared de ladrillo cuarteron 2.5'x6'x12' sisa dos caras	M2	4.8	2	1 oficial, 1/2 ayudante
120	Puertas					
	01	Suministro e Instalacion de Puertas	C/U	4	1	1 oficial, 1/2 ayudante
130	Ventanas					
	01	Suministro e Instalacion de Ventanas	C/U	3	1	1 oficial, 1/2 ayudante

Etapa	Sub-Etapa	Nombre de tarea	Rendimiento		Cant de brigadas	Cuadrillas
			u/m	8 HRS		
		PROYECTO				
150		Instalaciones Hidrosanitarias				
	01	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)	ML	15	1	1 ayudante
	03	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	19.62	1	1 oficial
	07	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCESORIOS)	ML	15	1	1 oficial
	09	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA DESCARGUE DE AGUAS PLUVIALES)	ML	1	1	1 oficial, 1/2 ayudante
160		Electricidad				
	01	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1", INCLUYE ACCESORIOS	ML	26	1	1 ayudante
	02	CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	ML	26	2	1 ayudante
	03	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	ML	47	1	1 oficial
	04	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	ML	47	2	1 oficial
	05	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	C/U	12	2	1 oficial
	06	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	C/U	6	2	1 oficial
	07	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	C/U	6	2	1 oficial
	08	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	C/U	0.3	1	1 oficial
201		Pintura				
	01	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	M2	64	1	1 oficial
202		Limpieza Final				
	01	LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	m2	46	3	1 ayudante

Fuente: Elaboración propia.

RED DE ACTIVIDADES CUANDO EL COSTO AUMENTA



Proyecto: 103-Red comprimida
 Fecha: Wed 12/8/20

Figura 106 Red cuando el costo aumenta, fuente: elaboración propia.

RED DE ACTIVIDADES COMPRIMIDA AL MENOR COSTO

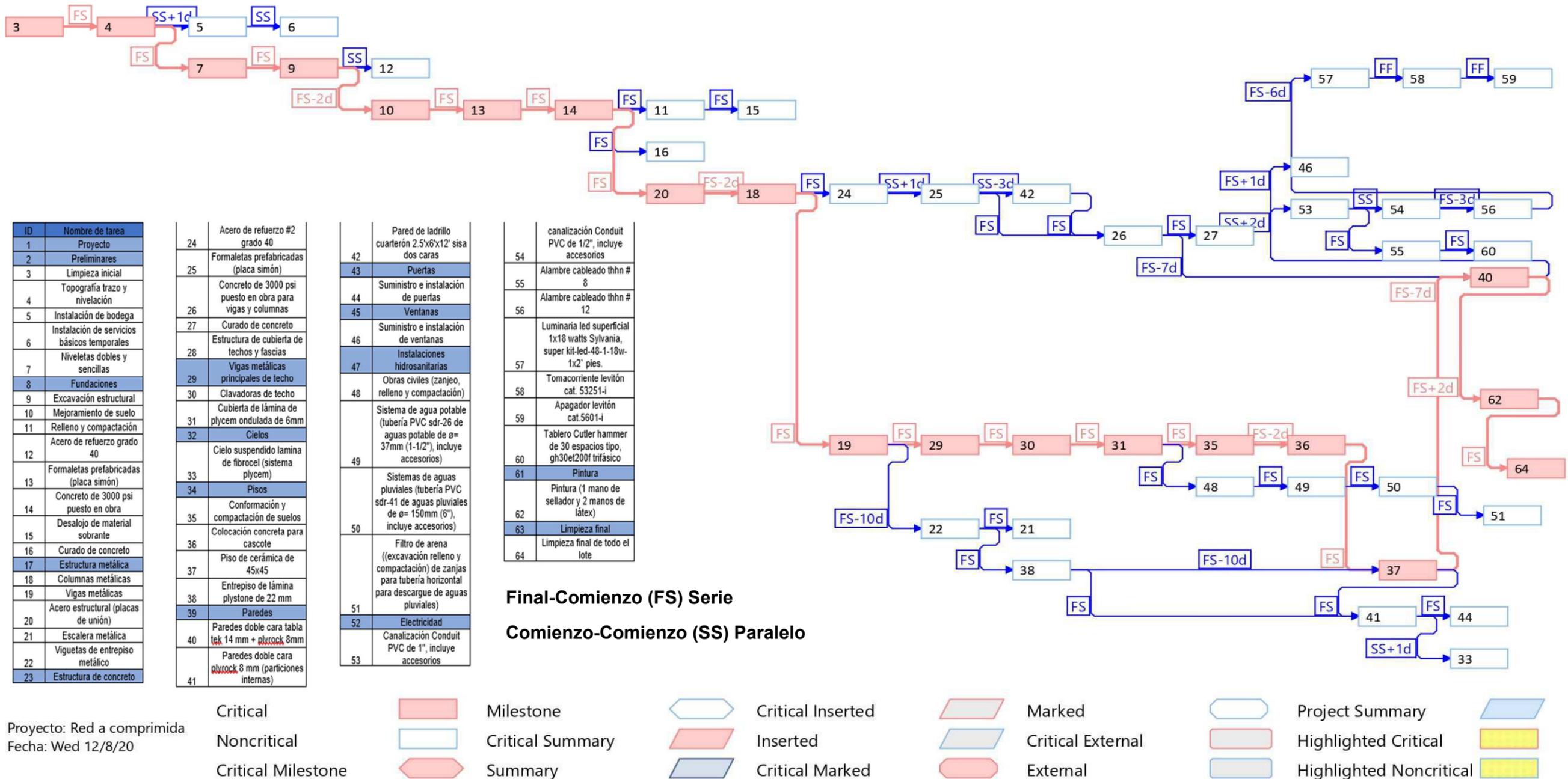
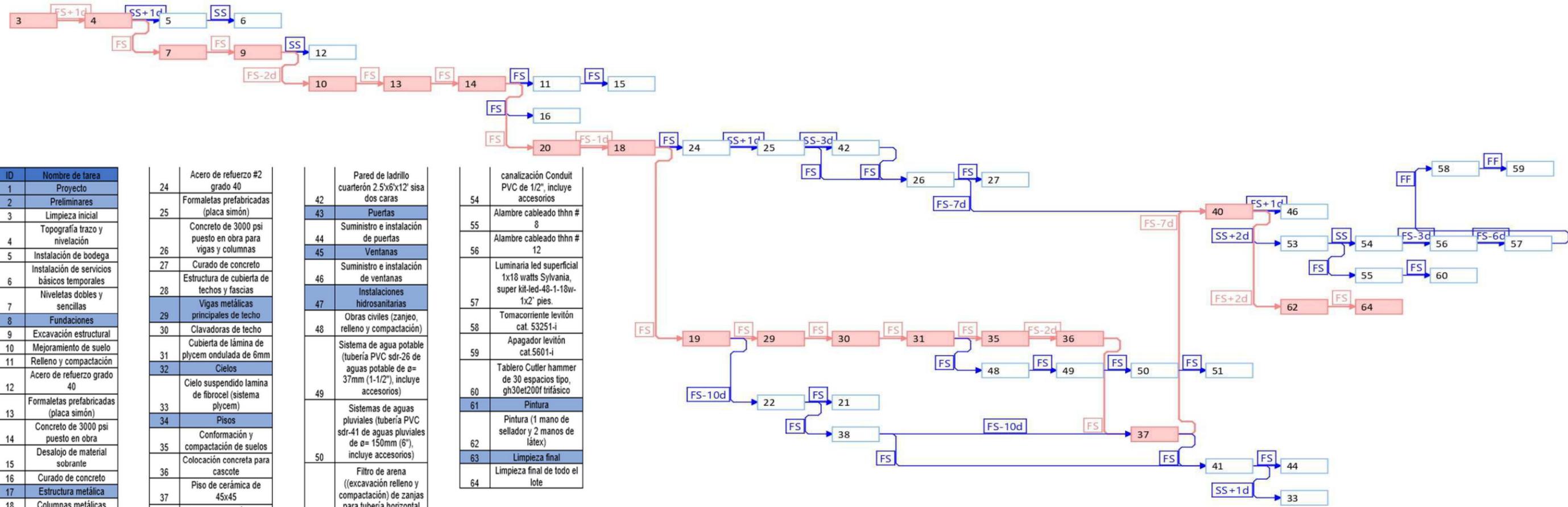


Figura 107 Red cuando el costo disminuye, fuente: elaboración propia.

RED DE DEFINITIVA DE ACTIVIDADES



ID	Nombre de tarea
1	Proyecto
2	Preliminares
3	Limpieza inicial
4	Topografía trazo y nivelación
5	Instalación de bodega
6	Instalación de servicios básicos temporales
7	Niveletas dobles y sencillas
8	Fundaciones
9	Excavación estructural
10	Mejoramiento de suelo
11	Relleno y compactación
12	Acero de refuerzo grado 40
13	Formaletas prefabricadas (placa simón)
14	Concreto de 3000 psi puesto en obra
15	Desalojo de material sobrante
16	Curado de concreto
17	Estructura metálica
18	Columnas metálicas
19	Vigas metálicas
20	Acero estructural (placas de unión)
21	Escalera metálica
22	Viguetas de entrapiso metálico
23	Estructura de concreto

24	Acero de refuerzo #2 grado 40
25	Formaletas prefabricadas (placa simón)
26	Concreto de 3000 psi puesto en obra para vigas y columnas
27	Curado de concreto
28	Estructura de cubierta de techos y fascias
29	Vigas metálicas principales de techo
30	Clavadoras de techo
31	Cubierta de lámina de plycem ondulada de 6mm
32	Cielos
33	Cielo suspendido lamina de fibrocél (sistema plycem)
34	Pisos
35	Conformación y compactación de suelos
36	Colocación concreta para cascate
37	Piso de cerámica de 45x45
38	Entrepiso de lámina plystone de 22 mm
39	Paredes
40	Paredes doble cara tabla tek 14 mm + plock 8mm
41	Paredes doble cara plock 8 mm (particiones internas)

42	Pared de ladrillo cuarterón 2.5'x6'x12' sisdos caras
43	Puertas
44	Suministro e instalación de puertas
45	Ventanas
46	Suministro e instalación de ventanas
47	Instalaciones hidrosanitarias
48	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactación)
49	Sistema de agua potable (tubería PVC sdr-26 de aguas potable de ø= 37mm (1-1/2"), incluye accesorios)
50	Sistemas de aguas pluviales (tubería PVC sdr-41 de aguas pluviales de ø= 150mm (6"), incluye accesorios)
51	Filtro de arena ((excavación relleno y compactación) de zanjas para tubería horizontal para descargue de aguas pluviales)
52	Electricidad
53	Canalización Conduit PVC de 1", incluye accesorios

54	canalización Conduit PVC de 1/2", incluye accesorios
55	Alambre cableado thhn # 8
56	Alambre cableado thhn # 12
57	Luminaria led superficial 1x18 watts Sylvania, super kit-led-48-1-18w-1x2' pies.
58	Tomacorriente levitón cat. 53251-i
59	Apagador levitón cat.5601-i
60	Tablero Cutler hammer de 30 espacios tipo, gh30et200f trifásico
61	Pintura
62	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de látex)
63	Limpieza final
64	Limpieza final de todo el lote

Final-Comienzo (FS) Serie

Comienzo-Comienzo (SS) Paralelo

Limitación en herramientas

Critical

Noncritical

Critical Milestone

Milestone

Critical Summary

Summary

Critical Inserted

Inserted

Critical Marked

Marked

Critical External

External

Project Summary

Highlighted Critical

Highlighted Noncritical

Proyecto: Red a Limitada despues de compresio
Fecha: Wed 12/8/20

Figura 108 Red con limitaciones en herramientas disminuye, fuente: elaboración propia.

Anexo 8 Calendarización del proyecto.

junio 2020

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
1	2	3	4	5	6	7
Limpieza Inicial, 2 días			Topografía	Instalacion de Bodega, 2 días		
				Instalacion		
				Niveletas Dobles y Sencillas, 2 días		
8	9	10	11	12	13	14
Instalaci	Excavacion Estructural, 10 días					
Niveleta:	Acero de refuerzo grado 40, 20 días					
15	16	17	18	19	20	21
Excavacion Estructural, 10 días						
			Mejoramiento de Suelo, 3 días			
Acero de refuerzo grado 40, 20 días						
22	23	24	25	26	27	28
Mejora:						
Acero de refuerzo grado 40, 20 días						
Formaletas Prefabricadas (Placa Simon), 6 días						
29	30					
Acero de refuerzo grado 40, 20 días						
Formaletas:	Concreto de 3000 PSI puesto en obra, 8 días					

julio 2020

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
		1	2	3	4	5
Acero de refuerzo grado 40, 20 días						
Concreto de 3000 PSI puesto en obra, 8 días						
6	7	8	9	10	11	12
Relleno y Compactacion, 6 días				Curado de Concreto, 4 días		
Acero Estructural (Placas de Union), 5 días				Concreto de 3000 PSI puesto en obra, 8 días		
13	14	15	16	17	18	19
Relleno y Compactacion, 6 días				Desalojo de Material sobrante, 3 días		
Curado de Concreto, 4 días		Columnas Metalicas, 19 días				
Acero Estructural (Placas de Union), 5 días						
20	21	22	23	24	25	26
Desalojo de	Columnas Metalicas, 19 días					
27	28	29	30	31		
Columnas Metalicas, 19 días						

agosto 2020

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
					1	2
Columnas Metalicas, 19 días						
3	4	5	6	7	8	9
Columnas Metalicas, 19 días						
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
Viguetas de Entrepiso Metalico, 26 días						
24	25	26	27	28	29	30
Viguetas de Entrepiso Metalico, 26 días						
31						
Viguetas de Entrepiso Metalico, 26 días						

septiembre 2020

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
	1	2	3	4	5	6
Viguetas de Entrepiso Metalico, 26 días						
7	8	9	10	11	12	13
Viguetas de Entrepiso Metalico, 26 días						
				Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm, 3 día		
14	15	16	17	18	19	20
Escalera Metalica, 5 días						
Viguetas de Entrepiso Metalico, 26 días						
Cubierta de lamina de Plycem ondulada de 6mm, 3 días		Conformacion y compactacion de suelos, 5 días				
21	22	23	24	25	26	27
Escalera Metalica, 5 días			Piso de ceramica de 45x45, 19 días			
Conformacion y compactacion de suelos, 5 días						
28	29	30				
Piso de ceramica de 45x45, 19 días						
Tareas desbordadas						
Identificador	Nombre				Comienzo	Fin

30	Clavadores de techo				4/9/20	11/9/20
29	Vigas Metalicas Principales de techo				28/8/20	4/9/20
36	Colocacion concreto para cascote				18/9/20	25/9/20
38	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm				17/9/20	7/10/20
48	Obras civiles (zanjeo, relleno y compactacion)				15/9/20	18/9/20
49	Sistema de agua potable (TUBERIA PVC SDR-26 DE AGUAS POTABLE DE Ø= 37mm (1-1/2"),INCLUYE ACCES				18/9/20	21/9/20
50	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCE				22/9/20	3/10/20

octubre 2020



Tareas desbordadas

Identificador	Nombre	Comienzo	Fin
38	Entrepiso de lamina Plystone de 22 mm	17/9/20	7/10/20
50	Sistemas de aguas pluviales (TUBERIA PVC SDR-41 DE AGUAS PLUVIALES DE Ø= 150mm (6"),INCLUYE ACCE	22/9/20	3/10/20
51	Filtro de arena ((EXCAVACION RELLENO Y COMPACTACION) DE ZANJAS PARA TUBERIA HORIZONTAL PARA	3/10/20	7/10/20
55	ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	17/10/20	20/10/20
56	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	21/10/20	6/11/20
60	TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	20/10/20	26/10/20
57	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	29/10/20	7/11/20

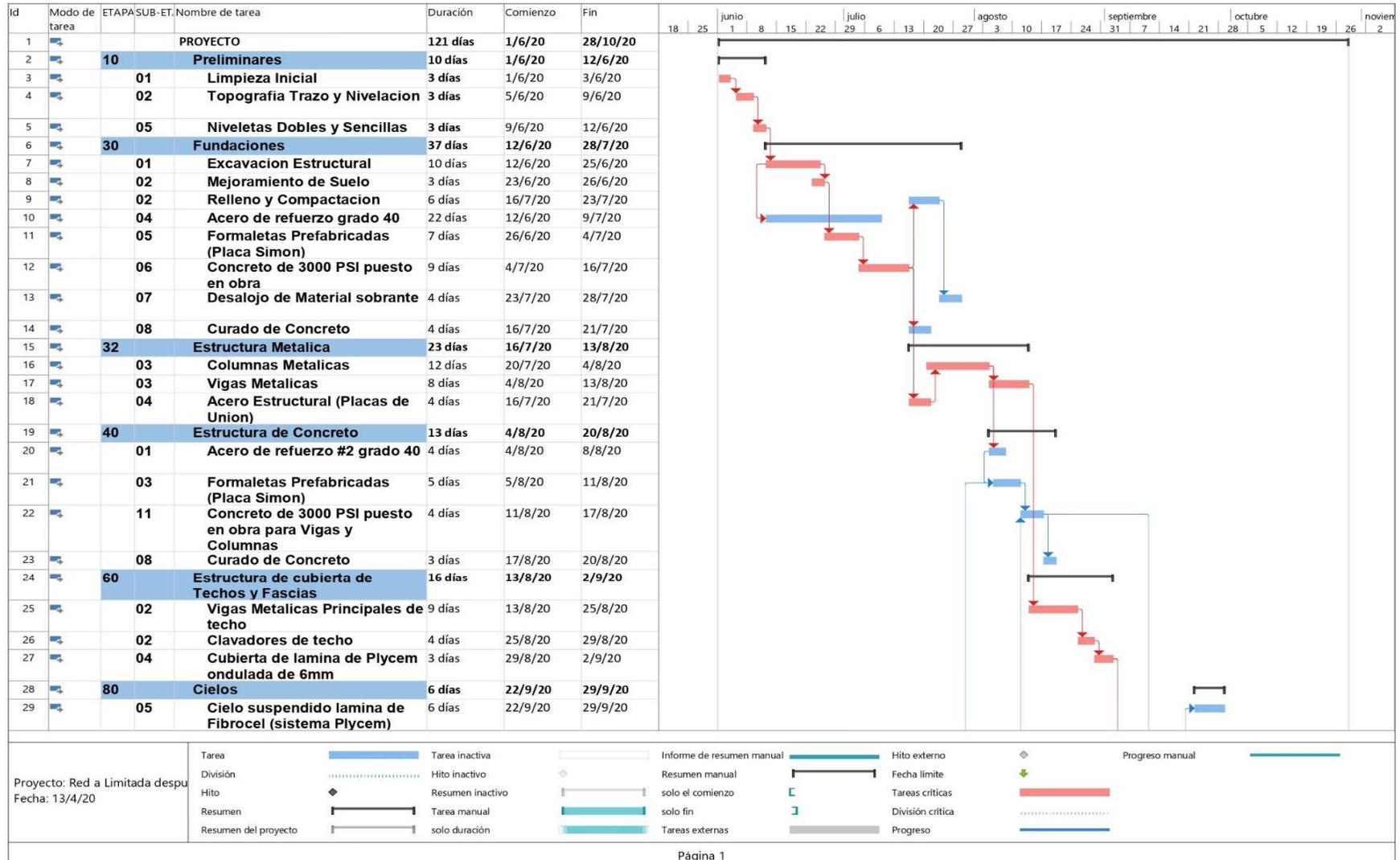
noviembre 2020

lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	
						1	
Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem), 18 días							
2	3	4	5	6	7	8	
Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem), 18 días							
Suministro e Instalacion de Ventanas, 7 días							
9	10	11	12	13	14	15	
Cielo suspendido lamina de Fibrocel (sistema Plycem), 18 días							
Suministro e Instalacion de Ventan							
16	17	18	19	20	21	22	
LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE, 6 días							
23	24	25	26	27	28	29	
LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE, 6 días							
30							
Tareas desbordadas							
Identificador	Nombre					Comienzo	Fin

56	ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	21/10/20	6/11/20
57	LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	29/10/20	7/11/20
58	TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	2/11/20	7/11/20
59	APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	2/11/20	7/11/20
62	Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	3/11/20	18/11/20

Anexo 9 Programación para edificios 02,03 y 04 Edificio 02

Tabla 58 Diagrama de Gantt para edificio 02





Id	Modo de tarea	ETAPA	SUB-ET	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Gantt Chart (Junio a Noviembre)																											
49		02		CANALIZACION CONDUIT PVC DE 1/2", INCLUYE ACCESORIOS	13 días	14/9/20	30/9/20	[Gantt bar from 14/9/20 to 30/9/20]																											
50		03		ALAMBRE CABLEADO THHN # 8	3 días	17/9/20	21/9/20	[Gantt bar from 17/9/20 to 21/9/20]																											
51		04		ALAMBRE CABLEADO THHN # 12	11 días	26/9/20	9/10/20	[Gantt bar from 26/9/20 to 9/10/20]																											
52		05		LUMINARIA LED SUPERFICIAL 1X18 WATTS SYLVANIA ,SUPER KIT-LED-48-1-18W-1X2` PIES.	5 días	2/10/20	8/10/20	[Gantt bar from 2/10/20 to 8/10/20]																											
53		06		TOMACORRIENTE LEVITON CAT. 53251-I	5 días	2/10/20	8/10/20	[Gantt bar from 2/10/20 to 8/10/20]																											
54		07		APAGADOR LEVITON CAT.5601-I	5 días	2/10/20	8/10/20	[Gantt bar from 2/10/20 to 8/10/20]																											
55		08		TABLERO CUTLER HAMMER DE 30 ESPACIOS TIPO, GH30ET200F TRIFASICO	5 días	22/9/20	28/9/20	[Gantt bar from 22/9/20 to 28/9/20]																											
56		201		Pintura	15 días	3/10/20	22/10/20	[Gantt bar from 3/10/20 to 22/10/20]																											
57		01		Pintura (1 mano de sellador y 2 manos de latex)	15 días	3/10/20	22/10/20	[Gantt bar from 3/10/20 to 22/10/20]																											
58		202		Limpieza Final	5 días	22/10/20	28/10/20	[Gantt bar from 22/10/20 to 28/10/20]																											
59		01		LIMPIEZA FINAL DE TODO EL LOTE	5 días	22/10/20	28/10/20	[Gantt bar from 22/10/20 to 28/10/20]																											



Proyecto: Red a Limitada despu Fecha: 13/4/20	Tarea		Tarea inactiva		Informe de resumen manual		Hito externo		Progreso manual	
	División		Hito inactivo		Resumen manual		Fecha limite			
	Hito		Resumen inactivo		solo el comienzo		Tareas criticas			
	Resumen		Tarea manual		solo fin		División critica			
	Resumen del proyecto		solo duración		Tareas externas		Progreso			

Tabla 59 Diagrama de Gantt para edificio 03

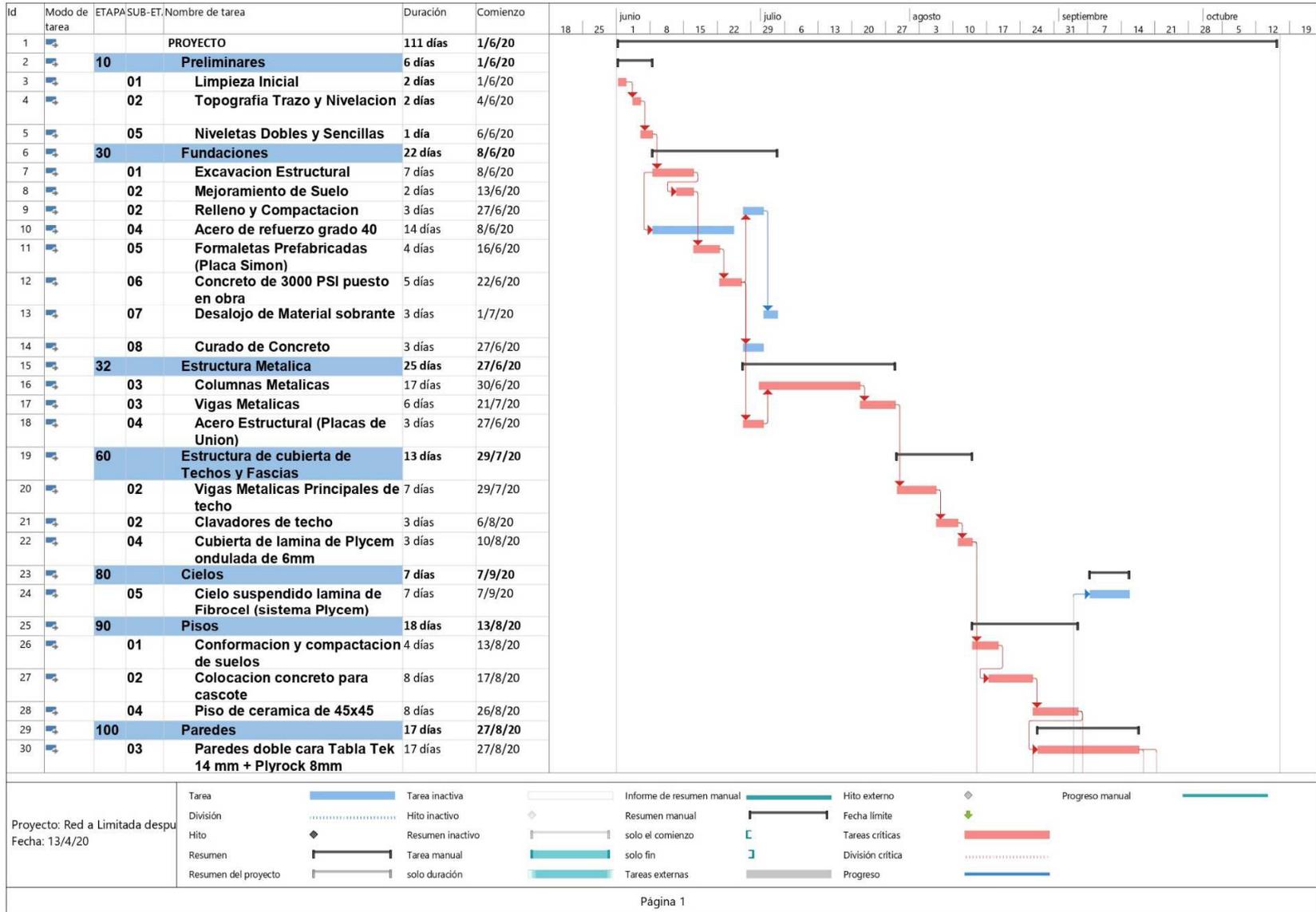
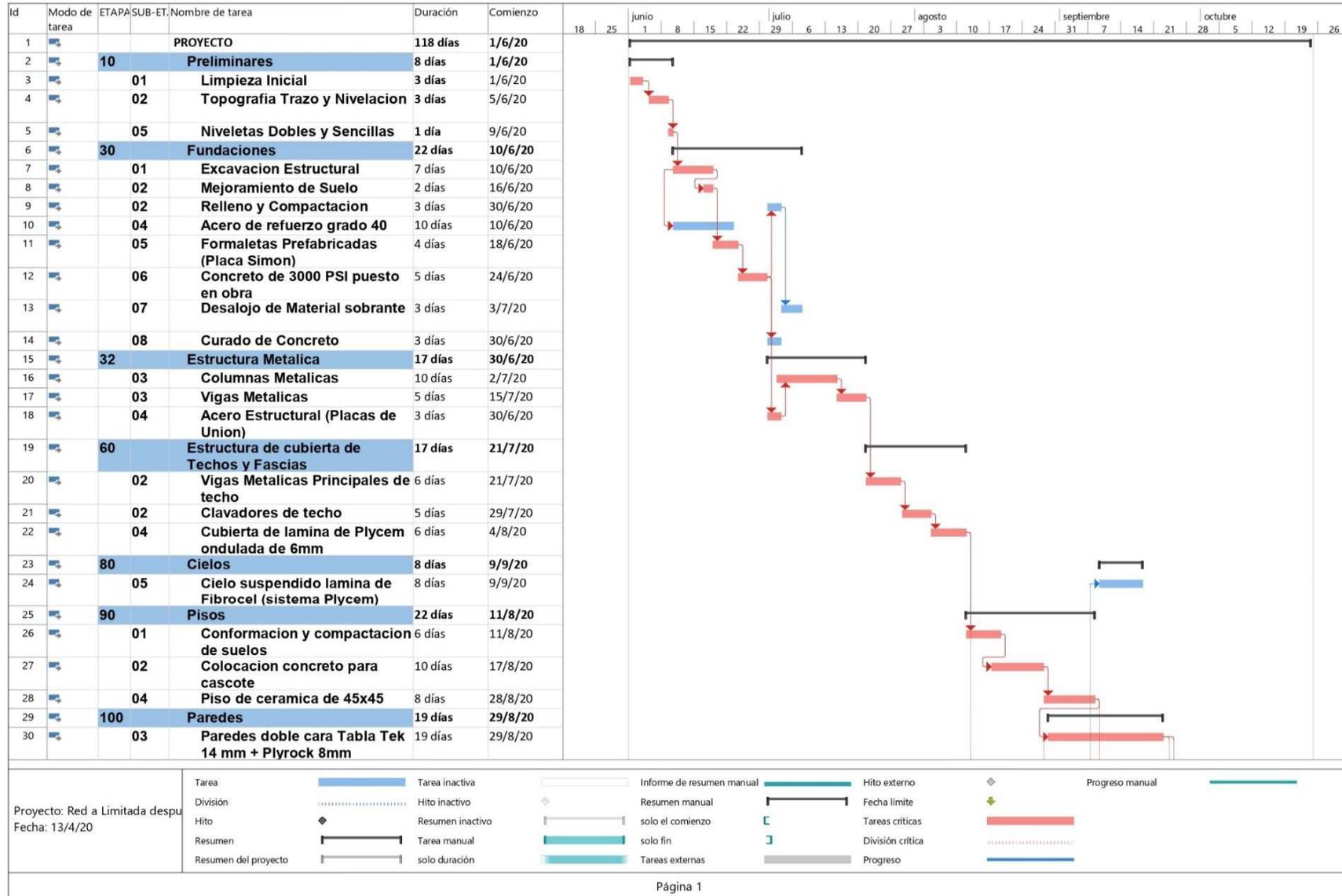


Tabla 60 Diagrama de Gantt para edificio 04



Anexo 10 Plano Topográfico

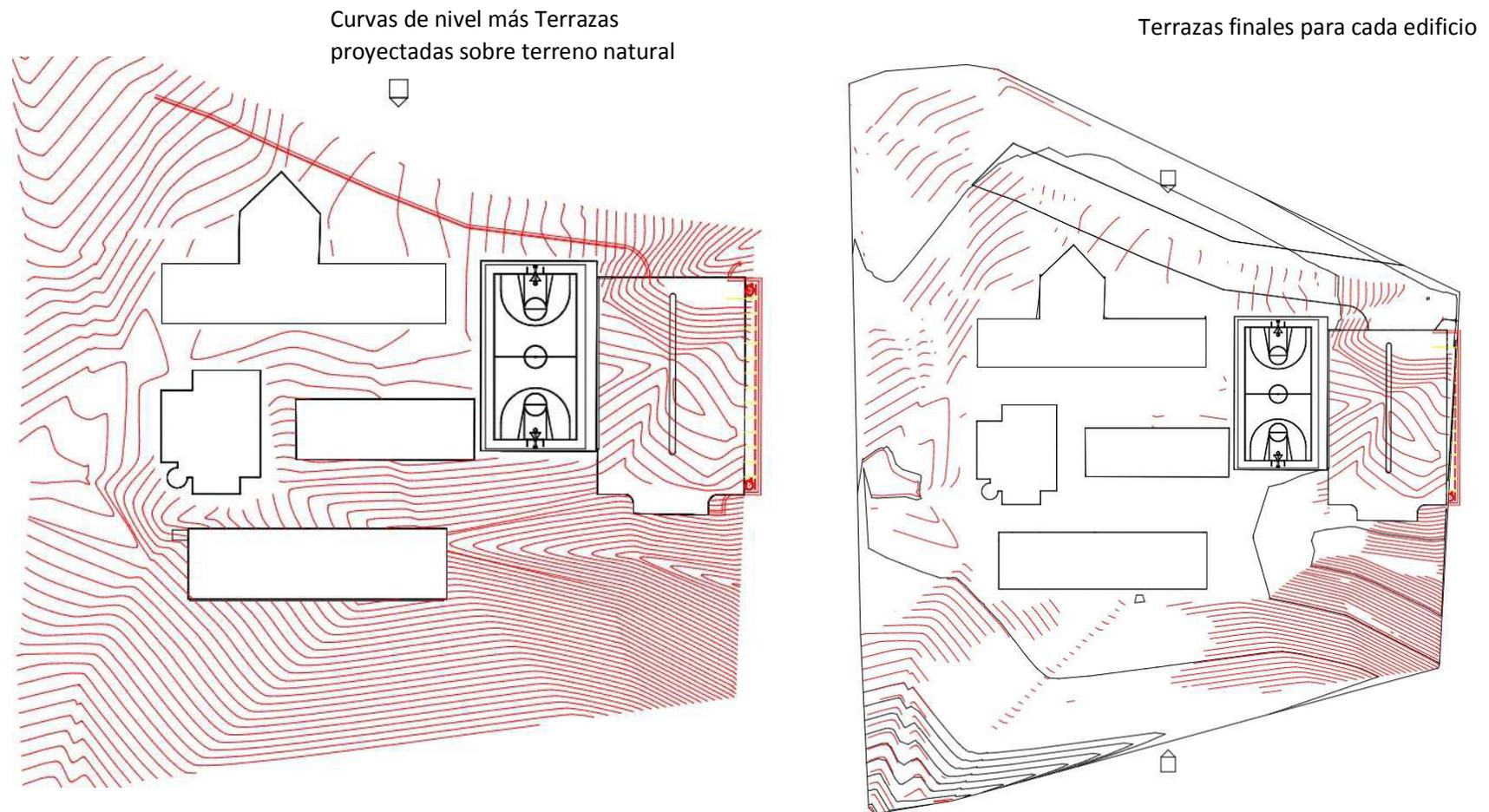


Figura 109. Curvas de nivel y terrazas en terreno, fuente: elaboración propia.

Anexo 11 Tabla de Porcentajes de Desperdicios

Tabla 61 Desperdicios en materiales

CONCEPTO	% DE DESPERDICIO
CEMENTO	5
ARENA	15 al 30
GRAVA	15
AGUA	30
CONCRETO PARA FUNDACIONES	5
CONCRETO PARA COLUMNAS Y MUROS	4
CONCRETO PARA LOSAS	3
CONCRETO PARA VIGAS INTERMEDIAS	5
MORTERO PARA JUNTAS	30
MORTERO PARA ACABADOS	7
MORTERO PARA PISOS	10
LECHADA CEMENTO BLANCO	15
ESTRIBOS	2
VARILLAS CORRUGADAS	3
ALAMBRE DE AMARRE # 18	10
CLAVOS	30
BLOQUES	7
LADRILLO CUARTERON	10
LAMINAS LISAS PLYCEM	10
GYPSUM	5
PANEL W	3
PREFABRICADOS	2
LADRILLOS	5
CERAMICA	5
AZULEJO	5
FORMALETAS	20
ANDAMIOS	5
LAMINAS ONDULADAS PLYCEM	5
LAMINAS DE ZINC	2
TUBOS DE ACERO	2
TORNILLOS	5
PERLINES	2
MADERA CRUDA	20
TUBOS CONDUIT	5
ALAMBRE PARA ENERGÍA ELECTRICA	15

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 12 Planos