

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL



PROPUESTA DE EJECUCIÓN CONSTRUCTIVA DE LA OBRA “LOS DIJES DEL GOLF” PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE EL PROCESO BIM CON EL SOFTWARE REVIT, EN LA CIUDAD DE TRUJILLO DEL 2015

Área de Investigación: Gestión de Proyectos

AUTORES: Br. SICCHA PACHAMANGO, Alex Enrique

Br. VILLARRUEL PASTOR, Juan Carlos

ASESOR: Ing. PAREDES ESTACIO, Jorge Luis

Nº de Registro: _____

TRUJILLO, SETIEMBRE DEL 2015

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios y que siempre ilumine nuestro camino.

A mi familia por su incondicional apoyo.

A mi alma máter la Universidad Privada Antenor Orrego.

Alex Enrique Siccha Pachamango

Dedico esta tesis a Dios para que siempre me guíe mi camino.

A mi familia que siempre me estuvo apoyando.

A mi alma máter la Universidad Privada Antenor Orrego.

Juan Carlos Villarruel Pastor

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN	
1.1. Realidad Problemática	1
1.2. Antecedentes y Justificación del Problema	2
1.2.1. Antecedentes	2
1.2.1.1. Tesis locales	2
1.2.1.2. Tesis nacionales	3
1.2.1.3. Tesis internacionales	5
1.2.2. Justificación del Problema	8
1.3. Formulación del Problema	9
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo General	9
1.4.2. Objetivos Específicos	9
1.5. Hipótesis	10
1.5.1. Identificación de variables	10
1.5.2. Definición de las variables	10
1.5.3. Operacionalización de las Variables	11
2. CAPITULO II : MARCO TEÓRICO	
2.1. Modelado de la Información de la Edificación(BIM)	12
2.1.1. Definición	12
2.1.2. Beneficios del uso del BIM.....	13
2.1.3. Adopción de tecnologías BIM en el Perú.....	15

2.1.4. Herramientas de la metodología BIM	16
2.2. Autodesk REVIT	17
2.2.1. Historia	17
2.2.2. Ventajas del Revit	18
2.3. La Productividad	19
2.3.1. Filosofía Lean Construction	21
2.3.1.1. Definición	21
2.3.1.2. Sectorización de una edificación	22
2.3.1.3. Tren de actividades	24
2.4. Definiciones a tener en cuenta para el modelamiento.....	25
2.4.1. Estructuras	25
2.4.1.1. Muros de concreto armado o placas	25
2.4.1.2. Vigas de concreto armado	26
2.4.2. Instalaciones Sanitarias	27
3. CAPITULO III : MATERIAL Y PROCEDIMIENTO	
3.1. Material de Estudio	28
3.1.1. Población	28
3.1.2. Muestra	28
3.2. Método	28
3.3. Procedimiento	29
3.3.1. Recolección de datos	29
3.3.2. Modelado BIM en Revit 2015	30
3.3.2.1. Modelamiento de Estructuras	30
3.3.2.2. Modelamiento de Arquitectura	38
3.3.2.3. Modelamiento de Instalaciones Sanitarias....	41
4. CAPITULO VI : RESULTADOS	
4.1. Metrados obtenidos del Revit	49
4.1.1. Placas / columnas	49
4.1.2. Vigas / viguetas	50
4.1.3. Losas	51
4.2. Sectorización del proyecto	52
4.2.1. Metrados del Proyecto (Excel)	52

4.2.1.1.	Placas / Columnas	52
4.2.1.2.	Losas	56
4.2.1.3.	Vigas	59
4.2.2.	Sectorización	60
4.2.2.1.	Cálculo duración meta en Obra	70
4.2.2.2.	Cálculo de cuadrillas, duración meta y hh/día (Lunes a Viernes)	71
4.2.2.3.	Cálculo de cuadrillas, duración meta y hh/día (Sábados)	81
4.3.	Tren de actividades	84
5.	CAPITULO V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
5.1.	Metrados del proyecto (Comparación Excel vs Revit).....	89
5.1.1.	Placas / columnas	89
5.1.2.	Vigas	89
5.1.3.	Losas	89
5.2.	Sectorización	89
5.3.	Trenes de actividades	90
5.4.	Comparación del presupuesto teórico con el real	90
6.	CAPITULO VI : CONCLUSIONES	92
7.	CAPITULO VII : RECOMENDACIONES	93
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
9.	ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I.1: Operacionalización de las variables	11
Cuadro VI.1: Cuantificación de concreto, encofrado y acero en Placas/Columnas	49
Cuadro VI.2: Cuantificación de concreto en Vigas	50
Cuadro VI.3: Cuantificación de acero en Vigas	50
Cuadro VI.4: Cuantificación de concreto en Viguetas	50
Cuadro VI.5: Cuantificación de concreto y encofrado en Losas...	51
Cuadro VI.6: metrado de placas – concreto	53
Cuadro VI.7: metrado de placas – encofrado	54
Cuadro VI.8: metrado de placas – acero	55
Cuadro VI.9: metrado de losas – concreto	57
Cuadro VI.10: metrado de losas – encofrado	58
Cuadro VI.11: Resumen de Metrados	60
Cuadro VI.12: División de sectores por metrados	60
Cuadro VI.13: Sectorización por metrado de concreto en Placas/columnas	62
Cuadro VI.14: Sectorización por metrado de encofrado en Placas/columnas	63
Cuadro VI.15: Sectorización por metrado de acero en Placas/columnas	64
Cuadro VI.16: Sectorización por metrado de concreto en Losas...	66
Cuadro VI.17: Sectorización por metrado de encofrado en Losas..	67
Cuadro VI.18: Sectorización por metrado de acero en Losas.....	68

Cuadro VI.19: Sectorización por metrado de concreto en Vigas...	68
Cuadro VI.20: Sectorización por metrado de encofrado en Vigas.	68
Cuadro VI.21: Sectorización por metrado de acero en Vigas	69
Cuadro VI.22: Resumen de metrados por sectores	69
Cuadro VI.23: Actividades por día	85
Cuadro VI.24: Lookahead de actividades por día	85
Cuadro VI.25: Operarios a necesitar en cada actividad por día...	86
Cuadro VI.26: Oficiales a necesitar en cada actividad por día.....	86
Cuadro VI.27: Peones a necesitar en cada actividad por día.....	87
Cuadro VI.28: Cuadro Resumen de Asignación Personal	87
Cuadro V.1: Cuadro comparativo Metrados de Placas/columnas	
Revit vs Excel	89
Cuadro V.2: Cuadro comparativo Metrados en Vigas	
Revit vs Excel	89
Cuadro V.3: Cuadro comparativo Metrados en Losas	
Revit vs Excel	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura II.1: Building Information Modeling	13
Figura II.2: Ejemplo de un proyecto con base BIM	15
Figura II.3: Comité BIM en Perú formado por CAPECO	16
Figura II.4: Software Revit del Autodesk	18
Figura II.5: Antes y después de mejorar la productividad	20
Figura II.6: Aplicación de la filosofía Lean	22
Figura II.7: Procedimiento para realizar una sectorización	23
Figura III.1: Interfaz de Estructuras en Revit 2015	31
Figura III.2: Herramienta Pilar	31
Figura III.3: Edición de las columnas	32
Figura III.4: Creación de columnas de forma irregular	32
Figura III.5: Visualización en 3D de todas las columnas	33
Figura III.6: Colocación del acero en columnas	33
Figura III.6.1: Visualización en 3D del acero en columna	34
Figura III.7: Herramienta para dibujar vigas	34
Figura III.8: Visualización en 3D de vigas	35
Figura III.9: Visualización en 3D del acero en Vigas	35
Figura III.10: Dibujado de viguetas	36
Figura III.11: Visualización de viguetas en 3D	36
Figura III.12: Herramienta Losa	37
Figura III.13: Visualización en 3D de piso típico	37
Figura III.14: Visualización en 3D de los 4 niveles	38
Figura III.15: Interfaz de Arquitectura en Revit 2015	38

Figura III.16: Dibujo de Muro en Arquitectura	39
Figura III.17: Visualización en 3D de todos los muros	39
Figura III.18: Herramienta Puertas y Losa	40
Figura III.19: Visualización en 3D de piso típico	40
Figura III.20: Visualización en 3D de los 4 niveles	41
Figura III.21: Plano en AutoCAD de Instalaciones Sanitarias	42
Figura III.22: Herramienta para Vincular archivo CAD	42
Figura III.23: Interfaz de Sistemas en Revit 2015	42
Figura III.24: Herramienta para colocar Aparatos Sanitarios	43
Figura III.25: Cargar familias de aparatos Sanitarios	43
Figura III.26: Visualización en 3D de un inodoro	44
Figura III.27: Herramienta y edición para tuberías	44
Figura III.28: Colocación de Tuberías	45
Figura III.29: Colocación de válvulas	45
Figura III.30: Visualización en 3D de conexiones a aparatos	46
Figura III.31: Añadir niveles típicos	46
Figura III.32: Visualización en 3D de instalaciones de agua fría y caliente	47
Figura III.33: Dibujo de las tuberías de desagüe	47
Figura III.34: Tuberías de desagüe en Cortes	48
Figura III.35: Visualización en 3D de Instalaciones de Desagüe...	48
Figura VI.1: Gráfica de barras de Personal por día	88

RESUMEN

Durante la construcción de todo tipo de proyecto, sin excepción, siempre se presentan deficiencias tanto en los documentos contractuales de diseño e ingeniería (planos y especificaciones técnicas) como en el proceso constructivo de la obra. Por lo cual, estas deficiencias influyen e impactan negativamente durante la etapa de construcción sobre los costos y plazos de ejecución del proyecto y afectan posteriormente la calidad de la misma.

Para lo cual, actualmente, las mejores herramientas para el área de ingeniería civil es el empleo de computadoras y de software especializado, debido a la capacidad que ofrecen al ingeniero de potencializar su trabajo, reduciendo los tiempos de ejecución de los mismos.

En esta investigación haremos uso de un software especializado BIM (REVIT), el cual nos permitirá modelar las especialidades de estructuras e instalaciones sanitarias del edificio en 3D, para luego obtener las cuantificaciones de los materiales requeridos (acero, encofrado y concreto), también se aplicará herramientas de la filosofía Lean Construction como lo es la Sectorización y el Tren de actividades.

Al realizar la modelación con el software revit encontramos 30 incompatibilidades las cuales fueron resueltas en el diseño para posteriormente cuantificar los metrados con un error promedio de 1.50% respecto a una elaboración manual. Permittiéndonos luego desarrollar la programación, con la aplicación de la sectorización y el tren de actividades basados en la filosofía Lean Construction, en un plazo de 43 días; representando este una reducción del 32% del plazo original de Obra. Esto nos proporciona un mejor control y nivelación de los rendimientos de la Mano de Obra, que generan una reducción del presupuesto en Costo Directo en el orden del 44% y que tienen base a una mejora en la productividad.

ABSTRACT

During the construction of all types of projects, without exception, always present deficiencies in both contractual and engineering design documents (drawings and specifications) and the construction process of the work. Therefore, these deficiencies affect and negatively influence during the construction phase on the costs and deadlines of the project and subsequently affect the quality of it.

For that, currently, the best tools for civil engineering area is the use of computers and specialized software, because they offer the ability to engineer potentiate their work, reducing execution times thereof.

In this research we will use specialized software BIM (Revit), which will allow us to model the specialties of structures and sanitary building in 3D, and then get the quantifications of the required materials (steel, formwork and concrete), also tools will apply Lean Construction philosophy as is the train Sectorization and activities.

To perform modeling with revit software incompatibilities we found 30 of which were resolved in the later design quantify metrados error averaging 1.50% compared to manual processing. Then allowing us to develop programming with the application of zoning and train based on Lean Construction philosophy, within 43 days of activities; this represents a reduction of 32% of the original period of construction. This provides better control and leveling yields of Manpower, which generate a budget reduction in direct cost in the order of 44% and are based on an improvement in productivity.

1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En la mayoría de los proyectos de construcción, se presentan incongruencias entre los planos de las diferentes especialidades, ya que primero el arquitecto hace la distribución conceptual, para luego el ingeniero estructuralista diseñe los planos estructurales y siguiente a esto los especialistas de instalaciones eléctricas y sanitarias terminen el proyecto. Consecuentemente a esto, siempre hay imprevistos e incongruencias entre las diversas especialidades, y debido a que no se pueden reunir físicamente a los cuatro especialistas, se tendría que realizar una representación virtual de cómo se comportan todas las especialidades unidas. Para esto se hace uso de softwares que nos facilitan la visualización de la obra ejecutada, donde saltan a la vista las incomptabilidades.

En el presente, muchos grandes proyectos internacionales hacen uso del sistema BIM, con la finalidad de corregir las deficiencias de diseño que podrían generar retrasos y sobrecostos durante la ejecución de la obra.

La propuesta constructiva de la obra “Los Dijes del Golf” será ejecutada en la urbanización El Golf, en el distrito de Víctor Larco Herrera, en la ciudad de Trujillo. De no conllevar una buena gestión de la ejecución del proyecto, esta podría generar retrasos asociados a multas por incumplimiento del plazo. Por otro lado los sobrecostos debido a trabajo rehecho afectan los costos programados en Obra que podrían afectar la calidad de la Obra al tratar ajustarse a un presupuesto establecido.

1.2. Antecedentes y justificación del problema

1.2.1. Antecedentes

1.2.1.1. Tesis locales

TL1: Riccer Salvatierra, Damaris Madaleine & Solórzano Esparza, Milton Alejandro (2014) “Modelo de gestión integrando nuevas tecnologías de información para gestionar eficientemente el proyecto: Condominio Residencial Sol de Villa”. Universidad Privada Antenor Orrego – Trujillo, Perú.

En esta tesis se propuso la integración y uso de nuevas tecnologías de información: Allplan 2014, software para el modelamiento BIM (plataforma Building Information Modeling) y reporte de metrados. Opus Planet 2014, software para la elaboración de presupuestos y análisis de precios unitarios. Impera 2.2, software para la planificación y control de proyectos. Y el Ms Excel, software de soporte para el registro de datos obtenidos. Además ofrece una propuesta de mayor alcance, menor costo, menor tiempo de ejecución, y a mejor calidad. Esto resulta que la empresa L&G contratistas SAC, empresa ejecutora de proyectos de construcción perteneciente al grupo GYLSA, adopte nuevas tendencias competitivas y cumpla con todas las exigencias que presenta actualmente el mercado.

CONCLUSIONES:

- ✓ Con ayuda de los softwares que apoyan la metodología BIM, podemos controlar la calidad de ejecución, el cronograma de obra y consecuentemente beneficia el presupuesto de obra.

1.2.1.2. Tesis nacionales

TN 1: Paul Vladimir Alcántara Rojas (2013) “Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM”. Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, Perú.

En esta tesis se hace mención a las mayorías de las deficiencias mostradas dentro de una obra de construcción y de cómo el sistema BIM ayudaría a controlar y mejorar esto, además hace mención a una de las herramientas TIC, la cual permite mejorar los tradicionales procesos de construcción. Por consiguiente, con la aplicación del BIM nos permite compatibilizar e integrar el diseño del proyecto por anticipado y mucho antes de llegar al campo, eliminando desperdicios desde el diseño.

CONCLUSIONES:

- ✓ El realizar un modelado BIM-3D de la edificación permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal diseñados. El modelo no solo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. Además permiten evaluar aspectos constructivos a través de la gestión de subcontratistas.
- ✓ BIM provee un modelo exacto del diseño requerido para cada sector del proyecto. Esto puede proveer las bases para mejorar el planeamiento y programación de subcontratistas y ayudar a para asegurar la llegada justo a tiempo (just-in-time) de personas, equipamiento y materiales.

TN 2: Karem Ulloa Román & José Salinas Saavedra (2013) “Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas-Perú.

En esta década se han venido creando herramientas poderosas que han desplazado largamente el CAD como lo es el Modelado de la Información de la Construcción o BIM (Building Information Modeling) que genera una base de datos del modelo y del cual no solamente podemos obtener la visualización en 3D, sino que nos permite extraer todo tipo de información como áreas, volúmenes, cantidades, propiedades de los elementos, precios y muchas aplicaciones que nos facilitan el trabajo de constructabilidad y ayudan en la mejora de la productividad.

CONCLUSIONES:

- ✓ El uso del BIM en las organizaciones, es una novedosa propuesta de gestión del diseño y construcción, que nos permitirá tomar decisiones en etapas tempranas, eliminar desperdicios y obtener mejoras en la productividad como las que se han obtenido en otros países.
- ✓ El éxito de la implementación de BIM radica en el enriquecimiento del modelo por parte de los involucrados, por ello es necesario que exista un responsable (BIM manager) quien tendrá como función principal. Organizar el equipo de modeladores BIM recopilar e identificar las interferencias e incompatibilidades detectadas por los modeladores, agendar y convocar a los involucrados a las sesiones de trabajo y establecer los plazos para el cumplimiento.
- ✓ El uso de BIM en proyectos del sector público resolverá las controversias que se presentan en la actualidad por falta de información y se tendría presupuestos con menos sobrecostos.

1.2.1.3. Tesis Internacionales

TI 1: Max Christopher Murcio Juárez (2013) “Análisis y diseño estructural utilizando modelo BIM”-México. Universidad Nacional Autónoma de México.

El emplear tecnología BIM requiere de un grupo pequeño operador de las herramientas de la plataforma empleada, pero con una alta capacitación especializada en el manejo de los programas, así como un grupo directivo técnico de ingeniería, experto en cada una de las disciplinas involucradas en el proyecto, para coordinación, así como encargado de proporcionar los criterios y decisiones a los operadores de la paquetería, para que el modelo simule adecuadamente el comportamiento físico y funcionamiento de las instalaciones de la edificación. Con esto se minimiza los grupos de ingeniería, pero estos deben ser considerados con alta preparación técnico y capacitación en manejo de la plataforma.

CONCLUSIONES:

- ✓ La utilización de plataforma BIM elimina la necesidad de contar con grupos, puesto que el operador de los programas genera el modelo y los planos, listas de materiales y demás documentos gráficos que elaboraban los grupos de dibujo, ahora solo son representaciones que el operador de la plataforma obtiene automáticamente del modelo, sin el riesgo de equivocaciones en cotas,, cortes, vistas, etc.
- ✓ La metodología BIM, por tanto, surge como una nueva alternativa, con proyección a establecer una nueva forma de llevar a cabo los proyectos de edificación, donde el manejo de la información hoy en día de manera oportuna, eficaz y congruente, se ha vuelto una ventaja altamente competitiva en el ámbito de la ingeniería civil como en muchas otras áreas, es por ello que la innovación que conlleva

esta nueva tecnología, permite a los actuales y futuros ingenieros nuevas oportunidades de crecer profesionalmente.

- ✓ El uso de computadoras en el análisis y diseño estructural, los aspectos más relevantes en los cuales recae la importancia de este proceso es el correcto modelaje de la estructura y acciones, así como también en la elección del método de análisis que sea aplicable y que mejor represente los aspectos a representar de la edificación.

TI 2: Nicolás David Hernández Silva (2011) “Procedimiento para la coordinación de especialidades en proyectos con plataforma BIM”. Universidad de Chile.

El objetivo de esta investigación es generar un procedimiento para el correcto desarrollo de la coordinación entre las distintas especialidades involucradas en un proyecto de construcción basado en plataformas BIM.

CONCLUSIONES:

- ✓ Se concluyó, luego del levantamiento del estado de la situación actual de la coordinación de proyectos en Chile, que es necesario un mejor entendimiento entre las especialidades de un proyecto, principalmente entre las de proyecto de arquitectura con proyecto de cálculo; juntas, según los encuestados, están involucradas en un 59% de las RDI de un proyecto. Se necesita, también, que se logre una colaboración constructiva para poder coordinar ambas especialidades, y, así, en las siguientes etapas del diseño el resto de las especialidades se topen con la menor cantidad de interferencias y colisiones.

TI 3: Gonzalo Daniel Aliaga Melo (2012) “Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios”-Chile.

En este trabajo se proyecta una metodología adecuada, para implementar el BIM en una empresa de ingeniería de proyectos industriales que comprenda la integración de múltiples disciplinas, con el fin de crear el proyecto en base a un modelo virtual que lo represente y por lo tanto logrando mejorar la coordinación y comunicación de las distintas especialidades que participan, generando de esta manera un flujo de trabajo colaborativo del diseño del proyecto.

CONCLUSIONES:

- ✓ Implementar una metodología, independiente de las propiedades o características del proyecto, requiere un proceso de adaptación que tendrá un rango de duración variable, dependiendo de factores principalmente internos por motivo de la cantidad de gente involucrada. Se deben crear los incentivos correctos, y ver la forma en cómo se organiza el proyecto. Los beneficios de un cambio en el diseño de ingeniería basado en modelos BIM son principalmente a largo plazo, por lo que una visión cortoplacista y búsqueda de beneficios inmediatos no es útil dentro de las condiciones de trabajo que se desean mantener.

- ✓ La capacidad de lograr estandarizar una metodología completa de trabajo no se puede asegurar, pues a pesar de que existen cierto tipo de proyectos similares, la forma en cómo se desarrolla cada uno de ellos va a producir modificaciones en el proceso de diseño. De todas formas el método planteado entrega una base de metodología con plataformas BIM, que dependiendo del grupo de trabajo se irán produciendo adaptaciones y mejoras generales, y con el paso del

tiempo generar una estrategia de procedimiento propia y más específica en base a la experiencia adquirida.

1.2.2. Justificación del problema

- ✓ ¿Por qué es importante investigar este problema?

Porque al aplicar el BIM con el software Revit junto con la filosofía lean en la obra propuesta demostraremos la efectividad de esta metodología en cuanto a la mejora en la productividad durante el proceso constructivo de una obra.

- ✓ ¿Cuáles serán sus aportes?

Como nuestra investigación es principalmente una propuesta, dependerá de si es o no ejecutada para poder generar aportes, en el caso de ser ejecutada, los datos resultados obtenidos del Revit serán de ayuda para el proceso constructivo de la obra que se está proponiendo.

Además estamos proponiendo hacer uso de herramientas Lean, mediante la cual se puede hacer una mejor organización en cuanto a la mano de obra que se necesitaría por días para poder cumplir con las tareas que se les asigna.

- ✓ ¿A quiénes pudiera beneficiar?

Esta investigación podrá beneficiar a futuros proyectos en nuestra ciudad que quieran hacer uso de la metodología BIM durante la gestión de los proyectos, ya que les daría más accesibilidad a las cantidades de materiales que necesitarían, y también la cantidad de mano de obra que requerirían para cumplir las partidas por semanas, e inclusive si se dieran cambios considerables en los planos

estructurales, y se quisiera sacar nuevas cantidades de materiales, esto se podrá realizar fácilmente en el Revit.

- ✓ ¿Factibilidad: económica, técnica, bibliográfica, etc.?

Esta investigación si es factible económicamente ya que no se requiere de un gran gasto económico. También, es factible bibliográficamente ya que este tema es extenso, además de ser innovador. El BIM ya es conocido en otros países con alto desarrollo en infraestructura, por lo que sería una gran ventaja si es implementado en la mayoría de las grandes obras que se están llevando a cabo en nuestro país.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo desarrollar la propuesta de ejecución constructiva de la obra “Los Dijes del Golf” para mejorar la productividad mediante el proceso BIM con el software Revit, en la ciudad de Trujillo del 2015?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar la propuesta de ejecución constructiva de la obra “Los Dijes del Golf” para mejorar la productividad mediante el proceso BIM con el software Revit en la ciudad de Trujillo, del 2015.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Recopilar la información básica de las partidas (metrados, presupuesto, cronograma) con la que cuenta AVICIP sobre su proyecto: “Condominio Residencial Inhouse”.

- ✓ Modelar en 3D la edificación de 4 niveles con ayuda del software Revit.
- ✓ Comparar resultados obtenidos del Revit con los tomados de una obra real, en las partidas de estructuras y sanitarias.
- ✓ Utilizar las herramientas Lean de sectorización y trenes de actividades para la propuesta de obra “Los Dijes del Golf”.
- ✓ Realizar una comparación de presupuesto de lo teórico con lo real.

1.5. Hipótesis

Se desarrolla una propuesta de ejecución constructiva de la obra “Los Dijes del Golf” con la finalidad de mejorar la productividad mediante la metodología BIM con el software Revit, en la ciudad de Trujillo del 2015.

1.5.1. Identificación de variables

Variable Dependiente: Mejorar la productividad mediante la metodología BIM con el software Revit.

Variable Independiente: Desarrollar una propuesta de ejecución de la Obra “Los Dijes del Golf”.

1.5.2. Definición de variables

Mejorar la productividad con metodología BIM: Para poder mejorar la productividad se deberá optimizar los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores. Cuando se habla de productividad se debe entender la relación que guardan los resultados obtenidos para con los recursos empleados en el logro de los mismos. Para lo cual, en esta investigación se logrará tales resultados con el software Revit, caracterizado por tener la capacidad de realizar modelamientos virtuales en

los cuales nos muestran características geométricas y geográficas, además nos ayuda con el diseño de una construcción, nos proporciona los recursos necesarios para dicha construcción y las propiedades de los componentes de un edificio (por ejemplo, detalles de fabricantes de puertas); tales propiedades no están incluidas dentro los programas CAD, por lo que no pueden ser considerados parte de la metodología BIM.⁽¹⁾

Desarrollar una propuesta de ejecución: Al poder modelar en 3D nuestra obra propuesta en el software Revit tenemos la facilidad de apreciar detalles ya sea en cortes y/o elevaciones, por ejemplo: Si un maestro, destinado a el armado de acero, no tiene una noción clara de cómo colocar el acero en el cruce de una columna con viga, entonces fácilmente desde el Revit, se le podrá mostrar cómo es que debe ir, y así evitarse contratiempos y problemas futuros como trabajos rehechos. Además, haciendo uso de herramientas Lean (sectorización y trenes de actividades) podremos organizar correctamente el avance de la obra con las cuadrillas necesarias por día.

1.5.3. Operacionalización de variables

Cuadro I.1: Operacionalización de las Variables

VARIABLE	Dimensiones	Indicadores	Nivel de Medición
VD: “Mejorar la productividad mediante la metodología BIM con el software Revit”	Diseño BIM	Uso de software Revit: Modelamiento del Proyecto	Nominal
	Verificación de metrados	Eficiencia en el reporte de metrados	Nominal
VI: “Desarrollar una propuesta de ejecución de la Obra “Los Dijes del Golf”.	Planificación de actividades	Tiempo	Nominal

Fuente: Elaboración Propia

2. CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

2.1. Modelado de la Información de la Edificación (BIM)

2.1.1. Definición

Las siglas BIM vienen de Building Information Modeling (Modelado de la Información de la Edificación). BIM es un enfoque nuevo para gestionar, diseñar y ejecutar proyectos. Se suele confundir a BIM con un software, siendo en realidad una metodología.

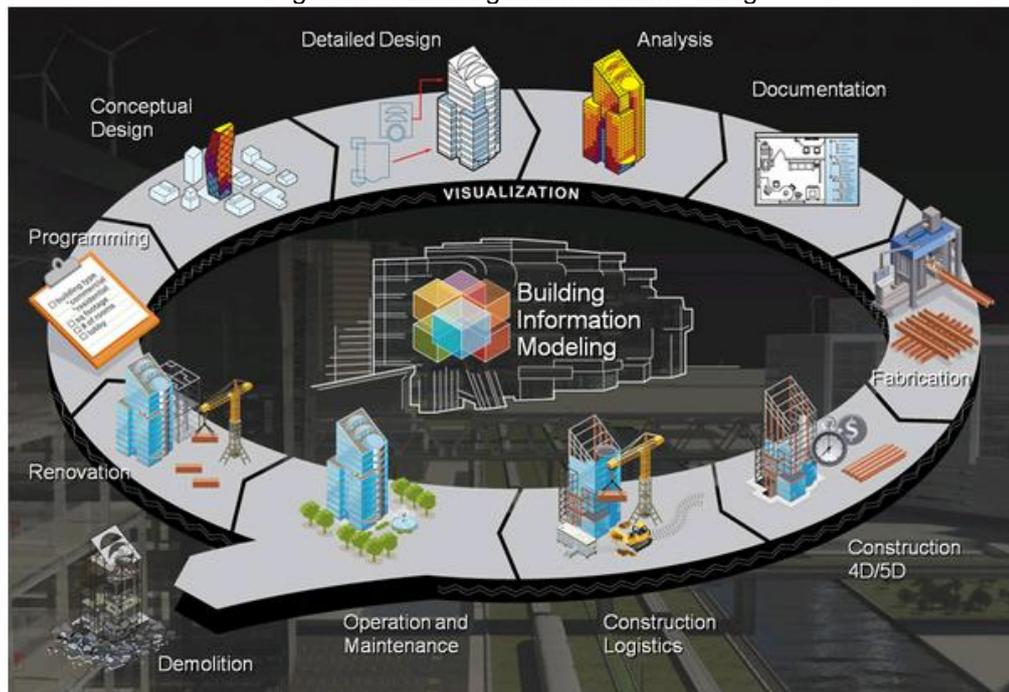
BIM integra los procesos de diseño y construcción de todo el ciclo de vida de un proyecto, asimismo abarca la etapa de funcionamiento y operación. BIM integra estos procesos combinando bases de datos que contienen información del proyecto con diversas formas de visualización de tal manera que sea de rápida comprensión para cualquier participantes involucrado en el desarrollo del proyecto, desde personal de mantenimiento hasta el mismo cliente, con el fin de que se puedan tomar decisiones sobre el proyecto que antes no se podían.

El punto débil del BIM frente a empresas que quieren innovar su metodología en gestionar proyectos, no es el valor monetario que tienen que aportar para poder gestionar con BIM, ni el acceso a softwares, sino las percepciones limitadas de lo que es BIM. BIM no se limita a implementar el uso de una nueva herramienta, sino es una decisión estratégica de una empresa de cambiar su metodología de trabajo.

El BIM también es una forma de trabajar en equipo, en la que tanto los proyectistas, arquitectos, ingenieros y el cliente trabajan en torno a modelos BIM del proyecto. Esto se da ya que el BIM se soporta en herramientas tecnológicas que permiten crear, administrar y gestionar estos modelos BIM generando la fuente de información necesaria que pueda ser usada en cualquier etapa del ciclo de entrega de proyectos. La teoría original del BIM

recomienda un solo modelo con todas las partes extraíbles de información. Sin embargo, cada disciplina requerirá su propio modelo BIM para cumplir con sus obligaciones contractuales. Las soluciones coordinadas pueden entenderse como un modelo de integración del proyecto.

Figura II.1: Building Information Modeling



Fuente: KAIZEN - Arquitectura & Ingeniería

2.1.2. Beneficios del uso de BIM durante el diseño y construcción.

La gestión de proyectos usando la tecnología BIM reduce la incertidumbre en su manejo, ya que aumenta las posibilidades de controlarlo, pues elimina las aproximaciones abstractas. Asimismo, la integración de las labores de diseño y construcción abre las puertas a una ingeniería en la que los profesionales se dedicaran a mejorar los diseños, la planificación de las obras y su control, reduciendo con ello el costo de los proyectos. ⁽²⁾ Algunos de los beneficios de aplicar BIM en una empresa que haya realizado un maduro proceso de implementación son:

a) En la etapa de diseño

- ✓ En las primeras etapas del diseño, para probar que se ha cumplido con las expectativas del cliente, se puede obtener listados de materiales y cálculos de materiales generales. Un ejemplo de esto son los traslapes, que generalmente en los metrados de presupuesto de obra no se consideran.
- ✓ Obtención de los planos del proyecto: de plantas, de secciones, de elevaciones, de detalles y vistas 3D isométricas.
- ✓ Creación de imágenes foto realistas (renders), vistas de perspectivas, animaciones y escenas de realidad virtual para el marketing del edificio.
- ✓ Gestión de espacios y usos de los ambientes del edificio.
- ✓ Proveer datos para el análisis estructural de elementos del edificio.

b) En la etapa de construcción

- ✓ La revisión visual del diseño del proyecto.
- ✓ Realizar análisis visuales o automatizados de interferencias físicas entre los diseños (detección de interferencias).
- ✓ Obtener reportes de cantidades de materiales (metrados).
- ✓ Intercambio electrónico de datos de diseño con proveedores (e.g. para detalles y fabricación de acero estructural, prefabricación de instalaciones)
- ✓ Simulación del proceso constructivo BIM-4D.
- ✓ Con la tecnología del edificio virtual, los propietarios están en una posición privilegiada que confirma la importancia de su papel, no sólo en los inicios del diseño de edificios, sino también en su planteamiento, mantenimiento y operación a largo de su ciclo de vida.

Figura II.2: Ejemplo de un proyecto con base BIM



Fuente : SEMCOCAD - Soluciones y capacitación CAD/BIM

2.1.3. Adopción de tecnologías BIM en el Perú

En el Perú, el uso del BIM no se ha difundido como en otros países, y no se cuenta con estadísticas o casos reales en los que demuestran que el costo beneficio de la aplicación del BIM es positiva. Si bien es cierto existen algunas empresas grandes y pequeñas que aplican BIM, pero sólo se enfocan en algunas de sus áreas de aplicación de manera independiente de las demás, según las necesidades y de las utilidades que desean aprovechar.

De otro lado, muchas empresas desconocen de sus potenciales ventajas. Esto se debe a que el BIM como panorama general no es en sí aprovechar los beneficios de utilizar un software, sino un cambio en la manera de pensar y gestionar los proyectos. Para que el uso del BIM alcance el éxito ideal, según los términos que la definen, tanto los arquitectos, proyectistas, contratistas y demás partes involucradas en el proyecto deben gestionar su información y canalizarla al resto de los involucrados usando herramientas BIM. Esto pone en agenda política el liderazgo que debería asumir el estado en buscar difundir el uso de éstas tecnologías, similarmente como viene sucediendo en Chile, teniendo a las empresas privadas y consultorías con un rol protagónico.

De todas formas queda claro que el uso del BIM, aplicado a los proyectos de construcción, está en pleno desarrollo y es una oportunidad para mejorar los tradicionales procesos de gerencia del diseño y/o construcción de los proyectos y cuyos beneficios podrían ser percibidos en cualquiera de las etapas del proyecto.

Existe un comité BIM en el Perú, formado por CAPECO, quien busca ser la institución o ente referente en temas BIM a nivel nacional. Son pocas las empresas que utilizan la metodología BIM, siendo en su mayoría empresas de gran envergadura como Graña y Montero y Odebrecht. En el exterior, BIM se está adoptando de manera rápida y entusiasta.

Figura II.3: Comité BIM en Perú formado por CAPECO



Fuente: Comité BIM del Perú

2.1.4. Herramientas de la metodología BIM

Existe una gran variedad de herramientas disponibles en el mercado que sirven de apoyo para la aplicación del concepto BIM. De acuerdo a Zhang, Isa y Olbina (2010), las aplicaciones o herramientas BIM pueden clasificarse en:

- ✓ Herramientas BIM de autoría (authoring tools): permiten crear modelos; y son usadas en las etapas de diseño y construcción. Se considera que sean el centro de la aplicación BIM. Algunas herramientas son: Autodesk Revit, Bentley Architecture, Tekla Structures y ArchiCAD.

- ✓ Herramientas BIM de actualización (updating tools): permiten hacer actualizaciones específicas los modelos creados.
- ✓ Herramientas BIM de visualización (viewing tools): permiten visualizar el contenido del modelo sin hacer cambios. Por ejemplo es el programa de visualización de Autodesk Revit.

2.2. Autodesk REVIT

2.2.1. Historia

En 1997, un grupo de programadores que había trabajado en el programa Pro-Engineer decidió unirse para crear un programa paramétrico para arquitectura. Este grupo fundó una empresa llamada Revit Technology Corporation, y lanzó al mercado un programa llamado simplemente: "Revit", que según sus creadores significa "Revise Instantly" (cambie, actualice, inmediatamente) o también se ha dicho que es "Revise it" o hasta "Revolutionize it", o sea "Revoluciónelo", en fin... Al principio, la compañía tuvo una tarea muy ardua para introducir su producto en el mercado, especialmente al abordar la resistencia de una comunidad de arquitectos ya acostumbrada a usar sus programas 2D tradicionales, especialmente AutoCAD. (3)

Sin embargo, el interés por Revit fue creciendo a medida que Revit Corporation seguía trabajando en el programa, haciendo la labor de mercadeo, y haciéndole cada vez mejoras más interesantes al programa. Para el año 2000 ya el interés por Revit había llegado a preocupar tanto al gigante Autodesk como para considerar a Revit un rival demasiado fuerte para su producto Architectural Desktop. En el año 2002 Autodesk anunció la compra de Revit Technology Corporation.

Con la compra de Revit, Autodesk pasó a ofrecer entonces un verdadero programa tipo BIM, es decir, hecho desde el comienzo como una base de datos relacional que actualiza a la vez el modelo y la información de todos

los componentes del proyecto. El producto Architectural Desktop se renombró como AutoCAD Architecture, y se ha seguido desarrollando y aún tiene buen mercado, pero no se considera hoy en día como una verdadera solución BIM sino como un híbrido entre las dos tecnologías, CAD y BIM.

Figura II.4: Software Revit del Autodesk



2.2.2. Ventajas del Revit

Permite al usuario diseñar con elementos de Modelación y Dibujo paramétrico. Es un paradigma del dibujo asistido por computador que permite un diseño basado en objetos inteligente 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 y posee:

- ✓ Herramientas de diseño conceptual: Herramientas para modelado paramétrico y de formas libres; análisis anticipado de los diseños.
- ✓ Asociatividad bidireccional: Al realizar un cambio de diseño en cualquier punto, el modelo se actualiza automáticamente en todo el proyecto.
- ✓ Componentes paramétricos: El diseño con componentes de construcción reales ofrece más detalles y exactitud.

- ✓ Revit Building Maker: Los modelos conceptuales pueden transformarse en diseños de construcción funcionales con muros, cubiertas, suelos y sistemas de muros de cortina.
- ✓ Tablas de planificación: La información actualizada del modelo permite generar tablas de planificación más precisas.
- ✓ Detallado: Puede crear, editar y compartir bibliotecas de detalles para adaptarse mejor a las normas de la empresa, o bien recurrir a la amplia biblioteca integrada en el producto.
- ✓ Visualización de diseños: Las herramientas de renderización integradas permiten comunicar la finalidad del diseño con mayor nitidez.

2.3. La Productividad

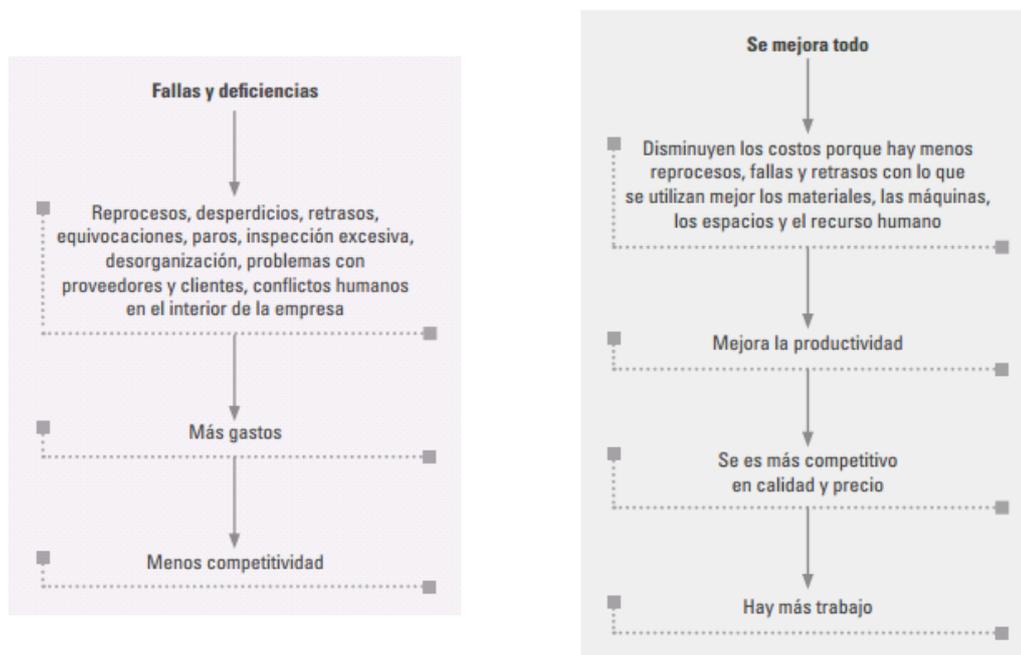
La productividad en la ejecución de los proyectos de construcción es afectada por un gran variado número de factores, cuyo efecto no siempre es fácil de identificar y/o cuantificar. Muchas personas tienden a responsabilizar a los trabajadores de gran parte de los problemas de productividad y desvían su atención de otras áreas que tienen una mayor participación en este aspecto. En general, las principales fuentes de problemas que afectan la productividad son las siguientes:

- ✓ La administración de la obras
- ✓ El entorno en el que se desarrolla la obra, con todos sus participantes
- ✓ El tipo y método de trabajo
- ✓ El personal del proyecto entre las mencionadas, la que más puede manejarse para reducir el efecto de las otras, es la administración de la obra.

El proceso por el cual los profesionales a cargo de una obra logran una buena eficiencia en el trabajo comprende, primero que nada, la

determinación planificación. Posteriormente, se debe establecer la mejor oportunidad de realización de las actividades de acuerdo a la disponibilidad de recursos, para cumplir con el plan, lo que corresponde a la programación. El plan y el programa deben ser comunicados en forma precisa a las personas que participarán en la ejecución de la obra, dentro y fuera de la faena. Finalmente, usando el plan y el programa como elementos de base, la persona a cargo de la obra debe hacer un seguimiento durante su ejecución, tomando las acciones correctivas que sean pertinentes, de acuerdo a las metas deseadas. ⁽⁴⁾

Figura II.5: Antes y después de mejorar la productividad



Fuente: Calidad Total y Productividad - Humberto Gutiérrez Pulido

La planificación es una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Sin planificación, el curso de acción se transforma en una serie de cambios aleatorios de dirección. Sin el marco de referencia aportado por la planificación, el seguimiento y posterior control, sólo tienen un sentido limitado.

Es decir, el grado al cual un ingeniero administrador de obras es capaz de planificar un proyecto, programar la utilización de recursos limitados, e implementar tal programa, dirigiendo y controlando eficientemente los trabajos, afectará en forma significativa la productividad en obra. En este trabajo se presenta un análisis de la relación entre estas variables y la productividad en obra.

La productividad de los recursos, en especial de la mano de obra, es un tema ampliamente conocido por sus efectos en el avance y costo de los trabajos de construcción. Una herramienta es la conocida con el nombre de Carta de Balance o Carta de Equilibrio de la Cuadrilla.

2.3.1. Filosofía Lean Construction

2.3.1.1. Definición

Lean es una forma diferente de entender la producción. La base de esta filosofía se focaliza en crear lo que el cliente quiere, a esto se le llama valor y haciéndolo con la menores pérdidas posibles, de forma que los operarios puedan ser lo más productivos posible. Siempre focalizando la producción en la calidad y de esa forma reducir el coste y aumentar la producción. ⁽⁵⁾

Lean Construction constituye una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Este modelo denominado “construcción sin pérdidas”, propuesto por Lauri Koskela (1992), analiza los principios y las aplicaciones del JIT (justo a tiempo) y TQM (gestión de la calidad total). Esta filosofía introduce cambios conceptuales en la gestión de la construcción con el objeto de mejorar la productividad enfocando todos los esfuerzos en la estabilidad del flujo de trabajo.

Figura II.6: Aplicación de la filosofía Lean



Fuente: Universidad Politécnica - Valencia

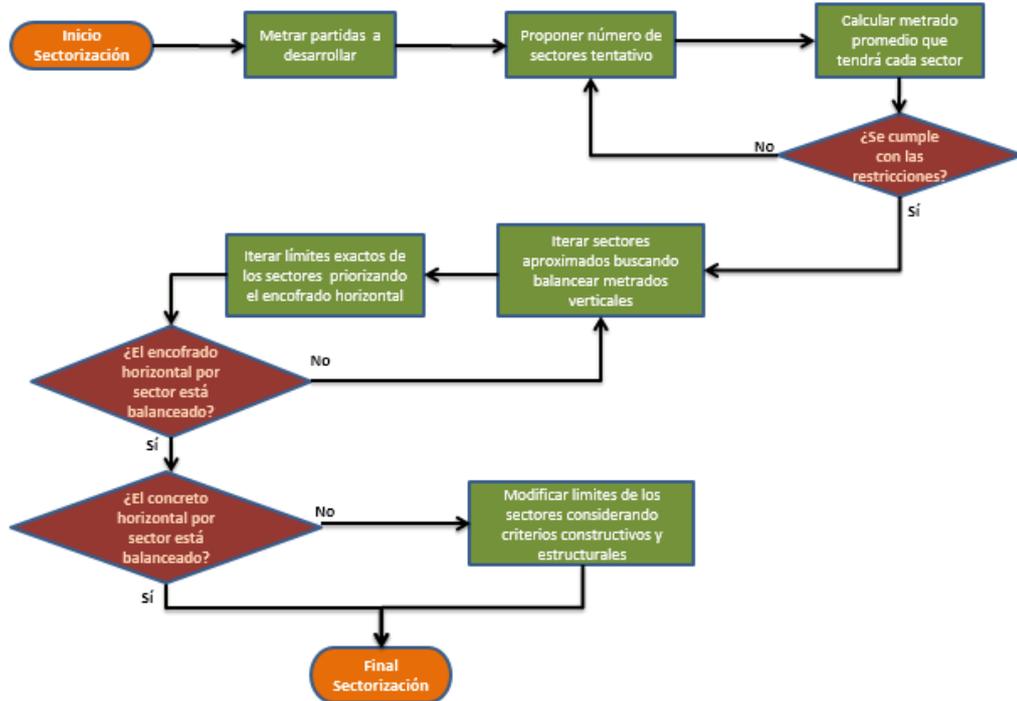
Una herramienta de planificación y control desarrollada por Ballard y Howell para reducir las pérdidas del proceso productivo es la denominada “último planificador” (Last Planner System). El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Asimismo, sirve para detectar el origen de los problemas y tomar las decisiones correspondientes para ajustar las operaciones, lo cual incide directamente en la productividad.

2.3.1.2. Sectorización de una edificación

La sectorización es una de las tantas herramientas Lean, la cual tiene el siguiente procedimiento ⁽⁶⁾:

- ✓ Primero se realiza el metrado de aquellas actividades que se desea mejorar su productividad.
- ✓ Luego se divide los metros totales entre la cantidad de sectores que se desea realizar la obra, sin embargo, es necesario tener en cuenta la forma y el tamaño de nuestra obra.
- ✓ Después se busca una equidad tanto en los metros de los elementos verticales como de los elementos horizontales de la obra.

Figura II.7: Procedimiento para realizar una sectorización



Fuente: Lean Construction Institute - Perú

Las ventajas que se obtendrían serían:

a) El ingeniero residente podrá:

- ✓ Saber cuánto se avanzará cada día.
- ✓ Pronosticar exactamente qué avance de obra tendrá en un día determinado.
- ✓ Tener mayor control de los gastos en obra.
- ✓ Avanzar la obra con un mínimo de trabajos rehechos.

b) Las cuadrillas realizarán una sola misma actividad durante la obra.

Se mejora la curva de aprendizaje.

2.3.1.3. Tren de actividades

Los trenes de trabajo son secuencias de actividades que fluyen como un tren, donde los vagones son las actividades; el objetivo, es reducir las holguras entre dichas actividades a través de la relación de dependencia, convirtiendo todas las actividades en críticas.

a) Ventajas:

- ✓ Busca que una cuadrilla específica realice todos los días la misma actividad y así aprovechar las ventajas de la curva de aprendizaje (especialización)
- ✓ Facilidad de Control
- ✓ Mejor Productividad

b) Desventajas:

- ✓ Existe el peligro que, al no contar con holguras, cada retraso de una actividad genere atraso al resto de actividades. Por ello, para su aplicación se prefieren Proyectos con poca variabilidad.

c) Pasos a seguir para generar un tren de actividades:

- ✓ Sectorizar el área de trabajo, identificar áreas pequeñas, que puedan ser construidas en un día de trabajo, curva de aprendizaje. La cantidad de trabajo debe ser equivalente entre sí en cada sector, es decir, todas las cuadrillas deben estar balanceadas para avanzar diariamente el mismo metrado por cada actividad, sin holguras ni pérdidas. De esta forma se minimizan los picos de trabajo, y por lo tanto se reducen los valles plagados de tiempos muertos.

- ✓ Listar actividades necesarias, El detalle de este listado deberá ser tal que permita entender claramente el proceso y a su vez que no signifique manejar muchas actividades que puedan confundir a los obreros.
- ✓ Secuenciar las actividades previamente listadas de modo que se cubran todos los sectores de trabajo. Este es el paso que toma más tiempo y es muy común que las primeras secuencias que se consideren no sean las mejores, éstas se irán mejorando a lo largo del Proyecto. Se incluirán colchones de tiempo en función a la variabilidad de las actividades. Siempre se tiene que tomar en cuenta que la duración del tren debe encajar dentro de los hitos del plan general. De no encajar, revisar la secuencia constructiva diaria, y ver la manera de ajustarla. Tal vez sea necesario, por ejemplo, disponer de mayor cantidad de equipos, o de mayor cantidad de obreros.
- ✓ Dimensionar los recursos, la cantidad de obreros y de equipos necesario, considerando: Metrados de cada sector (del más representativo) Velocidad de avance de cada cuadrilla básica Número de cuadrillas básicas para que las actividades se ejecuten en 1 sólo día (en lo posible).

2.4. Definiciones a tener en cuenta para el modelamiento

2.4.1. Estructuras

2.4.1.1. Muros de concreto armado o placas:

Son elementos estructurales verticales que reciben cargas por compresión. Los muros de corte, también conocidos como placas, son paredes de concreto armado que dada su mayor dimensión en una dirección, mucho

mayor que su ancho, proporcionan en dicha dirección una gran resistencia y rigidez lateral ante movimientos laterales

Tipos de refuerzo de muro:

- ✓ Los muros tienen tres tipos de refuerzo: longitudinal, vertical y horizontal.
- ✓ El refuerzo longitudinal, ubicado en los extremos del muro, toma tracción o compresión debido a la flexión, puede incluir el refuerzo de confinamiento y colabora en tomar el corte en la base que tiende a generar deslizamiento.
- ✓ El refuerzo horizontal toma el corte en el alma y el refuerzo vertical puede tomar carga axial, toma deslizamiento por corte y corte en el alma

2.4.1.2. Vigas de concreto armado:

Las vigas son elementos estructurales de concreto armado, diseñado para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes, en una sola dirección. Una viga puede actuar como elemento primario en marcos rígidos de vigas y columnas, aunque también pueden utilizarse para sostener losas macizas o aligeradas.

Tipos de refuerzo en viga:

- ✓ Longitudinal: Conformado por varillas corrugadas colocadas en toda su longitud. Su función principal es tomar los esfuerzos de compresión y tracción que el concreto no puede resistir. Adicionalmente permite a la viga flexionarse sin que se triture el concreto. También ayuda a distribuir en la viga la energía que un sismo produce.

- ✓ Transversal o estribos: Compuesto por un conjunto de piezas cerradas hechas con fierro de diámetro pequeño (6 mm., 3/8", 1/2") dispuestas verticalmente a intervalos regulares, que se amarran a las barras longitudinales con un gancho a 45°. Su principal objetivo es tomar los esfuerzos de corte que el concreto no puede resistir. También minimizan el tamaño de las potenciales grietas producto de estos esfuerzos de corte y ayudan a mantener en su posición al refuerzo longitudinal. Los estribos son muy importantes para soportar las fuerzas sísmicas.

2.4.2. Instalaciones Sanitarias

Las instalaciones sanitarias tienen por objeto abastecer a todos y cada uno de los aparatos y equipos sanitarios de las construcciones en forma segura, aunque no necesariamente económica, las aguas servidas y pluviales.

Instalaciones Interiores:

De agua: Es el conjunto de tuberías (comúnmente de 1/2") y accesorios (tee, codo, válvulas, reducciones, etc.) que se instalarán dentro de una edificación para abastecer a todos y cada uno de los aparatos sanitarios (lavatorios, inodoros, lavaplatos, ducha, urinarios) y equipos sanitarios (Tanque hidroneumático, terma, jacuzzi). Entre agua caliente y agua fría solamente varía en el tipo de tubería, ya que las tuberías para agua caliente son más resistentes a altas temperaturas.

De desagüe: Es el conjunto de tuberías (entre 2" y 4") y accesorios dentro de una edificación para evacuar las descargas de todos y cada uno de los aparatos y ciertos equipos sanitarios.

3. CAPITULO III: MATERIAL, METODO Y PROCEDIMIENTO

3.1. Material de Estudio

3.1.1. Población

La población a estudiar será la obra “Condominio Residencial Inhouse” ubicada en El Golf, el cual consta de 9 edificios o bloques, nombrados de la letra “A” a la “I”.

3.1.2. Muestra

- ✓ Tipo de muestreo: Muestreo no probabilística intencional, ya que los investigadores seleccionaron la muestra de forma directa e intencionada por el fácil acceso que se tenía para la recolección de información.

- ✓ La muestra será el bloque “E” de la obra “Condominio Residencial Inhouse”.

3.2. Método

3.2.1. Método

De manera general, los métodos utilizados son:

Método analítico y sintético: es el que analiza y sintetiza la información recopilada, lo cual nos permite ir estructurando las ideas. Tanto el análisis como la síntesis son dos métodos que se complementan entre sí.

3.3. Procedimiento

3.3.1. Recolección de datos

Para iniciar con esta tesis primero se recolecto los datos necesarios, la cual se realizó en los meses de mayo a junio del 2015, durante la ejecución de obra, ya sea los planos, cronogramas y rendimientos.

La decisión de modelar la nueva propuesta en el Revit, es por haber podido participar durante la obra “Condominio Residencial Inhouse”, y haber apreciado los errores más comunes que comenten,

a) Características del Proyecto

La obra “Los Dijos del Golf”, está compuesta por dos edificios de 4 pisos cada uno, en los cuales hay 2 departamentos por piso, haciendo un total de 16 departamentos. El área total del proyecto es de 850 m². El sistema estructural usado en esta obra es de muros de concreto armado, aporticado. Estos edificios estarán destinados a ser usados como viviendas para cualquier persona. El proceso constructivo de esta edificación se inicia en una platea de cimentación, sobre esta van los muros de concretos armados y finalmente las losas aligeradas.

b) Planos del Proyecto

Los planos de este proyecto se encuentran modelados en AutoCAD, ya sea para Arquitectura, Estructuras e Instalaciones Sanitarias).

El diseño de los pisos es típico, es decir los 4 niveles tendrían la misma las mismas distribuciones para todas las especialidades.

Al tener los plano en 2D, la visualización del Proyecto es casi nula, ya que al tratar de recrear imaginariamente todo el proyecto completo en 3D, quedarían demasiadas incongruencias y cosas por definir, además que por

no tener esto claro es que las incompatibilidades usualmente se corrigen insitu.

3.3.2. Modelado BIM

En este capítulo se describirá lo realizado con el software BIM Revit 2015 con el cual hemos modelado nuestra propuesta de ejecución de la obra “Los Dijes del Golf”. Veremos desde cómo se crea el proyecto hasta la obtención de los metrados.

Primero, se tuvo que instalar el software desde la página oficial de Autodesk, la cual nos lo brindaba de forma gratuita durante un periodo de 3 años. A su vez este software demanda ciertos requisitos de sistema que tuvimos que tener en cuenta para poder trabajar sin ningún inconveniente.

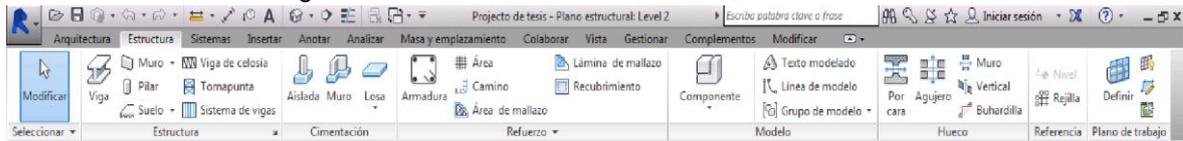
Una vez instalado el software procedemos a la creación del proyecto basándonos en los planos originales de la obra “Condominio Residencial Inhouse”, ya sea para estructuras, arquitectura e instalaciones sanitarias.

Nuestro primer paso fue importar los planos de AutoCAD al Revit; para mayor comodidad y menor tiempo de ejecución durante el modelamiento. Posteriormente, se procedió a dibujar todos los elementos correspondientes al tipo de especialidad de un piso para luego ser triplicada, ya que esta propuesta de obra constará de 3 pisos típicos.

3.3.2.1. Modelamiento en Revit 2015 de Estructuras

Esta fase se inicia con el Modelado en Revit 2015, el programa BIM más usado a nivel mundial, el cual presenta un interfaz muy intuitiva y mucha similitudes al ya conocido AutoCAD, ya que ambos pertenecen a la Familia Autodesk.

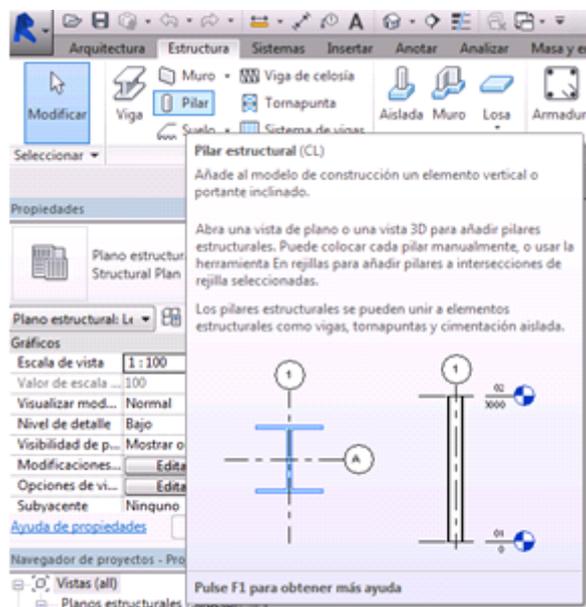
Figura III.1: Interfaz de Estructuras en Revit 2015



Fuente: Propia

En la herramienta de Estructura podemos encontrar diversos elementos como: columnas, vigas, muros, suelo, losa, entre otros.

Figura III.2: Herramienta Pilar

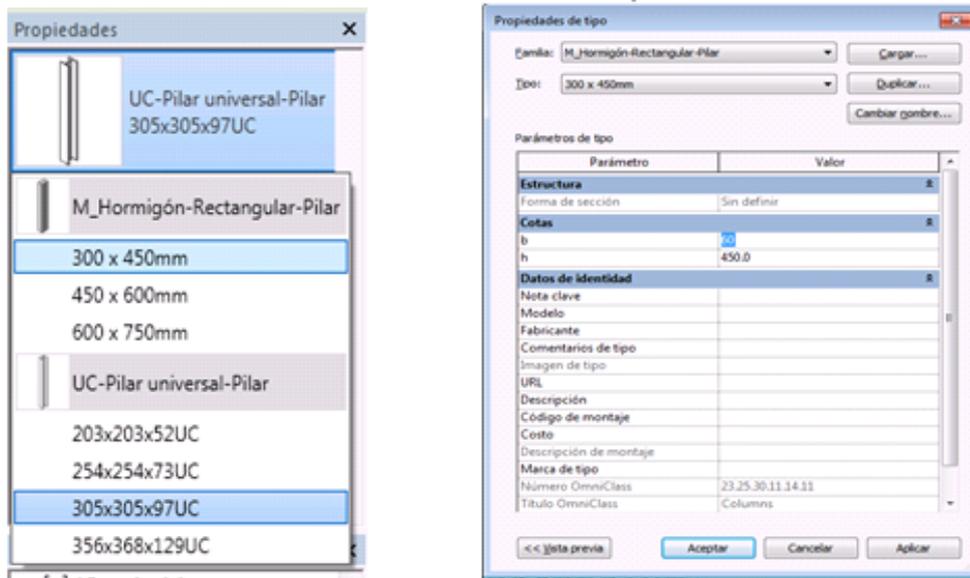


Fuente: Propia

- ✓ Así, para comenzar con el modelado de la parte estructural de nuestro proyecto, iniciamos seleccionando el comando Pilar, la cual nos da dos opciones si queremos elegir un pilar de acero o de concreto.
- ✓ Para nuestro caso las columnas son pilares de concreto.

Por defecto del programa nos viene tres tipo de columnas, de acuerdo a sus dimensiones, sin embargo, estas pueden ser editadas y fácilmente adaptadas a nuestro proyecto.

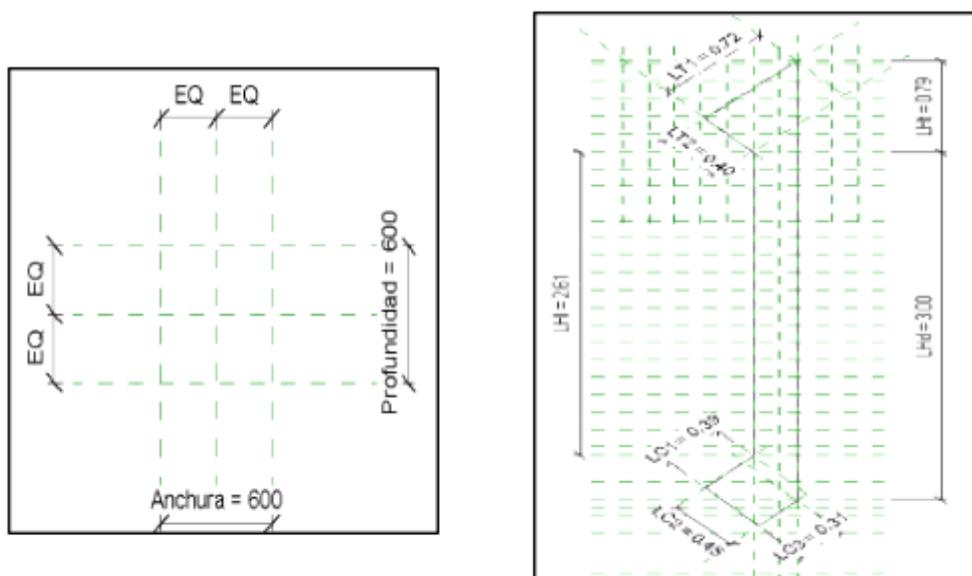
Figura III.3: Edición de las columnas



Fuente: Propia

Sin embargo para el caso de las placas y columnas de sección transversal irregular se deberá crear una propia familia.

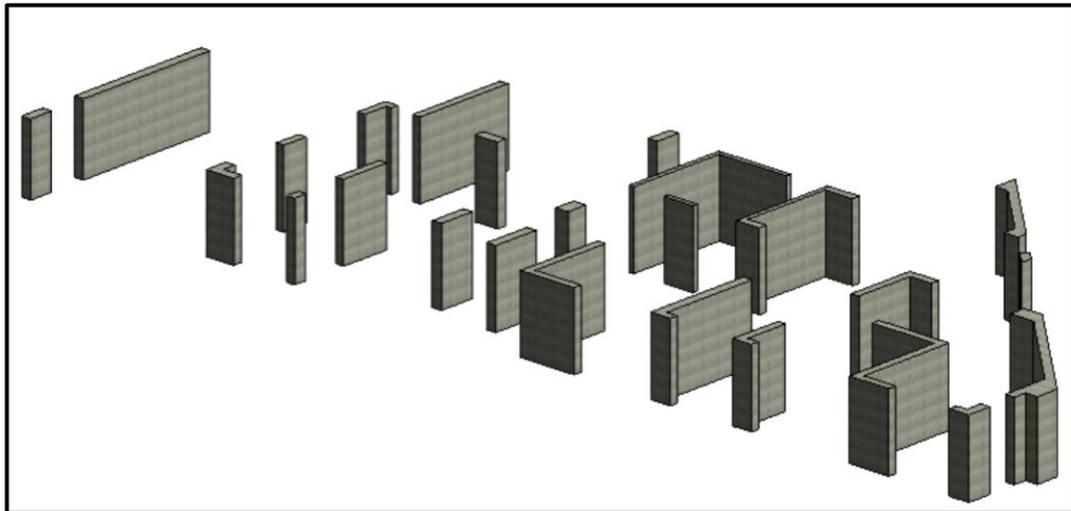
Figura III.4: Creación de columnas de forma irregular



Fuente: Propia

Una vez colocado todas las columnas y placas de todo el proyecto, se procedió a colocar los refuerzos respectivos, según los planos.

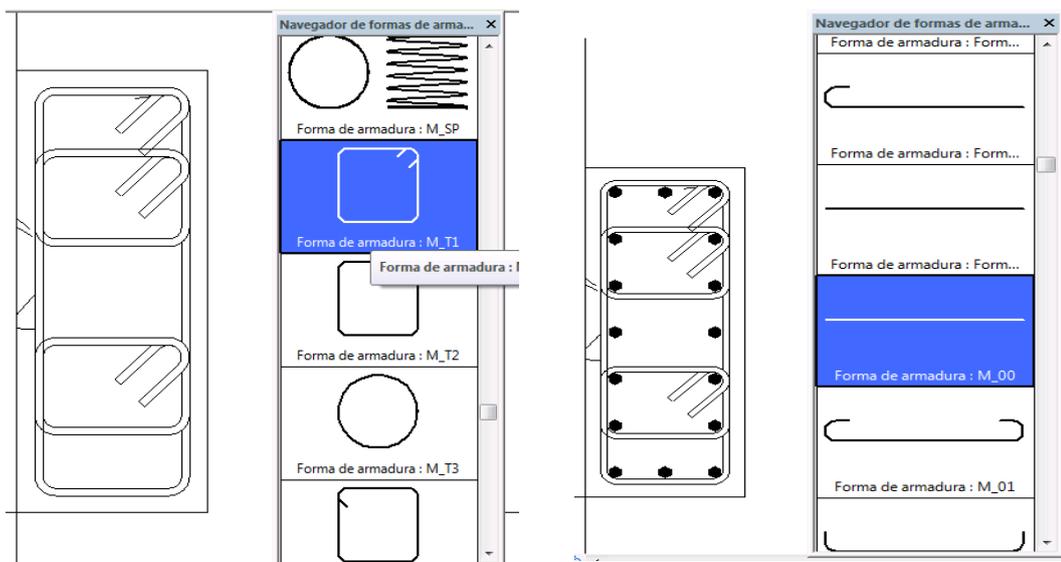
Figura III.5: Visualización en 3D de todas las columnas



Fuente: Propia

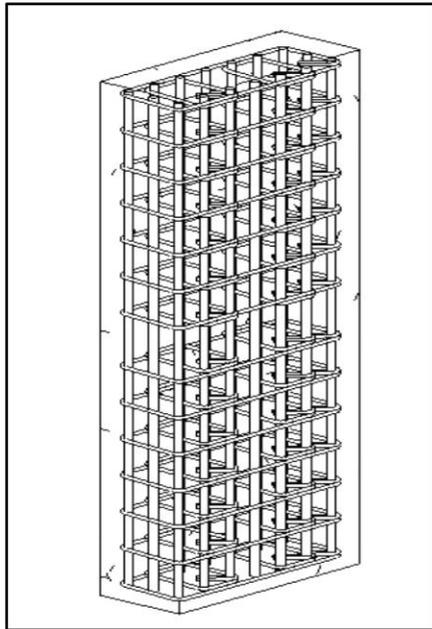
Primero se coloca el estribo en el elemento estructural, luego se va colocando las barras verticales de diámetros según indican en el plano.

Figura III.6: Colocación del acero en columnas



Fuente: Propia

Figura III.6.1: Visualización en 3D del acero en columna

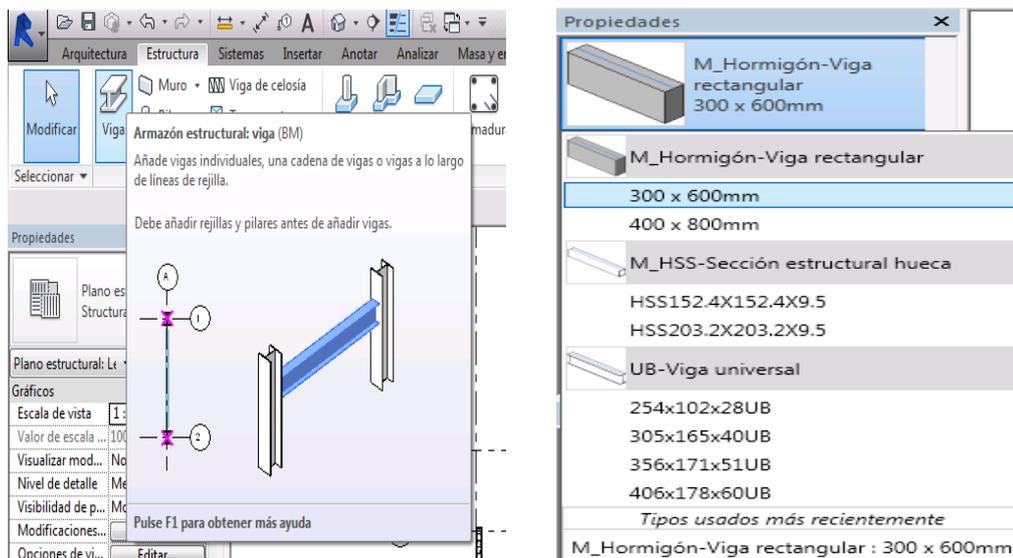


Fuente: Propia

- ✓ Y finalmente se distribuye los estribos, y así se va armando el acero en las columnas y placas.

Luego, se dibuja las vigas, para lo cual seleccionamos el comando Viga, y al igual que la columna también puede ser editado según nos convenga para nuestro proyecto.

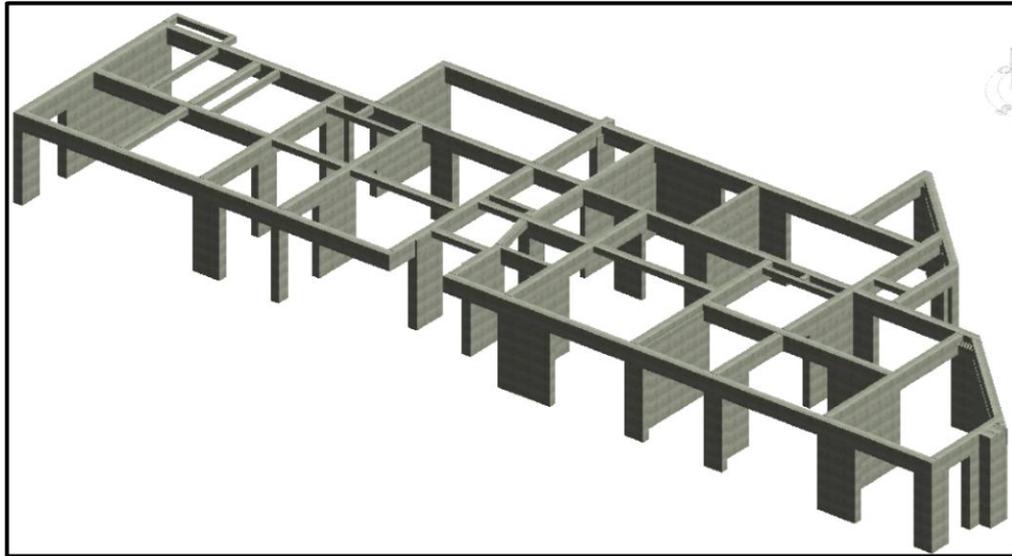
Figura III.7: Herramienta para dibujar vigas



Fuente propia

Una vez colocado todas las vigas de todo el proyecto, se procedió a colocar los refuerzos respectivos, según los planos.

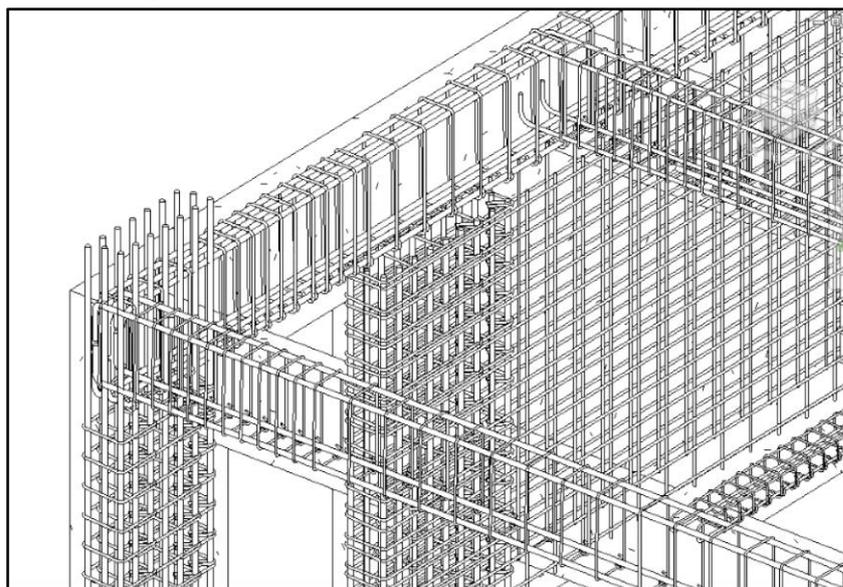
Figura III.8: Visualización en 3D de vigas



Fuente: Propia

Primero se coloca el estribo en el elemento estructural, luego se va colocando las barras longitudinales de diámetros según indican en el plano, similar al procedimiento con las columnas.

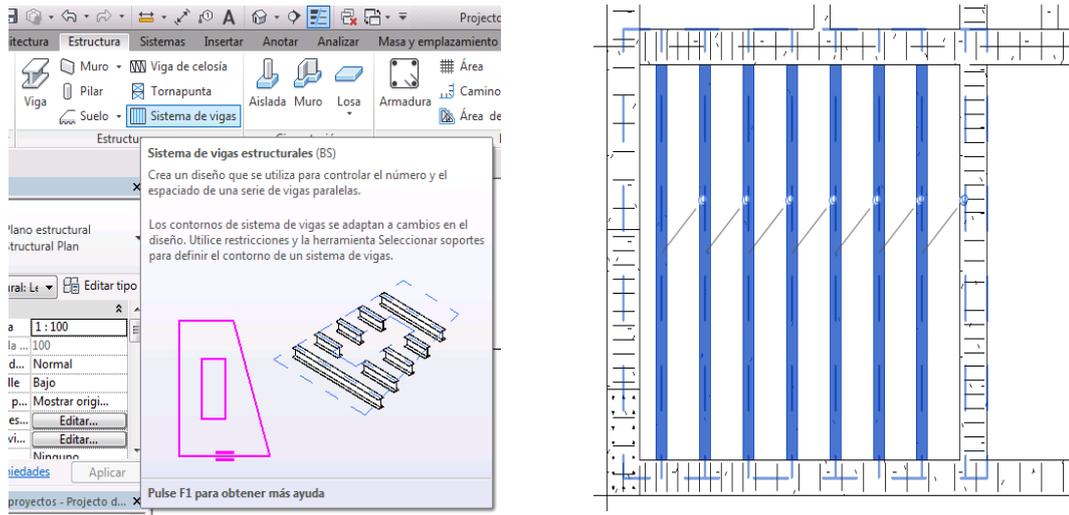
Figura III.9: Visualización en 3D del acero en Vigas



Fuente: Propia

Para losas, como en nuestro proyecto son losas aligeradas, primero se comenzará colocando las viguetas (0.10 x 0.15 m), para una losa de 20 cm de espesor, usando el comando sistema de vigas.

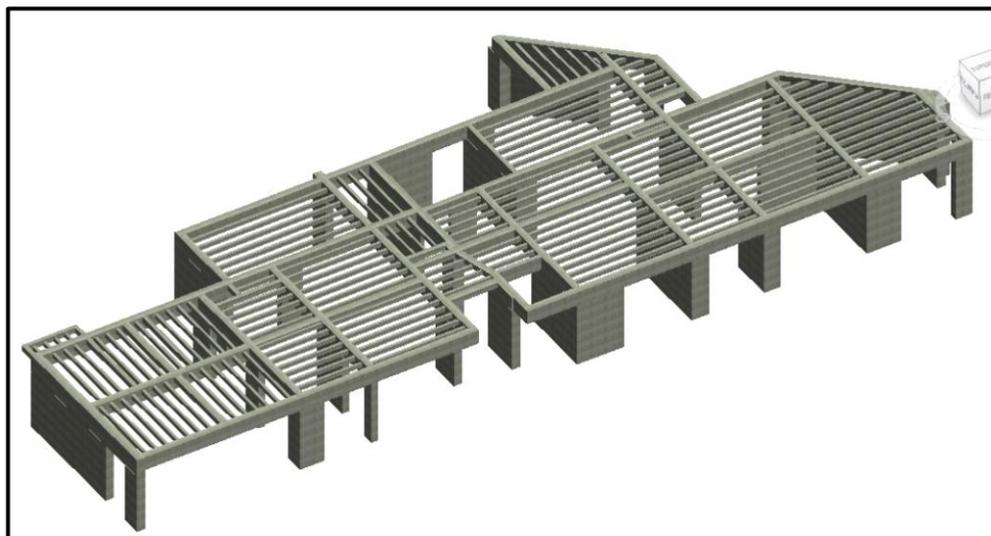
Figura III.10: Dibujado de viguetas



Fuente: Propia

De la siguiente manera quedarían todas las viguetas dentro del proyecto total:

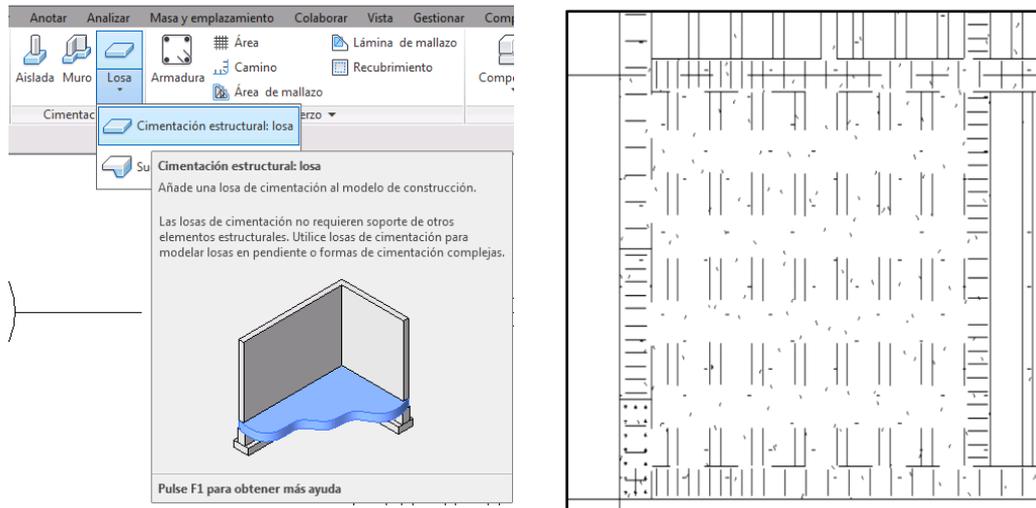
Figura III.11: Visualización de viguetas en 3D



Fuente: Propia

Finalmente se crean las losas de concreto de 5mm de espesor, que van por encima de las viguetas, tener en cuenta que tanto las vigas chatas como las peraltadas son las que separan y delimitan los ambientes.

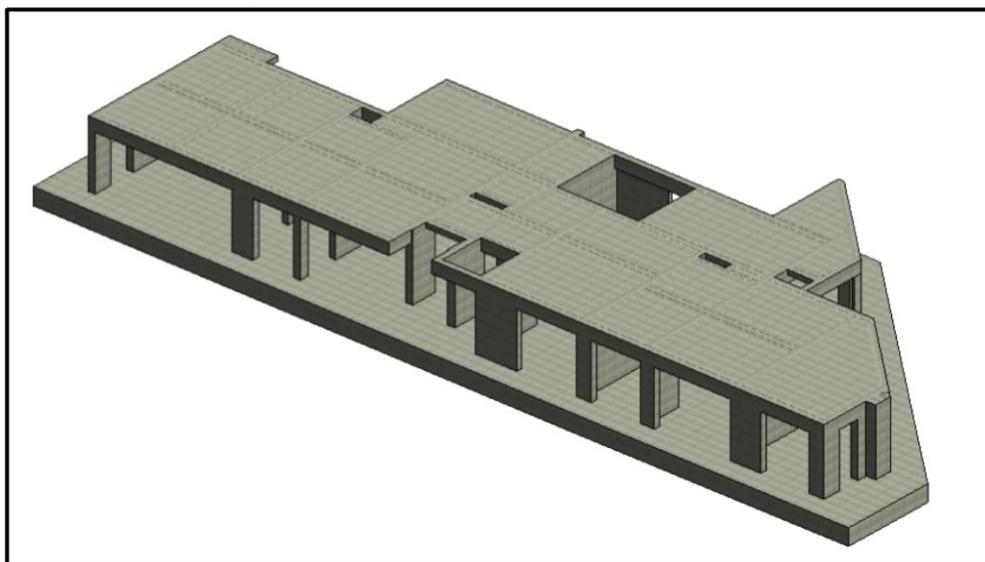
Figura III.12: Herramienta Losa



Fuente: Propia

Y finalmente, agregándole una platea de 70 cm. de grosor, se termina el piso típico de la estructura de nuestro proyecto.

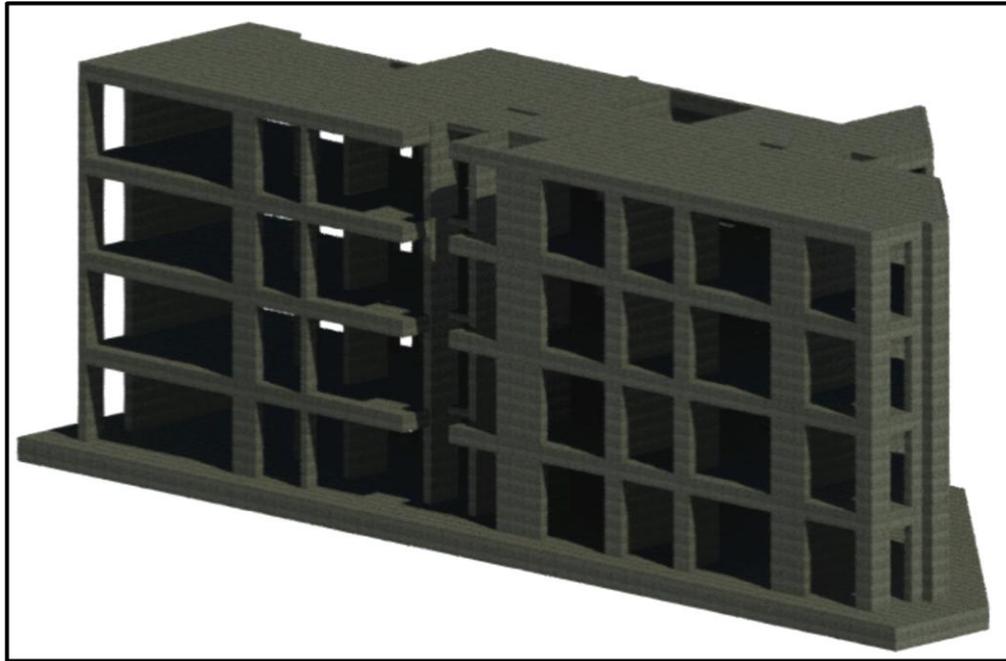
Figura III.13: Visualización en 3D de piso típico



Fuente: Propia

Una vista en 3D de lo que vendría a ser el edificio total en estructuras:

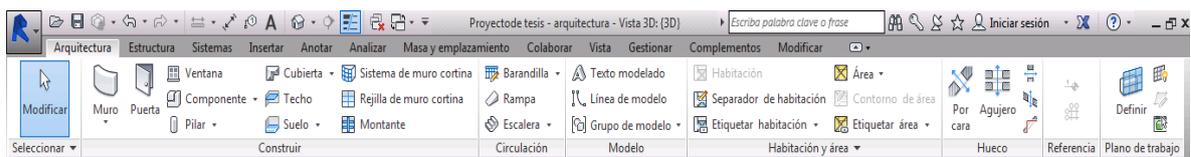
Figura III.14: Visualización en 3D de los 4 niveles



Fuente: Propia

3.3.2.2. Modelamiento en Revit 2015 de Arquitectura

Figura III.15: Interfaz de Arquitectura en Revit 2015

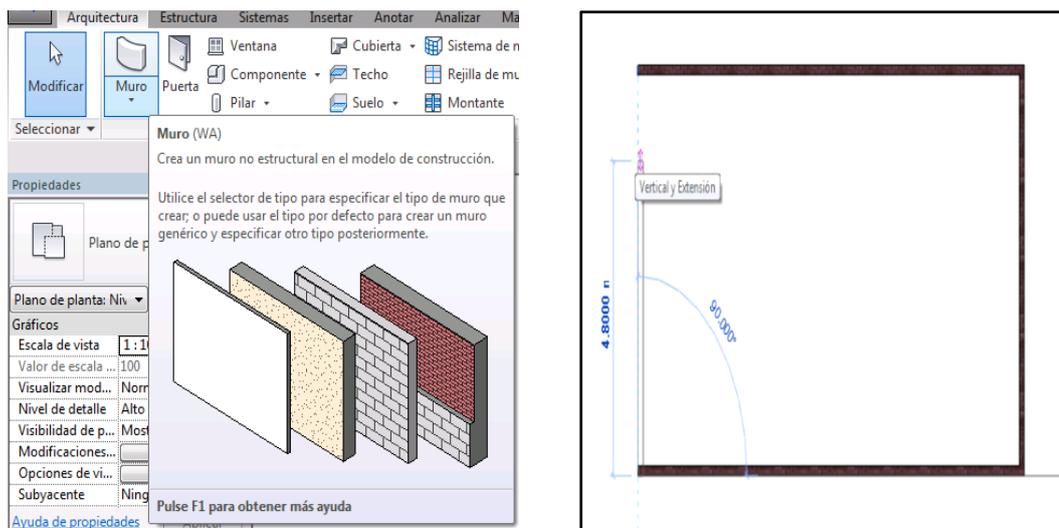


Fuente: Propia

En la herramienta de Arquitectura podemos encontrar diversos elementos como: muros, puertas, ventanas, suelo, techo, entre otros.

Primero creamos los muros que delimitan nuestro proyecto, a los cuales variarán de grosor dependiendo de los planos, y a su vez pueden ser editados en el Revit.

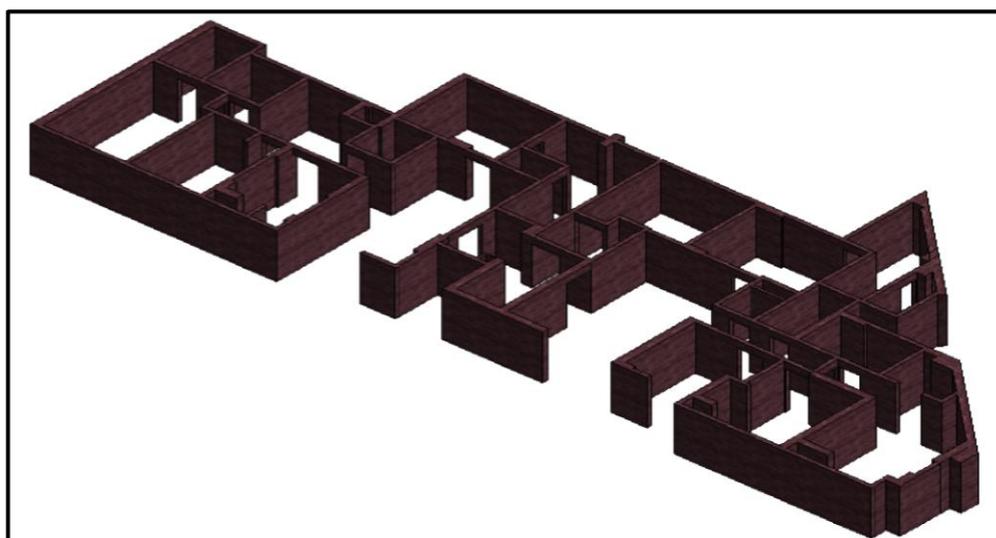
Figura III.16: Dibujado de Muro en Arquitectura



Fuente: Propia

De la siguiente manera quedarían los muros en todo el piso típico.

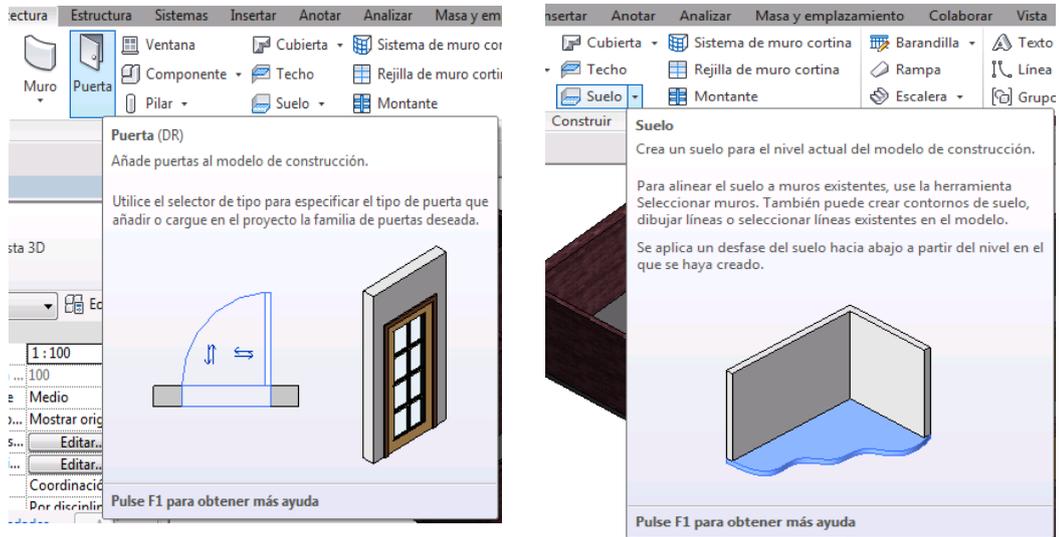
Figura III.17: Visualización en 3D de todos los muros



Fuente: Propia

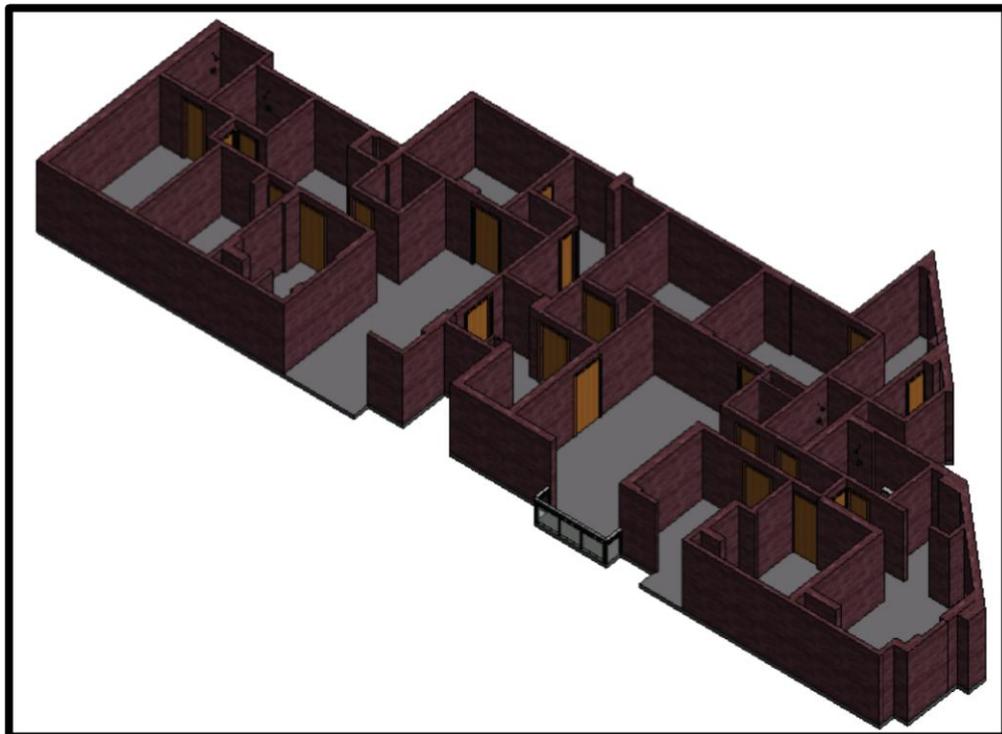
Luego le añadimos la losa y las puertas, editables también, de acuerdo a la distribución en los plano de arquitectura.

Figura III.18: Herramienta Puertas y Losa



Fuente: Propia

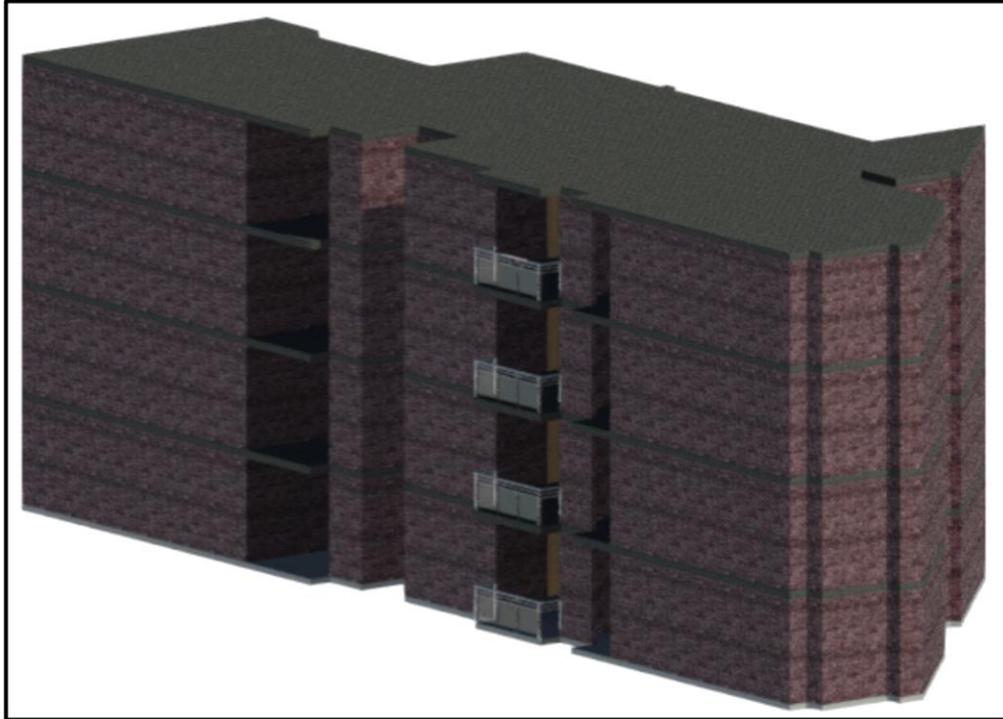
Figura III.19: Visualización en 3D de piso típico



Fuente: Propia

Y finalmente levantado los 4 niveles en arquitectura tendría esta vista.

Figura III.20: Visualización en 3D de los 4 niveles



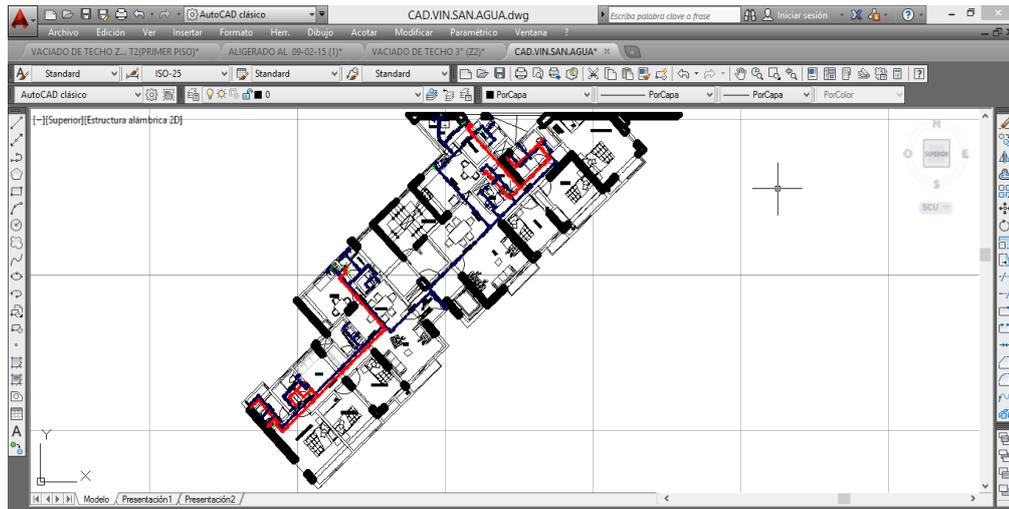
Fuente: Propia

3.3.2.3. Modelamiento en Revit de Instalaciones Sanitarias

Colocación de plano base:

- ✓ Se crea un archivo en AutoCAD del plano en planta que se quiere como modelo a seguir, guardamos con nombre opcional.

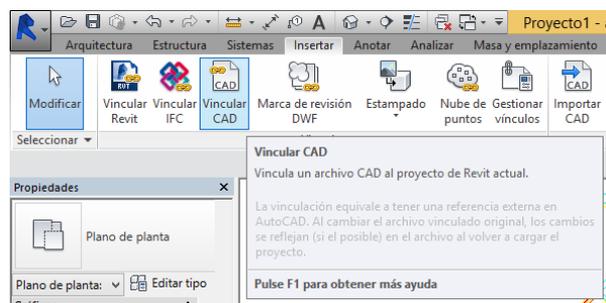
Figura III.21: Plano en AutoCAD de Instalaciones Sanitarias



Fuente: Propia

- ✓ Abrimos el software Revit 2015, vinculamos archivo de CAD desde Revit:

Figura III.22: Herramienta para Vincular archivo CAD

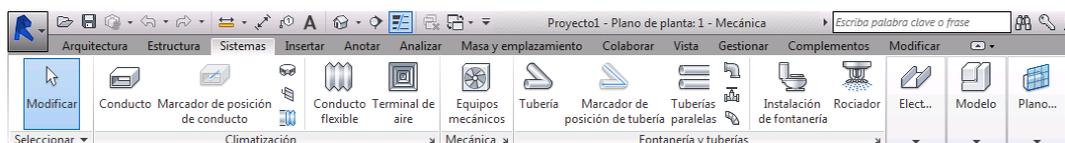


Fuente: Propia

- ✓ Una vez puesta la plantilla trabajamos en el nivel 1, plano en planta.

Agua fría y caliente:

Figura III.23: Interfaz de Sistemas en Revit 2015



Fuente: Propia

Comenzamos a poner los elementos sanitarios (duchas, retretes, lavamanos, etc.)

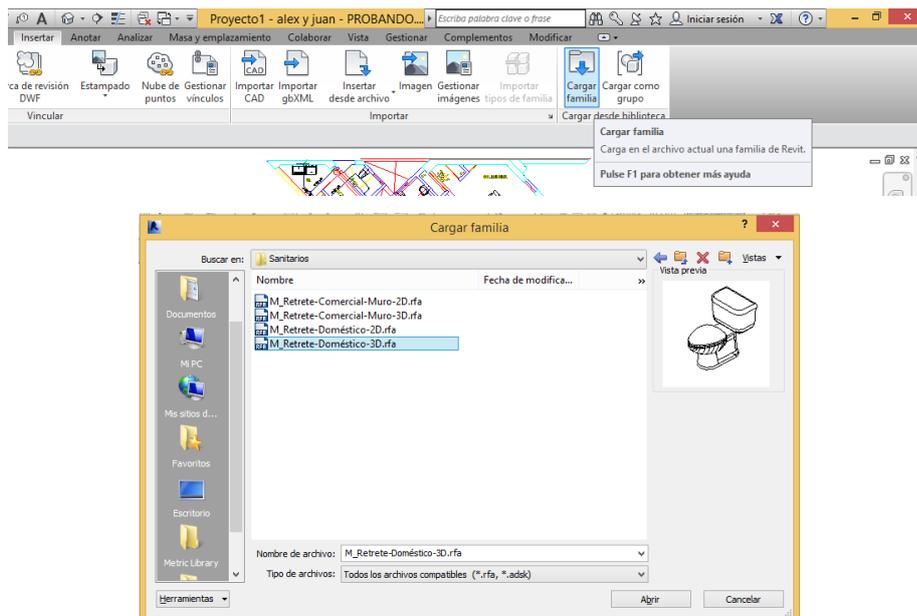
Figura III.24: Herramienta para colocar Aparatos Sanitarios



Fuente: Propia

En caso no encontremos el aparato sanitario deseado, podemos cargar familias, ya sea descargando de internet o creándolo uno mismo.

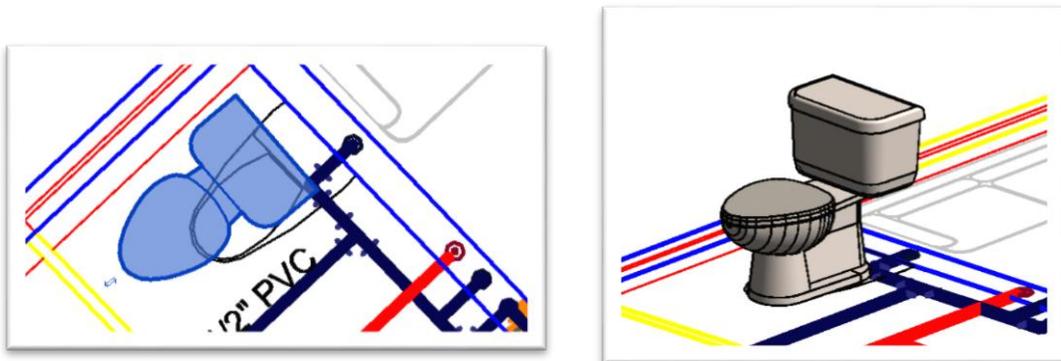
Figura III.25: Cargar familias de aparatos Sanitarios



Fuente: Propia

Colocamos los equipos sanitarios donde correspondan y así con las duchas, lavamanos, etc.

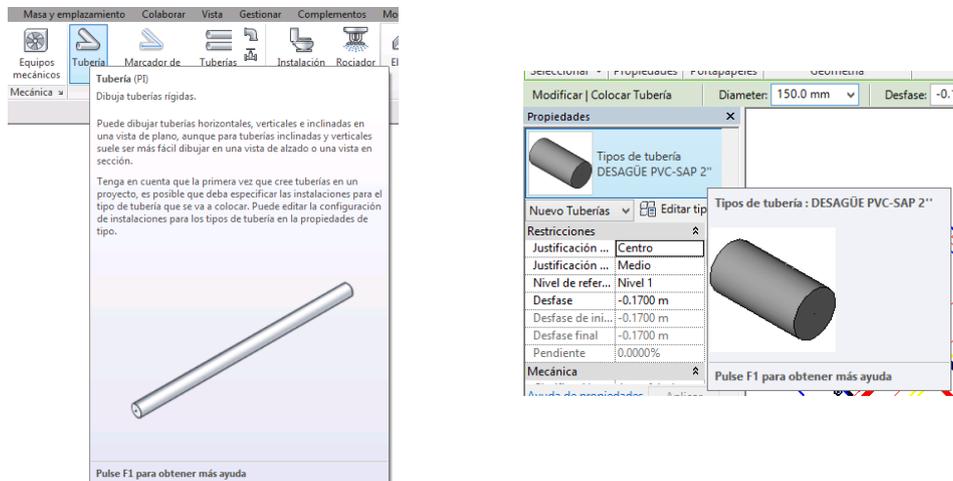
Figura III.26: Visualización en 3D de un inodoro



Fuente: Propia

Una vez colocada todos los equipos sanitarios, procedemos a colocar las tuberías de agua fría y agua caliente.

Figura III.27: Herramienta y edición para tuberías

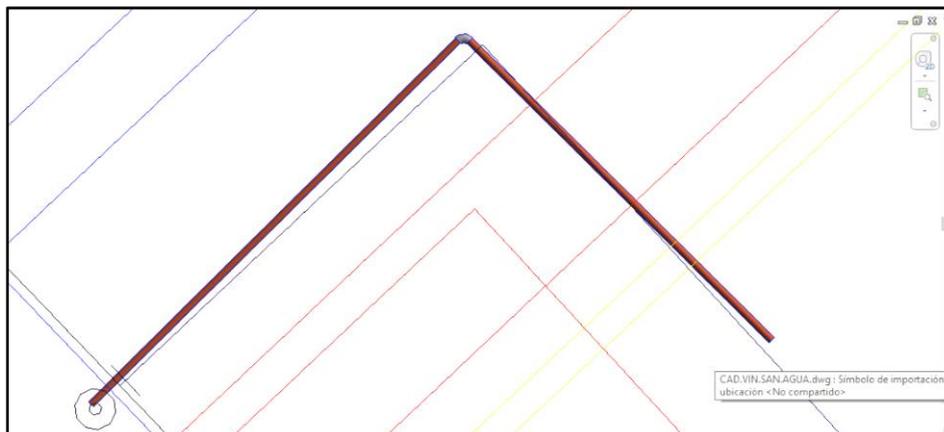


Fuente: Propia

*Escogemos tubería, cambiamos el nombre, diámetro y desfase en caso sea necesario.

Recorremos la plantilla con la tubería seleccionada, formando ángulos de 45 o 90 grados según sea necesario. Observamos que automáticamente se crean codos y uniones.

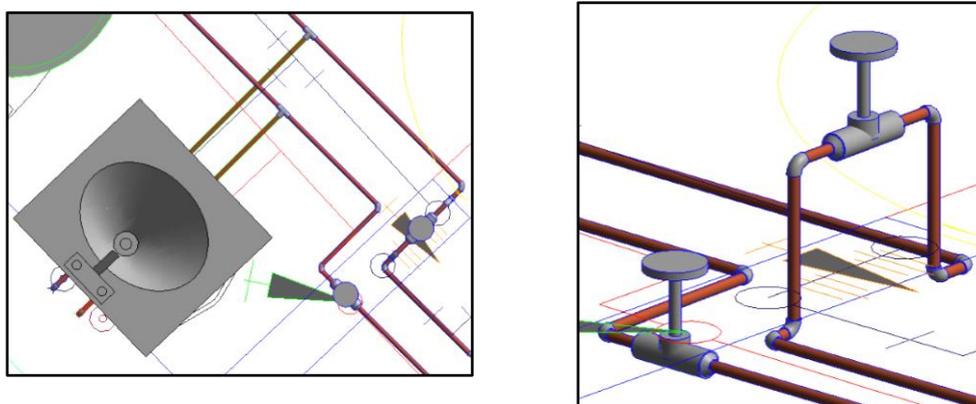
Figura III.28: Colocación de Tuberías



Fuente: Propia

Colocamos válvulas donde indique el plano.

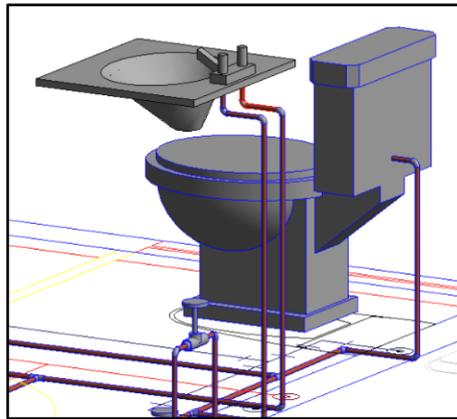
Figura III.29: Colocación de válvulas



Fuente: Propia

Conectamos las tuberías con los aparatos sanitarios.

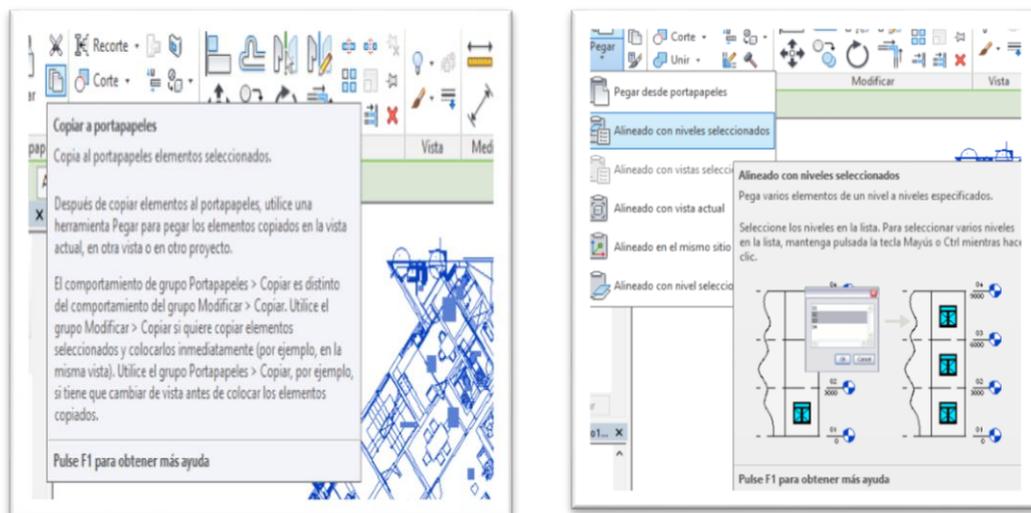
Figura III.30: Visualización en 3D de conexiones a aparatos



Fuente: Propia

Copiamos lo trabajado en el nivel 1 a los niveles 2 y 3. Seleccionamos los elementos a copiar, escogemos la opción “copiar a portapapeles” y luego pegar “alineado con niveles seleccionados”.

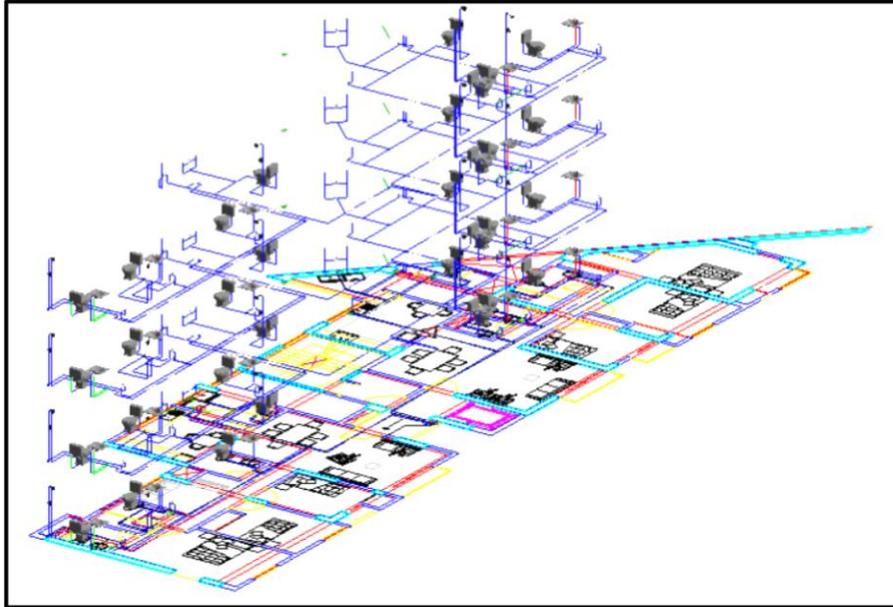
Figura III.31: Añadir niveles típicos



Fuente: Propia

Seleccionamos los niveles donde queremos que se peguen los elementos previamente seleccionados, luego seleccionamos la opción “Vista 3D” para mejor visualización.

Figura III.32: Visualización en 3D de instalaciones de agua fría y caliente



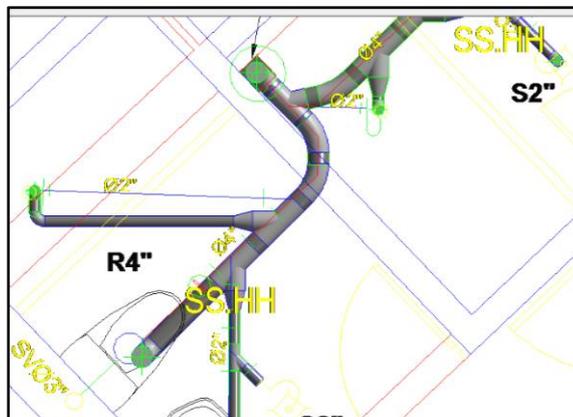
Fuente: Propia

Desagüe:

Cambiaremos el plano base por uno de desagüe con el mismo procedimiento que del agua, utilizaremos los mismos aparatos sanitarios del plano de agua fría y caliente.

Procedemos a la colocación de tuberías de 4" y 2", se forman uniones y reducciones conforme vamos realizando cambios de dirección en las tuberías.

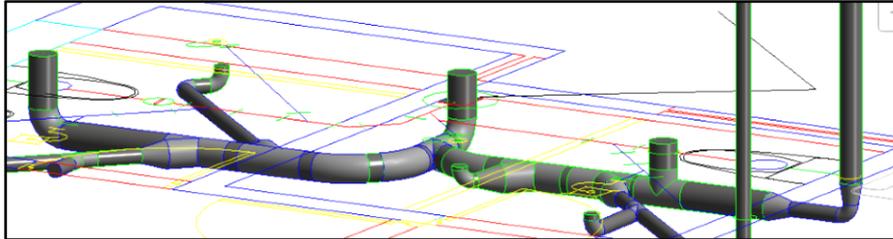
Figura III.33: Dibujado de las tuberías de desagüe



Fuente: Propia

Les damos la elevación necesaria dependiendo del destino de la tubería.

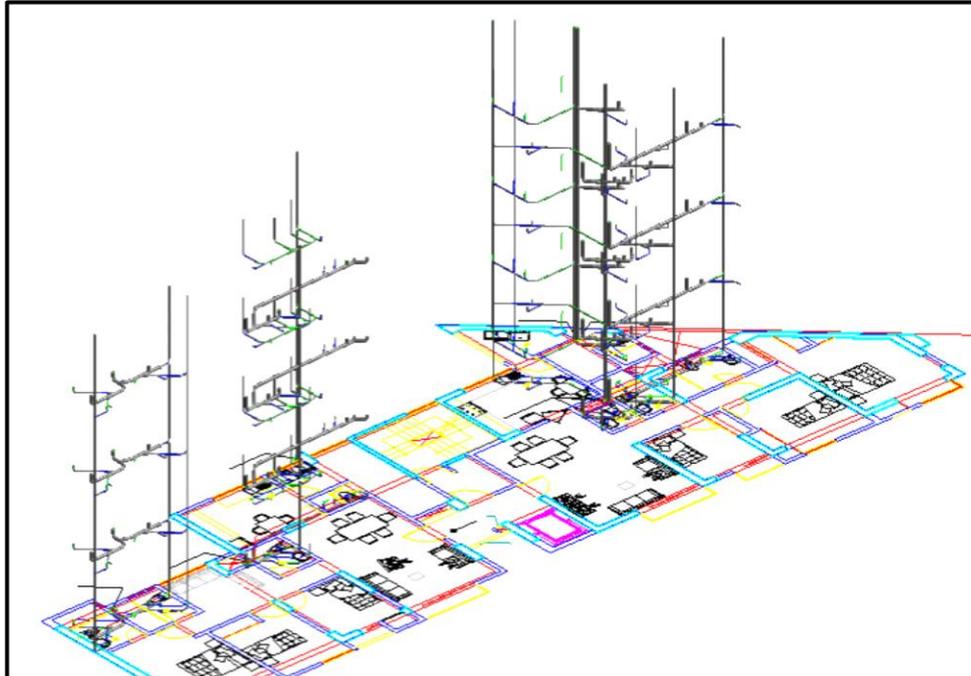
Figura III.34: Tuberías de desagüe en Cortes



Fuente: Propia

Realizamos el mismo procedimiento aumentar los elementos en los pisos 2, 3 y 4, luego conectamos montantes y seleccionamos la opción “Vista 3D” para mejor visualización.

Figura III.35: Visualización en 3D de Instalaciones de Desagüe



Fuente: Propia

4. CAPITULO VI : RESULTADOS

4.1. Metrados obtenidos del Revit

4.1.1. Placas / Columnas

Cuadro VI.1: Cuantificación de concreto, encofrado y acero en Placas/Columnas

<Metrado en Placas y columnas>				
A	B	C	D	E
Tipo	Volumen	Encofrado	Volumen reforzado estimado	Peso del Acero
COLUMNA 7	0.51 m ³	4.77 m ²	0.014 m ³	108.40 kg
PLACA 11	1.79 m ³	15.44 m ²	0.026 m ³	207.05 kg
PLACA 14	2.87 m ³	20.44 m ²	0.098 m ³	769.06 kg
PLACA 15	0.48 m ³	4.45 m ²	0.029 m ³	231.56 kg
COLUMNA 5	0.23 m ³	2.95 m ²	0.014 m ³	106.12 kg
PLACA 27	0.75 m ³	6.36 m ²	0.011 m ³	86.12 kg
PLACA 28	0.99 m ³	7.95 m ²	0.016 m ³	124.02 kg
PLACA 31'	0.32 m ³	4.99 m ²	0.012 m ³	91.03 kg
PLACA 33	1.11 m ³	10.16 m ²	0.039 m ³	305.77 kg
PLACA 32	2.45 m ³	18.32 m ²	0.060 m ³	470.60 kg
PLACA 29	2.41 m ³	20.81 m ²	0.086 m ³	675.23 kg
COLUMNA 6	0.89 m ³	7.40 m ²	0.050 m ³	396.00 kg
PLACA 12	0.65 m ³	6.46 m ²	0.027 m ³	211.42 kg
PLACA 31	1.84 m ³	25.49 m ²	0.046 m ³	363.44 kg
PLACA 34	1.59 m ³	14.10 m ²	0.055 m ³	428.92 kg
PLACA 36	0.71 m ³	6.47 m ²	0.055 m ³	429.90 kg
PLACA 30	1.96 m ³	22.56 m ²	0.094 m ³	737.76 kg
CN - 1	0.30 m ³	3.76 m ²	0.014 m ³	106.16 kg
PLACA 3	2.51 m ³	20.11 m ²	0.060 m ³	468.96 kg
PLACA 13	0.45 m ³	4.77 m ²	0.026 m ³	201.26 kg
PLACA 26	0.88 m ³	8.17 m ²	0.011 m ³	85.34 kg
CN -2	0.59 m ³	4.77 m ²	0.018 m ³	144.31 kg
PLACA 35	3.63 m ³	30.77 m ²	0.092 m ³	720.31 kg
PLACA 4	5.00 m ³	33.11 m ²	0.144 m ³	1130.33 kg
COLUMNA 7	0.51 m ³	4.77 m ²	0.014 m ³	108.40 kg
Total general: 25	35.41 m³	309.34 m²		8707.46 kg

Fuente: Propia

4.1.2. Vigas / Viguetas

Cuadro VI.2: Cuantificación de concreto en Vigas

<Metrado de concreto en Vigas>			
A	B	C	D
Tipo	Sección transvers	Longitud	Material: Volumen
VP (0.30 x 0.65 m): 1			1.25 m ³
VP (0.30 x 0.50 m): 5			0.16 m ³
VP (0.25 x 0.50 m): 23			19.80 m ³
VP (0.20 x 0.50 m): 2			0.34 m ³
VP (0.15 x 0.50 m): 2			0.33 m ³
VCH (0.25x0.20): 10			1.08 m ³
VCH (0.15x0.20): 9			0.47 m ³
Relleno de viga (0.05x0.50): 3			0.05 m ³
Relleno de viga (0.05x0.30): 23			0.17 m ³
Total general: 78			23.65 m ³

Fuente: Propia

Cuadro VI.3: Cuantificación de acero en Vigas

<Metrado de acero en Vigas>			
A	B	C	D
Tipo			Peso Acero
VP (0.30 x 0.65 m): 1			215.45 kg
VP (0.25 x 0.50 m): 23			4580.29 kg
VP (0.20 x 0.50 m): 2			93.95 kg
VP (0.15 x 0.50 m): 2			56.64 kg
VCH (0.25x0.20): 10			152.04 kg
VCH (0.15x0.20): 9			54.87 kg
Total general:			5153.24 kg

Fuente: Propia

Cuadro VI.4: Cuantificación de concreto en Viguetas

<Metrado de concreto en viguetas>	
A	B
Tipo	Material: Volumen
Vigueta (0.10x0.15): 150	6.38 m ³

Fuente: Propia

4.1.3. Losas

Cuadro VI.5: Cuantificación de concreto y encofrado en Losas

<Metrado concreto y encofrado losa>		
A	B	C
Tipo	Material: Volumen	Material: Área
Losa de 5mm	0.41 m ²	8.26 m ²
Losa de 5mm	0.36 m ²	7.14 m ²
Losa de 5mm	0.49 m ²	9.80 m ²
Losa de 5mm	0.34 m ²	6.72 m ²
Losa de 5mm	0.50 m ²	9.98 m ²
Losa de 5mm	0.67 m ²	13.40 m ²
Losa de 5mm	0.50 m ²	9.94 m ²
Losa de 5mm	0.49 m ²	9.77 m ²
Losa de 5mm	0.34 m ²	6.86 m ²
Losa de 5mm	0.76 m ²	15.21 m ²
Losa de 5mm	0.12 m ²	2.40 m ²
Losa de 5mm	0.20 m ²	3.96 m ²
Losa de 5mm	0.28 m ²	5.64 m ²
Losa de 5mm	0.02 m ²	0.36 m ²
Losa de 5mm	0.70 m ²	14.01 m ²
Losa de 5mm	0.41 m ²	8.20 m ²
Losa de 5mm	0.73 m ²	14.58 m ²
Losa de 5mm	0.13 m ²	2.61 m ²
Losa de 5mm	0.19 m ²	3.90 m ²
Losa de 5mm	0.14 m ²	2.86 m ²
Losa de 5mm	0.20 m ²	3.98 m ²
Losa de 5mm	0.13 m ²	2.62 m ²
Losa de 5mm	0.23 m ²	4.56 m ²
Losa de 5mm	0.17 m ²	3.42 m ²
Losa de 5mm	0.27 m ²	5.42 m ²
Losa de 5mm	0.07 m ²	1.43 m ²
Losa de 5mm	0.04 m ²	0.70 m ²
Losa de 5mm	0.25 m ²	5.04 m ²
Losa de 5mm	0.04 m ²	0.84 m ²
Total general: 29	9.18 m²	183.60 m²

Fuente: Propia

*Para obtener la cantidad de concreto a vacear en toda la losa se deberá tener en cuenta el concreto de las viguetas, ya que estas forman parte de las losas

4.2. Sectorización del proyecto

El primer paso a realizar, para poder sectorizar el proyecto, es obtener los metrados de las partidas en las cuales se realizará el estudio debido. Por lo tanto, esta sectorización estará definida por los metrados en concreto, encofrado y acero para las placas, vigas y losas.

Luego de obtener dichos metrados, se procederá a dividir el proyecto en sectores, teniendo en cuenta que todos los sectores deben tener lo más equitativamente posible en las cantidades metradas.

4.2.1. Metrados del Proyecto (Expediente técnico)

4.2.1.1. Placas / Columnas

Cuadro VI.6: metrado de placas - concreto

DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P3	m ³	1		1.10	2.27	2.50
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P4	m ³	1		2.22	2.27	5.04
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	CN1	m ³	1		0.13	2.27	0.30
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P34	m ³	1		0.7	2.27	1.59
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P35	m ³	1		1.61	2.27	3.65
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P36	m ³	1		0.31	2.27	0.70
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P33	m ³	1		0.50	2.27	1.14
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P32	m ³	1		1.08	2.27	2.44
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P30	m ³	1		0.86	2.27	1.95
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P31	m ³	1		0.81	2.27	1.84
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P31'	m ³	1		0.14	2.27	0.32
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P29	m ³	1		1.06	2.27	2.41
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	CN2	m ³	1		0.26	2.27	0.59
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P28	m ³	1		0.43	2.27	0.98
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P27	m ³	1		0.33	2.27	0.75
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C7	m ³	1		0.225	2.27	0.51
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C7	m ³	1		0.23	2.27	0.51
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P26	m ³	2		0.39	2.27	0.89
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P11	m ³	1		0.79	2.27	1.79
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	PL-12	m ³	1		0.29	2.27	0.66
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	PL-13	m ³	1		0.20	2.27	0.45
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C6	m ³	1		0.39	2.27	0.89
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C5	m ³	1		0.10	2.27	0.23
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P14'	m ³	1		1.36	2.27	3.08
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P15'	m ³	1		0.23	2.27	0.51
							35.70

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.7: metrado de placas - encofrado

DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P3	m ²	1	8.66		2.27	19.66
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P4	m ²	1	14.24		2.27	32.32
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	CN1	m ²	1	1.63		2.27	3.70
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P34	m ²	1	6.1		2.27	13.85
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P35	m ²	1	13.38		2.27	30.37
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P36	m ²	1	2.80		2.27	6.36
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P33	m ²	1	4.50		2.27	10.22
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P32	m ²	1	7.90		2.27	17.93
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P30	m ²	1	9.80		2.27	22.25
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P31	m ²	1	11.10		2.27	25.20
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P31'	m ²	1	2.20		2.27	4.99
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P29	m ²	2	9.00		2.27	20.43
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	CN2	m ²	1	2.10		2.27	4.77
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P28	m ²	1	3.50		2.27	7.95
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P27	m ²	1	2.80		2.27	6.36
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C7	m ²	1	2.1		2.27	4.77
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C7	m ²	1	2.10		2.27	4.77
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P26	m ²	1	3.60		2.27	8.17
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P11	m ²	1	6.80		2.27	15.44
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	PL-12	m ²	1	2.80		2.27	6.36
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	PL-13	m ²	1	2.10		2.27	4.77
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C6	m ²	1	3.20		2.27	7.26
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C5	m ²	1	1.30		2.27	2.95
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P14'	m ²	1	9.64		2.27	21.88
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P15'	m ²	1	2.10		2.27	4.77
							307.47

Fuente: Elaboración Propia

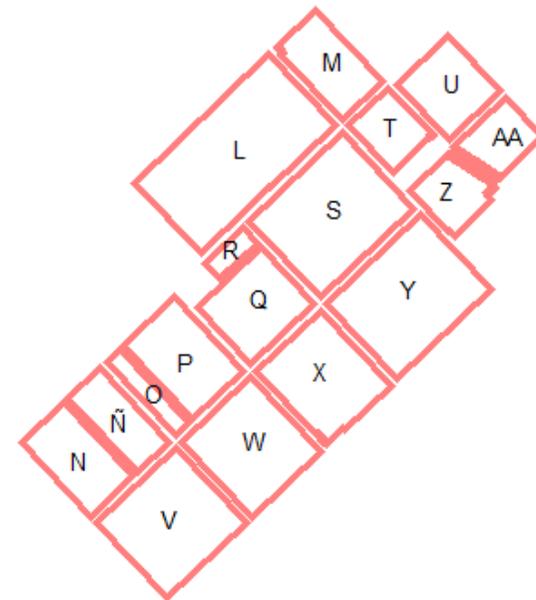
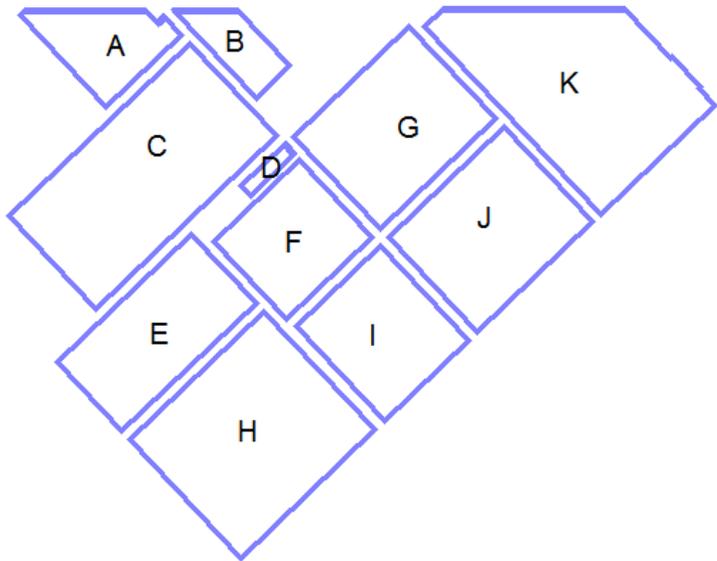
Cuadro VI.8: metrado de placas – acero

DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P3	Kg	445.10
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P4	Kg	1206.00
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	CN1	Kg	104.50
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P34	Kg	469.10
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P35	Kg	792.70
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P36	Kg	433.60
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P33	Kg	363.50
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P32	Kg	425.10
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P30	Kg	911.00
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P31	Kg	487.90
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P31'	Kg	103.90
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P29	Kg	675.80
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	CN2	Kg	148.30
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P28	Kg	131.55
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P27	Kg	74.70
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C7	Kg	108.95
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C7	Kg	108.95
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P26	Kg	86.60
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P11	Kg	243.00
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	PL-12	Kg	198.99
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	PL-13	Kg	192.51
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C6	Kg	334.00
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C5	Kg	109.30
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P14'	Kg	570.60
ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P15'	Kg	171.80
			8897.45

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1.2. Losas

ESQUEMA DE PAÑOS DE LOSAS ALIGERADAS PARA METRADO



Cuadro VI.9: metrado de losas – concreto

DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	A	m ³	1		3.96	0.0875	0.35
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	B	m ³	1		2.12	0.0875	0.19
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	C	m ³	1		14.85	0.0875	1.30
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	D	m ³	1		0.39	0.0875	0.03
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	E	m ³	1		8.20	0.0875	0.72
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	F	m ³	1		5.87	0.0875	0.51
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	G	m ³	1		9.49	0.0875	0.83
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	H	m ³	1		14.00	0.0875	1.23
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	I	m ³	1		7.00	0.0875	0.61
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	J	m ³	1		9.66	0.0875	0.85
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	K	m ³	1		15.00	0.0875	1.31
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	L	m ³	1		13.35	0.0875	1.17
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	M	m ³	1		3.96	0.0875	0.35
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	N	m ³	1		4.40	0.0875	0.39
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	Ñ	m ³	1		3.30	0.0875	0.29
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	O	m ³	1		1.37	0.0875	0.12
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	P	m ³	1		5.23	0.0875	0.46
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	Q	m ³	1		5.04	0.0875	0.44
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	R	m ³	1		0.84	0.0875	0.07
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	S	m ³	1		9.98	0.0875	0.87
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	T	m ³	1		2.62	0.0875	0.23
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	U	m ³	1		3.90	0.0875	0.34
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	V	m ³	1		8.26	0.0875	0.72
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	W	m ³	1		7.14	0.0875	0.62
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	X	m ³	1		6.67	0.0875	0.58
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	Y	m ³	1		9.80	0.0875	0.86
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	Z	m ³	1		2.77	0.0875	0.24
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	AA	m ³	1		2.60	0.0875	0.23
CONCRETO PARA LOSAS f'c=210 kg/cm2	BB	m ³	1		0.87	0.0875	0.08
							15.98

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.10: metrado de losas – encofrado

DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
ENCOFRADO LOSAS	A	m ²	1		3.96		3.96
ENCOFRADO LOSAS	B	m ²	1		2.12		2.12
ENCOFRADO LOSAS	C	m ²	1		14.85		14.85
ENCOFRADO LOSAS	D	m ²	1		0.39		0.39
ENCOFRADO LOSAS	E	m ²	1		8.20		8.20
ENCOFRADO LOSAS	F	m ²	1		5.87		5.87
ENCOFRADO LOSAS	G	m ²	1		9.49		9.49
ENCOFRADO LOSAS	H	m ²	1		14.00		14.00
ENCOFRADO LOSAS	I	m ²	1		7.00		7.00
ENCOFRADO LOSAS	J	m ²	1		9.66		9.66
ENCOFRADO LOSAS	K	m ²	1		15.00		15.00
ENCOFRADO LOSAS	L	m ²	1		13.35		13.35
ENCOFRADO LOSAS	M	m ²	1		3.96		3.96
ENCOFRADO LOSAS	N	m ²	1		4.40		4.40
ENCOFRADO LOSAS	Ñ	m ²	1		3.30		3.30
ENCOFRADO LOSAS	O	m ²	1		1.37		1.37
ENCOFRADO LOSAS	P	m ²	1		5.23		5.23
ENCOFRADO LOSAS	Q	m ²	1		5.04		5.04
ENCOFRADO LOSAS	R	m ²	1		0.84		0.84
ENCOFRADO LOSAS	S	m ²	1		9.98		9.98
ENCOFRADO LOSAS	T	m ²	1		2.62		2.62
ENCOFRADO LOSAS	U	m ²	1		3.90		3.90
ENCOFRADO LOSAS	V	m ²	1		8.26		8.26
ENCOFRADO LOSAS	W	m ²	1		7.14		7.14
ENCOFRADO LOSAS	X	m ²	1		6.67		6.67
ENCOFRADO LOSAS	Y	m ²	1		9.80		9.80
ENCOFRADO LOSAS	Z	m ²	1		2.77		2.77
ENCOFRADO LOSAS	AA	m ²	1		2.60		2.60
ENCOFRADO LOSAS	BB	m ²	1		0.87		0.87
							182.64

Fuente: Elaboración Propia

METRADO DE LOSAS – ACERO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
ACERO EN LOSA						841.50

4.2.1.3. Vigas

METRADO DE VIGAS – CONCRETO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
CONCRETO PARA VIGA $f'c=210$ kg/cm ²						24.01

METRADO DE VIGAS – ENCOFRADO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
ENCOFRADO VIGA						130.71

METRADO DE VIGAS – ACERO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PERIMETRO	ÁREA	ALTURA	METRADOS
ACERO EN VIGA						5185.90

Cuadro VI.11: Resumen de Metrados

RESUMEN DE METRADO	
DESCRIPCIÓN	METRADO
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	35.70
CONCRETO PARA LOSA ALIGERADA $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	15.98
CONCRETO PARA VIGA $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	24.01
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	307.47
ENCOFRADO PARA LOSA ALIGERADA	182.64
ENCOFRADO PARA VIGAS	130.71
ACERO PARA PLACAS Y COLUMNAS	8442.30
ACERO PARA LOSA ALIGERADA	841.50
ACERO PARA VIGAS	5185.90

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Sectorización

Cuadro VI.12: División de sectores por metrados

DESCRIPCIÓN	METRADO	SECTORES TENTATIVOS		
		1	2	3
CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	35.70	35.70	17.85	11.90
CONCRETO PARA LOSA ALIGERADA $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	15.98	15.98	7.99	5.33
CONCRETO PARA VIGA $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	24.01	24.01	12.01	8.00
ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	307.47	307.47	153.74	102.49
ENCOFRADO PARA LOSA ALIGERADA	182.64	182.64	91.32	60.88
ENCOFRADO PARA VIGAS	130.71	130.71	65.36	43.57
ACERO PARA PLACAS Y COLUMNAS	8442.30	8442.30	4221.15	2814.10
ACERO PARA LOSA ALIGERADA	841.50	841.50	420.75	280.50
ACERO PARA VIGAS	5185.90	5185.90	2592.95	1728.63

Fuente: Elaboración Propia

Edificio Bloque E

Sectorización de Placas y Columnas:

Sector 1: Azul

Sector 2: Rojo



Cuadro VI.13: Sectorización por metrado de concreto en Placas/columnas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	ÁREA	ALTURA	METRADOS
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P3	m ³	1.10	2.27	2.50
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P4	m ³	2.22	2.27	5.04
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	CN1	m ³	0.13	2.27	0.30
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P34	m ³	0.7	2.27	1.59
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P35	m ³	1.61	2.27	3.65
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P36	m ³	0.31	2.27	0.70
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P33	m ³	0.50	2.27	1.14
SECTOR 1	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P32	m ³	1.08	2.27	2.44
						17.36
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P30	m ³	0.86	2.27	1.95
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P31	m ³	0.81	2.27	1.84
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P31'	m ³	0.14	2.27	0.32
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P29	m ³	1.06	2.27	2.41
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	CN2	m ³	0.26	2.27	0.59
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P28	m ³	0.43	2.27	0.98
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P27	m ³	0.33	2.27	0.75
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C7	m ³	0.225	2.27	0.51
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C7	m ³	0.23	2.27	0.51
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P26	m ³	0.39	2.27	0.89
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P11	m ³	0.79	2.27	1.79
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	PL-12	m ³	0.29	2.27	0.66
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	PL-13	m ³	0.20	2.27	0.45
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C6	m ³	0.39	2.27	0.89
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	C5	m ³	0.10	2.27	0.23
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P14'	m ³	1.36	2.27	3.08
SECTOR 2	CONCRETO PARA PLACAS Y COLUMNAS $f_c=210$ kg/cm ²	P15'	m ³	0.23	2.27	0.51
						18.34

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.14: Sectorización por metrado de encofrado en Placas/columnas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	ÁREA	ALTURA	METRADOS
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P3	m ²		2.27	19.66
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P4	m ²		2.27	32.32
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	CN1	m ²		2.27	3.70
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P34	m ²		2.27	13.85
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P35	m ²		2.27	30.37
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P36	m ²		2.27	6.36
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P33	m ²		2.27	10.22
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P32	m ²		2.27	17.93
						134.41
SECTOR 1	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P30	m ²		2.27	22.25
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P31	m ²		2.27	25.20
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P31'	m ²		2.27	4.99
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P29	m ²		2.27	20.43
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	CN2	m ²		2.27	4.77
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P28	m ²		2.27	7.95
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P27	m ²		2.27	6.36
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C7	m ²		2.27	4.77
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C7	m ²		2.27	4.77
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P26	m ²		2.27	8.17
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P11	m ²		2.27	15.44
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	PL-12	m ²		2.27	6.36
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	PL-13	m ²		2.27	4.77
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C6	m ²		2.27	7.26
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	C5	m ²		2.27	2.95
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P14'	m ²		2.27	21.88
SECTOR 2	ENCOFRADO PARA PLACAS Y COLUMNAS	P15'	m ²		2.27	4.77
						173.06

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.15: Sectorización por metrado de acero en Placas/columnas

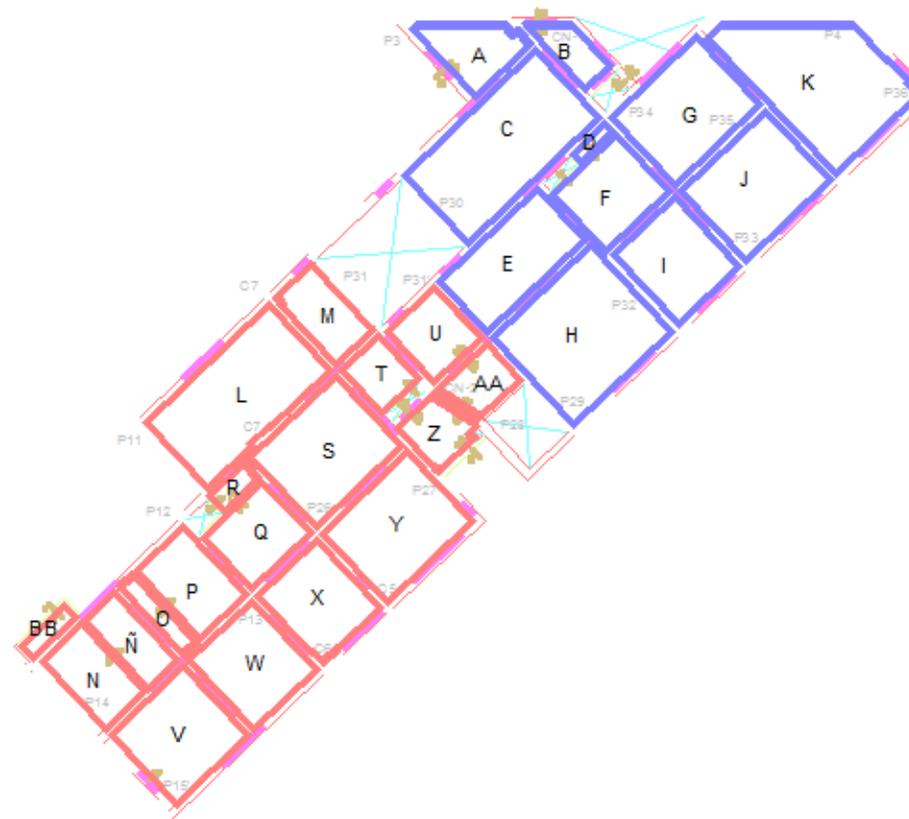
SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P3	Kg	445.10
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P4	Kg	1206.00
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	CN1	Kg	104.50
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P34	Kg	469.10
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P35	Kg	792.70
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P36	Kg	433.60
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P33	Kg	363.50
SECTOR 1	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P32	Kg	425.10
				4239.60
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P30	Kg	911.00
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P31	Kg	487.90
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P31'	Kg	103.90
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P29	Kg	675.80
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	CN2	Kg	148.30
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P28	Kg	131.55
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P27	Kg	74.70
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C7	Kg	108.95
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C7	Kg	108.95
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P26	Kg	86.60
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P11	Kg	243.00
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	PL-12	Kg	198.99
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	PL-13	Kg	192.51
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C6	Kg	334.00
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	C5	Kg	109.30
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P14'	Kg	570.60
SECTOR 2	ACERO COLUMNAS Y PLACAS	P15'	Kg	171.80
				4657.85

Fuente: Elaboración Propia

Sectorización de Losas aligeradas:

Sector 1: Azul

Sector 2: Rojo



Cuadro VI.16: Sectorización por metrado de concreto en Losas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	A	m ³	0.35
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	B	m ³	0.19
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	C	m ³	1.30
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	D	m ³	0.03
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	E	m ³	0.72
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	F	m ³	0.51
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	G	m ³	0.83
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	H	m ³	1.23
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	I	m ³	0.61
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	J	m ³	0.85
SECTOR 1	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	K	m ³	1.31
				7.92
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	L	m ³	1.17
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	M	m ³	0.35
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	N	m ³	0.39
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	Ñ	m ³	0.29
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	O	m ³	0.12
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	P	m ³	0.46
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	Q	m ³	0.44
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	R	m ³	0.07
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	S	m ³	0.87
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	T	m ³	0.23
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	U	m ³	0.34
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	V	m ³	0.72
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	W	m ³	0.62
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	X	m ³	0.58
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	Y	m ³	0.86
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	Z	m ³	0.24
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	AA	m ³	0.23
SECTOR 2	CONCRETO PARA LOSAS $f_c=210$ kg/cm ²	BB	m ³	0.08
				8.06

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.17: Sectorización por metrado de encofrado en Losas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	A	m ²	3.96
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	B	m ²	2.12
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	C	m ²	14.85
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	D	m ²	0.39
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	E	m ²	8.20
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	F	m ²	5.87
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	G	m ²	9.49
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	H	m ²	14.00
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	I	m ²	7.00
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	J	m ²	9.66
SECTOR 1	ENCOFRADO LOSAS	K	m ²	15.00
				90.54
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	L	m ²	13.35
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	M	m ²	3.96
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	N	m ²	4.40
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	Ñ	m ²	3.30
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	O	m ²	1.37
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	P	m ²	5.23
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	Q	m ²	5.04
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	R	m ²	0.84
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	S	m ²	9.98
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	T	m ²	2.62
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	U	m ²	3.90
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	V	m ²	8.26
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	W	m ²	7.14
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	X	m ²	6.67
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	Y	m ²	9.80
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	Z	m ²	2.77
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	AA	m ²	2.60
SECTOR 2	ENCOFRADO LOSAS	BB	m ²	0.87
				92.10

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.18: Sectorización por metrado de acero en Losas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
SECTOR 1	ACERO EN LOSA	SECTOR 1	Kg	417.15
SECTOR 2	ACERO EN LOSA	SECTOR 2	Kg	424.34

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.19: Sectorización por metrado de concreto en Vigas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
SECTOR 1	CONCRETO PARA VIGA $f_c=210$ kg/cm ²	SECTOR 1	m ³	11.5248
SECTOR 2	CONCRETO PARA VIGA $f_c=210$ kg/cm ²	SECTOR 2	m ³	12.4852

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.20: Sectorización por metrado de encofrado en Vigas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
SECTOR 1	ENCOFRADO VIGA	SECTOR 1	m ²	62.74
SECTOR 2	ENCOFRADO VIGA	SECTOR 2	m ²	67.97

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.21: Sectorización por metrado de acero en Vigas

SECTOR	DESCRIPCIÓN	ELEMENTO	UNIDAD	METRADOS
SECTOR 1	ACERO EN VIGA	SECTOR 1	Kg	2489.232
SECTOR 2	ACERO EN VIGA	SECTOR 2	Kg	2696.668

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro VI.22: Resumen de metrados por sectores

SECTOR 1		SECTOR 2	
CONCRETO PARA COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	17.35869	CONCRETO PARA COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	18.33706
CONCRETO PARA LOSA ALIGERADA f'c=210 kg/cm2	7.92225	CONCRETO PARA LOSA ALIGERADA f'c=210 kg/cm2	8.05875
CONCRETO PARA VIGA f'c=210 kg/cm2	11.5248	CONCRETO PARA VIGA f'c=210 kg/cm2	12.4852
ENCOFRADO PARA COLUMNAS	134.4067	ENCOFRADO PARA COLUMNAS	173.0648
ENCOFRADO PARA LOSA ALIGERADA	90.54	ENCOFRADO PARA LOSA ALIGERADA	92.1
ENCOFRADO PARA VIGAS	62.74128	ENCOFRADO PARA VIGAS	67.96972
ACERO PARA PLACAS Y COLUMNAS	4239.6	ACERO PARA PLACAS Y COLUMNAS	4657.85
ACERO PARA LOSA ALIGERADA	417.1547	ACERO PARA LOSA ALIGERADA	424.342232
ACERO PARA VIGAS	2489.232	ACERO PARA VIGAS	2696.668

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1. Cálculo de duración meta en Obra

Horario de Lunes a Viernes:

Hora de entrada:	07:20 am
Finaliza Charla de Inducción:	07:30 am
Hora de almuerzo:	12:00 pm
Retorno al trabajo:	01:00 pm
Finalización del trabajo:	05:00 pm

Horas de trabajo teórico:	8.0 horas al día
Horas de trabajo real:	8.5 horas al día

Duración meta teórico:	1
Duración meta real:	1.0625

Horario el día sábado:

Hora de entrada:	07:20 am
Finaliza Charla de Inducción:	07:30 am
Finalización del trabajo:	12:30 pm

Horas de trabajo teórico:	8.0 horas al día
Horas de trabajo real:	5.0 horas al día

Duración meta teórico:	1
Duración meta real:	0.625

4.2.2.2. Cálculo de cuadrillas, duración meta y hh/día (Lunes a Viernes):

PISO TÍPICO

SECTOR 1

RENDIMIENTOS	CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	ENCOFRADO	ACERO
COLUMNAS Y PLACAS	35.00	35.00	350.00
VIGAS	65.00	30.00	350.00
LOSA ALIGERADA	55.00	25.00	350.00

ACERO	
COLUMNAS Y PLACAS	SECTOR 1
Metrado	4239.60
Redimiento	350.00
Duración días	12.11
Cuadrilla	12.00
Duración meta	1.01
hh/día	8.08

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
12	12	0	24

ENCOFRADO	
COLUMNAS Y PLACAS	SECTOR 1
Metrado	134.41
Redimiento	35.00
Duración días	3.84
Cuadrilla	4.00
Duración meta	0.96
hh/día	7.68

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
4	4	0	8

CONCRETO	
COLUMNAS Y PLACAS	SECTOR 1
Metrado	17.36
Redimiento	35.00
Duración días	0.50
Cuadrilla	1.00
Duración meta	0.50
hh/día	3.97

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

ACERO	
VIGAS	SECTOR 1
Metrado	2489.23
Redimiento	350.00
Duraciòn días	7.11
Cuadrilla	7.00
Duración meta	1.02
hh/día	8.13

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
7	7	0	14

ENCOFRADO	
VIGAS	SECTOR 1
Metrado	62.74
Redimiento	30.00
Duraciòn días	2.09
Cuadrilla	2.00
Duración meta	1.05
hh/día	8.37

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
2	2	0	4

CONCRETO	
VIGAS	SECTOR 1
Metrado	11.52
Redimiento	65.00
Duraciòn días	0.18
Cuadrilla	1.00
Duración meta	0.18
hh/día	1.42

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

ACERO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 1
Metrado	417.15
Redimiento	350.00
Duraciòn días	1.19
Cuadrilla	2.00
Duración meta	0.60
hh/día	4.77

Op	Of	Pe	TOTAL
1	0	1	
2	0	2	4

ENCOFRADO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 1
Metrado	90.54
Redimiento	25.00
Duraciòn días	3.62
Cuadrilla	4.00
Duración meta	0.91
hh/día	7.24

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
4	4	0	8

CONCRETO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 1
Metrado	7.92
Redimiento	55.00
Duraciòn días	0.14
Cuadrilla	1.00
Duración meta	0.14
hh/día	1.15

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

SECTOR 2

RENDIMIENTOS	CONCRETO $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	ENCOFRADO	ACERO
COLUMNAS	35.00	35.00	350.00
VIGAS	65.00	30.00	350.00
LOSA ALIGERADA	55.00	25.00	350.00

ACERO	
COLUMNAS	SECTOR 2
Metrado	4657.85
Redimiento	350.00
Duración días	13.31
Cuadrilla	13.00
Duración meta	1.02
hh/día	8.19

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
13	13	0	26

ENCOFRADO	
COLUMNAS	SECTOR 2
Metrado	173.06
Redimiento	35.00
Duración días	4.94
Cuadrilla	5.00
Duración meta	0.99
hh/día	7.91

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
5	5	0	10

CONCRETO	
COLUMNAS	SECTOR 2
Metrado	18.34
Redimiento	35.00
Duración días	0.52
Cuadrilla	1.00
Duración meta	0.52
hh/día	4.19

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

ACERO	
VIGAS	SECTOR 2
Metrado	2696.67
Redimiento	350.00
Duración días	7.70
Cuadrilla	8.00
Duración meta	0.96
hh/día	7.70

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
8	8	0	16

ENCOFRADO	
VIGAS	SECTOR 2
Metrado	67.97
Redimiento	30.00
Duración días	2.27
Cuadrilla	3.00
Duración meta	0.76
hh/día	6.04

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
3	3	0	6

CONCRETO	
VIGAS	SECTOR 2
Metrado	12.49
Redimiento	65.00
Duración días	0.19
Cuadrilla	1.00
Duración meta	0.19
hh/día	1.54

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

ACERO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 2
Metrado	424.34
Redimiento	350.00
Duración días	1.21
Cuadrilla	2.00
Duración meta	0.61
hh/día	4.85

Op	Of	Pe	TOTAL
1	0	1	
2	0	2	4

ENCOFRADO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 2
Metrado	92.10
Redimiento	25.00
Duración días	3.68
Cuadrilla	4.00
Duración meta	0.92
hh/día	7.37

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
4	4	0	8

CONCRETO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 2
Metrado	8.06
Redimiento	55.00
Duración días	0.15
Cuadrilla	1.00
Duración meta	0.15
hh/día	1.17

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

4.2.2.3. Cálculo de cuadrillas, duración meta y hh/día (Sábados):

SECTOR 1

CONCRETO	
COLUMNAS Y PLACAS	SECTOR 1
Metrado	17.36
Redimiento	35.00
Duración días	0.50
Cuadrilla	1.00
Duración meta	0.50
hh/día	3.97

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

CONCRETO	
VIGAS	SECTOR 1
Metrado	11.52
Redimiento	65.00
Duraciòn días	0.18
Cuadrilla	1.00
Duraciòn meta	0.18
hh/día	1.42

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

CONCRETO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 1
Metrado	7.92
Redimiento	55.00
Duraciòn días	0.14
Cuadrilla	1.00
Duraciòn meta	0.14
hh/día	1.15

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	1	
1	1	1	3

SECTOR 2

ENCOFRADO	
COLUMNAS	SECTOR 2
Metrado	173.06
Redimiento	35.00
Duraciòn días	4.94
Cuadrilla	8.00
Duraciòn meta	0.62
hh/día	4.94

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
8	8	0	

ENCOFRADO	
VIGAS	SECTOR 2
Metrado	67.97
Redimiento	30.00
Duraciòn días	2.27
Cuadrilla	4.00
Duraciòn meta	0.57
hh/día	4.53

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
4	4	0	

ENCOFRADO	
LOSA ALIGERADA	SECTOR 2
Metrado	92.10
Redimiento	25.00
Duración días	3.68
Cuadrilla	6.00
Duración meta	0.61
hh/día	4.91

Op	Of	Pe	TOTAL
1	1	0	
6	6	0	12

4.3. Tren de actividades:

TREN ACTIVIDADES PISO TÍPICO

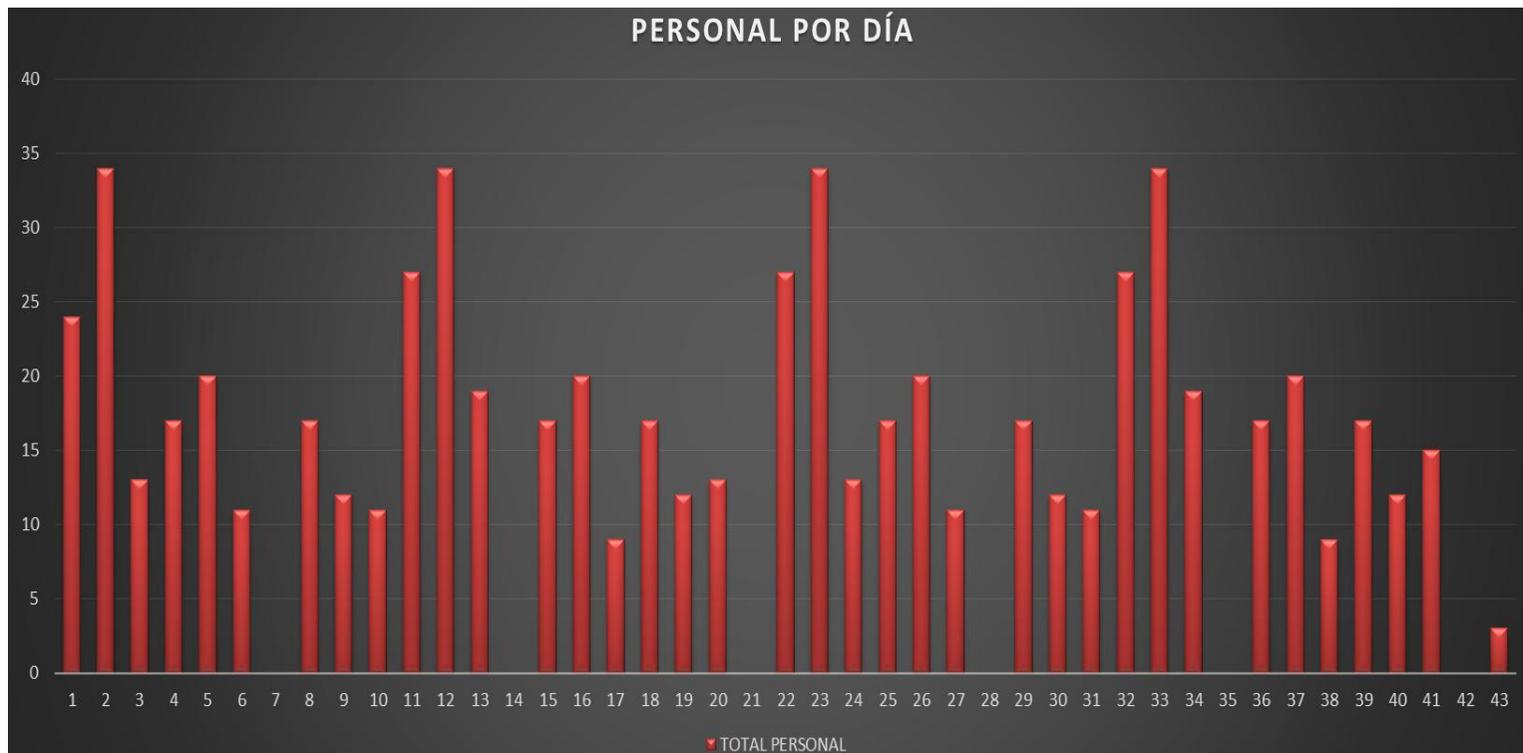
DÍAS POR PISO	2
NÚMERO DE PISOS	4
SECTOR 1	S1
SECTOR 2	S2

GRÁFICA DE PERSONAL POR DÍA

-Horizontal: Días

-Vertical: N° de trabajadores

Figura VI.1: Gráfica de barras de Personal por día



Fuente: Elaboración Propia

5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Metrados del Proyecto (Comparación Excel vs Revit)

5.1.1. Placas / Columnas

Cuadro V.1: Cuadro comparativo Metrados de Placas/columnas Revit vs Excel

METRADOS EN PLACAS – COLUMNAS			
Fuente	Concreto (m3)	Encofrado (m2)	Acero (Kg)
Excel	35.70	307.47	8897.45
Revit	35.41	309.34	8701.78
Diferencia	0.28	1.87	195.67
Porcentaje	0.81%	0.61%	2.20%

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Vigas

Cuadro V.2: Cuadro comparativo Metrados en Vigas Revit vs Excel

METRADOS EN VIGAS		
Fuente	Concreto (m3)	Acero (kg)
Excel	24.01	5185.90
Revit	23.65	5153.24
Diferencia	0.36	32.66
Porcentaje	1.50%	0.63%

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Losas

Cuadro V.3: Cuadro comparativo Metrados en Losas Revit vs Excel

METRADOS EN LOSAS		
Fuente	Concreto (m3)	Encofrado (m2)
Excel	15.98	182.64
Revit	15.56	183.60
Diferencia	0.42	0.96
Porcentaje	2.63%	0.53%

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Sectorización

Luego de realizar los cálculos obtenemos el número total de trabajadores que necesitaremos por semana ya que en el sector construcción los trabajadores son remunerados semanalmente. Teniendo estos datos el

contratista, maestro de obra o encargado de la plana trabajadora puede administrar según sea conveniente su personal. En el caso de la obra “Los Dijes del Golf”, el maestro que está elaborando la construcción, tiene a su cargo dos edificios, uno el utilizado en la presente tesis, y otro de similar tamaño. Con estos datos el maestro puede controlar cuanto personal máximo debe contratar, y en caso lo requiera mandarlo al otro edificio con el fin de no desperdiciar la mano de obra.

5.3. Trenes de actividades

Observando la cantidad de trabajadores que no son uniformes semanalmente, habría sido conveniente al momento de realizar la sectorización, dividirlo en más sectores, debido a que el acero que existe en placas y columnas es significativo, sin embargo, se realizó de la siguiente manera ya que si se contaba con frente de trabajo para poner tal cantidad de personal diario en acero de placas y columnas. Además, el rendimiento de encofrado y concreto premezclado.

5.4. Comparación de presupuesto del Teórico vs Real

Fechas de vaciado de concreto premezclado en obra:

VACIADO DE TECHO	
CONCRETO PREMEZCLADO	
Inicio	20/01/2015
1°	11/02/2015
2°	26/02/2015
3°	11/03/2015
4°	25/03/2015

Se obtuvo una duración de ejecución de los 4 pisos de 64 días según datos otorgados por obra “Condominio Residencial Inhouse”.

Cantidad de personal por semana (teórico):

	CANTIDAD DE PERSONAL SEMANAL						
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7
OPERARIOS	15	15	10	15	15	10	1
OFICIALES	15	15	10	15	15	10	1
PEONES	1	2	2	1	2	2	1

*Semana 7 sólo se trabaja un día.

Cantidad de personal por semana (real en obra):

	CANTIDAD DE PERSONAL SEMANAL								
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9
OPERARIOS	15	15	15	15	15	15	15	15	15
OFICIALES	15	15	15	15	15	15	15	15	15
PEONES	5	5	5	5	5	5	5	5	5

*Semana 9 sólo se trabaja 4 días.

Presupuesto en mano de obra (teórico):

	CANTIDAD DE PERSONAL SEMANAL					
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6
OPERARIOS	7500	7500	5000	7500	7500	5000
OFICIALES	6000	6000	4000	6000	6000	4000
PEONES	300	600	600	300	600	600
TOTAL:	S/. 75,000.00					

Presupuesto en mano de obra (real en obra):

	CANTIDAD DE PERSONAL SEMANAL								
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9
OPERARIOS	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500	7500
OFICIALES	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
PEONES	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
TOTAL:	S/. 135,000.00								

Se observa claramente que utilizando las herramientas lean, organizando las partidas por día y el personal necesario para dichas partidas, se puede reducir presupuesto en mano de obra, y se puede reducir el tiempo de ejecución de obra, aumentando así la productividad.

6. CAPITULO V: CONCLUSIONES

Luego de poner en práctica la metodología BIM mediante el software Revit y herramientas parte de la filosofía Lean Construction, se puede determinar las siguientes conclusiones:

- ✓ La empresa nos proporcionó la información básica de las partidas del proyecto para poder realizar esta investigación tales como: planos, presupuesto, metrados y cronograma. Toda esta información fue relevante durante nuestra investigación.
- ✓ Mediante software Revit 2015 se obtuvo el modelamiento en 3D de la obra "Los Dijes del Golf"; durante el diseño del modelado se llegó a encontrar 30 incompatibilidades, las cuales fueron solucionadas durante el proceso de modelamiento.
- ✓ Al haber obtenido los metrado de acero, encofrado y concreto en estructuras del Revit, y compararlos con los calculados manualmente (Excel), obtuvimos un error promedio de 1.58%, dicho error es irrelevante ya que es mínimo.
- ✓ Al usar las herramientas Lean de sectorización y tren de actividades pudimos obtener la cantidad óptima de la mano de obra que se necesitará diariamente durante la construcción de la obra "Los Dijes del Golf", además de reducir el plazo original de Obra en un 33%.
- ✓ Al haber utilizado las herramientas lean, para tener organizado las partidas por día y el personal necesario para dichas partidas, se comprobó que se redujo el presupuesto en mano de obra en un 44%, y consecuentemente mejoramos la productividad.

7. CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

Partiendo de las conclusiones, hacemos las siguientes recomendaciones:

- ✓ Se recomienda disponer de toda la información referente al proyecto como son Planos, Presupuestos, Cronogramas de Obra, data histórica de rendimientos promedio como integrar al equipo de trabajo constructivo para una mejor visión de las actividades inmersas en el proyecto.
- ✓ Se recomienda tener modelado la edificación en Revit, antes de terminar con las partidas de Obras Provisionales y Trabajos Preliminares, con el fin de evitar incongruencias en el proceso constructivo reduciendo así los gastos por reparaciones.
- ✓ Se recomienda considerar los metrados proporcionado por el Software Revit para una estimación de costos del Proyecto. Salvo las partidas de acero, ya que el software usa un coeficiente promedio de kg/m³ para su cuantificación y presentan diferencias relativamente mayores.
- ✓ Se recomienda nivelar los recursos de Mano de Obra cuando no se dispone de más frentes de trabajo durante la ejecución del Proyecto con el fin de aprovechar al máximo los rendimientos.
- ✓ Se recomienda sectorizar de manera adecuada los entregables de obra con el fin de obtener mayor eficiencia y eficacia en el uso de los recursos de obra lo que conlleva a aumentar la productividad en obra.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ David Assael (2006, 24 de noviembre). "BIM: Adios al CAD", ArchDaily Perú. Obtenido de <http://www.archdaily.pe/pe/02-1284/bim-adios-al-cad> (1)
- ✓ Rojas, P. V. (2013). "Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM". Lima, Lima, Perú. (2)
- ✓ EcuRed. Artículo sobre Autodesk Revit. Obtenido de http://www.ecured.cu/index.php/Autodesk_Revit (3)
- ✓ Claudia Álvarez Bernal, Juana María Luisa García Muela & Ernesto Ramírez Cárdenas (2012, febrero). "Productividad y desarrollo: Gestión y aplicación del conocimiento en la mejora del desempeño de sistemas de operación". Obregón, México: ITSON.(4)
- ✓ Institute, L. C. (2014, 15 de enero). Lean Construction Institute. Obtenido de <http://www.leanconstruction.org/> (5)
- ✓ EDIFICA (2011). Procedimiento Sectorización de Proyectos. Obtenido de <http://es.slideshare.net/GrupoEdifica/2-procedimiento-para-la-sectorizacin-25082011> (6)
- ✓ Virgilio Ghio Castillo (2001, noviembre) "Productividad en Obras de Construcción". (1ª ed.). Lima, Perú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ✓ Humberto Gutiérrez Pulido (2010), "Calidad total y Productividad". (3ª ed.). México. MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDICIONES S.A.

9. ANEXOS