

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Propuesta de programación de un proyecto de Instalación de Gas en viviendas multifamiliares usando la Filosofía Lean Construction**

**Tesis para optar el título profesional de INGENIERA CIVIL**

**AUTORA:**

Karla Sofia Delgado Martinez

**ASESOR:**

Dr. Ing. Xavier Max Brioso Lescano

Lima, enero, 2021

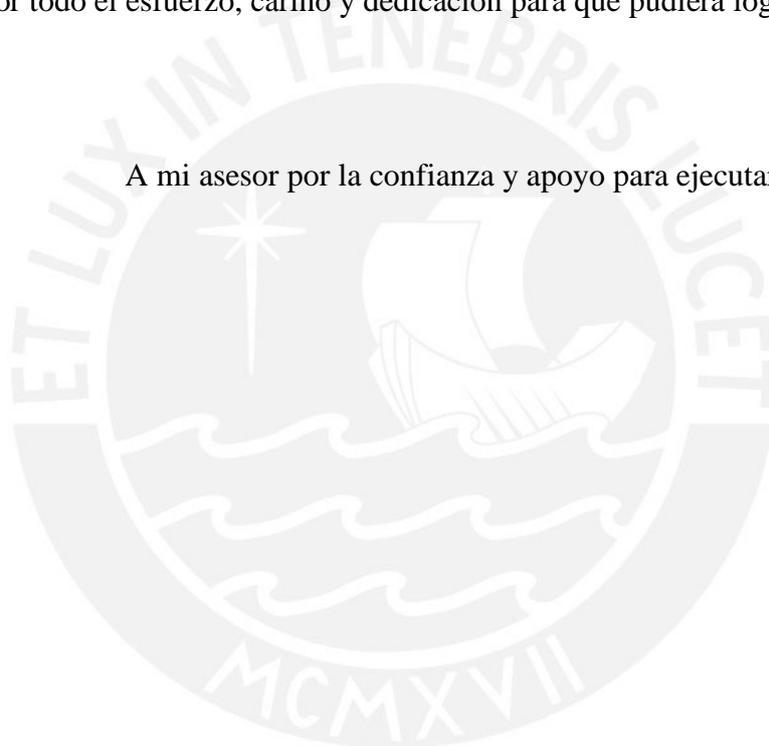
## RESUMEN

En el año 2018, el gobierno peruano estipuló por medio de una normativa legal un subsidio para todos los proyectos de vivienda económica que a partir de esa fecha incluyan el sistema de gas natural, ya que representa una sostenible fuente de energía en el país. Por este motivo, todos los involucrados deben informarse más acerca de esta fuente de energía. De la misma manera, deben poder analizar y evaluar los procesos que involucran estas actividades e implementar más control en los proyectos de instalaciones de gas en viviendas multifamiliares. Por otro lado, existen pocas publicaciones sobre procesos constructivos de instalaciones de gas, las cuales tienen escaso nivel de detalle sobre programaciones definidas en obra. Como consecuencia de lo anterior, un estudio que desarrolle estos temas sería muy beneficioso para todos los involucrados. En la presente tesis se investigará y expondrá información acerca del proyecto de instalaciones de gas natural y su desarrollo en el país. Además, se analizará las actividades de construcción de estas instalaciones y se propondrá una metodología de planificación y programación bajo el enfoque de la filosofía Lean Construction, metodología que optimiza los procesos y reduce las pérdidas. La propuesta detallará los procesos constructivos en las distintas fases del proyecto. El estudio incluye las herramientas, técnicas y buenas prácticas de cada proceso y servirá de guía para todos los involucrados en proyectos de vivienda multifamiliar. Por último, se determinarán conclusiones y recomendaciones con la finalidad de mejorar los procesos en los proyectos con instalaciones de gas en que se implemente la propuesta.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo el esfuerzo, cariño y dedicación para que pudiera lograr mis objetivos.

A mi asesor por la confianza y apoyo para ejecutar la presente tesis.



## TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCION .....	1
CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1. ALCANCES.....	2
1.2. LIMITACIONES.....	2
1.3. OBJETIVOS .....	2
1.3.1.    OBJETIVO GENERAL .....	2
1.3.2.    OBJETIVO ESPECÍFICO.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. FILOSOFÍA <i>LEAN</i> .....	4
2.1.1. <i>LEAN PRODUCTION</i> .....	4
2.1.2. <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	5
2.2. PLANIFICACIÓN TRADICIONAL.....	8
2.3. PLANIFICACIÓN MEDIANTE EL <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	9
2.4. EL GAS NATURAL .....	12
2.4.1.    PROPIEDADES FUNDAMENTALES.....	12
2.4.2.    CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS GENERALES DEL GAS NATURAL .....	12
2.4.3.    COMPOSICIÓN .....	14
2.4.4.    RESERVAS .....	14
2.4.5.    INDUSTRIA DEL GAS NATURAL .....	15
2.4.6.    APLICACIONES DEL GAS .....	17
2.4.7.    GAS NATURAL EN EL PERÚ .....	18
2.4.8.    COSTO DEL GAS NATURAL EN EL PERÚ .....	22
2.5. INSTALACIONES DE GAS NATURAL.....	23
2.5.1.    NORMATIVA DE INSTALACIÓN DE GAS .....	23
2.5.2.    ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES .....	24
2.5.3.    DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TUBERÍA .....	28
2.5.4.    DESARROLLO DE LA INSTALACIÓN DE REDES INTERNAS DE GAS.....	29
2.5.5.    HABILITACIÓN DEL SERVICIO DE GAS NATURAL .....	31
2.5.6.    SUPERVISIÓN DE INSTALACIÓN DE GAS NATURAL .....	32
CAPITULO 3: METODOLOGÍA.....	33

3.1 REVISIÓN DEL CRONOGRAMA MAESTRO .....	33
3.2 <i>PULL PLANNING</i> .....	34
3.3 <i>LOOK AHEAD</i> .....	34
3.4 PLAN SEMANAL .....	36
3.5 ANÁLISIS DE FIABILIDAD Y RESTRICCIONES .....	36
<b>CAPITULO 4: CASO DE ESTUDIO</b> .....	<b>37</b>
4.1 ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES DE GAS .....	37
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	38
4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE .....	38
4.2.2. SISTEMAS DE REGULACIÓN .....	42
4.2.3. DISEÑO DE MEDIDOR .....	45
4.2.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA .....	46
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>55</b>
5.1 BIM Y MODELACIÓN POR REVIT .....	55
5.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LEAN .....	58
5.2.1 SECTORIZACIÓN .....	58
5.1.2 METRADOS DE INSTALACIONES DE GAS .....	69
5.1.3 PLANIFICACIÓN MAESTRA .....	71
5.1.4 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES O PRERREQUISITOS .....	80
5.2 PROGRAMACIÓN LIBERADA .....	86
5.2.1. <i>LOOK AHEAD</i> .....	86
5.2.2. PLAN SEMANAL .....	87
5.2.3. ANÁLISIS DE FIABILIDAD Y RESTRICCIONES .....	95
5.2.4. RECOLECCIÓN DE DATA EN OBRA .....	96
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES y recomendaciones</b> .....	<b>102</b>
<b>FUENTES CITADAS</b> .....	<b>106</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>112</b>
ANEXO A: SISTEMA DE TUBERÍAS – CONSIDERACIONES GENERALES .....	112
ANEXO B: CLASIFICACIÓN DE GASODOMÉSTICOS POR SU NATURALEZA .....	112
ANEXO C: CLASIFICACIÓN DE GASODOMÉSTICOS POR SU TIPO .....	113
ANEXO D: CONSUMO DE EQUIPOS A GAS NATURAL .....	116
ANEXO E: TIPOS DE GABINETES .....	117
ANEXO F: PROTECCIÓN DE LA RED .....	118
ANEXO G: DISTANCIAS DE SEGURIDAD DE LA PROTECCIÓN DE LA RED .....	119
ANEXO H: IDENTIFICACIÓN DE LA TUBERÍA DE GAS .....	120

ANEXO I: FLUJOGRAMA – PROCEDIMIENTO DE HABILITACIÓN DE INSTALACIONES INTERNAS / CONSUMO > 10M3 121	
ANEXO J: PARÁMETROS EXIGIDOS POR LA NORMA VIGENTE PARA LA PRUEBA DE HERMETICIDAD .....	122
ANEXO K: DISEÑO DE TUBERÍAS .....	123
ANEXO L: LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD).....	127
ANEXO M: PLANIFICACIÓN MAESTRA DEL EDIFICIO 17, 18, 19, 20.....	128
ANEXO N: FICHA TÉCNICA DE TUBERÍA PEALPE .....	129
ANEXO O: FICHA TÉCNICA DE TUBERÍA DE COBRE.....	132
ANEXO P: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE INSTALACIONES DE TUBERÍAS DE COBRE DE GAS NATURAL	136
ANEXO Q: METRADO Y COSTO POR SECTOR SEGÚN LA PARTIDA DE INSTALACIÓN DE GAS .....	137
ANEXO R: RESUMEN DE CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO EN LA OBRA DEL EDIFICIO 17.....	139



## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Los 5 grupos de procesos PMBOK.....	9
<i>Figura 2.</i> Sistema tradicional de planificación.....	10
<i>Figura 3.</i> Sistema de Planificación <i>Lean</i> .....	10
<i>Figura 4.</i> Sistema de planificación <i>Lean</i> .....	11
<i>Figura 5.</i> Consumo de gas natural per cápita 2019 (toneladas equivalentes de petróleo).....	15
<i>Figura 6.</i> Estructura del suministro del gas natural en el Perú.....	16
<i>Figura 7.</i> Oferta bruta de energía primaria .....	16
<i>Figura 8.</i> Emisiones de CO2 en Perú .....	17
<i>Figura 9.</i> Empresas comprometidas en el proyecto Camisea.....	20
<i>Figura 10.</i> Periodo de supervisión de expansión del gas natural en Lima y Callao .....	21
<i>Figura 11.</i> Concesiones de distribución de gas natural en el Perú .....	22
<i>Figura 12.</i> ¿Cuánto se ahorra con gas natural? .....	23
<i>Figura 13.</i> Esquema Referencial de una Instalación Interna.....	24
<i>Figura 14.</i> Distancias mínimas entre acometida y tuberías de conexión .....	29
<i>Figura 15.</i> Planta de Proyecto de Comas.....	39
<i>Figura 16.</i> Planta de Edificio 17 .....	40
<i>Figura 17.</i> Elevación del edificio 17 .....	41
<i>Figura 18.</i> Detalle del regulador de 1° Etapa 4 bar a 340 mbar .....	42
<i>Figura 19.</i> Detalle de los reguladores de 1° Etapa .....	43
<i>Figura 20.</i> Detalle de la Instalación de los Medidores en el Gabinete Doble .....	46
<i>Figura 21.</i> Ecuaciones para considerar en el diseño de diámetro de tuberías .....	47
<i>Figura 22.</i> Vista isométrica de montante de Instalaciones de Gas .....	48
<i>Figura 23.</i> Detalle Referencial de la Rejilla para la Ventilación de los equipos al exterior.....	49
<i>Figura 24.</i> Ventilación para los Gabinetes Dobles Instalados en el Conducto Técnico – 1° Piso.....	50
<i>Figura 25.</i> Detalle de los Gabinetes dobles instalados en el conducto técnico .....	50
<i>Figura 26.</i> Detalle de Ventilación superior e inferior vista de fachada del edificio .....	51
<i>Figura 27.</i> Tubería en pase en muro.....	53
<i>Figura 28.</i> Detalle de la Válvula de corte del Gasodoméstico .....	53
<i>Figura 29.</i> Modelación en Revit del primer y segundo piso, LOD 200.....	56
<i>Figura 30.</i> Modelación en Revit del primer y segundo piso. ....	57
<i>Figura 31.</i> Procesos para realizar una sectorización.....	58
<i>Figura 32.</i> Sectorización del 1er al 16avo Piso.....	59
<i>Figura 33.</i> Sectorización de Instalaciones de Gas Nota.....	60
<i>Figura 34.</i> Instalación de gas en el Sector 1 .....	61

<i>Figura 35.</i> Instalación de gas en el Sector 2 .....	62
<i>Figura 36.</i> Instalación de gas en el Sector 3 .....	63
<i>Figura 37.</i> Instalación de gas en el Sector 4 .....	64
<i>Figura 38.</i> Isométrico del Sector 1 y el Sector 4 realizado en AutoCAD .....	65
<i>Figura 39.</i> Isométrico del Sector 1 y el Sector 4 modelado en Revit .....	66
<i>Figura 40.</i> Isométrico del Sector 2 y el Sector 3 realizado en AutoCAD .....	67
<i>Figura 41.</i> Isométrico del Sector 2 y el Sector 3 modelado en Revit .....	68
<i>Figura 42.</i> Planificación Maestra del edificio 17 .....	72
<i>Figura 43.</i> Línea de tiempo basado en las partidas de instalaciones de gas para el Edificio 17 .....	72
<i>Figura 44.</i> Trazo de redes enterradas de gas.....	73
<i>Figura 45.</i> Procedimiento, materiales y equipos para la zanja de redes .....	74
<i>Figura 46.</i> Instalaciones de gas en platea de cimentación .....	74
<i>Figura 47.</i> Separación de las válvulas en muros .....	75
<i>Figura 48.</i> Resane y limpieza de muros .....	76
<i>Figura 49.</i> Colocación de válvulas y accesorios .....	76
<i>Figura 50.</i> Colocación de gasodomésticos .....	77
<i>Figura 51.</i> Montante de instalaciones de gas .....	78
<i>Figura 52.</i> Prueba de hermeticidad en línea montante.....	78
<i>Figura 53.</i> Medidores, reguladores y gabinetes .....	79
<i>Figura 54.</i> Detalle y ubicación de rejillas .....	79
<i>Figura 55.</i> Gráfico PPC Semanal.....	96
<i>Figura 56.</i> Gráfico PPC Semanal.....	96
<i>Figura 57.</i> Matriz llenado por supervisor de obra .....	98
<i>Figura 58.</i> Matriz llenado por contratista de Cálidda.....	99
<i>Figura 59.</i> Matriz llenado por operario 1.....	100
<i>Figura 60.</i> Matriz llenado por operario 2.....	101

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Evolución de los Sistemas Productivos</i> .....	4
Tabla 2 <i>11 Principios establecidos para Lean Construction</i> .....	6
Tabla 3 <i>Desperdicios en obra</i> .....	8
Tabla 4 <i>Propiedades fundamentales del gas natural</i> .....	12
Tabla 5 <i>Beneficios de las instalaciones de gas</i> .....	13
Tabla 6 <i>Cuadro de diferencias entre el gas natural y el GLP</i> .....	13
Tabla 7 <i>Composición del Gas Natural</i> .....	14
Tabla 8 <i>Aplicaciones del gas en los sectores, combustibles que sustituyen y sus procesos</i> .....	17
Tabla 9 <i>Evolución del Proyecto Camisea: Principales Acontecimientos</i> .....	18
Tabla 10 <i>Clasificación de tuberías PEALPE según sus dimensiones</i> .....	25
Tabla 11 <i>Tipos de medidores</i> .....	26
Tabla 12 <i>Criterios a tener en cuenta durante la selección de un regulador</i> .....	27
Tabla 13 <i>Consideraciones de diseño del sistema de tubería</i> .....	28
Tabla 14 <i>Presión y tiempo mínimo permitido en prueba de hermeticidad</i> .....	31
Tabla 15 <i>Proyección de clientes residenciales por distrito 2018-2022</i> .....	37
Tabla 16 <i>Nº de pisos del proyecto</i> .....	38
Tabla 17 <i>Reguladores de primera etapa</i> .....	44
Tabla 18 <i>Reguladores de segunda etapa</i> .....	44
Tabla 19 <i>Parámetro de diseño</i> .....	45
Tabla 20 <i>Diámetro nominal de la tubería de cobre conforme a la norma NTP 342.052</i> .....	52
Tabla 21 <i>Diámetro nominal de la tubería PE-AL-PE conforme a la NTP ISO 17484-1</i> .....	52
Tabla 22 <i>Presupuesto detallado de Proyecto de Comas</i> .....	54
Tabla 23 <i>Metrado de encofrado y concreto por sectores</i> .....	59
Tabla 24 <i>Metrado de instalaciones de gas de cada sector</i> .....	69
Tabla 25 <i>Resumen de metrado de instalaciones de gas de cada sector</i> .....	69
Tabla 26 <i>Metrado de instalaciones de gas de la montante</i> .....	70
Tabla 27 <i>Resumen de metrado de instalaciones de gas de la montante</i> .....	71
Tabla 28 <i>Responsabilidad de cada área</i> .....	80
Tabla 29 <i>Restricciones de Cimentaciones</i> .....	81
Tabla 30 <i>Restricciones de Estructuras</i> .....	82
Tabla 31 <i>Restricciones de Acabados</i> .....	83
Tabla 32 <i>Restricciones de Áreas comunes</i> .....	84
Tabla 33 <i>Causas de incumplimiento por área</i> .....	85
Tabla 34 <i>Look ahead de la Obra de Comas</i> .....	86
Tabla 35 <i>Plan semanal en etapa de cimentaciones</i> .....	87
Tabla 36 <i>Plan semanal representado en costo y metrados en la etapa de cimentaciones</i> .....	88

Tabla 37 <i>Plan semanal en etapa de estructura</i> .....	89
Tabla 38 <i>Plan semanal representado en costo y metrados en etapa de estructura</i> .....	90
Tabla 39 <i>Plan semanal en etapa de acabados</i> .....	91
Tabla 40 <i>Plan semanal representado en costo y metrados en etapa de acabados</i> .....	92
Tabla 41 <i>Plan semanal en etapa de área común</i> .....	93
Tabla 42 <i>Plan semanal representado en costo y metrados en etapa de acabados</i> .....	94
Tabla 43 <i>Reporte PPC - Semanal</i> .....	95



## LISTA DE SÍMBOLOS

BOOT = Construir, Poseer, Operar y Transferir

kcal/lit = Kilocaloría por litro

kcal/m<sup>3</sup> = Kilocaloría por metro cúbico

kg/kmol = Kilogramo por Kilomol

kg/m<sup>3</sup> = Kilogramo por metro cúbico

kPa = Kilopascal

kW/h = Kilovatio por hora

m<sup>3</sup> = Metros cúbicos

mbar = Milibar

Mbtu/m<sup>3</sup> = MegaBTU por metros cúbicos normales

mg/m<sup>3</sup> = Miligramo por metro cúbico

m<sup>3</sup>/kmol = Metros cúbicos normales por kilomol

psi = Libra por pulgada cuadrada

## INTRODUCCION

Actualmente, el consumo de energía ha crecido en el transcurso del año a un 2.9% a nivel mundial según la Revisión Estadística de la Energía Mundial 2019 (British Petroleum, 2019); siendo los combustibles más utilizados el carbón, el petróleo y el gas natural. Sin embargo, este último representa una significativa fuente de energía, ya que posee ventajas económicas y ambientales en proyectos industriales y residenciales. Es por esta razón, que, desde febrero del 2018, el Estado Peruano promueve el programa MiVivienda Verde, dentro del Fondo MiVivienda. Esto significa una menor tasa de interés para los créditos hipotecarios en viviendas ecosostenibles que posean sistemas ahorradores de agua y luz, a través de instalaciones de gas natural (Fondo MiVivienda, 2019). Sin embargo, la programación y construcción de este servicio puede ser mejorada para evitar las pérdidas por interferencias, atrasos y trabajos rehechos, puesto que estos afectan tanto al subcontratista, que las instala, como al contratista principal.

Por este motivo para poder optimizar los procesos de construcción se vienen aplicando nuevas metodologías y entre los principales se encuentra el Sistema *Last Planner*, filosofía que ya se viene aplicando en el Perú. Esta metodología es utilizada como herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía *Lean Construction*. Este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable (Ballard, 1998). Su filosofía puede ser implementada en cualquier obra, ya que sus beneficios son el aporte del mejoramiento “rentable” y la disminución de la incertidumbre en la programación de cada etapa.

## **CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. ALCANCES**

Se ha realizado esta investigación en un proyecto MiVivienda. Se trata de una obra construcción, la cual cumple con la función de ser vivienda multifamiliar y utiliza instalaciones de gas. En la presente tesis se investigará las actividades constructivas bajo una *Filosofía Lean Construction* y se realizará una propuesta, la que nos indicará los procesos constructivos incluyendo las fases de estas instalaciones siguiendo esta metodología.

### **1.2. LIMITACIONES**

La investigación se limita al análisis, entendimiento y desarrollo del estudio respecto una investigación cuantitativa, ya que los resultados se evaluarán en el caso de estudio observable y serán descripciones detalladas.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

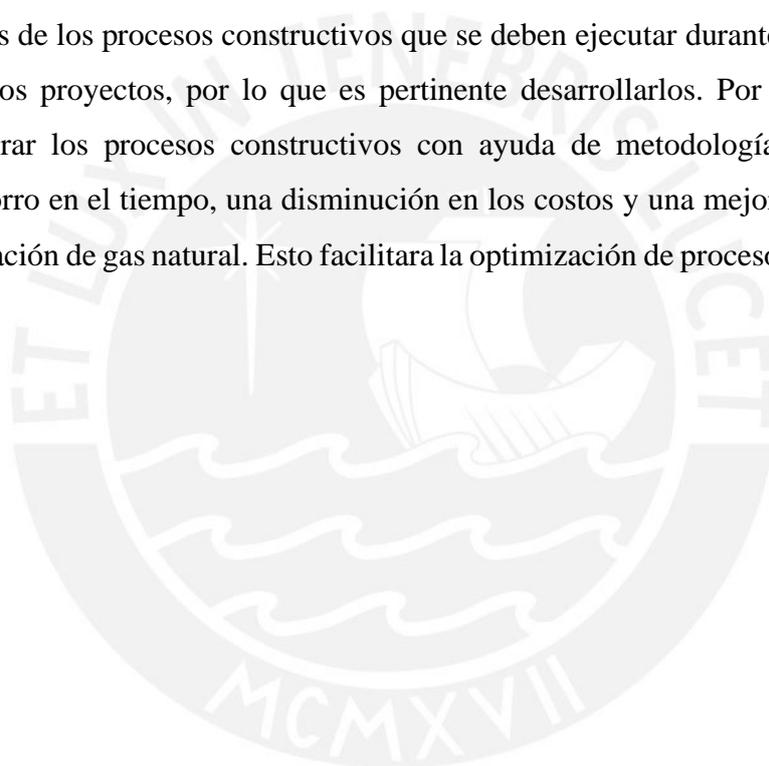
Desarrollar una propuesta de planificación y programación de un proyecto de Instalación de Gas Natural en viviendas multifamiliares usando la Filosofía *Lean Construction*, mediante el análisis de cada actividad de trabajo constructivo en un proyecto multifamiliar.

#### **1.3.2. Objetivo específico**

1. Identificar los procesos constructivos de un edificio con instalaciones de gas desde el inicio de una construcción residencial.
2. Analizar con el sistema *Last Planner System* los procesos de cada actividad para poder optimizarlos en la construcción.
3. Realizar una propuesta de planificación y programación con las herramientas Lean en viviendas multifamiliares con instalaciones de gas.

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN

Según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, se ha demostrado que el gas natural no solo es más seguro, ecológico sino también más económico que el gas licuado de petróleo (GLP) usado en balones de gas domésticos (Osinermin, 2019). No obstante, los resultados del último censo nacional de agosto 2018, solo el 8% del total de hogares en el país tiene servicio de gas natural (El Comercio, 2019). Por esta razón, el estado ha implementado MiVivienda Verde, dentro del Fondo MiVivienda (Razzeto, 2016), con el objetivo de tener una masificación de este recurso natural en las viviendas multifamiliares. Sin embargo, no existen manuales o guías de los procesos constructivos que se deben ejecutar durante la instalación de gas natural en los proyectos, por lo que es pertinente desarrollarlos. Por lo tanto, se debe conocer y mejorar los procesos constructivos con ayuda de metodologías que den como resultado un ahorro en el tiempo, una disminución en los costos y una mejora en la seguridad durante la instalación de gas natural. Esto facilitara la optimización de procesos de las empresas de este rubro.



## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En las siguientes líneas, se presentará una revisión del marco teórico de los puntos más relevantes: Filosofía *Lean*, Planificación tradicional, Planificación mediante el Sistema *Lean*, el gas natural y sus instalaciones en el Perú. Además, se describe la problemática actual en los procesos constructivos, ya que representa un obstáculo para el desarrollo de la construcción. Por lo cual, se espera que el trabajo quede definido en el contexto y concepto presentado para una mejor comprensión en el desarrollo del trabajo de investigación.

### 2.1. Filosofía *Lean*

El origen de esta filosofía nace en la empresa Toyota con el *Lean Production* que busca optimizar los procesos disminuyendo sus desperdicios para satisfacer la necesidad de sus clientes. Luego, fue utilizado en una publicación del año 1992 desarrollada por Lauri Koskela llamado *Application of the philosophy to Construction*, donde se establecieron las bases de *Lean Construction* (Koskela, 1992),

#### 2.1.1. *Lean Production*

El *Lean Production* fue el Sistema de Producción Toyota (TPS), apareciendo por el Ingeniero Taiichi Ohno en los años 50. Ohno, indicó que lo más importante fue crear un sistema de producción el cual se adapte a los cambios del mercado sin generar desperdicios que se traduce en una disminución de los costos (Ohno, 1988). La siguiente Tabla 1 representa la evolución de la producción antes del año 1980, cuando apareció el *Lean Production*.

Tabla 1

Evolución de los Sistemas Productivos

	Pre-Industrial 1890 Producción Artesana	Producción en masa 1910	Producción Lean 1980
Mano de Obra	Personal altamente capacitado	Personal altamente especializado	Empleados capacitados
	Trabajador realiza todos los pasos del proceso	Trabajador solo realiza una tarea	Grupo de empleados trabajando en equipo
	Personal con conocimiento en diseño, mantenimiento y materiales	Mano de obra calificada	Asignación de responsabilidades
	Auto – aprendizaje	Profesiones especializadas	Derecho de proponer mejoras
Producto	Productos personalizados	Productos estandarizados	Enfocado en el cliente
	Variación en calidad	Enfocados en volumen no en calidad	Buena calidad
	Bajo volumen de producción	Fáciles de usar y reparar	Variedad de productos
Ambiente de trabajo	Gran variedad de trabajos	Gerencia toma las decisiones	Respeto por los empleados
	Organizaciones descentralizadas	Trabajo repetitivo y monótono	Cortos tiempos de fabricación del producto
	Maquinarias multipropósito-	Maquinarias delicada	Mejora continua

Nota. Adaptado de Mejoras de *Lean Manufacturing* en los sistemas productivos. Ciencia y sociedad, por Tejeda, A., 2011.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se origina el *Lean production*, que representaría una manera de producir con una menor cantidad de recursos y menor costo, el cual origina dos formas de producción: Producción en masa y Producción *Lean*. (Brioso, 2016)

- **Producción en masa:** Según el libro *Machine That Changed the World*, la producción en masa en la fabricación de autos tiene características negativas en la producción siendo las más relevantes: la mayor cantidad de trabajadores indirectos, elevados ratios de fallas, desigualdad de carga laboral en las estaciones de trabajo, aumento de inventario, por ser trabajo es en procesos y productos terminados. (Womack, 1990)
- **Producción *Lean*:** Toyota inició con el cambio de *Task Management* a *Value Managment*, que consistía en definir los desperdicios que se generaban al hacer la producción en masa, lo que llamo Muda (Pablo Lledo et al., 2006). De esta manera, se identificaron los siguientes desperdicios: sobre-producción, esperas, transporte, sobre-procesamiento, inventario, movimientos, defectos (trabajos re-hechos). Por esta razón, para ayudar los procesos de Toyota, se definieron los siguientes objetivos:
  - Producir el auto basados en los requerimientos y necesidades del cliente.
  - Entregar el producto en el menor tiempo
  - Mantener cero inventarios

### 2.1.2. *Lean Construction*

Ballard, Howell y Koskela fueron investigadores que iniciaron a cuestionarse si el *Lean Production* podía aplicarse en la construcción. Se sostuvo como concepto que esta es una filosofía de cómo gestionar proyectos y cuyo principal énfasis es el manejo de producción. Por lo que su intención es de realizar y entregar productos o servicios con dos objetivos primordiales: la de maximizar el valor y minimizar los desperdicios (Koskela, 2000).

Lauri Koskela combinó las teorías del *Management* con las prácticas de Toyota (Howell, 2015), permitiendo un mejor diagnóstico sobre lo observado, brindando un marco teórico e identificando oportunidades de mejora (Koskela, 1999). Los principios tradicionales no permitían controlar de manera ordenada un proyecto, dando lugar a complejidades en el flujo, con actividades dispersas que no aportaban valor. A continuación, se describen las tres teorías que combinó Koskela (1992):

- *Task Management* o Producción como Transformación: la reducción de costo de cada parte resulta de la reducción del costo total, descomponiendo el todo en partes y transformando todas las partes.
- *Flow Management* o Producción como Flujo: busca la eficiencia en el procesamiento y eliminar o reducir las actividades que no están involucradas de forma directa con la transformación (Gilbreth, 1922). Este modelo abarca las siguientes etapas: Procesamiento, Inspección, Espera y Movimiento.
- *Value Management* o Generación de Valor: busca generar y agregar valor desde el diseño hasta la producción, para poder cumplir con las expectativas y necesidades.

- **Principios**

*Lean Construction* introduce principios que cambian el marco conceptual de la administración para la mejor producción y enfoca todos los esfuerzos (Botero, 2005), al pasar los años los principios de *Lean Construction* han ido cambiando, ver Tabla 2.

Tabla 2

11 Principios establecidos para Lean Construction

N°	Principios	Descripción
1	Disminuir las actividades que no brindan valor al cliente	Las actividades innecesarias que no brindan valor al producto deben ser eliminadas, buscando la optimización de las actividades en la construcción.
2	Agregar valor al producto o servicio a partir de las consideraciones de los clientes externos y/o internos	Tener al cliente (interno y externo) como centro de toma de decisiones para garantizar su satisfacción.
3	Disminuir la variabilidad	Este principio consiste en que es necesario reducir la variabilidad en el proceso productivo, con el fin de eliminar materiales defectuosos y toda actividad que conlleve a aumentar probabilidad de fallas.
4	Disminuir el período de ciclo	Busca la optimización de los períodos implicados para cada actividad de la construcción. Entre las principales actividades a tomar en cuenta para poder reducir los tiempos de ciclo están en la inspección y calidad del proceso, transporte y estandarización de actividades.
5	Disminuir los pasos para simplificar el proceso	Disminuir las actividades que aumentan los tiempos de ciclo del proceso productivo. Un ejemplo de ello es utilizar componentes o elementos que simplifiquen la construcción, como por ejemplo materiales prefabricados.
6	Aumentar la flexibilidad de las salidas	Poder encontrar la continua mejora de los productos sin tener que aumentar los costos de éstos, con ayuda de, por ejemplo, tecnologías que reduzca la mano de obra y aumente la calidad de los productos.

7	Aumentar la transparencia del proceso	Control visual de las actividades del proceso productivo y calidad de la organización, por medio de herramientas que transmitan la veracidad de las actividades e informaciones. Un ejemplo de ello es la implementación del programa de las 5S's.
8	Enfocarse en el proceso global	Conocer la totalidad del proceso, con el fin de conocer los resultados a nivel macro de la organización.
9	Introducir mejoras continuas en el proceso	Hace referencia a la constante búsqueda de las mejores prácticas que agreguen valor al proceso. Entre ellos se encuentra la capacitación constante a trabajadores, aplicar mejores prácticas de seguridad e introducción de equipos que generen valor a la reducción de tiempos de ciclo.
10	Introducir la mejora continua en los procesos	La mejora continua debe prevalecer en todo proceso productivo, y acortar los tiempos de ejecución de las actividades, sin descuidar la inspección y calidad de los procesos
11	Benchmarking	Hace referencia a comprar las actividades del proceso productivo que optan las empresas líderes en el sector, con el fin de poder desarrollar las mejores prácticas que se encuentran en el mercado.

*Nota.* Adaptado de 11 Principios establecidos para *Lean Construction* propuestos inicialmente por Koskela, 1992

- **Herramientas**

Las herramientas que se pueden utilizar según la Filosofía *Lean Construction* son: Estructura de Descomposición del Trabajo, *Layout*, Diagrama de flujos, Diagrama de Pareto, Sectorización, Cartas balance, Tren de trabajo, otras (Díaz et al., 2014).

- **Pérdidas en la Construcción según *Lean Construction***

Tanto en empresa de manufacturas como en el sector construcción se van a evidenciar 7 tipos de desperdicios, los cuales deben ser minimizados para optimizar los procesos por medio de esta filosofía. Estos desperdicios son los que están en la Tabla 3.

Tabla 3

## Desperdicios en obra

TIPOS DE PÉRDIDAS	DEFINICIÓN
<b>Esperas o tiempos de inactividad</b>	Debido principalmente a interrupciones del trabajo. Entre los factores que influyen a este tipo de pérdida se encuentra la falta de recursos, accidentes, falta de información, entre otros.
<b>Desperfectos o defectos</b>	Hace referencia a actividades cuyos procesos productivos resultan ser erróneos o inadecuados, teniendo como consecuencia realizarse nuevamente. Ejemplo de ello son errores de medición, diseño mano de obra, entre otros.
<b>Transporte innecesarios</b>	Mala distribución y traslados de recursos (tanto humanos, mano de obra, y materiales), propia de una mala planificación para la construcción.
<b>Inventarios</b>	Excedentes en la cantidad de materiales sobre la necesidad inmediata, pudiendo causar daño de materiales, condiciones de almacenamiento inadecuadas, entre otros, así como también retrasos en obra.
<b>Talento</b>	Subestimar el potencial del recurso humano en la organización. Falta de comunicación entre los miembros de la organización, junto con los trabajadores y mano de obra, necesaria para el trabajo en conjunto en la planificación de las actividades para el mejoramiento de los procesos.
<b>Superproducción</b>	Producción en exceso que interfiere con la ejecución de la actividad, causando reprocesos o paradas que no permiten cumplir con los tiempos de ciclo.
<b>Inmprovisación de actividades "hacer por hacer"</b>	Hace referencia a malas prácticas en la ejecución de una actividad o tarea (causados por parte el personal o la mano de obra).

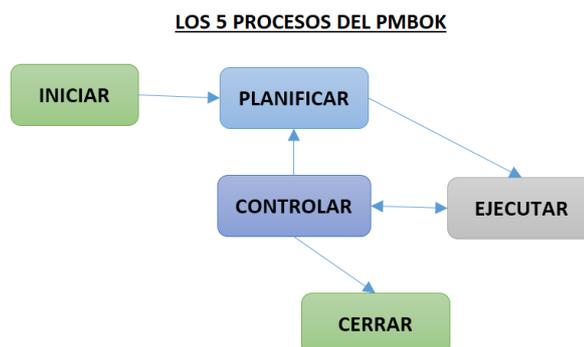
*Nota.* Adaptado de *Lean Construction – LC bajo pensamiento Lean*, por Rojas López, Henao Grajales, & Valencia Corrales, 2017

Asimismo, el enfoque *Lean* considera 3 tipos de trabajos en obra (Guio, 2001), teniendo en cuenta los siguientes:

- Trabajo Productivo (TP): Aquel que aporte directamente a la producción de forma directa. Ejemplo: Vaciar concreto, tendido de tuberías.
- Trabajo Contributorio (TC): Debe ser realizado para poder elaborar los trabajos para el apoyo de la producción. Ejemplo: uso protocolos de seguridad y salud en el trabajo, transporte de materiales.
- Trabajo No Contributorio (TNC): Todas las actividades que no estén consideradas a las dos anteriores. Ejemplo: Trabajos rehechos.

## 2.2. Planificación tradicional

En la actualidad, la presión en tiempo de entrega representa una prioridad a la que están sometidos los involucrados, ya que cada día se desarrollan actividades distintas y se solucionan diversos problemas. Sin embargo, estas soluciones no siempre son las adecuadas (Herrera, 2016). La planificación tradicional funciona con el sistema *Project Managment*, desarrollado y promovido por el *Project Managment Institute* (PMI) a través del PMBOK o métodos que son similares. El PMI divide procesos: inicio, planeamiento, ejecución, control y cierre, ver Figura 1.



*Figura 1.* Los 5 grupos de procesos PMBOK

*Tomado de PMP, Project Management Professional (Certification Study Guides). McGraw-Hill Osborne Media, por Phillips, J., 2013.*

En los proyectos de construcción, el PMI utiliza diferentes herramientas como PERT, CPM, etc., los cuales ayudan para visualizar lo que se DEBERÍA hacer, pero que durante la ejecución del proyecto se van generando variabilidades, lo cual se diferencia con lo que se HIZO. Por otro lado, estos sistemas no integran convenientemente la producción con la seguridad, por lo que se deben hacer mayores esfuerzos para disminuir la siniestralidad aumentando la productividad (Brioso, 2005; Brioso, 2013).

### **2.3. Planificación mediante el *Lean Construction***

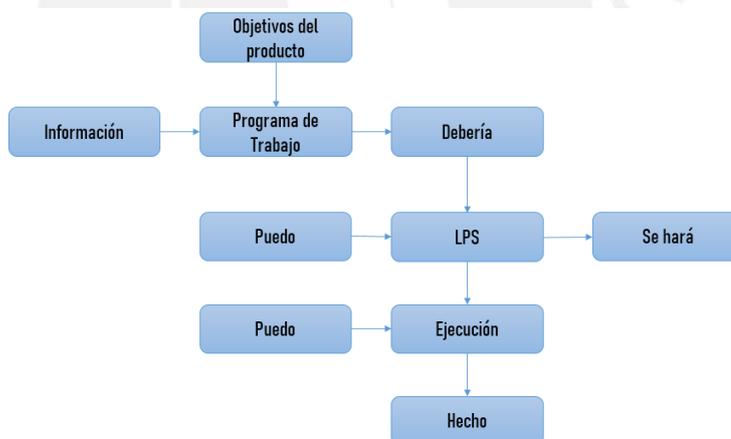
Con el objetivo de poder controlar y mejorar la variabilidad de la planificación en la construcción, los fundadores de *Lean Construction Institute*, Glenn Ballard y Greg Howell, propusieron el “*Last Planner System*” o Sistema de Ultimo Planificador (SUP), como un sistema de planificación de la producción, el cual está producido para generar un flujo de trabajo predecible y rápido en la programación, diseño, construcción y puesta en marcha de los proyectos (Orihuela, 2011; *Lean Construction Institute*, 2019). Este sistema controla de una mejor forma la incertidumbre de la planificación al superar obstáculos como convertir la planificación en un sistema, medir el desempeño de la aplicación del sistema de planificación y analizar e identificar los errores cometidos durante éste (Ballard, 1994; Ballard, 2000). La planificación tradicional busca la mejora a través de métodos de ruta crítica, sin tomar en cuenta el control de la variabilidad; planifican en base a lo que debe hacerse y no toman en cuenta los recursos necesarios para poder ejecutarlo. Mientras que, el SUP contrasta este concepto y tiene como prioridad que no todo puede hacerse y, sobre la base de ello, planifica lo que sí debería hacerse para completar el proyecto (Mestre, 2013). A continuación, presentamos dos esquemas

donde se aprecia el proceso de la planificación tradicional y el Sistema Ultimo Planificador (SUP), presentado por Koskela en las figuras 2 y 3.



*Figura 2.* Sistema tradicional de planificación

*Adaptada de Application of the new production philosophy to construction, por Koskela, L., 1992.*

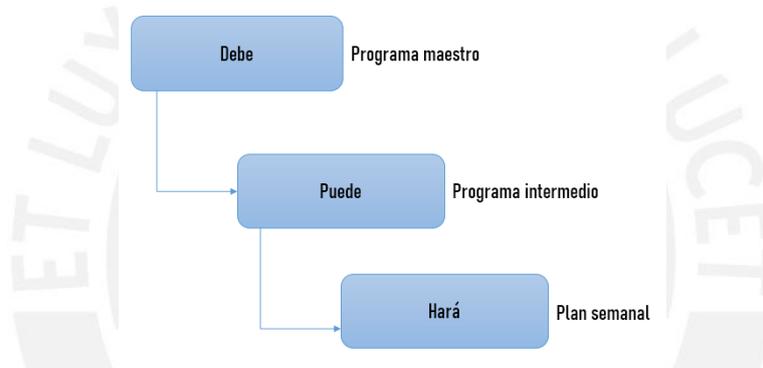


*Figura 3.* Sistema de Planificación Lean

*Adaptada de Application of the new production philosophy to construction, por Koskela, L., 1992.*

La Figura 2 es una representación de lo descrito por Ballard en su descripción de la planificación tradicional, donde resalta desde un inicio el programa de trabajo, que recopila la información necesaria con lo que se debería hacer o ejecutar, pero que no necesariamente es lo que se termina por realmente hacer en obra. En conclusión, el programa indica lo que se debe hacer, los encargados o responsables deducen lo que se hará, pero donde realmente aterriza lo que se hará es en el proceso de construcción.

Por su parte, la Figura 3 representa el Sistema Ultimo Planificador (SUP), propuesto por Ballard, donde también se empieza por un programa de trabajo, pero que éste no determina lo que se ejecutará, sino que servirá como base para poder tomar el control de la obra y modificar el proceso con el fin de encontrar lo viablemente posible y confiable para poder comenzar a ejecutar. Es decir, abarca desde lo más general hasta lo más específico, desarrollándose en tres niveles de planificación, llevándolo al contexto de la construcción, el “Debe”, con respecto al programa maestro que precisa las actividades que tienen que ser ejecutadas, el “Puede”, programa del medio, que repara el trabajo y realiza la revisión de las restricciones y el “Hará” (o “se hará”), que corresponde al plan semanal que programa una serie de actividades que pueden ejecutarse, ver Figura 4.



*Figura 4.* Sistema de planificación Lean

*Tomada de Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: Estudio del caso de la ciudad de Medellín, por Botero, L. F., Álvarez, M. E., 2005.*

El desafío es crear un sistema con un ritmo y diseñar las cuadrillas y lo que producen para entregar bajo demanda en un tiempo dado (Frandsen et. Al, 2013). Según el SUP, la "planificación pull" es una técnica para desarrollar un plan de producción en algún nivel de detalle, por ejemplo, la etapa de estructura en un edificio (Ballard y Tommelein, 2016). Es utilizada para planificar, secuenciar actividades y producir de forma colaborativa programaciones pull (Ballard y Howell, 2003; Brioso, 2015). En un edificio residencial, cada piso se divide en un número de sectores aproximadamente similar, en las que las actividades de construcción deben fluir a un ritmo constante. Cada cuadrilla pasa una cierta cantidad de tiempo (Takt-time) en una zona para completar su trabajo (Vatne y Drevland, 2016). El SUP demuestra ser la alternativa efectiva para la ejecución en obra, ya que se asegura que lo planificado sea lo que llegue a ejecutarse, teniendo como resultados minimizar pérdidas de tiempo, dar un mejor seguimiento a cada actividad y también evitar futuras pérdidas

económicas y sobrecostos. Asimismo, para cumplir eficazmente los contratos de obra, delimitando las responsabilidades legales de cada involucrado (Brioso y Humero, 2016).

## 2.4. El Gas Natural

Según Osinergmin, es una fuente de energía limpia, segura y útil, el cual abastece de energía en varios países (Osinergmin, 2019). A continuación, se explicarán sus propiedades fundamentales, características y reservas.

### 2.4.1. Propiedades Fundamentales

El gas natural va a tener ciertas propiedades, que se mencionará en la Tabla 4.

Tabla 4

*Propiedades fundamentales del gas natural*

Propiedades Fundamentales		
Poder Calorífica Superior	8450-10300	kcal/m <sup>3</sup>
Densidad	0.7462	kg/m <sup>3</sup>
Densidad relativa	0.6175	kg/m <sup>3</sup>
Peso molecular	17.8082	kg/kmol
Volumen molecular	22.3409	Nm <sup>3</sup> /kmol
Índice de Wobbe	48.41	Mbtu/Nm <sup>3</sup>

*Nota.* Adaptado de Cálidda 2020, sitio web <https://www.calidda.com.pe/>

### 2.4.2. Características y beneficios generales del gas natural

Las principales características serán las siguientes:

- I. El origen del gas natural es por la descomposición de restos orgánicos sometidas a ciertas condiciones de presión y temperatura durante largos periodos de tiempo, ubicadas en reservas subterráneas por rocas porosas. Puede encontrarse en la naturaleza como: Gas Natural Asociado (proveniente de yacimientos que producen petróleo) y Gas Natural No asociado (proveniente de yacimientos que producen solamente gas natural).
- II. La medición en pozos y reparos es en metros cúbicos o pies cúbicos, mientras las centrales eléctricas se miden en millares o en millones de pies cúbicos.
- III. Este hidrocarburo es incoloro e inodoro, por esta razón se añade un odorante llamado etil mercaptano que permite su detección ante alguna fuga para tomar las medidas de seguridad pertinentes (Corrosiva, 2004).

- IV. El peso del gas natural es más liviano que el aire y se esparce con mayor facilidad. La gravedad específica del gas es de 0,6 kg/m<sup>3</sup> a comparación con la del aire que es 1,0 kg/m<sup>3</sup> a una temperatura de 20°C.
- V. El punto de auto ignición o punto de auto inflamación de este hidrocarburo es de 537°C para estallar (Adjunta, 2015).
- VI. La forma estándar de combustión de gas natural en cocinas del gas natural es de color azul en la hornilla y sopletes, en caso contraria la llama sería amarilla, anaranjada.

Los principales beneficios del gas natural se presentarán en la Tabla 5.

Tabla 5

*Beneficios de las instalaciones de gas.*

SEGURO	CÓMODO	LIMPIO	ECONÓMICO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es más liviano que el aire, disipa más rápido en el ambiente.</li> <li>• No es tóxico</li> <li>• No se almacena.</li> <li>• Las obras se realizan bajo un estricto control de Calidad y supervisado por Osinergmin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se distribuye a través de tuberías.</li> <li>• No precisa almacenamiento y permite un importante ahorro de espacio.</li> <li>• Servicio continuo las 24 horas del día durante todo el año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La combustión genera muy bajos niveles de contaminación, al no generar cenizas ni residuos en comparación con otros con otras fuentes de energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro del 56% respecto a otros combustibles dependiendo del consumo y condiciones actuales.</li> <li>• Las tarifas son reguladas por el estado a través de Osinegmin.</li> </ul>

*Nota.* Creación propia

De esta manera, además tendrá ciertas diferencias con el GLP que se aprecian en la Tabla 6:

Tabla 6

*Cuadro de diferencias entre el gas natural y el GLP*

Propiedad	Gas Natural	GLP
Composición	90% Metano	60% Propano 40% Butano
Formula Química	CH <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Gravedad Específica	0.6	2.05 1.56
Poder Calorífico	9200 kcal/m <sup>3</sup>	22244 kcal/m <sup>3</sup> 6595 kcal/lt 11739 kcal/kilo
Presión de suministro	21 mbar	50mbar
Estado Físico	Gaseoso sin límite de compresión líquido a -160°C y a presión atmosférica	Líquido a 20°C con presión manométrica de 2.5 bar
Color/olor	Incoloro / Inodoro	Incoloro / Inodoro

*Nota.* Adaptado de Diferencias Físico - Químicas del Gas Natural el GLP, por Osinergmin, 2019

### 2.4.3. Composición

La composición del gas natural es una mezcla de hidrocarburos gaseosos que variará de un yacimiento a otro. La siguiente Tabla 7 muestra las variaciones en porcentaje de volumen de sus componentes (Adjunta, 2015).

Tabla 7

*Composición del Gas Natural*

Parámetros		% Volumen
Metano	C1H4	88-95
Etano	C2H6	0.05-5.2
Propano	C3H8	1.5
Butano	C4H10	1
Pentano	C5H12	0.3
Dióxido de Carbono	CO2	0.24-1.8
Oxígeno	O2	1
Nitrógeno	N	0.7-2.7
Agua	(Mg/m3, máx.)	113
Azufre libre	(Mg/m3, Max.)	50

*Nota.* Adaptado de Gas Natural, por Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria, 2015.

### 2.4.4. Reservas

De acuerdo con *British Petroleum*, en el 2018, consumo de gas natural aumentó en 195 mil millones de metros cúbicos, equivalente a una tasa de crecimiento más rápida desde 1984, con un 5.3%. El crecimiento del consumo de gas se encuentra concentrado entre las potencias de Estados Unidos (78 billones de metros cúbicos), China, con un crecimiento del 17.7% (43 billones de metros cúbicos), Rusia (23 billones de metros cúbicos) e Irán (16 billones de metros cúbicos) (*British Petroleum*, 2018).

Por su parte, las reservas mundiales probadas de gas en el 2019 aumentaron en 0.7 toneladas por centímetro cúbico, principalmente como resultado del aumento de reservas en Azerbaiyán (0.8 Tcm). Además, las mayores concentraciones de gas se localizan en el Medio Oriente, seguido por los países de la Comunidad de Estados Independientes (CEI), África y Europa, entre los más importantes (*British Petroleum*.2019), ver la Figura 5.



*Figura 5. Consumo de gas natural per cápita 2019 (toneladas equivalentes de petróleo)*

*Tomado de Statistical Review of World Energy, por British Petroleum, 2019.*

El Perú, de acuerdo con *Index Mundi*, portal que contiene estadísticas detalladas de países, se encuentra entre los 35 países con mayor reserva de gas natural, ocupando el puesto 33, con 399 billones de metros cúbicos en el 2017, seguido por Brasil con 420 Billones de metros cúbicos. Este ranking tiene en sus primeros 5 lugares Rusia, Irán, Qatar, Estados Unidos y Arabia Saudita con 48, 33, 24, 8.7 y 8.6 billones de metros cúbicos, respectivamente (Barrientos, 2018).

#### **2.4.5. Industria del Gas Natural**

De acuerdo con la Osinergmin, la industria del gas natural, por lo general, abarca cinco actividades: exploración, explotación, transporte, distribución y comercialización. Es decir, el gas natural es trasladado de un punto a otro, por medio de redes de suministro o ductos para atender a los diferentes usuarios: a nivel residencial, el recorrido del gas natural es a través de conexiones domiciliarias y para el abastecimiento de la industria, generalmente, las redes se enlazan a través de una red de distribución principal. A continuación, una representación gráfica de la estructura de suministro de gas natural en el Perú en la Figura 6.

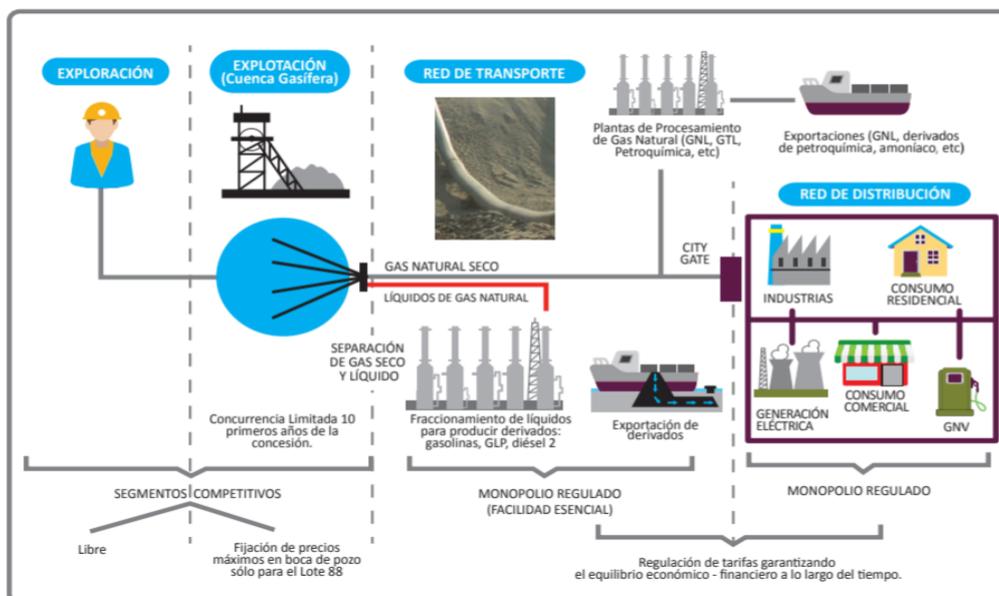


Figura 6. Estructura del suministro del gas natural en el Perú

Tomado de OEE, por Osinergmin, 2018.

En los últimos años en el Perú, se logró detener el incremento de emisiones, gracias a una reducción de un millón de toneladas en el 2017, un equivalente a un 2% menos que en el 2016. El gas natural es una energía limpia por su poca emisión de CO<sub>2</sub> entre los combustibles fósiles, y que su mayor consumo es el mejor camino para un medioambiente más saludable. En las siguientes Figuras 7 y 8, se pueden representar a mejor detalle (Minem, 2017).

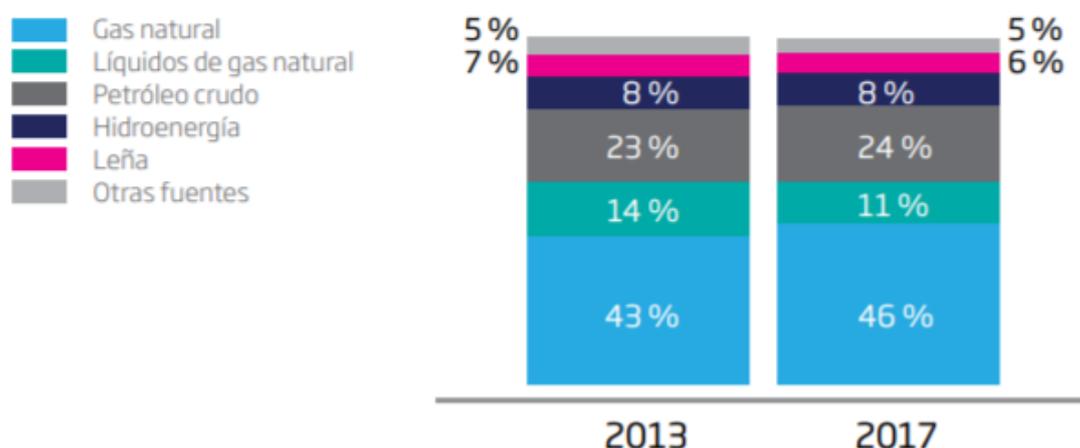


Figura 7. Oferta bruta de energía primaria

Tomado de Oferta bruta de energía primaria, por Ministerio de Energía y Minas, 2018



Figura 8. Emisiones de CO2 en Perú

Tomado de Emisiones de CO2 en Perú, por Ministerio de Energía y Minas, 2018.

#### 2.4.6. Aplicaciones del gas

El gas natural se utiliza como fuente de energía (energético) y materia prima, como por ejemplo en la industria petroquímica (no energético) (Osinergmin, 2017).

##### ○ Uso energético

El gas natural comercial está compuesto por el 95% de metano, el cual es la molécula más simple de los hidrocarburos, y de una mezcla de hidrocarburos simples que se encuentran en estado gaseoso. Es una de las fuentes más económica y eficaz de energía limpia favoreciendo al medio ambiente, ya que contiene menos dióxido de carbono y produce menos emisiones a la atmósfera (Unión Fenosa Gas, 2019). A continuación, se muestra una Tabla 8 del uso energético con sus respectivas aplicaciones.

Tabla 8

Aplicaciones del gas en los sectores, combustibles que sustituyen y sus procesos

SECTOR	COMBUSTIBLE	APLICACIÓN Y PROCESO
INDUSTRIAL	Carbón Gasolina Gas licuado Kerosene Leña	• Fundición de metales
		• Hornos de Fusión
		• Secado
		• Industria del cemento
		• Industria de alimentos
		• Generación de vapor
		• Tratamientos térmicos
		• Temple y recocido de metales
		• Cogeneración
		• Cámaras de combustión
		• Producción Petroquímicos
	• Sistema de Calefacción	
	• Centrales térmicas	

El gas natural sirve como recurso que reemplaza a otros combustibles, como por ejemplo el carbón o el querosene y son reemplazados por hornos, secadores y/o calderas, ya que son más eficientes en sus procesos productivos.

GENERACIÓN ELECTRICA	Carbón Gasolina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cogeneración eléctrica</li> </ul>	En la producción del gas natural se debe utilizar la electricidad, y con la ayuda de la cogeneración se puede utilizar solo el gas natural que permite producir simultáneamente la energía eléctrica y la energía térmica, es decir, electricidad y calor.
COMERCIAL	Carbón Gas licuado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire acondicionado</li> <li>• Cocción/preparación alimentos</li> <li>• Agua caliente</li> <li>• Calefacción central</li> </ul>	Usualmente en las PYMES, el GN es un recurso de gran ayuda para poder reducir costos. En la actualidad, es empleado en comercios o negocios como panaderías, restaurantes, hoteles, lavanderías, colegios, entre las principales.
RESIDENCIAL	Gas licuado Kerosene Leña	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cocina</li> <li>• Calefacción</li> <li>• Agua Caliente</li> <li>• Aire Acondicionado</li> </ul>	El gas natural hace referencia a la reducción del costo energético en el hogar por el uso de gasodomésticos.
TRANSPORTE	Gasolina Diésel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxis</li> <li>• Buses</li> </ul>	Es empleado como combustible (GNV) para activar los motores de los vehículos particulares y públicos, siendo un producto mucho más barato y más limpio

Nota. Creación propia

#### ○ **Uso no energético**

El gas natural no solo es utilizado como fuente de energía. En el sector de la Petroquímica, este recurso es utilizado como materia prima, para la producción de amoníaco y urea en la industria del fertilizante, entre otros procesos químicos e industriales de este sector (producción de hidrógeno, metanol, amoníaco, acetileno, ácido cianhídrico, etc.), para la creación y producción de una amplia gama de productos comerciales como plásticos y fertilizantes, entre otros.

#### **2.4.7. Gas natural en el Perú**

La extracción de gas natural se realiza en una zona conocida como Camisea que está ubicada a unos 500 kilómetros al este de la ciudad de Lima dentro de la cuenca de Ucayali en el departamento del Cusco. La operación comercial que permitió la distribución de este recurso es conocido como el Proyecto Camisea que inicio sus labores el 20 de agosto del 2004. Es a partir de esa fecha que el gas es transportado por medio de eslabones distribuidos en varias zonas del país. A continuación, se muestra la Tabla 9 indicando el tiempo que describe los principales sucesos del yacimiento desde su descubrimiento hasta su operación comercial.

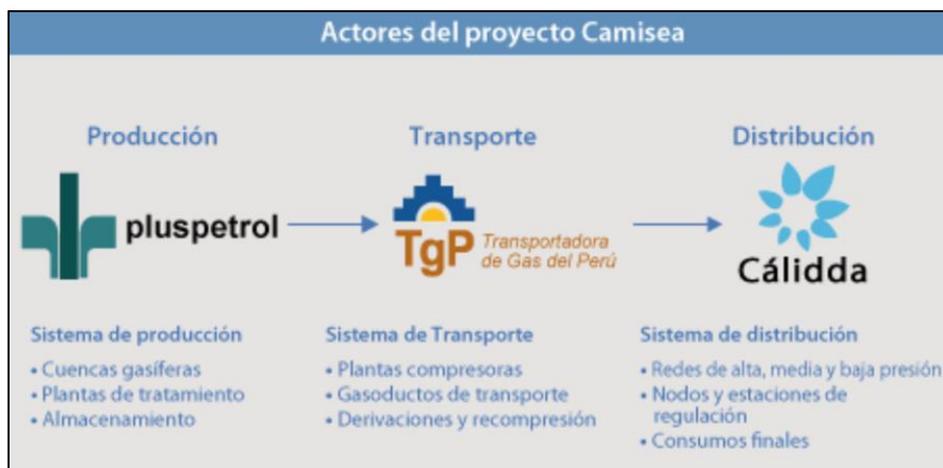
Tabla 9

Evolución del Proyecto Camisea: Principales Acontecimientos

<b>Etapa</b>	<b>Acontecimiento</b>
Jul-81	Se suscribió el Contrato de Operaciones Petrolíferas por los lotes 28 y 42 con la empresa SHELL
1983-1987	Como resultado de la perforación de 5 pozos exploratorios, la empresa SHELL descubre los yacimientos del gas de Camisea
Mar-88	Se firma el Acuerdo de Bases para la explotación de Camisea entre SHELL y PETROPERÚ
Ago-88	Se da por concluida la negociación de un contrato con SHELL sin llegarse a un acuerdo
Mar-94	Se firma un Convenio para la Evaluación y Desarrollo de los yacimientos de Camisea entre SHELL y PERUPETRO
May-95	SHELL entrega el Estudio de Factibilidad y solicita a PERUPETRO el inicio de la negociación de un Contrato de Explotación de los yacimientos de Camisea
May-96	Se completó la negociación y se suscribió el Contrato de Explotación de los yacimientos de Camisea entre el Consorcio SHELL y PERUPETRO
Jul-98	El Consorcio SHELL-MOBIL comunica su decisión de no continuar con el Segundo Período del Contrato, por consiguiente el contrato queda resuelto
May-99	La Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) acuerda llevar adelante un proceso de promoción para desarrollar el Proyecto Camisea mediante un esquema segmentado, que comprende módulos independientes de negocios
May-99	El 31 de Mayo, el Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM) convocó a Concurso Público Internacional para otorgar el Contrato de Licencia para la explotación de Camisea, y las Concesiones de Transporte de Líquido y Gas desde Camisea hasta la costa y de Distribución de Gas en Lima y Callao
Dic-00	Se suscriben los Contratos para el Desarrollo del Proyecto Camisea con los consorcios adjudicatarios de los Concursos llevados a cabo por el CECAM
Ago-04	Se inicia la operación comercial del Proyecto Camisea

*Nota.* Tomado de ¿Qué significa el Proyecto Camisea? Elaborado, por Osinergmin, 2006.

De acuerdo con Osinergmin, Camisea es actualmente el principal yacimiento de gas natural en el Perú permite que se utilice el gas natural como fuente de generación eléctrica en grandes proporciones y en varias actividades industriales, comercio y transporte. La empresa que se encarga de su producción es Pluspetrol, ya que cuenta con el manejo en el sistema de producción de las cuencas gasíferas, las plantas de tratamiento y su almacenamiento. Desde el año 2000, la empresa encargada del transporte de gas natural es TGP o Transportadora de Gas del Perú, la cual tiene el manejo de las plantas compresoras, gasoductos de transporte, derivaciones y recompresión. Por último, después de ser extraído en la selva y ser transportado en la capital para atender la demanda energética es distribuido por la empresa Cálidda o Gas Natural de Lima y Callao, en el caso de la capital. En la siguiente Figura 9 detalla los procesos explicados a mayor detalle.



*Figura 9. Empresas comprometidas en el proyecto Camisea*

*Tomado de Red de Transporte y Distribución de Gas Natural de Lima y Callao, por Osinergmin, 2019.*

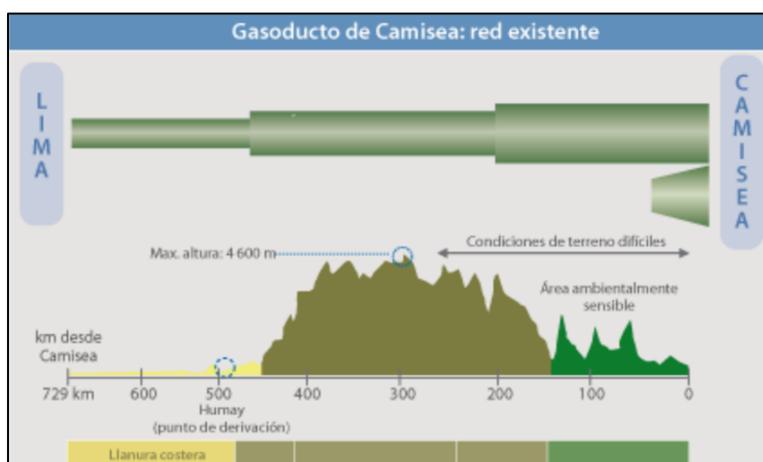
El Proyecto Camisea comprende de dos ductos, uno de 730 km para gas natural y otro de 540 km para líquidos de gas natural. La distribución de gas natural en Lima y Callao está dividida desde los campos de Camisea hasta la costa peruana, 200 km al sur de Lima, donde termina el gasoducto de líquidos de gas natural y se ubica la planta de fraccionamiento. (OSINERGMIN, 2008):

1. **En el caso de la Red Principal**, la distribución se efectúa en alta presión, lo máximo permitido es de 50 bares en la ciudad, empieza en el *City Gate* en Lurín para terminar en el distrito de Ventanilla. Esta estación se encarga de la recepción y regulación del gas natural para ser el inicio de la distribución del concesionario de distribución. Está constituido por una tubería de acero de 62 Km. de longitud y 20 pulgadas de diámetro, más la ampliación de dicha troncal que es aproximadamente 42 Km (36 Km de 30" de diámetro y 6 Km de 20" de diámetro). Asimismo, cada 7 Km para la facilidad de su mantenimiento y solucionar problemas operativos tiene una cámara de válvulas.

Las principales funciones del City Gate son las siguientes:

- Filtrar, retirar impurezas y rastros de humedad para evitar la corrosión interna.
- Calentar el gas para mantener la temperatura dentro de los parámetros y evitar el condensado y congelación de las tuberías.
- Regular la presión del gas.
- Inyectar el odorante que será el mercaptano con un flujo de  $9\text{mg}/\text{m}^3$  para proporcionar el característico olor.

2. **En el caso de la distribución por otras Redes o ductos secundarios**, se efectúa en media y baja presión, comienza en la red troncal de alta presión y termina en las viviendas en 22 distritos. Además, hay una regulación para cada usuario, dependiendo de la aplicación y la tubería, que es una tubería de acero de 10” de diámetro y tuberías de polietileno. Cabe señalar, que esta distribución es el Plan de Expansión presentado por la empresa Concesionaria (actualmente Gas Natural de Lima y Callao - GNLC - Cálidda) (Cálidda, 2018).



*Figura 10. Periodo de supervisión de expansión del gas natural en Lima y Callao*

*Tomado de Gasoducto de Camisea Plan Quinquenal de Inversiones 2014-2018 de Cálidda, por Osinergmin, 2019*

Además de la concesión otorgada a la empresa de Gas Natural de Perú, también se aplicó la concesión por medio del Contrato BOOT (*Build Own Operate Transfer*) a otras empresas distribuidas exclusivamente para operar en áreas determinadas del Perú. Estas empresas son también Contugas en Ica, Fenosa en Arequipa, Moquegua y Tacna; y Quavii en Lambayeque, Cajamarca, La libertad y Ancash. Asimismo, existen proyectos de concesión que permitirán la masificación del gas natural para algunos otros departamentos del Perú como se muestra en la siguiente Figura 11.



Figura 11. Concesiones de distribución de gas natural en el Perú

Tomado de Conferencia Distribución de Gas Natural en el Perú. UTEC

#### 2.4.8. Costo del gas natural en el Perú

Desde el 2007, por el uso de gas natural se ha logrado un ahorro del US\$34 mil millones en los diversos sectores del país y en el sector del hogar se puede apreciar que las familias limeñas tienen un ahorro de US\$31 millones por año. Esta cantidad es debido a que existe una gran diferencia en el uso de otras energías con el gas natural en viviendas, ya que, como se aprecia en la siguiente imagen, habrá un ahorro en la cocina y ducha del 40% y el 60 % del gasto mensual aproximadamente teniendo en cuenta los costos de cada uno de ellos (Cálidda, 2019). De esta manera, se ha beneficiado a más de 540 mil hogares hasta Setiembre del año 2020, como se observa en la Figura 12, el ahorro de gas natural.

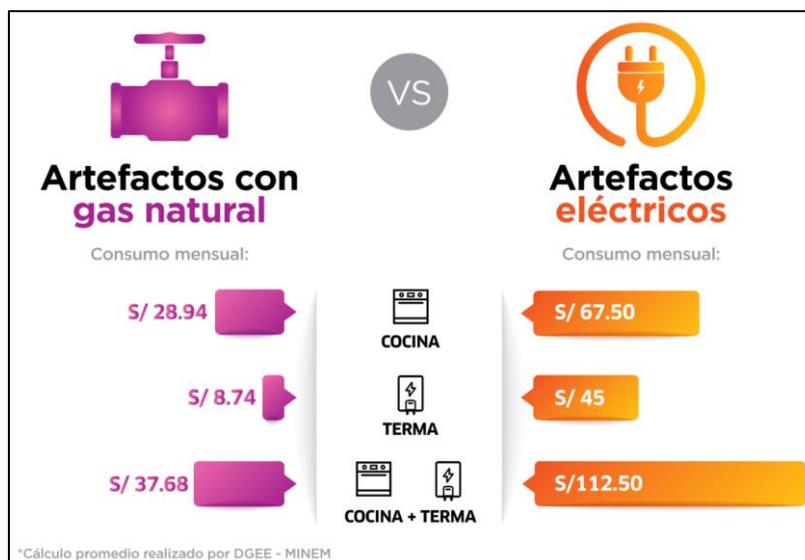


Figura 12. ¿Cuánto se ahorra con gas natural?

Tomado de Minem, por Gob.pe Plataforma única del Estado Peruano, 2020.

## 2.5. Instalaciones de Gas Natural

La red de tuberías de gas en viviendas multifamiliares está diseñada de acuerdo a normas vigentes, en el cual se inspira la norma peruana; por ello, durante la construcción de esta debe de tomar en cuenta el diseño y la construcción de las instalaciones internas, siguiendo y supervisando dichas normas.

### 2.5.1. Normativa de instalación de gas

Las normativas vigentes de gas en el país se dan a través de la Norma Técnica de Edificaciones EM.0.40, que tiene como objetivo los requerimientos técnicos que se deben incluir en el diseño y construcción de una edificación en la que se instale redes internas de gas natural y/o redes de gas licuado de petróleo. (Norma EM.040, 2018)

Para el caso de instalación de gas natural en viviendas multifamiliares, se utiliza la norma NTP 111.01: Gas Natural Seco. Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales. El objetivo de esta norma es la especificación de los materiales, el diseño, el dimensionamiento y la construcción para una operación confiable del sistema de redes de gas natural. Además, su alcance de la NTP 111.01 es el sistema de tuberías, accesorios y elementos que inician en la salida de la red troncal hasta los puntos de conducción de los gasodomésticos. Siendo la presión en estas instalaciones máximo de 34kPa o 340 mbar.

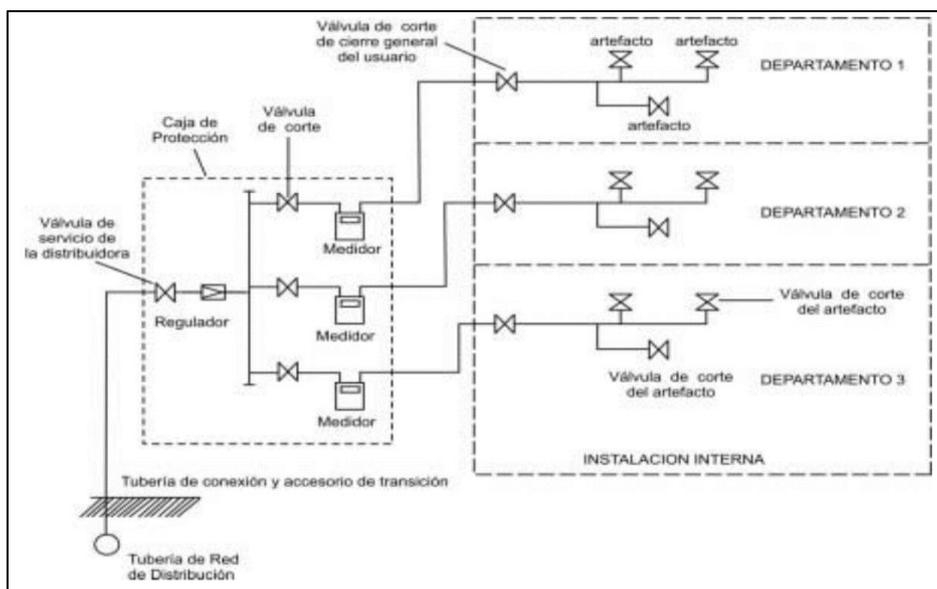


Figura 13. Esquema Referencial de una Instalación Interna

Tomado de Norma Técnica Peruana NTP 111.011, por INDECOPI, 2014.

### 2.5.2. Especificaciones técnicas de los materiales

Un proyecto de vivienda multifamiliar está conformado por gabinetes para la regulación, línea montante desde el regulador hasta un determinado punto de regulación, redes internas empotradas en el piso y la pared, y válvulas de corte general y corte por artefacto. En las instalaciones de gas se utilizarán materiales según los requisitos mínimos de la normativa NTP 111-011, para la seguridad y mejor desarrollo del proyecto. A continuación, se explicará las especificaciones técnicas más importantes de los materiales, los parámetros de diseño de gas natural las etapas de regulación y cálculo del medidor, ventilaciones, ductos de evacuación, pruebas de hermeticidad y la normativa vigente para estas instalaciones.

- **Especificaciones técnicas de las tuberías**

Las tuberías en las instalaciones internas residenciales y comerciales pueden ser de cobre, acero, PE-AL-PE, PEX-AL-PEX u otras tuberías de polietileno que cumplan con la NTP 111.021. En las siguientes líneas se explicará sus especificaciones técnicas de las tuberías mencionadas. Además, se tiene mayor información en el ANEXO A.

- **Tuberías de cobre rígido**

Estas tuberías deberán ser acorde a la NTP 342.052 o ASTM B 88, en el caso de tuberías tipo A y B (tipo K y L) respectivamente. Además, es necesario indicar que estas tuberías deberían evitarse si se utiliza gas con contenido de sulfuro de hidrógeno superior aproximadamente a 0.7 mg por cada 100 litros estándar de gas natural seco.

- **Tuberías de acero rígido**

Estas tuberías serán acordes a las normas técnicas ANSI/ASME B 36.10, ASTM A 53 o ASTM A 106, tuberías de acero negro o acero negro galvanizado, con o sin costura.

- **Tuberías metálicas flexibles**

La función de esta tubería es de disipar las vibraciones, evitar la transmisión de esfuerzos y la flexión excesiva, acomodar la expansión o contracción térmica, facilitar las instalaciones en el sistema de tuberías. Es recomendable que el gas transportado no contenga elementos o sustancias que causen corrosión en este tipo de tubería. La tubería flexible de cobre y de acero deberá cumplir con las normas ASTM B 88 y ASTM A 539 respectivamente.

- **Tuberías Multicapas Compuestas por PE-AL-PE y/o PEX-AL-PEX**

Debería ser aprobado y recomendado por el fabricante y cumplir las normas técnicas NTP-ISO 17484-1 o ISO 17484. Además, para tubería PEALPE según NTP 111 011, se tiene las siguientes: 1216, 1418, 2025; es necesario saber que estas denominaciones están relacionados a sus medidas de cada tipo de tubería, ver Tabla 10.

Tabla 10

*Clasificación de tuberías PEALPE según sus dimensiones*

Unidad: Milímetros

Referencia	Diámetro nominal	Diámetro externo promedio		Espesor de pared	Diámetro interno promedio
		Mínimo	Máximo		
1216	16	16	16.4	1.6	12
1418	18	18	18.4	1.6	14
1620	20	20.5	21	2	16
2025	25	25	25.5	2.2	20

*Nota.* Adaptado de Soluciones Tubulares

- **Especificaciones técnicas de los accesorios**

Se pueden considerar accesorios en las tuberías de gas a las uniones como codos, reducciones, derivaciones entre otros. Se pueden describir según NTP 111.011 por su tipo de material de la siguiente manera:

- **Accesorios de tuberías de cobre rígido**

Los accesorios pueden ser unidos, ya sea soldadura fuerte por capilaridad para las líneas matrices y para la línea montante se aplica soldadura fuerte, las líneas individuales internas se realizan con soldadura blanda según NTP 111.011.

- **Accesorios de tuberías de acero**

En el caso de las uniones como codos, reducciones y derivaciones se debe tener cuenta la norma técnica ASTM A 234 para el material. Además, para los accesorios unidos por soldadura y por unión roscada se debe tener en cuenta el ANSI/ASME B 16.9 y ANSI/ASME B 16.3 respectivamente.

○ **Accesorios de tuberías Multicapas Compuestas por PE-AL-PE y/o PEX-AL-PEX**

De la misma manera que en las tuberías, deberá ser aprobado y recomendado para gas por el fabricante y cumpliendo las normas técnicas NTP-ISO 17484-1 o ISO 17484. Asimismo, las uniones para tubería PEALPE son mediante accesorios como uniones roscadas, TE roscadas, etc.

• **Especificaciones técnicas válvulas de corte**

Deberá cumplir la EN 331 o la ANSI B16.44 o normas técnicas equivalentes a estas. Es necesario indicar que estas válvulas tienen que ser del mismo material de las tuberías de la instalación interna y para el manejo de gas natural seco. Además, ser por cierre rápido de un cuarto de vuelta por tope, teniendo en consideración que la posición cerrada será con la manija perpendicular a la tubería y la posición abierta será con la manija paralela a la tubería.

• **Especificaciones técnicas medidores**

Los medidores pueden ser medidores de diafragma o rotativos los cuales tendrán que cumplir la norma técnica ANSI-B109 o CEN-EN 1359 respectivamente. Estos deben ser verificados y se recomienda someterse a su evaluación, además estos pasarán verificaciones periódicas y su intervalo de tiempo deberá ser establecido por su entidad, en caso contrario se recomienda deberá ser de cada 10 años. En la siguiente Tabla 11 se mostrarán los tipos de medidores según su caudal y número de presión.

Tabla 11

*Tipos de medidores*

Tipos de medidores	Presión (mbar)		
	23	140	340
	Caudal (m <sup>3</sup> /h)		
G1.6	2.5	2.9	3.4
G4	6	6.8	8
G6	10	11.4	13.4
G10	16	18.2	21.4
G16	25	28.5	33.5
G25	40	45.6	53.6

*Nota.* Adaptado de Instituto Nacional de Calidad, 2019

- **Especificaciones técnicas de gasodomésticos**

Los gasodomésticos son artefactos a gas de uso doméstico donde el combustible es G.N.S. y/o GLP. Pueden trabajar en residencia y/o comercio y se clasifican de las siguientes maneras:

- Naturaleza de los gases (categorías: circuito abierto o cerrado. Véase el ANEXO B).
- Por su familia (gases manufacturados, metano GNS, propano+butano=GLP)
- Categorías (Gasodomésticos que usan gas de una, dos o tres familias)
- Tipos (A, B y C. Véase el ANEXO C)

De acuerdo al consumo del funcionamiento de los gasodomésticos se podrá observar en el ANEXO D.

- **Especificaciones técnicas reguladores de presión**

El regulador deberá controlar apropiadamente los límites admisibles y no deberían ser evitados según norma. Es necesario mencionar que los reguladores que operen a presiones menores de 5kPa (50 milibares) deberán contar con un dispositivo de bloqueo automático, la cual actúe cuando la presión establecida en el distribuidor de la localidad disminuya. Asimismo, la regulación de las instalaciones residenciales puede tener primera, segunda hasta tercera etapa, como por ejemplo: una regulación de primera etapa estará ubicado en el frontis de la propiedad, el cual regularía la presión de ingreso de 4 bar (de la matriz de polietileno) a 23 mbar; a comparación de una regulación de segunda etapa, que estaría compuesto por una primera etapa en el frontis de 4 bar a 340 mbar, la segunda etapa de regulación, ubicados en gabinetes o banco de medición que regularían de 340 mbar a 23 mbar, y por último a cada artefacto se coloca un regulador al costado del gasodoméstico para evitar las pérdidas de presión.

Tal como lo indica la NTP 111.011 se debe tener en cuenta algunos criterios para elegir un regulador, ver Tabla 15.

Tabla 12

*Criterios a tener en cuenta durante la selección de un regulador*

## Selección de regulador



Rango de presión de entrada y salida del regulador.
Caudal máximo y mínimo exigido al regulador.
Sistema de seguridad contra sobrepresiones.
Coherencia entre las conexiones y roscas del regulador y el sistema a unir.
Garantía de operación y mantenimiento.
Tamaño.
Rotulado e identificación.
Estabilidad y factor de seguridad en la presión garantizada en el anillo de distribución.
Compatibilidad con los parámetros de diseño del medidor de gas natural.
Compatibilidad con los consumos esperados y presión de uso de los gasodomésticos.
Altura sobre el nivel del mar.
Cultura regional del uso de gas natural.
Proyección de demanda futura (factor socioeconómico y geográfico).
Entre otros que la Entidad Competente puede solicitar.

*Nota.* Adaptado de Norma Técnica Peruana NTP 111.011, por INDECOPI, 2014.

### • Especificaciones técnicas de gabinetes

Los gabinetes se utilizarán para la protección de los equipos de medición y regulación, y estarán ubicados en la entrada del edificio a 0.30 m del NPT y la medida máxima que se podrá instalar gabinetes es de 1.80m desde el nivel de piso hasta el eje del odómetro. En caso que tenga una segunda etapa y tenga medidores para cada departamento los gabinetes serán colocados en la fachada del edificio o en cada piso; además deberían estar ventilados. Véase el ANEXO E.

### 2.5.3. Diseño y dimensionamiento del sistema de tubería

Se puede considerar según la norma técnica que, para el diseño de las instalaciones de gas natural seco, se necesita algunos aspectos, ver Tabla 13.

Tabla 13

*Consideraciones de diseño del sistema de tubería*

Consideraciones para diseño	Máxima y mínima cantidad de gas natural seco requerido por artefactos.
	Previsiones para prevenir demandas futuras o caídas de presión en la instalación interna y el medidor. Siendo la presión máxima de la línea montante 34 kPa (340mbar) y la presión máxima de la línea individual interior 2.3 kPa (23mbar).
	La presión de uso para artefactos a gas natural para uso residencial debe tener una presión mínima de 18mbar y máxima de 23 mbar.
	El factor de simultaneidad asociado al cálculo del consumo máximo probable.
	Gravedad específica y poder calorífico del gas natural seco. Para dimensionamiento de tuberías el poder calorífico superior es 9500 Kcal/m <sup>3</sup> medido a condiciones estándar.
	Material y longitud de tubería cantidad de accesorios.
	Velocidad permisible del gas.
Influencia de la altura (superior a los 10 metros).	

*Nota.* Adaptado de Norma Técnica Peruana NTP 111.011, por INDECOPI, 2014.

Las distancias de seguridad que se deben de tomar en cuenta para acometidas y tubería de conexión se pueden interpretar en la siguiente Figura 14.

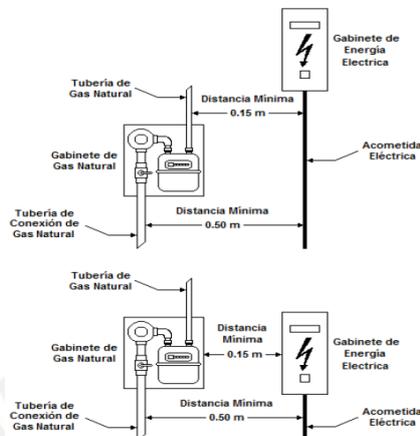


Figura 14. Distancias mínimas entre acometida y tuberías de conexión

Tomado de Norma Técnica Peruana NTP 111.011, por INDECOPI, 2014.

#### 2.5.4. Desarrollo de la instalación de redes internas de gas

Según los instructivos de la empresa Cálidda, para una instalación de gas se tendrá los siguientes procesos:

- Antes de la ejecución de los trabajos:
  - a) **Solicitud de información:** Es indispensable solicitar la información requerida sobre la presencia de instalaciones de gas natural en el lugar del proyecto. Además, realizar la comunicación de las obras a realizar.
  - b) **Determinación por sondeos o calicatas:** Este proceso es para tener mejor información acerca del lugar exacto de las tuberías que figuran en los planos y/o señalizaciones. Con la finalidad de no ocasionar daños o desplazamiento de las tuberías. En caso que se tenga que desplazar alguna señal o se haya descubierto alguna red de gas, se debe de avisar a la empresa. Para identificar la señalización de las instalaciones de gas véase el ANEXO F, G y H.
  - c) **Requisitos para solicitar los servicios de Cálidda:** Para solicitar en Lima los servicios de Gas Natural, se debe de tener en cuenta el flujograma que está en el ANEXO I.

- Durante la ejecución de los trabajos:

- d) **Revisión antes de inicio de la actividad:** Es indispensable solicitar la información requerida sobre todos los equipos y herramientas que se necesitarán para iniciar la actividad, si se encontrará con daño se debería reportar al supervisor encargado.
- e) **Llenado de formatos obligatorios:** Tener en cuenta que los documentos de Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y la participación a la charla de seguridad se debe realizar antes de la actividad, ya que de esta manera se identifican el peligro y los riesgos.
- f) **Trazado de tendido de tubería PE-AL-PE:** Para el tendido de las tuberías se deberá de tener en cuenta lo trazos por donde pasarán, la distancia de los puntos y la válvula de corte, los cuales se encuentran en los planos del proyecto de instalación de gas.
- g) **Corte piso a pared:** En caso de que el piso o la pared ya esté completo se procederá con esta actividad. Para ello, se utilizará la amoladora, cuyo corte del piso será de forma continua hacia la proyección del trazo. Tener en cuenta que se deberá apagar la amoladora ya concluido el trabajo.
- h) **Picado de piso y pared:** Tener en cuenta que el área deberá de estar despejada para evitar trabajos rehechos. Se realizará el picado con ayuda de distintos instrumentos dependiendo del material, como por ejemplo para picado de piso sobre estructura de ladrillo hueco de techo se usarán herramientas manuales como la comba y el cincel; y para picado de piso sobre estructura de concreto y de pared (tabiquería) se podría usar rotomartillo.
- i) **Tendido de tuberías:** Antes de proceder con el tendido de tubería, se debe de verificar que no exista material extraño, el cual dañe la tubería. Además, estas deben cumplir con las distancias mínimas que deberán tener con otras interferencias, esto lo establece la norma vigente.
- j) **Resane piso y pared en estructuras de concreto (si se diera la actividad):** Se deberá de realizar la actividad en zonas que deberán ser reparadas. Al ubicar la zona de resane esta deberá ser humedecida, seguido de la actividad de frotachado y proceder con el retiro y la limpieza de los restos sobrantes.
- k) **Línea Montante:** Se utilizará la línea montante, que traslada el gas hasta un regulador de primera etapa, que puede estar empotrado en un murete. Esta línea montante puede estar empotrada o adosada a la pared, piso y techo en las áreas comunes y alimentará los gabinetes. Asimismo, para los medidores y la regulación de segunda etapa estarán constituidos por líneas individuales internas, las que estarán ubicados en cada departamento. Además, se considerará la válvula general en cada gasodoméstico.

- l) Prueba de hermeticidad por departamento y el montante:** Con la ayuda de un manómetro y al finalizar el tendido de tubería, se procede a realizar la prueba de hermeticidad para detectar las fugas con agua jabonosa y poder repararlas a tiempo. Estos deberán estar acorde a la norma vigente.
- m) Instalación de gabinetes:** Son ubicados en las áreas comunes y deberá estar en un espacio ventilado con ingreso y salida de aire.
- n) Instalación de rejillas de ventilación:** Se realizará la colocación de las rejillas en el lado del muro según normativa vigente, que consiste en la verificación de espacio confinado y se calcula con la siguiente ecuación:  $\text{Volumen calculado} = \text{Pot Inst} \times 4.8 \text{ m}^3/\text{kW}$ ; si el  $\text{Volumen físico} > \text{Volumen calculado}$  es un espacio confinado. Asimismo, para calcular el área mínima de rejilla es la siguiente ecuación:  $\text{Área mínima efectiva} = \text{Pot Inst} \times 6 \text{ cm}^2/\text{kW}$ .
- o) Verificación de la red interna:** Para realizar la conformidad de la instalación de gas, deberá de realizar una visita el supervisor. Además, se procede a instalar los artefactos que se han proyectado.

### 2.5.5. Habilitación del Servicio de Gas Natural

Para realizar la habilitación de gas se debe realizar pruebas y verificaciones para la supervisión directa de personal que suministre gas natural cumpla con la exigencia de seguridad y normas.

- a) Prueba de hermeticidad:** Se inyecta aire por medio de una compresora eléctrica o inflador a todo el recorrido de la tubería para presurizarla con aire comprimido y garantizar que la instalación interna no presente fugas. Estará ubicado en el cabezal de pruebas, además según norma lo mínimo admisible para la presión de aire es multiplicar por 1.5 veces la presión de operación como se observa en la siguiente Tabla 14 y ANEXO J.

Tabla 14

*Presión y tiempo mínimo permitido en prueba de hermeticidad*

Presión de operación en las tuberías	Presión mínima de ensayo	Tiempo mínimo en ensayo
P < 13.8 kPa (P < 2 psi) (P < 136 mbar)	34.5 kPa (5 psi) (340 mbar)	15 minutos
13.8 kPa < P < 34.5 kPa (2 psi < P < 5 psi) (136 mbar < P < 340 mbar)	207 kPa (30 psi) (2.1 bar)	1 hora

*Nota.* Adaptado de Norma NTP 111.010

- b) **Prueba de encendido y verificación de tubería:** Para comprobar el buen funcionamiento de los equipos a usar.
- c) **Prueba de detección de monóxido de carbono:** Se tiene que comprobar la emisión del monóxido de carbono que generan la combustión de los gasodomésticos. Estos deben encontrarse dentro de los límites permitidos los cuales son 50 ppm a un metro del gasodoméstico,
- d) **Verificación de ventilación:** Se tiene que verificar la existencia de ventilación en los ambientes donde estarán los gasodomésticos.
- e) **Verificación de ductos de evacuación:** Se debe tener en cuenta la instalación de ductos de evacuación de gases producto de la combustión de gaseoductos, por ejemplo, termas.

#### 2.5.6. Supervisión de instalación de gas natural

- a) **Supervisión en oficina:** esta supervisión es la base del proyecto con los siguientes aspectos.
  - Se supervisa que el responsable del proyecto de instalación realice los planos de distribución y el isométrico para poder tener las medidas exactas de las longitudes y diámetros, con la finalidad de asegurarnos la seguridad y los metrados exactos de la compra del material.
  - Se supervisa al cadista o proyectista lo siguiente: la dirección de las tuberías y accesorios del proyecto y la distribución e isométricos de las tuberías, ventilación y evacuación de gaseoductos en los planos. Además, la elaboración del cálculo del diámetro de tubería, puede ser definido por la web si el cálculo de la potencia es menor a 60 kW o por medio un Proyecto de Instalación de Gas (PIG) si es mayor a 60 kW.
- b) **Supervisión en obra:** la supervisión en obra del personal, el material y accesorios según planos al momento de ejecución de la obra.
  - La supervisión de la seguridad del personal en el buen uso de los equipos de Epp's y el seguimiento en la ejecución del proyecto.
  - La supervisión de los accesorios y materiales como: las tuberías que se van a colocar cobre y/o PEALPE, las válvulas de corte en todos los artefactos y la colocación de las rejillas de ventilación según el cálculo.

## CAPITULO 3: METODOLOGÍA

En el Perú, ya se han realizado estudios en que se implementa *Lean Construction* y *Last Planner System* en edificaciones, tanto en la fase de estructuras (Brioso et al, 2017 a; Brioso et al., 2017 b; Murguía y Brioso, 2017), como en la de acabados (Murguía et al., 2017; Brioso et al., 2016), pero todavía no hay ninguna que desarrolle en detalle las instalaciones de gas. En la presente tesis, se planteará una propuesta de planificación y programación de un proyecto de Instalación de Gas Natural en viviendas multifamiliares usando la Filosofía *Lean Construction*. En primer lugar, se evaluará la programación de un proyecto con instalaciones de gas natural, analizando cada proceso constructivo. Luego, se procesará la información obtenida en la programación usando un enfoque Lean. Acto seguido, se diseñarán los elementos del sistema *Last Planner* tales como el “*Pull Planning*”, *Lookahead*, análisis de restricciones, programación semanal y diaria, y determinación del Porcentaje de Plan Cumplido, causas de no cumplimiento y medidas correctivas. Finalmente, se tendrá como resultado una propuesta de programación detallada de la instalación de gas natural de un proyecto de un edificio multifamiliar, documento que se podrá usar como una guía para que las empresas involucradas en este tipo de proyectos optimicen sus procesos.

A continuación, se definirán futuras líneas de investigación con el uso de las siguientes herramientas.

### 3.1 Revisión del cronograma Maestro

El cronograma maestro, o también llamado *Master Schedule*, se tiene que considerar en todos los proyectos de construcción. Esta primera herramienta consiste en preparar los trenes de trabajo y plantear los hitos que se requiere para cumplir con los objetivos que se han propuesto. Se les llaman hitos a aquellos acontecimientos o actividades importantes, los cuales definen grupos de actividades (fases) para la programación de todo el proyecto. La programación puede tener modificaciones y actualizaciones cuanto sea necesario, ya sean secuencias, comienzos, duraciones por actividad, entre otros. Las etapas que son programadas son las siguientes:

- a) Cimentación: Esta etapa constituye a las actividades que cumplen con la función de la sustentación del edificio, las cuales han sido calculadas y proyectadas con diferentes consideraciones como las cargas propias del mismo edificio, la composición del terreno, la resistencia del suelo, etc.

- b) Estructuras: Actividades que deben de ser consideradas para construir el conjunto de elementos estructurales que están unidos, ensamblados y conectados entre sí para soportar los esfuerzos de las cargas y dirigirlas al suelo.
- c) Acabados: Estas son las actividades que constituyen con la parte visible de la construcción, puede ocultar instalaciones o elementos constructivos, además la actividad de acabados es para que el proyecto cumpla con una función de impermeabilización o aislamiento.

### **3.2 Pull Planning**

Esta herramienta detalla las actividades la planificación de las fases, las cuales que sean necesarias en el proyecto para ejecutar una determinada fase. En este tipo de planificación se usa la técnica del *Pull*, que consiste en la programación en reversa, ya que se trabaja de atrás hacia delante, es decir se comienza con la actividad final de una fase y se termina con la actividad inicial de la fase.

Además, los involucrados del proyecto deben de reunirse para desarrollar la planificación constructiva del proyecto. Es recomendable por el *Lean* que se utilice una pizarra con la ayuda de “*post it*”, los cuales describan las actividades que deben ejecutarse y que los involucrados deban de cumplir para poder desarrollar los objetivos trazados. Son pegados y ordenados en secuencia. Luego de haber sido ordenado se procede a calcular el número de horas de trabajo. Se espera que los tiempos estimados sean holgados para que se puedan desarrollar con facilidad si hay alguna variable.

De esta planificación se obtienen beneficios los cuales pueden ser los siguientes:

- ✓ Se entiende mejor el alcance del proyecto.
- ✓ Se generan mejores lazos de comunicación entre los involucrados.
- ✓ Se sabe la necesidad de cada involucrado para desarrollar mejor el proyecto.
- ✓ Los involucrados tienen el conocimiento de qué y cuándo se debe hacer cada actividad.

De esta manera se aprueba el tren de actividades y las restricciones que genera en el formato de restricciones.

### **3.3 Look ahead**

La planificación del *Look Ahead* se trabaja con actividades que abarcan de 4 a 6 semanas (Ballard & Koskela, 2011), de esta forma los “*Last planners*” seleccionan y disgregan las

asignaciones y labores de cada actividad para luego desarrollar un análisis de restricciones. El objetivo que se tiene en esta herramienta es producir las asignaciones que pueden liberarse y listas las cuales puedan programarse semanalmente. De esta manera, Ballard (2000) sugiere que se pueden seguir los sucesivos pasos:

- a. Elegir las actividades que se saben que pueden ser realizadas cuando sean programadas. Cabe recalcar que se debe tener en cuenta que puede ocurrir algunos cambios en el diseño, temas sin resolver, disponibilidad de material y probabilidad que las actividades previas puedan ser terminadas cuando sean necesarias,
- b. Se deben de separar las actividades por asignaciones, esta es la planificación de orden directa y es el nivel más bajo de la planificación.
- c. Se analiza las restricciones para poder saber si pueden ser programadas, las cuales pueden dividirse en dos procesos:
  - Identificación de restricciones: se analiza las causas que se presentan para que la actividad no se realice.
  - Análisis de restricciones: la cual consiste en visualizar si es que la información es suficiente para desarrollar la actividad. Solo se pueden avanzar las asignaciones si es que no tienen restricción en la semana programada.
- d. Llegar a tener un “*buffer*” para mantener la eficiencia si es que ocurre alguna variable en la actividad o no se puede ejecutar en el tiempo deseado.
- e. Poder equilibrar la cantidad del trabajo por hacer con la capacidad que se tiene en obra.
- f. Proporcionar la cantidad de trabajo para la capacidad que se tiene en obra y se puedan desarrollar las asignaciones
- g. Listar los requisitos que se han presentados para poder realizar las asignaciones en las semanas programadas.
- h. Existen factores que se deben de tener en cuenta como:
  - Tareas precedentes
  - Diseño y especificaciones de los detalles constructivos
  - Disponibilidad de componentes y materiales
  - Disponibilidad de la mano de obra, equipos y espacio
  - Posibles impedimentos por condiciones externas

### **3.4 Plan semanal**

La planificación semanal son las actividades y asignaciones que se tienen listas. Solo se seleccionan las que están programadas en la semana. Asimismo, se debe de priorizar la secuencia de trabajos y los recursos que serán usados.

### **3.5 Análisis de fiabilidad y restricciones**

Consiste en medir la fiabilidad de la programación desarrollada usando los indicadores de Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) y de Identificar las Razones de No cumplimiento. Estos indicadores son útiles para conocer las razones por las cuales no se puede cumplir las asignaciones planificadas, las asignaciones que más se repiten y de esta manera poder corregirlas en las siguientes semanas llevándose a cabo un proceso de retroalimentación y de reflexión.

De esta manera se podrá realizar la planificación agregando las instalaciones de gas en una obra de construcción de una vivienda multifamiliar, la cual nos permitirá aumentar la confiabilidad en la planificación entre los involucrados del proyecto. Esta filosofía requiere el compromiso y el entendimiento de los involucrados para poder desarrollarla.

## CAPITULO 4: CASO DE ESTUDIO

### 4.1 Análisis de las Instalaciones de Gas

El plan quinquenal aceptado por Osinergmin en 2018, autorizó la conexión de 320 mil nuevas conexiones en domicilios. Sin embargo, Cálidda incorporará 200 mil nuevas conexiones llegando a 520 mil conexiones, las cuales se concretarán en el 2022 (Gestión, 2019). Cabe mencionar que en la actualidad Cálidda abastece gas natural a 25 distritos en Lima, en la Tabla 15 se aprecia esta proyección de clientes residenciales por distritos (Cálidda, 2018).

Tabla 15

Proyección de clientes residenciales por distrito 2018-2022

Distrito	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
Ancon	-	2 529	304	134	2 967
Ate	843	6 983	5 642	2 725	16 193
Breña	-	-	-	3 128	3 128
Callao	-	-	-	1 467	1 467
Carabaylo	3 666	512	7 236	8 201	19 615
Chilca	711	85	38	2 864	3 698
Chorrillos	8 317	8 692	1 364	407	18 780
Comas	-	528	64	523	1 115
Independencia	34	4	1	-	39
La Victoria	7 672	922	406	6 057	15 057
Lurin	-	-	1 941	233	2 174
Mi Peru (ex-Ventanilla)	-	-	-	3 975	3 975
Miraflores	43	5	3	-	51
Pachacamac	4 763	573	252	-	5 588
Puente Piedra	14 807	2 193	2 981	6 151	26 132
Rimac	-	-	3 665	441	4 106
San Borja	-	-	-	1	1
San Isidro	15	2	1	-	18
San Juan de Lurigancho	21 532	5 076	1 439	895	28 942
San Juan de Miraflores	-	2 047	246	5 255	7 548
San Luis	-	-	-	1 374	1 374
San Martin de Porres	944	414	-	506	1 864
San Vicente Cañete	325	143	-	-	468
Santiago de Surco	-	-	28	4	32
Surquillo	-	-	-	4 977	4 977
Ventanilla	7 423	893	5 783	2 341	16 440
Villa El Salvador	348	42	2 043	244	2 677
Villa Maria del Triunfo	-	-	-	362	362
<b>Viviendas sobre nuevas redes</b>	<b>71 443</b>	<b>31 643</b>	<b>33 437</b>	<b>52 265</b>	<b>188 788</b>
<b>Viviendas sobre redes existentes</b>	<b>19 445</b>	<b>19 452</b>	<b>19 452</b>	<b>19 452</b>	<b>77 801</b>
<b>Total de viviendas nuevas</b>	<b>90 888</b>	<b>51 095</b>	<b>52 889</b>	<b>71 717</b>	<b>266 589</b>

Nota. Proyección de clientes residenciales por distrito 2018-2022, por Cálidda, 2018.

## 4.2 Descripción del Proyecto

El proyecto constructivo “Proyecto de Comas” es una vivienda multifamiliar que está ubicado en el departamento de Lima. Posee un área de 7 372.92m<sup>2</sup> y consta de 4 torres de viviendas de 16 pisos, con departamentos de 49.50m<sup>2</sup> a 50.40m<sup>2</sup> de área techada, con un total de 512 departamentos de 02 dormitorios, además de un cuarto de uso diverso. Tiene 103 estacionamientos. Está estructurado con el sistema de muros portantes de concreto armado de espesor delgado y losas macizas. Las losas tienen espesores de 20, 15 y 10 cm, cumpliendo con la norma E.060.

### 4.2.1. Descripción del inmueble

Linderos:

- Frente: Avenida M. Bastidas con 71.49ml.
- Fondo: lote 2 con 75.48ml.
- Derecha: Lote 4 con 114.29ml
- Izquierda: Lote 6 con 62.20ml, con Pasaje 6 con 48.64ml, 28.35ml, 28.35ml y 7.22ml, Parque 5 con 25.92ml, 31.38ml, 29.92ml y 34.60ml.

Como se puede apreciar en la Tabla 16 nos indica la distribución de pisos por edificio. Asimismo, se presentará en la Figura 15 la Planta de Proyecto de Comas.

Tabla 16

N° de pisos del proyecto

PRIMERA ETAPA			
EDIFICIO	N° DE PISOS	N° DPTOS. POR PISO	N° TOTAL DE DPTOS
EDIFICIO 17	16	8	128
EDIFICIO 18	16	8	128
EDIFICIO 19	16	8	128
EDIFICIO 20	16	8	128
TOTAL			512

*Nota.* Adaptado de la Memoria Descriptiva del Proyecto de Comas

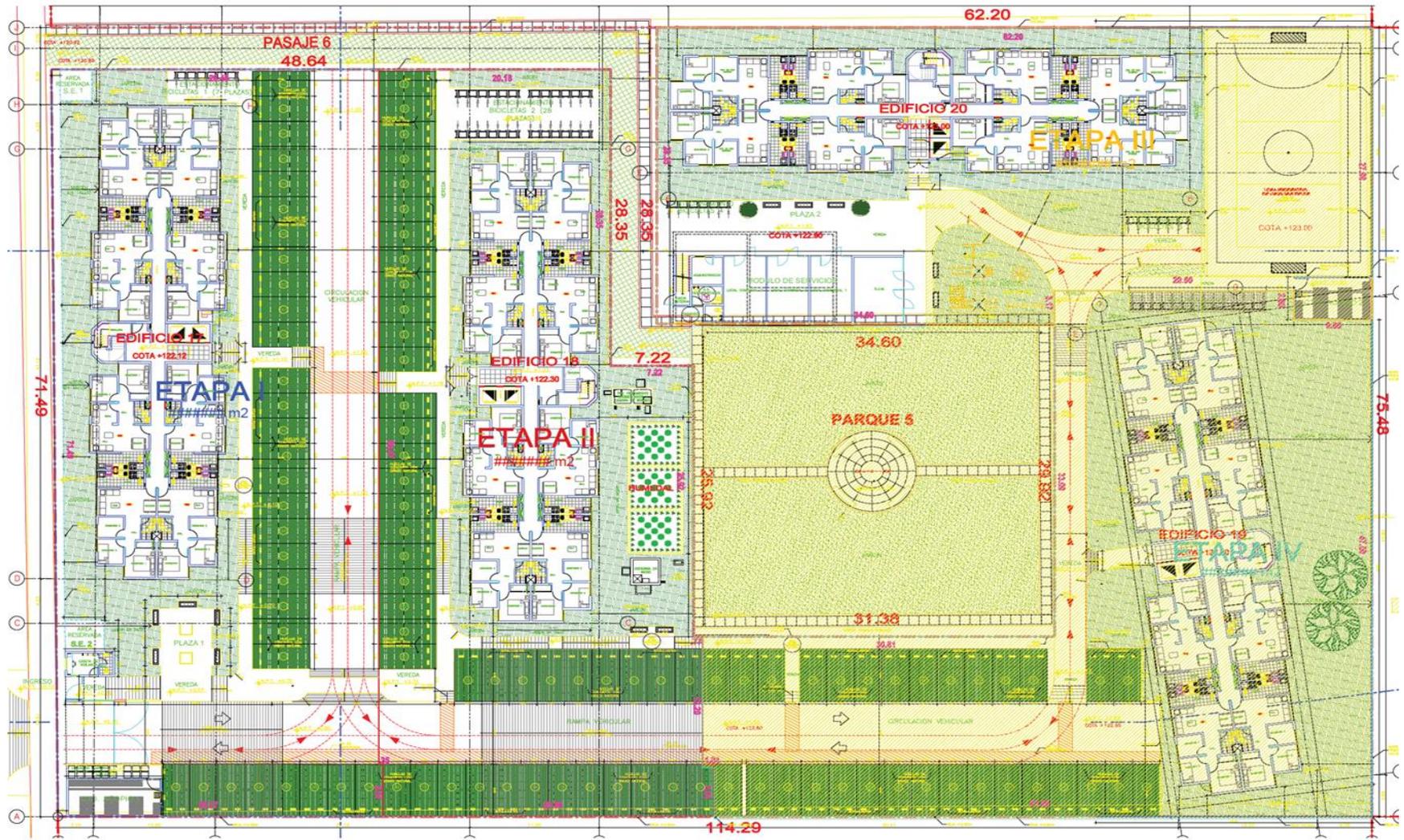


Figura 15. Planta de Proyecto de Comas

Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

En la Figura 16 se aprecia la planta del Edificio 17, al igual que en la Figura 17 en la que se presenta la elevación del edificio. Se presentará este edificio 17, ya que tiene semejantes características a los demás.

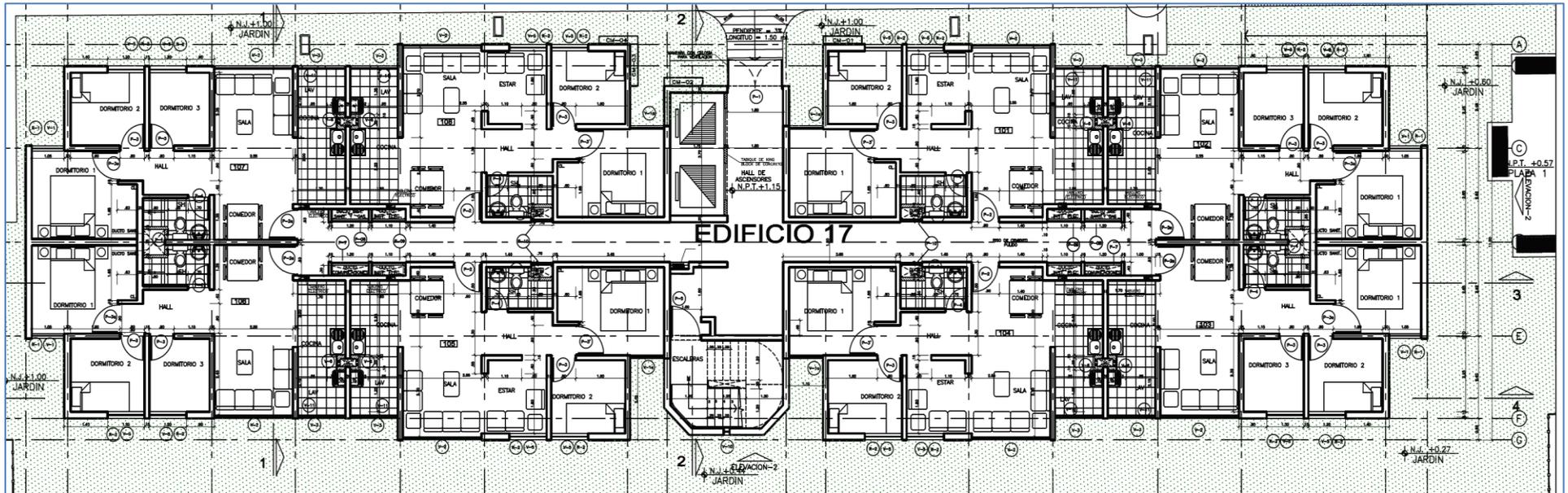


Figura 16. Planta de Edificio 17

Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019



*Figura 17. Elevación del edificio 17*

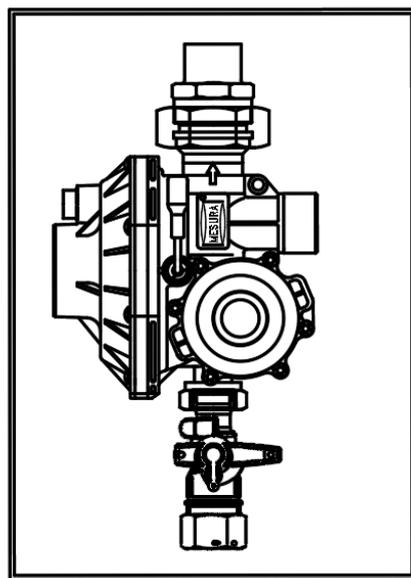
*Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019*

#### 4.2.2. Sistemas de regulación

Ese proyecto consta de dos sistemas de regulación de dos etapas, las cuales se detallarán a continuación:

##### a. Sistema de regulación de Primera Etapa

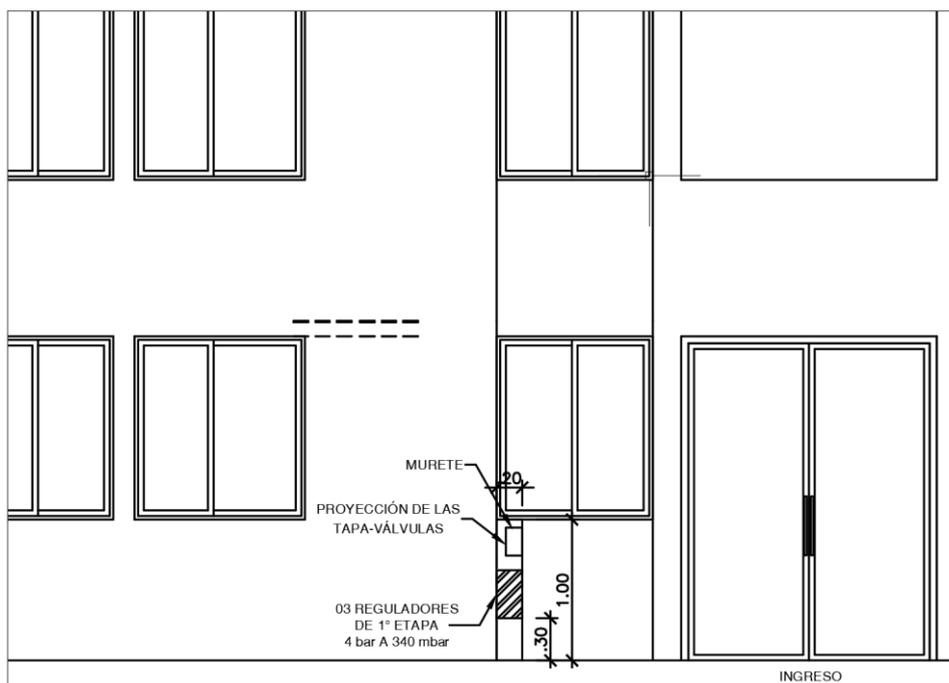
Este proyecto se distribuirá por medio de la línea montante, que iniciará su recorrido desde los reguladores de primera etapa que estarán ubicados en el 1° piso, en el lado izquierdo del proyecto. La cantidad de reguladores que se instalarán será de 3 por edificio. La línea montante estará empotrada a la pared y saldrá de los reguladores para luego bajar hasta la altura del pasadizo y es dividida por dos tramos. Cada tramo llegará con direcciones opuestas a la altura de los ductos para los gabinetes de Gas Natural. De tal manera, subirá al 16vo piso alimentando a 2 gabinetes dobles en cada piso. En la Figura 18 se detalla el regulador de 1° Etapa, la cual será el reductor de la malla a la construcción.



*Figura 18.* Detalle del regulador de 1° Etapa 4 bar a 340 mbar

*Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019*

En la Figura 19 está el detalle de los reguladores de 1° Etapa que están en cada edificio.



*Figura 19. Detalle de los reguladores de 1° Etapa*

*Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019*

#### **b. Sistema de regulación de Segunda Etapa**

Para los reguladores de 2°etapa se tiene en cuenta la distribución de las líneas individuales internas en cada departamento empotrado a los pisos y paredes, los cuales se distribuirán hasta los puntos de consumo.

Para los puntos de salida de gas natural se tiene en cuenta las siguientes dimensiones:

- i. Altura para alimentar la cocina: 0.70m de altura desde el nivel de piso
- ii. Altura para alimentar la terma ODS tipo “A”: 1.10m de altura desde el nivel del piso.

Por norma se considera válvulas de corte general para los edificios y para cada departamento ubicado a la salida de los reguladores de 1era etapa de los centros de medición y de regulación de 2da etapa respectivamente.

En resumen, el proyecto contará con lo siguiente:

- ✓ 12 Gabinetes para la regulación de la primera etapa los cuales alimentarán a los edificios.

- ✓ Se tendrá la línea montante que conecta el regulador de primera etapa al punto de regulación de segundo etapa.
- ✓ Redes internas con material Pe-Al-Pe que estarán empotradas por la pared y el piso de los departamentos.
- ✓ Válvulas de corte general y por artefacto.

En la Tabla 17 y 18 se encuentra el detalle de los reguladores de primera y segunda etapa en cada edificio.

Tabla 17

Reguladores de primera etapa

PRIMERA ETAPA				
TIPO DE EDIFICIO	GABINETE	TIPO DE REGULADOR	CAUDAL DEL REGULADOR	CANTIDAD DE REGULADORES
EDIFICIO 17	S-22	B 50	50 m3/h	2
EDIFICIO 18	S-23	B 51	50 m3/h	2
EDIFICIO 19	S-24	B 52	50 m3/h	2
EDIFICIO 20	S-25	B 53	50 m3/h	2
<b>TOTAL</b>				<b>8</b>

*Nota.* Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

Tabla 18

Reguladores de segunda etapa

SEGUNDA ETAPA							
TIPO DE EDIFICIO	MONTANTE	GABINETE	CAPACIDAD DENTRO DEL GABINETE	TIPO DE REGULADOR	CANT. DE REGULADORES POR PISO	TOTAL DE PISOS	CANT. TOTAL DE REGULADORES
EDIFICIO 17	MONTANTE "A"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
	MONTANTE "B"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
EDIFICIO 18	MONTANTE "A"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
	MONTANTE "B"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
EDIFICIO 19	MONTANTE "A"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
	MONTANTE "B"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
EDIFICIO 20	MONTANTE "A"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
	MONTANTE "B"	GABINETE DOBLE	1	B 6	2	16	32
<b>TOTAL</b>							<b>256</b>

*Nota.* Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

### 4.2.3. Diseño de Medidor

Por otro lado, se diseñó el medidor con parámetros como la gravedad específica, poder calorífico del gas natural, además de la cantidad de gasodomésticos por departamento que hay en este proyecto. A continuación, se presentará los cálculos de diseño en la siguiente Tabla 19, lo que ayudará a comprender mejor los cálculos.

Tabla 19

Parámetro de diseño

Parámetros del diseño		
<b>Gas Natural</b>	<b>Gravedad específica</b>	<b>Poder Calorífica (kW-h/m3)</b>
	0.61	11.05
<b>Gasodomésticos</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Caudal(m3/H)</b>
Terma ODS Tipo A	12	1.09
Cocina	10	0.9
<b>Por departamento</b>	<b>22</b>	<b>1.99</b>
Factor de simultaneidad para 128 departamentos	0.35	
<b>Por 128 departamentos</b>	<b>985.6</b>	<b>89.15</b>
<b>Medidor</b>	$Q_{aire} = Q_{gas} * (Gravedad\ Especifica)^{1/2}$	
	$1.99 * (0.6)^{1/2} = 1.54 m^3/h$	
	<b>*Se instalaron medidores tipo diafragma G4 con capacidad máxima de 6 m3/h.</b>	

Nota. Creación Propia

Los detalles del medidor de cada departamento se pueden apreciar en la Figura 21, los cuales estarán ubicados en el montante.

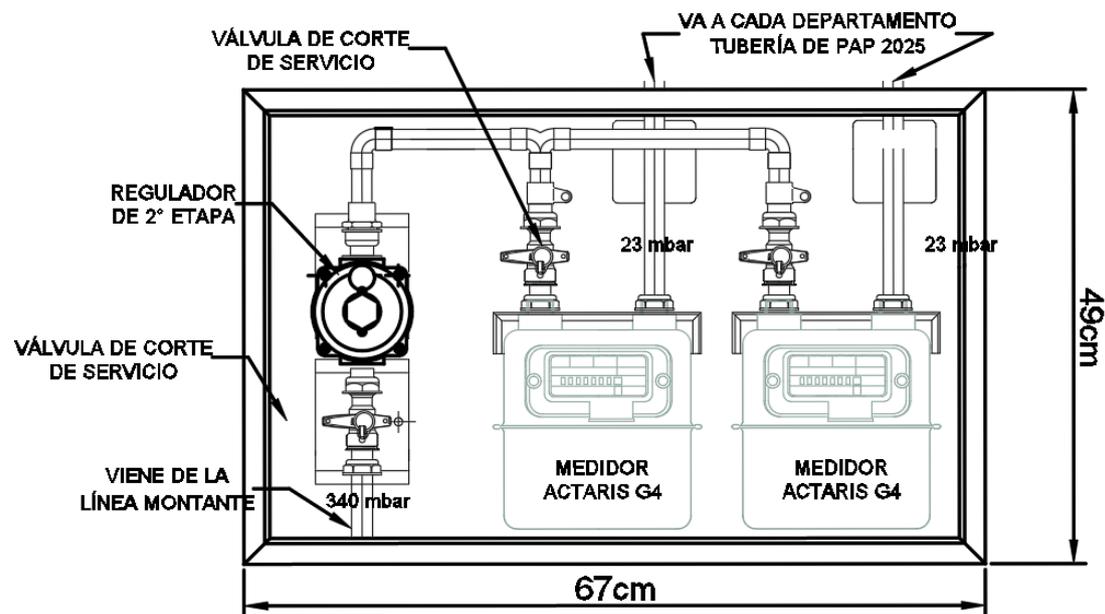


Figura 20. Detalle de la Instalación de los Medidores en el Gabinete Doble

Nota. Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

#### 4.2.4. Dimensionamiento de la tubería

Según las normas vigentes ya mencionadas, para el correcto dimensionamiento de la tubería de instalaciones de gas se considera los siguientes puntos:

- Máxima cantidad requerida por los equipos de consumo, que en este caso fueron la cocina y therma.
- Demanda futura o proyectada.
- La caída de presión en la instalación interna y el medidor. Debe de ser una presión mayor a 1.5 mbar o 150 Pa.
- Longitud de tubería y número de accesorios.
- Propiedades como la gravedad específica y poder calorífica del gas natural, así como su velocidad permisible.
- La norma permite una pérdida de gas natural de aproximadamente el 5%.

Además, para la elaboración del recorrido de la red interna de gas se toma en cuenta los segmentos en tramos y se calcula el consumo de artefactos, considerando el diámetro obtenido según fórmula de Pole modificada, teniendo presente la presión inicial:

- Presión inicial (  $P_i$  ): 1,8 Kpa = 180mm columna agua
- 1 mm columna de agua = 10 Pascal (aproximadamente)

Se considera las siguientes ecuaciones de la Figura 21 para el dimensionamiento de la tubería. Véase el cálculo y aplicación del diseño de la tubería en el ANEXO K.

$$\Phi = \sqrt[5]{\frac{L}{\Delta p} \times \left( \frac{PCT}{\text{Coeficiente} \times K} \right)^2}$$

$\phi$	Diámetro interior real (cm.)
L	Longitud (m)
$\Delta p$	Pérdida de presión (Pa)
PCT	Potencia de cálculo total (Mcal/hora)
K	Factor de fricción según $\phi$
Coeficiente e	Para el gas natural seco 0,0011916

		Diámetro		Codos 45	Codos 90	Tee 90°	Tee 180°
<b>Cu Tipo L</b>	3/4"	19.950	0.34	0.61	1.22	0.43	
	1"	26.040	0.43	0.76	1.52	0.52	
	1 1/4"	32.130	0.55	1.07	2.14	0.70	
	1 1/2"	38.240	0.64	1.22	2.44	0.79	
	2"	50.370	0.80	1.55	3.10	1.04	

*Figura 21.* Ecuaciones para considerar en el diseño de diámetro de tuberías

*Tomado de documentos de NTP 111.011*

En la siguientes Figura 22 se tiene la vista isométrica de las instalaciones de gas en cada edificio, se puede apreciar como será la distribución por piso de estas instalaciones através de una montante.

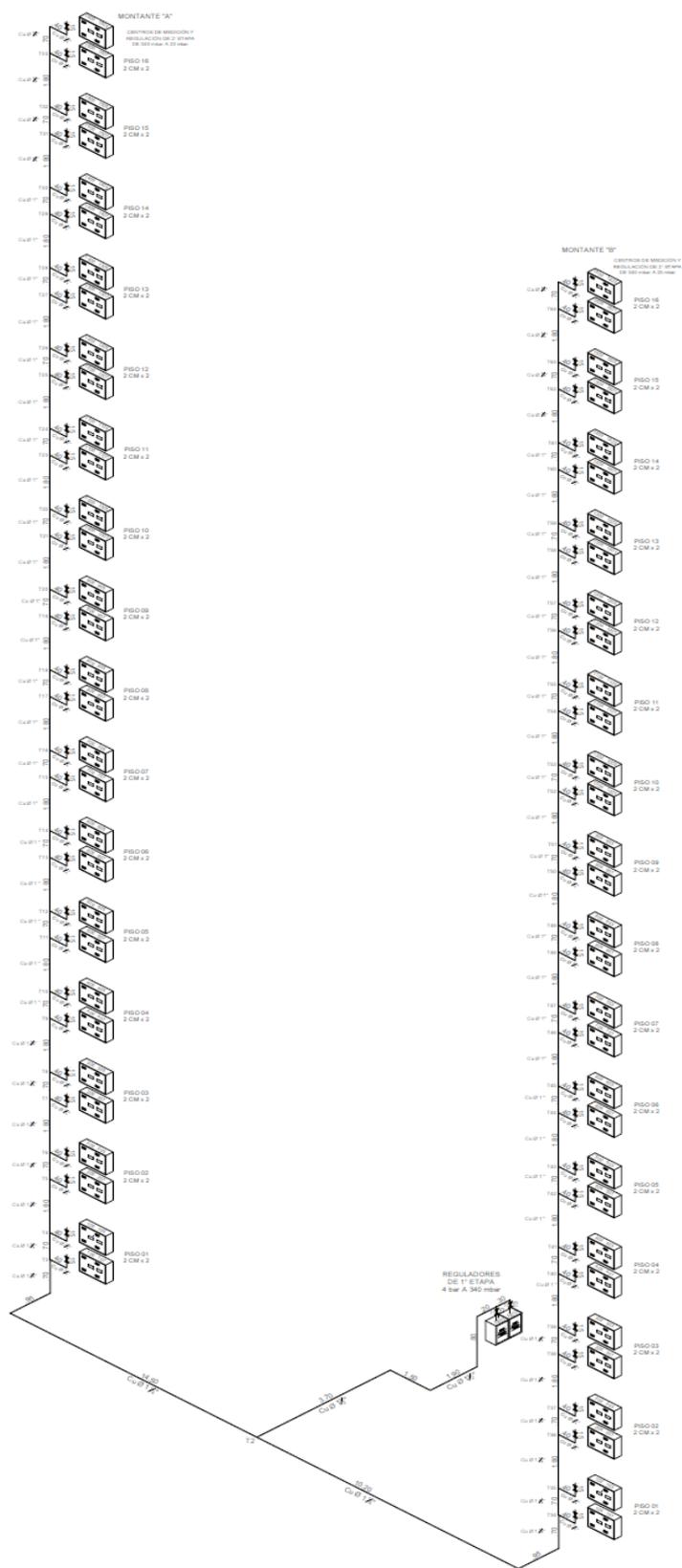


Figura 22. Vista isométrica de montante de Instalaciones de Gas  
 Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

## Ventilaciones

### i. Ventilación por departamento

Estas instalaciones deberán cumplir con las especificaciones y requisitos que se establecen en la norma EM-040, que nos indica el método de comunicación al exterior a través de dos aberturas), lo que permite la circulación del aire y su combustión de renovación y dilución. Por ello, se instalaron dos ventilaciones por ambiente en la cocina-lavandería en todos los departamentos, ya que en esta zona se encuentra la cocina y la terma. El área efectiva será de 280 cm<sup>2</sup>, ubicado en la ventana-alféizar y 30 cm sobre el nivel del piso del techo terminado según indicación del Reglamento Nacional de Edificaciones, ver Figura 23.

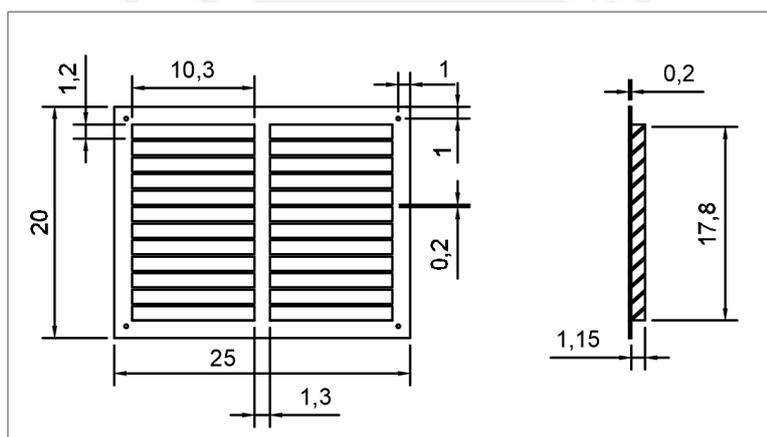


Figura 23. Detalle Referencial de la Rejilla para la Ventilación de los equipos al exterior

Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

### ii. Ventilación para los centros de medición de 2da etapa

Según norma NTP 111.011.2014 Cap.16.13. b el 1% o más del área de la habitación será la ventilación de los gabinetes. Para este proyecto se tendrá que para la ventilación de los dos ductos situados en el primer piso de cada edificio se deberá tener una abertura de 5000 cm<sup>3</sup> para su apropiada ventilación, siendo como mínimo 500 cm<sup>2</sup> el área de ventilación del gabinete. Por esta razón habrá lo siguiente, también detallado en la Figura 24, 25 y 26:

- Parte inferior de la puerta de 1er piso: 4 rejillas de 280 cm<sup>3</sup> c/u.
- Parte superior 1 abertura de 35 cm x100 cm.

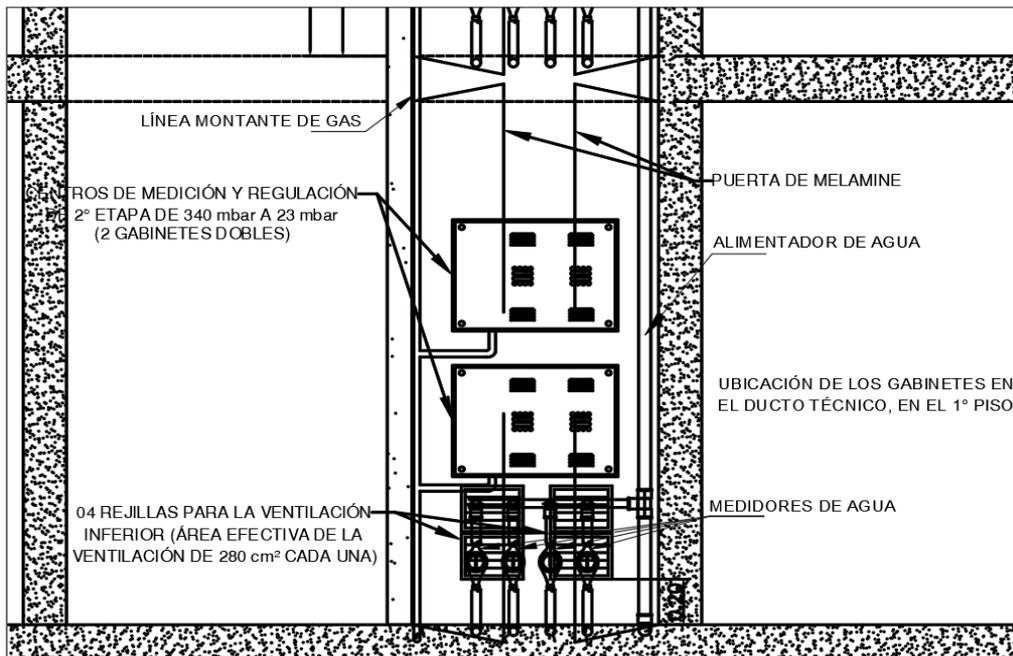


Figura 24. Ventilación para los Gabinetes Dobles Instalados en el Conducto Técnico – 1° Piso  
Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

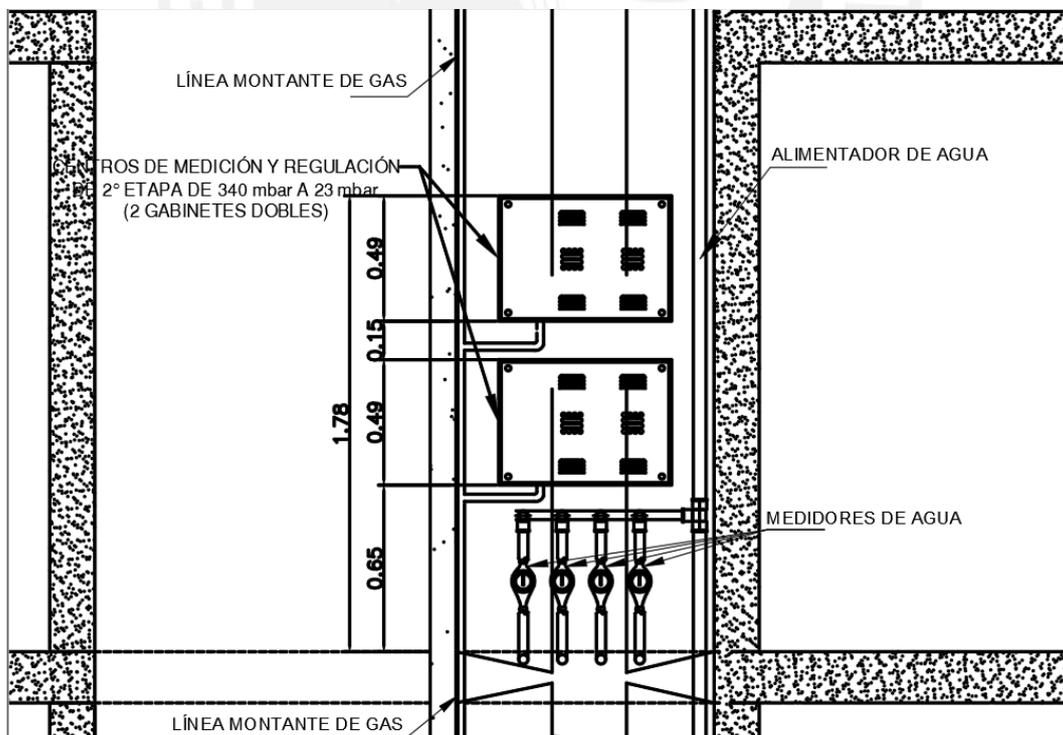


Figura 25. Detalle de los Gabinetes dobles instalados en el conducto técnico  
Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

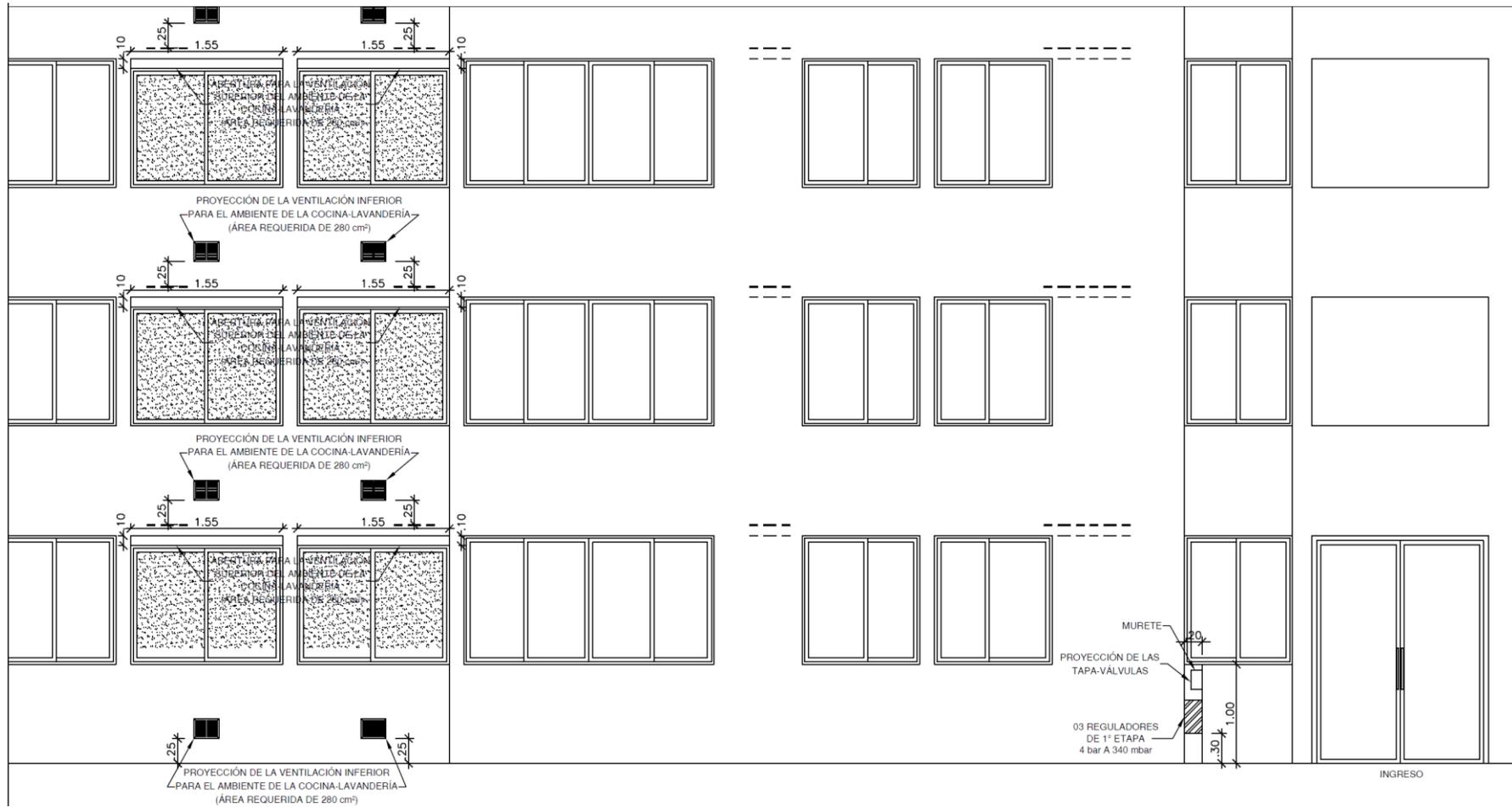


Figura 26. Detalle de Ventilación superior e inferior vista de fachada del edificio

Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

### **Ductos de Evacuación**

Las dimensiones de instalación de los sistemas de evacuación para los artefactos de gas del tipo B.2 según reglamento NTP 111.021.

### **Pruebas de Hermeticidad**

Después de cada red instalada por normas de seguridad se realizará una prueba de hermeticidad para comprobar que, en la red construida, las soldaduras y uniones mecánicas se hayan realizado correctamente evitando fugas; si en caso contrario se detectase alguna fuga, ésta se ubicará con agua jabonosa y corregida inmediatamente, realizando nuevamente la prueba.

### **Especificaciones Técnicas de los Materiales**

#### **i. Tuberías**

Las tuberías que se usan para el diseño de las redes son tuberías de cobre rígido tipo L conforme a la NTP 342.052 o ASTM B 88 M/ASTM 88 de diámetro nominales según Tabla 20.

Tabla 20

Diámetro nominal de la tubería de cobre conforme a la norma NTP 342.052

DIÁMETRO NOMINAL	ESPESOR DE LA PARED mm	PRESIÓN MÁXIMA (PSI)	PRESIÓN DE RUPTURA (PSI)	PESO (kg/TUBO)
3/4"	1.14	642	3210	4
1"	1.27	553	2765	5.8
1 1/4"	1.4	497	2485	7.9
1 1/2"	1.52	455	2275	10.15

*Nota.* Tomado de Norma NTP 342.052

Asimismo, se usarán tuberías de PE-AL-PE conforme a la NTP ISO 17484-1 o AS 4176 de diámetros nominales de la siguiente Tabla 21.

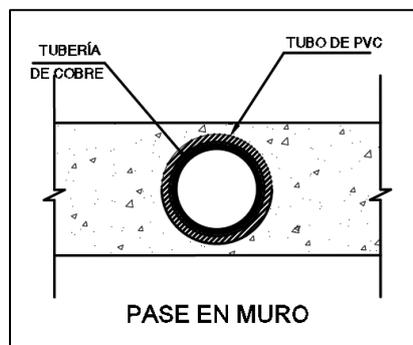
Tabla 21

Diámetro nominal de la tubería PE-AL-PE conforme a la NTP ISO 17484-1

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR (MM)	ESPESOR DE PARED (MM)	PRESIÓN MÁX. TRABAJO (PSI)	PRESIÓN DE RUPTURA (PSI)	PESO (KG/TUBO)
1216	16	2	147	2045	0.125
2025	20	2.5	135	1845	0.147

*Nota.* Tomado de Norma NTP ISO 17484-1

Además, en la siguiente Figura 27 se puede observar cómo irá el tubo empotrado en el muro. En este caso, se podrá observar más adelante en los planos de los departamentos.

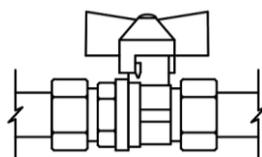


*Figura 27. Tubería en pase en muro*

*Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019*

## ii. Accesorios y uniones

Para accesorio de cobre se usarán accesorios unidos con soldadura por capilaridad el cual debe cumplir con lo establecido por la NTP 342.522-1. Los extremos de los accesorios se unen con las tuberías de cobre mediante soldadura por capilaridad para las líneas matrices y para la línea montante se aplica soldadura fuerte, las líneas individuales internas se realizan con soldadura blanda según NTP 111.011. También, se puede apreciar el detalle de una válvula de corte en la Figura 28.



*Figura 28. Detalle de la Válvula de corte del Gasodoméstico*

*Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019*

## **Presupuesto del proyecto**

Considerando el material y servicio de las instalaciones de gas se puede obtener el presupuesto del proyecto, el cual será en la siguiente Tabla 22.

Tabla 22

Presupuesto detallado de Proyecto de Comas

PRESUPUESTO						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	VALOR UNITARIO
<b>1.00</b>	<b>CENTRO DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN</b>					<b>50,845.60</b>
1.10	CENTRO DE REGULACIÓN EMPOTRADO EN FACHADA	un	8.00	97.78	782.24	
1.20	GABINETE RESIDENCIAL G4 SOBRE MURETE FABRICADO DE LADRILLO	un	512.00	97.78	50,063.36	
<b>2.00</b>	<b>LÍNEA MONTANTE</b>					<b>98,548.94</b>
2.10	CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/2" EMPOTRADA	ml	42.84	161.00	8,276.69	
2.20	CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/4" A LA VISTA	ml	55.44	113.00	7,517.66	
2.30	CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/4" EMPOTRADO	ml	126.00	128.00	19,353.60	
2.40	CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1" A LA VISTA	ml	223.44	77.00	20,645.86	
2.50	CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 3/4" A LA VISTA	ml	225.12	69.00	18,639.94	
2.60	VÁLVULA DE CORTE GENERAL Ø 1 1/2" (SALIDA DEL GABINETE DE REGULACIÓN DE 1RA ETAPA)	un	8.00	235.00	2,256.00	
2.70	PRUEBA DE HERMETICIDAD	un	8.00	165.00	1,584.00	
2.80	VÁLVULA DE SERVICIO	un	512.00	33.00	20,275.20	
<b>3.00</b>	<b>LÍNEA INTERNA INDIVIDUAL</b>					<b>652,649.60</b>
3.10	DPTO SIMPLE	un	512.00	1,274.70	652,649.60	
<b>4.00</b>	<b>DOCUMENTACIÓN</b>					<b>919.20</b>
4.01	DESARROLLO DE EXPEDIENTE	Glb	1.00	766.00	919.20	
	<b>TOTAL</b>				<b>S/.</b>	<b>818,681.74</b>
	<b>IGV 18%</b>				<b>S/.</b>	<b>147362.71</b>
	<b>TOTAL PROYECTO</b>				<b>S/.</b>	<b>966,044.46</b>

Tomado de documentos del Proyecto de Comas, 2019

## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 5.1 BIM y Modelación por Revit

BIM es un verbo o un término que describe herramientas, procesos y tecnologías que se facilitan mediante documentación digital legible de un edificio, para gestionar su diseño, planificación, construcción y posteriormente su funcionamiento (Eastman et al., 2008). El resultado de la actividad BIM es un "modelo de información de construcción". Las herramientas BIM se han caracterizado por la capacidad de crear modelos virtuales de edificios que utilizan objetos paramétricos que exhiben comportamiento acorde con la necesidad de diseñar, analizar y probar el diseño de un edificio (Sacks et al., 2004). BIM y *Lean Construction* son sinérgicos, cuando se implementan simultáneamente la gestión se optimiza (Sacks et al., 2010). En el Perú, la implementación del BIM aún está en una fase inicial (Murguía, 2019), aunque ya se está investigando con modelos 3D y 4D (Murguía y Brioso, 2017). El modelado por Revit es una herramienta para representar la versión virtual del diseño y construcción, ya que no solo es la captura y diseño del proyecto, sino que también incluye las relaciones lógicas que tendrá la modelación de las distintas especialidades (Autodesk, 2020), en nuestro estudio, haremos énfasis en las instalaciones de gas y su relación con las otras especialidades.

Para la presente tesis se desarrolló un nivel de detalle, o también llamado *Level Of Development* de 200, considera un nivel básico o esquematizado equivalente a un 40% de la información total que representa información dimensional parametrizada (BIMND, 2017). Las siguientes Figuras 29 y 30 observará la modelación con la herramienta Revit. Asimismo, para saber más acerca de del *Level Of Development (LOD)*, véase el ANEXO L.

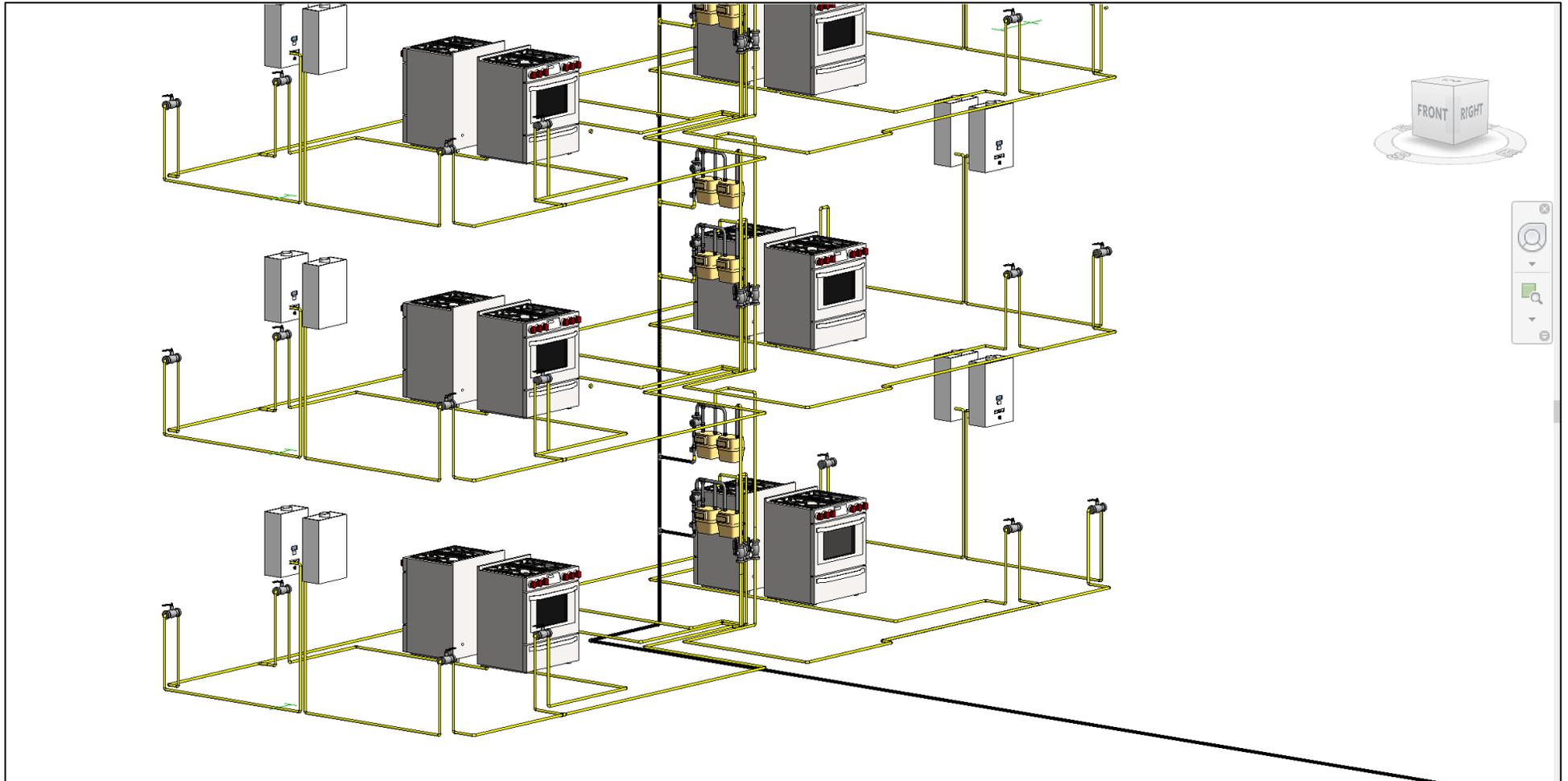
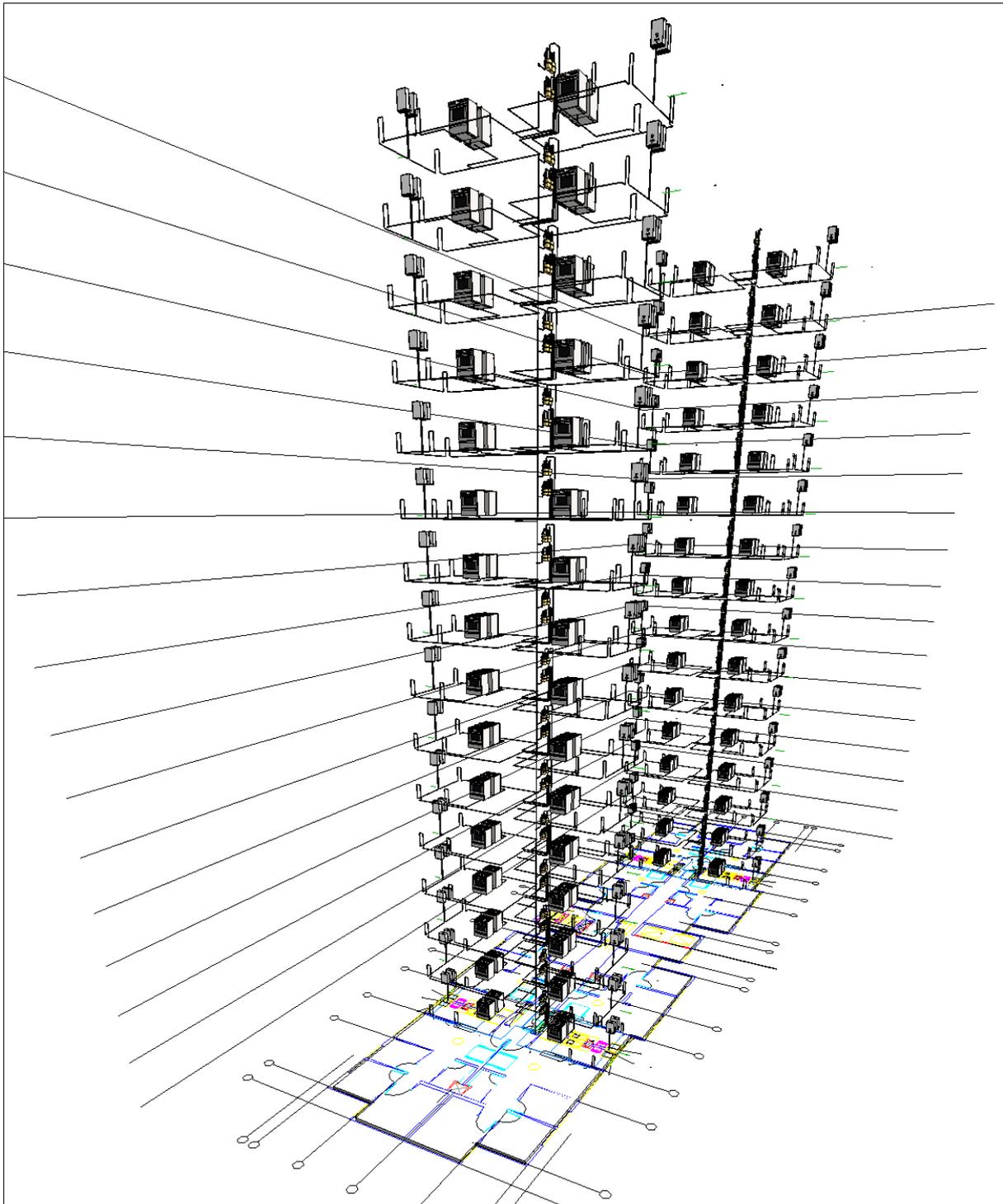


Figura 29. Modelación en Revit del primer y segundo piso, LOD 200

Creación Propia



*Figura 30.* Modelación en Revit del primer y segundo piso.

*Creación Propia*

## 5.2 Implementación del Sistema Lean

En las siguientes líneas se aplicará los procesos de la filosofía *Lean Construction* en el proyecto de instalaciones de gas. Por ello, primero se llevará a cabo la sectorización del proyecto, la que nos ayudará para presentar los metrados del proyecto, la planificación maestra y seguir un análisis de restricciones que tendrá como resultado la programación liberada.

### 5.2.1 Sectorización

La sectorización es una actividad necesaria, ya que es el inicio de diferentes procesos en la planificación y programación en los proyectos de edificaciones. Por este motivo, para realizar la sectorización de la obra se tuvo en cuenta los metrados correspondientes en las partidas de encofrado y concreto, con el fin de obtener una división homóloga en los sectores. Asimismo, para la obtención de la sectorización se debe de tener en cuenta procesos que ayudan a su elaboración, los cuales están indicados en la Figura 31.

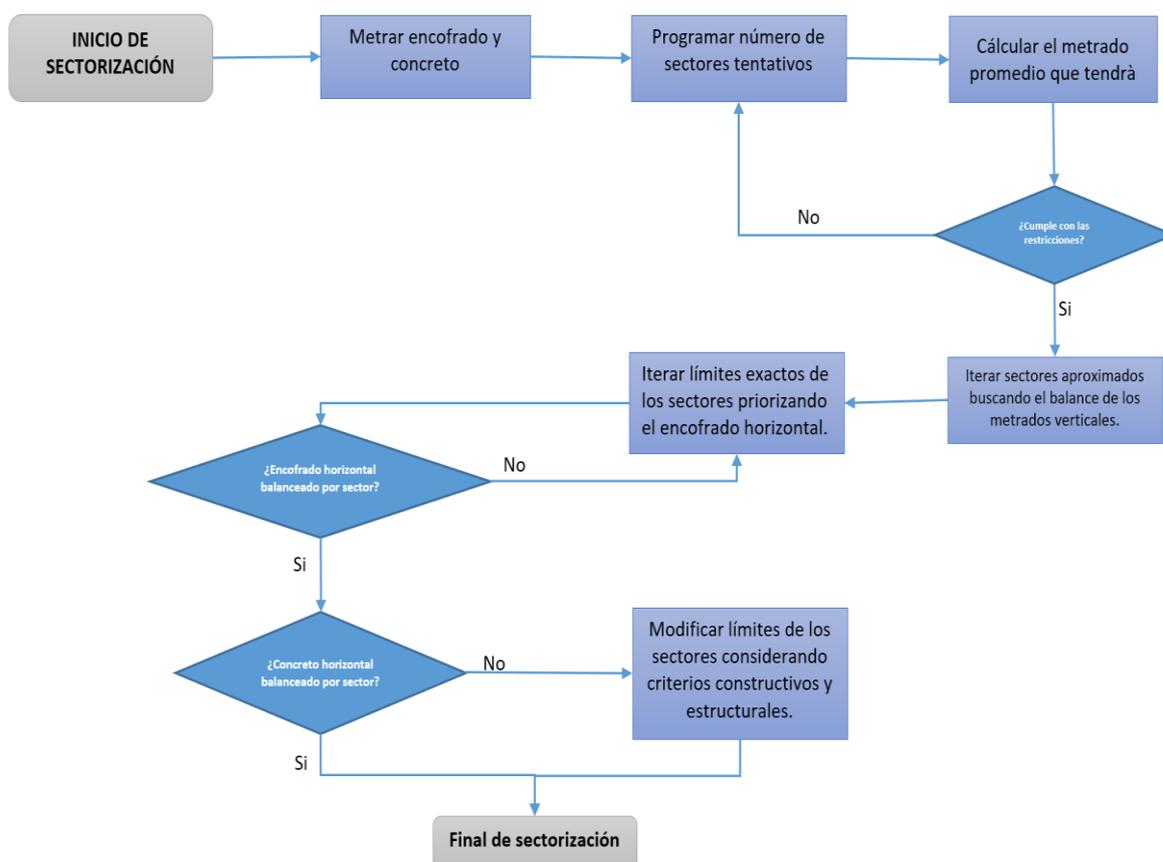


Figura 31. Procesos para realizar una sectorización

Tomado de Edifica, *Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. Proyecto Edifica*

Para poder realizar la sectorización del edificio analizado, que este caso será el edificio 17, se tendrá el siguiente metrado de encofrado y concreto en la Tabla 23.

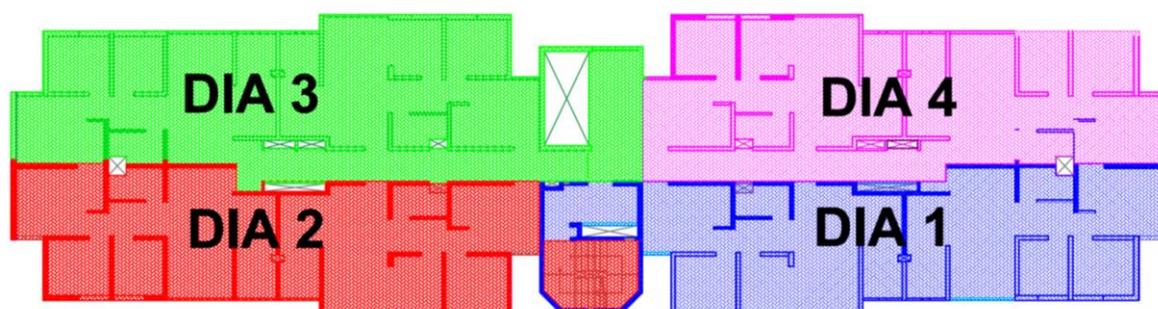
Tabla 23

*Metrado de encofrado y concreto por sectores*

ELEMENTO	PARTIDA	UND	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4
Verticales	Encofrado	m2	120	121	122	121
	Concreto	m3	12	13	13	12
Horizontal	Encofrado	m2	200	203	201	200
	Concreto	m3	22	23	24	22

*Nota.* Creación propia

Con los metrados obtenidos se realizó la sectorización utilizando 4 sectores, es decir que un piso se podrá realizar en 4 días siguiendo un tren de trabajo. Estos sectores serán representados como se observa en la Figura 32 para cada piso de los edificios de vivienda multifamiliar.



*Figura 32.* Sectorización del 1er al 16avo Piso

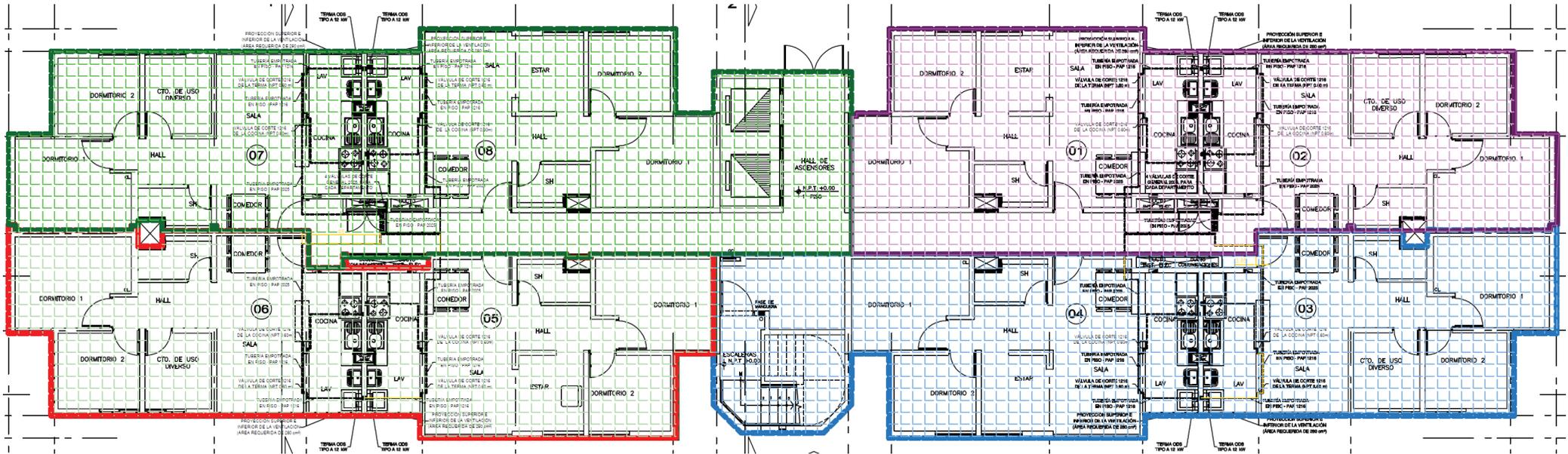
*Nota.* Creación propia

### **Sectorización de instalaciones de gas**

Teniendo la sectorización del edificio se puede proyectar la sectorización que debería tener las partidas de instalaciones de gas, como se explica en la Figura 33. Estos estarán distribuidos por los sectores 1, 2, 3 y 4, los que explicaremos a continuación y, además, se hallará un metrado en el cual nos podrá determinar el número de elementos que irán en cada zona.

SECTOR 3

SECTOR 4



SECTOR 2

SECTOR 1

Figura 33. Sectorización de Instalaciones de Gas Nota.

Creación Propia

- **SECTOR 1**

Este sector está conformado por dos departamentos que llamaremos 03 y 04. Cada departamento estará conectado de gas natural en la parte de la cocina-lavandería. El recorrido de la tubería en este sector para cada departamento se encontrará como tubería empotrada en el piso y pared. Asimismo, los gasodomésticos serán controlados por una válvula de corte para la cocina y la terma. Además, como se observa en la Figura 34, según norma, deberá tener cada cocina una rejilla de 280 cm<sup>2</sup> para la mejor ventilación en cada zona.

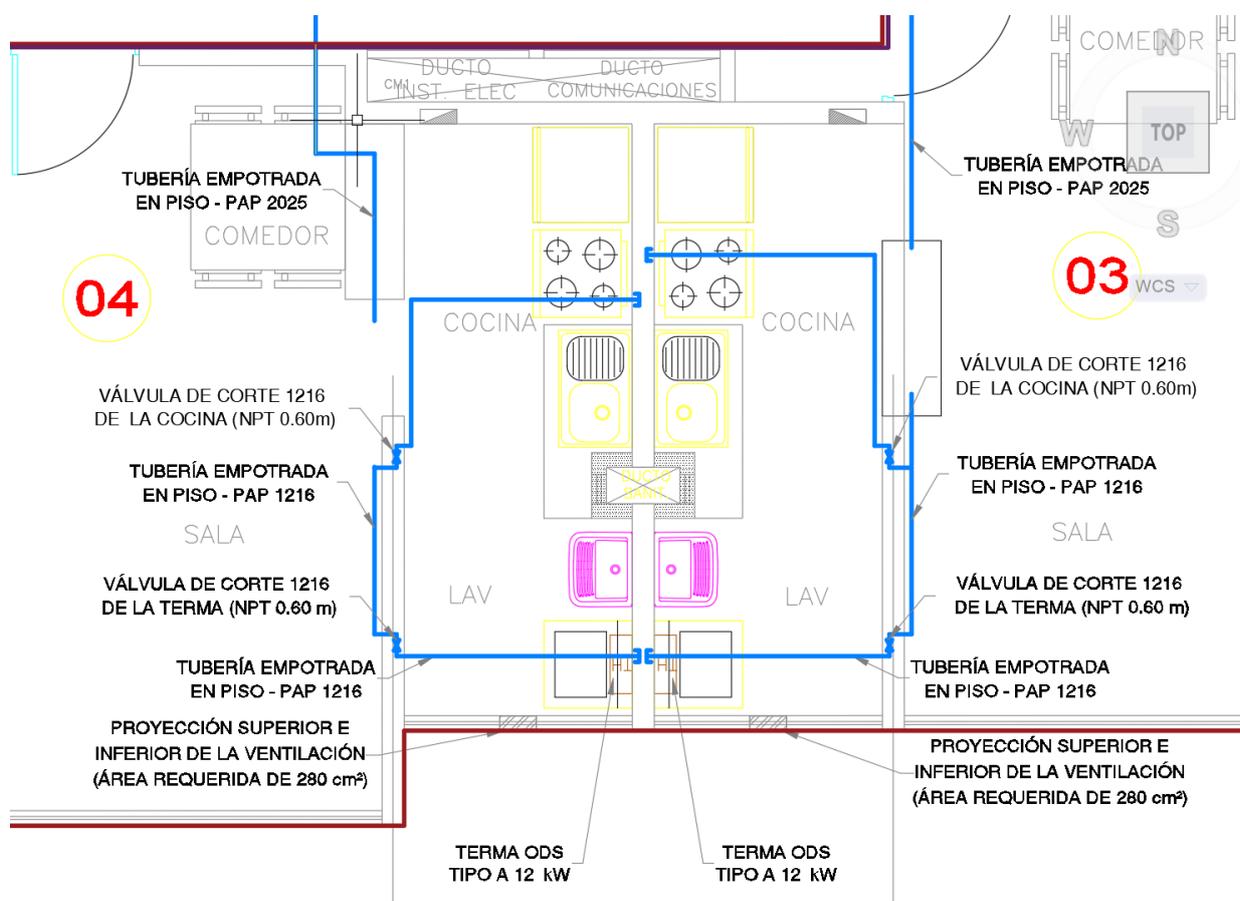


Figura 34. Instalación de gas en el Sector 1

Creación propia

- **SECTOR 2**

Está conformado por el departamento 05 y 06. Al igual que en el sector 1, la instalación estará conformado por la tubería empotrada en piso y pared, además de las válvulas de corte para los gasodomésticos, ver Figura 35.

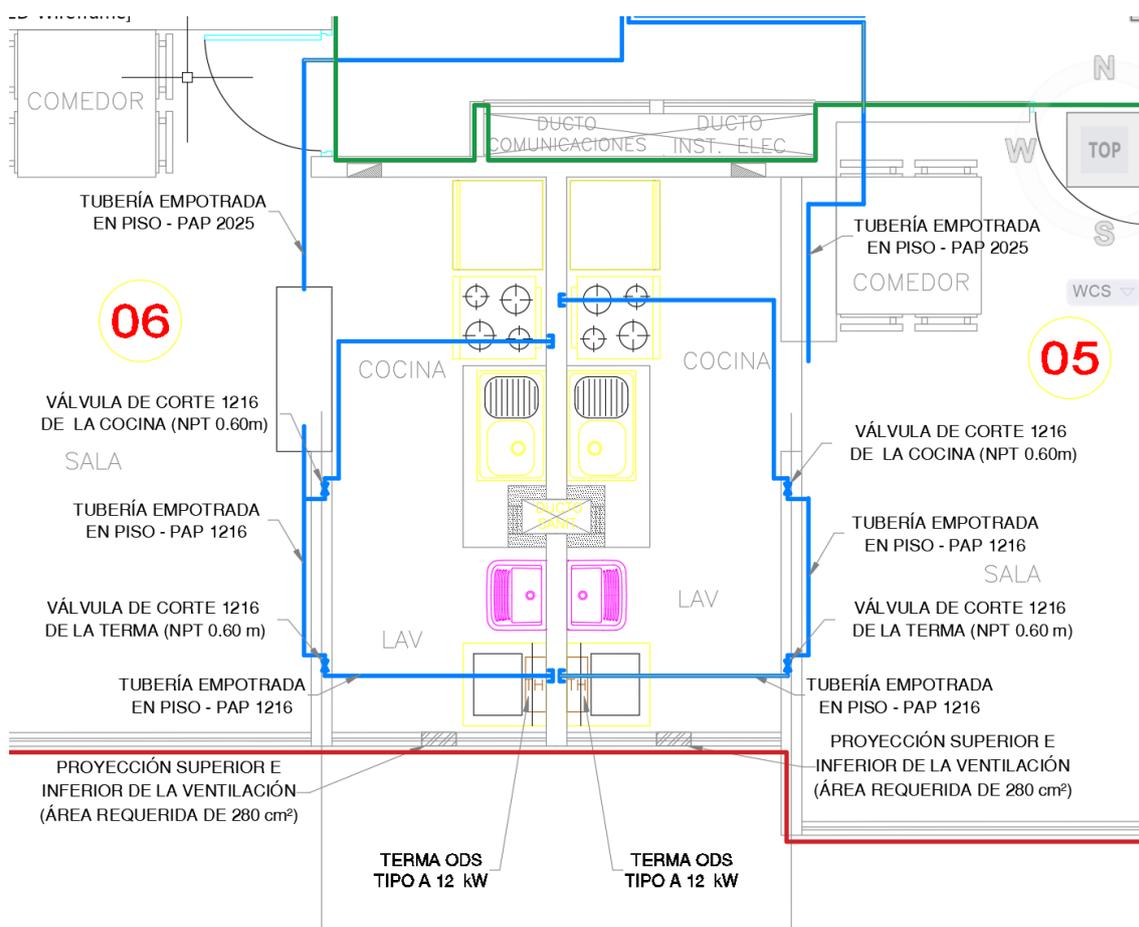


Figura 35. Instalación de gas en el Sector 2

Creación propia

- **SECTOR 3**

Para el sector 3, está conformado por los departamentos 07 y 08 en cada piso. A diferencia de los sectores 1 y 2, en este sector se encuentran los centros de medición y regulación de segunda etapa, que serán ubicados dentro de los gabinetes. Asimismo, están las tuberías empotradas desde los gabinetes hasta el interior de los departamentos con sus respectivas válvulas de corte general y válvulas de corte para cada gasodoméstico, ver Figura 36.

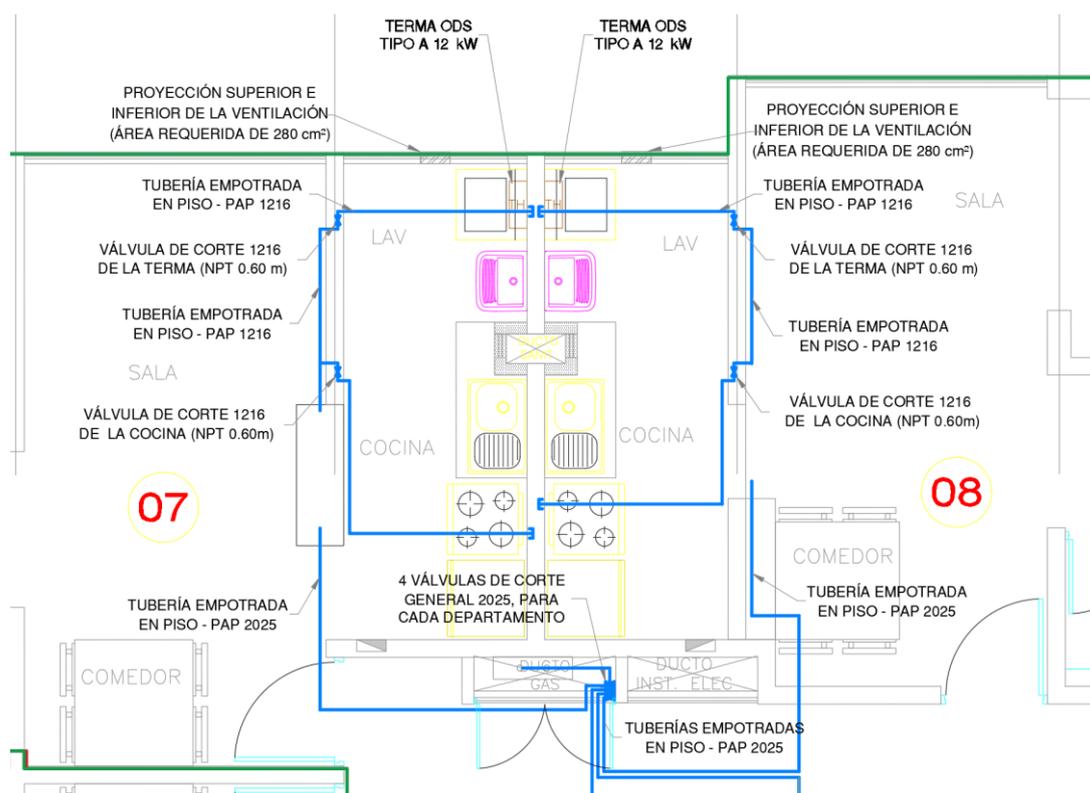


Figura 36. Instalación de gas en el Sector 3

Creación propia

- **SECTOR 4**

En el sector 4 tendrá los mismos detalles que en el sector 3, ya que estará conformado por los centros de medición y regulación de segunda etapa, las tuberías empotradas en el piso y las válvulas generales y de corte de cada gasodoméstico, ver Figura 37.

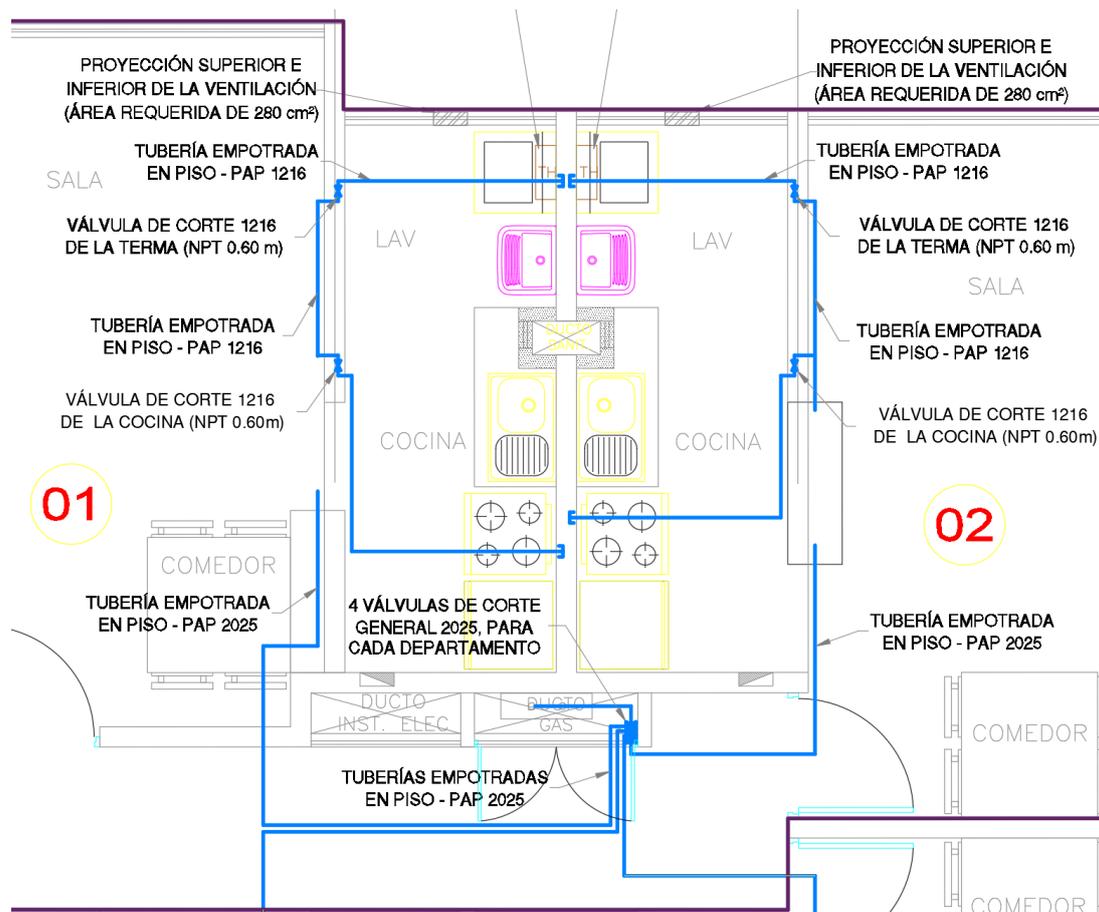


Figura 37. Instalación de gas en el Sector 4

Creación propia

En conclusión, tal como se indicó en su descripción de cada metrado se pudieron recolectar los datos para cada sector y realizar el metrado deseado para el avance de cada partida, el cual se presentará más adelante. Además, en las siguientes Figuras 38, 39, 40 y 41 se observa el dibujo isométrico por sector, el cual será en cada piso del edificio. Estas figuras están modeladas en AutoCAD y Revit.

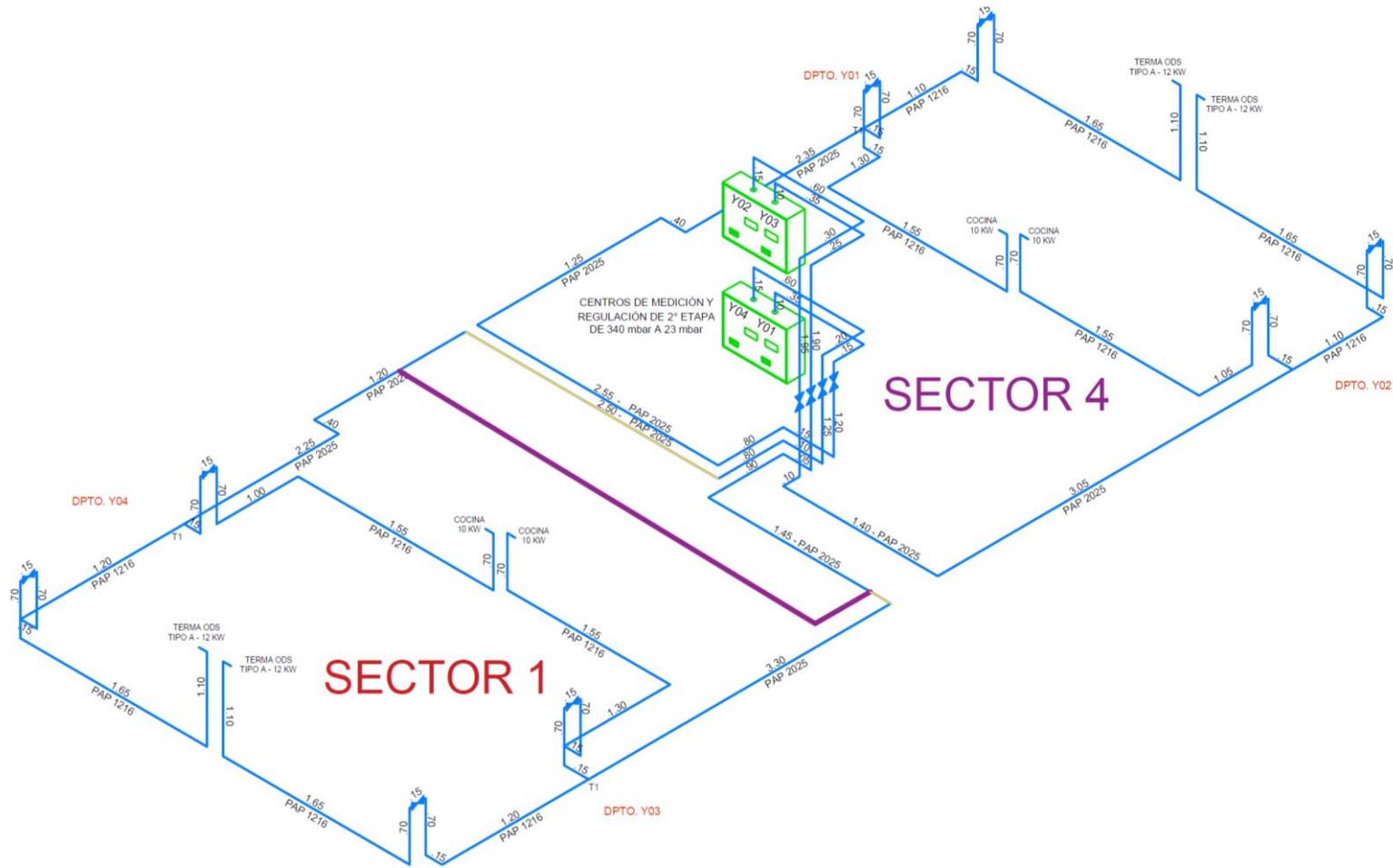


Figura 38. Isométrico del Sector 1 y el Sector 4 realizado en AutoCAD

Creación Propia

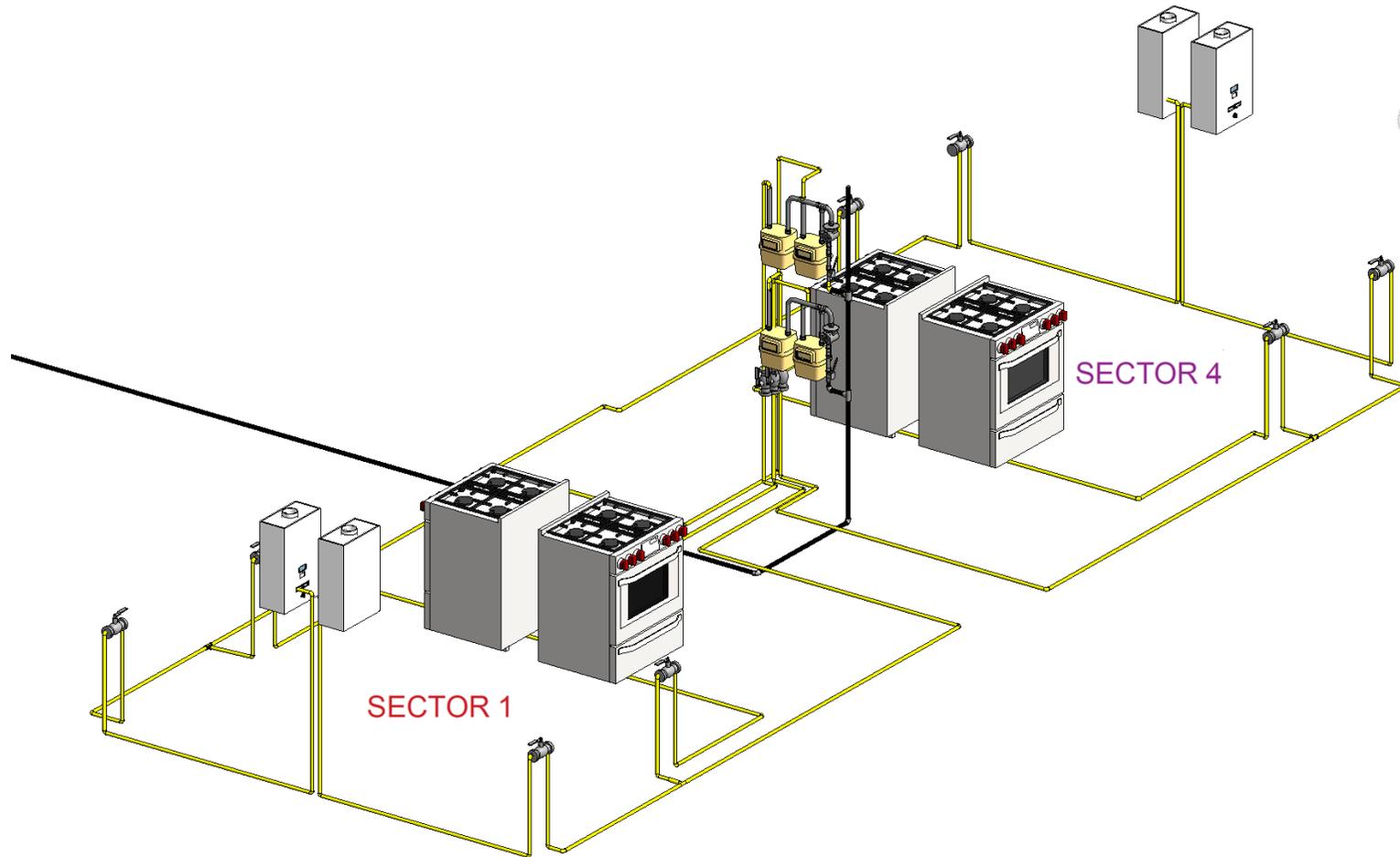


Figura 39. Isométrico del Sector 1 y el Sector 4 modelado en Revit

Creación Propia

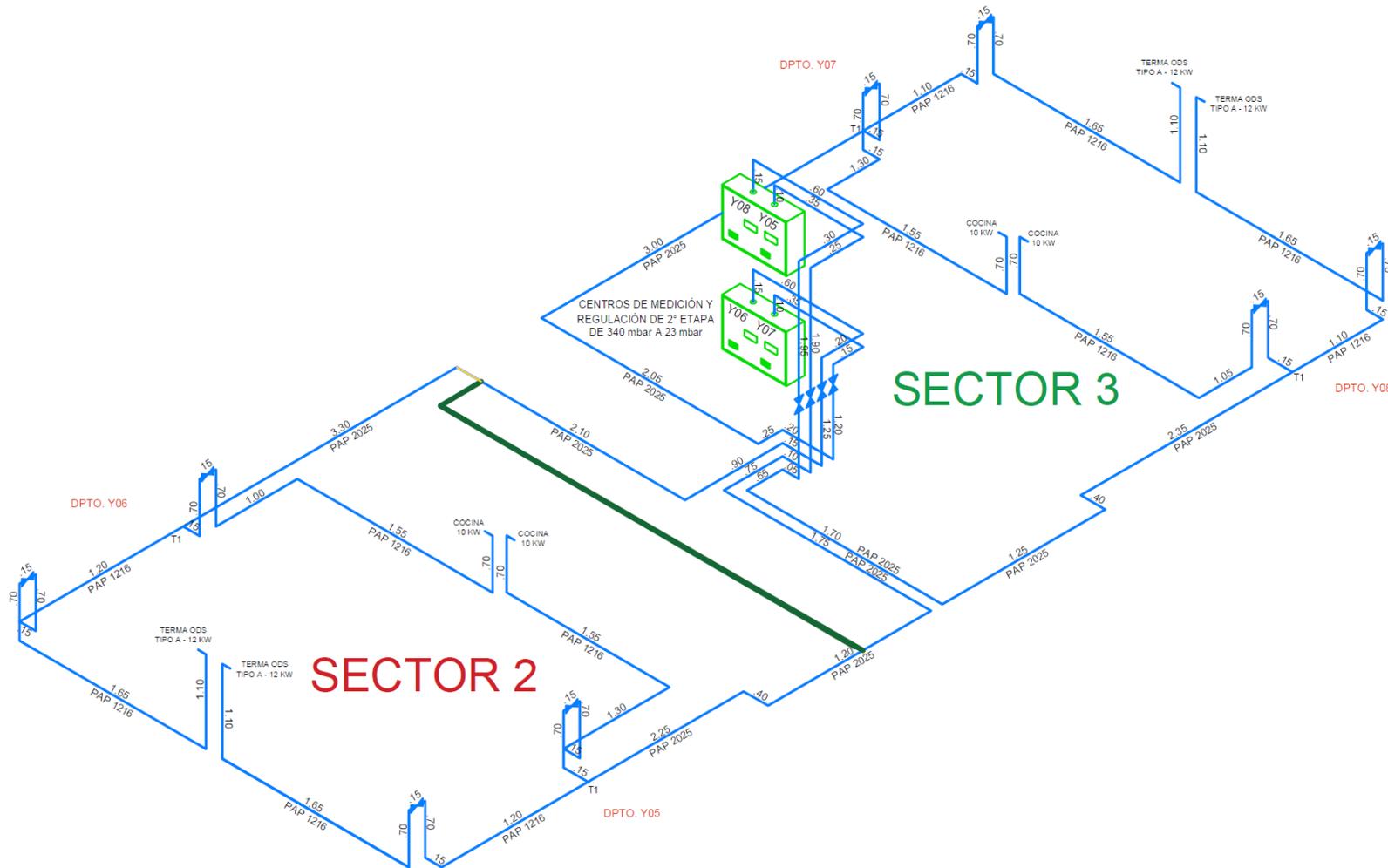


Figura 40. Isométrico del Sector 2 y el Sector 3 realizado en AutoCAD

Creación Propia

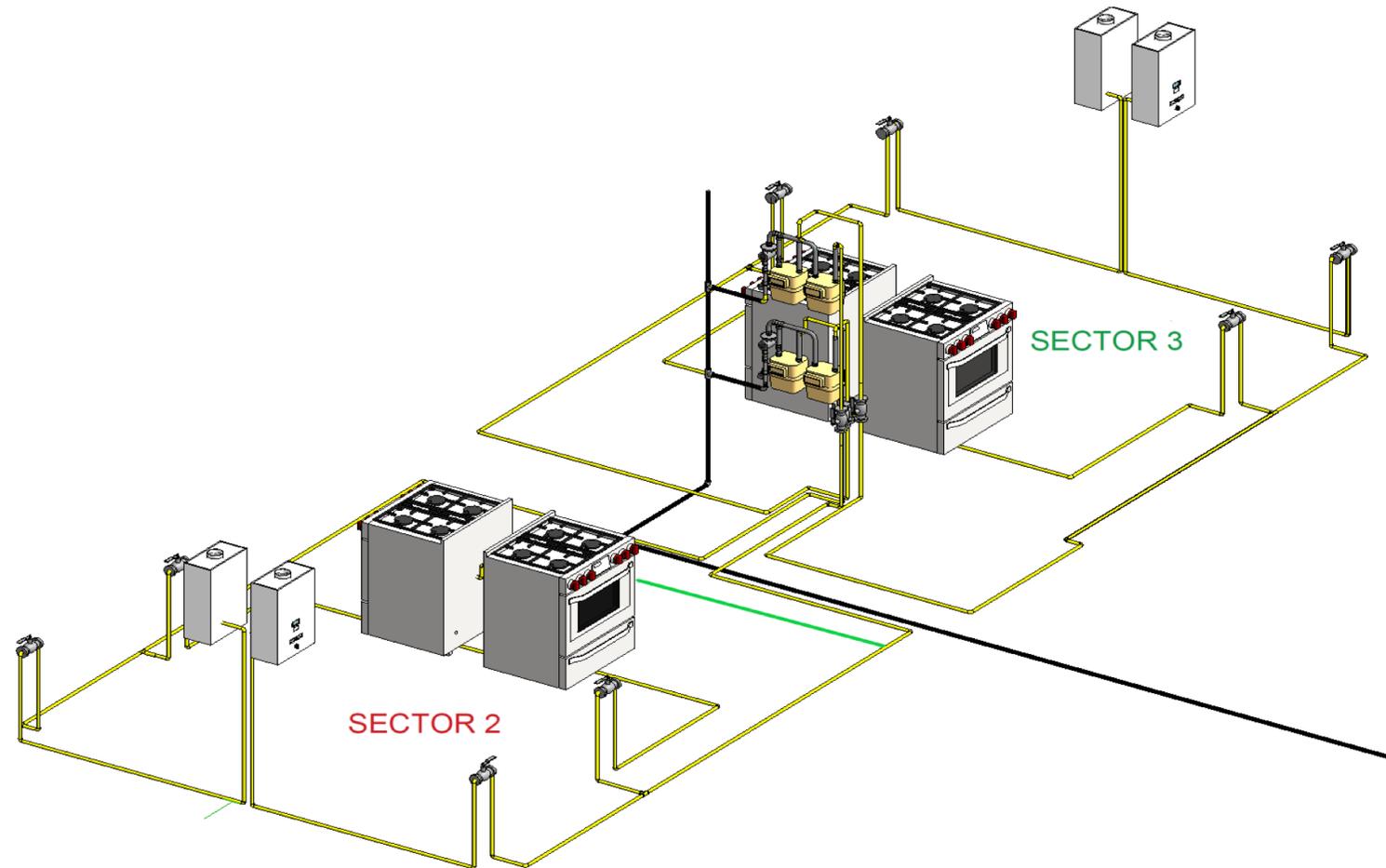


Figura 41. Isométrico del Sector 2 y el Sector 3 modelado en Revit

Creación Propia

### 5.1.2 Metrados de instalaciones de gas

Según los sectores se procederá a obtener los metrados en cada sector para tener un mejor control en las partidas de la construcción. En la siguiente Tabla 24 se considerará la descripción de los metrados por sector en cada piso, además se tendrá en cuenta el resumen de estos metrados en la Tabla 25.

Tabla 24

*Metrado de instalaciones de gas de cada sector*

DESCRIPCIÓN						
INSTALACIÓN DE GAS						
METRADO DE SECTORES DE EDIFICIO 17						
PISO	SECTOR	TUBERÍAS	CANTIDAD	NRO	TOTAL	UNID
TIPICO	1	TUBERIAS PAP 2025	7	16	112	ML
TIPICO	1	TUBERIAS PAP 1216	20.95	16	335.2	ML
TIPICO	1	VALVULA DE CORTE	4	16	64	UN
TIPICO	1	TERMA TIPO A - 12KW	2	16	32	UN
TIPICO	1	COCINA - 10KW	2	16	32	UN
TIPICO	2	TUBERIAS PAP 2025	6.65	16	106.4	ML
TIPICO	2	TUBERIAS PAP 1216	27.85	16	445.6	ML
TIPICO	2	VALVULA DE CORTE	4	16	64	UN
TIPICO	2	TERMA TIPO A - 12KW	2	16	32	UN
TIPICO	2	COCINA - 10KW	2	16	32	UN
TIPICO	3	TUBERIAS PAP 2025	27.75	16	444	ML
TIPICO	3	TUBERIAS PAP 1216	21.50	16	344	ML
TIPICO	3	VALVULA DE CORTE GENERAL 2025	4	16	64	UN
TIPICO	3	TERMA TIPO A - 12KW	2	16	32	UN
TIPICO	3	COCINA - 10KW	2	16	32	UN
TIPICO	3	VALVULA DE 1216 PARA TERMA Y COCINA	4	16	64	UN
TIPICO	4	TUBERIAS PAP 2025	27.60	16	441.6	ML
TIPICO	4	TUBERIAS PAP 1216	26.95	16	431.2	ML
TIPICO	4	VALVULA DE CORTE GENERAL 2025	4	16	64	UN
TIPICO	4	TERMA TIPO A - 12KW	2	16	32	UN
TIPICO	4	COCINA - 10KW	2	16	32	UN
TIPICO	4	VALVULA DE 1216 PARA TERMA Y COCINA	4	16	64	UN

*Nota.* Creación Propia

Tabla 25

*Resumen de metrado de instalaciones de gas de cada sector*

ACCESORIOS	CANTIDAD TOTAL	
COCINA - 10KW	128	UN
TERMA TIPO A - 12KW	128	UN
TUBERIAS PAP 1216	1556	ML
TUBERIAS PAP 2025	1104	ML
VALVULA DE 1216 PARA TERMA Y COCINA	128	UN
VALVULA DE CORTE	128	UN
VALVULA DE CORTE GENERAL 2025	128	UN

*Nota.* Creación Propia

Además, se tomará en consideración los metrados del montante en las instalaciones de gas, tal como se observa en la siguiente Tabla 26. Asimismo, en la Tabla 27 el resumen de los metrados de la montante de instalación de gas.

Tabla 26

*Metrado de instalaciones de gas del montante*

DESCRIPCIÓN INSTALACIÓN DE GAS						
MONTANTE						
PISO	MONTANTE	TUBERÍAS	CANTIDAD	NRO DE VECES	CANTIDAD TOTAL	UNIDADES
1	GENERAL	Tubería Cu 1 1/2"	8.5	1	<b>8.5</b>	ML
1	GENERAL	Reguladores	2	1	<b>2</b>	UN
1	GENERAL	Codos Cu 1 1/2"	5	1	<b>5</b>	UN
1	GENERAL	Tee Cu de 1 1/2" 1 1/4"	1	1	<b>1</b>	UN
1	MONTANTE A	Tubería Cu 1 1/4"	15.45	1	<b>15.45</b>	ML
1	MONTANTE A	Tubería Cu 1 1/4"	2.3	1	<b>2.3</b>	ML
1	MONTANTE A	Codos Cu 1 1/4"	2	1	<b>2</b>	UN
1	MONTANTE A	Tubería Cu 3/4"	1.1	1	<b>1.1</b>	ML
1	MONTANTE A	Tee Cu de 1 1/4" 3/4"	2	1	<b>2</b>	UN
1	MONTANTE A	Gabinetes	2	1	<b>2</b>	UN
1	MONTANTE A	Gabinetes	2	1	<b>2</b>	UN
TIPICO	MONTANTE A	Tubería Cu 1 1/4"	2.5	14	<b>35</b>	ML
TIPICO	MONTANTE A	Codos Cu 1 1/4"	2	14	<b>28</b>	UN
TIPICO	MONTANTE A	Tubería Cu 3/4"	1.1	14	<b>15.4</b>	ML
TIPICO	MONTANTE A	Tee Cu de 1 1/4" 3/4"	2	14	<b>28</b>	UN
TIPICO	MONTANTE A	Gabinetes	2	14	<b>28</b>	UN
ULTIMO	MONTANTE A	Tubería Cu 1 1/4"	1.6	1	<b>1.6</b>	ML
ULTIMO	MONTANTE A	Codos Cu 1 1/4"	2	1	<b>2</b>	UN
ULTIMO	MONTANTE A	Tubería Cu 3/4"	1.1	1	<b>1.1</b>	ML
ULTIMO	MONTANTE A	Tee Cu de 1 1/4" 3/4"	2	1	<b>2</b>	UN
ULTIMO	MONTANTE A	Gabinetes	2	1	<b>2</b>	UN
1	MONTANTE B	Tubería Cu 1 1/4"	11.15	1	<b>11.15</b>	ML
1	MONTANTE B	Tubería Cu 1 1/4"	2.3	1	<b>2.3</b>	ML
1	MONTANTE B	Codos Cu 1 1/4"	2	1	<b>2</b>	UN
1	MONTANTE B	Tubería Cu 3/4"	1.1	1	<b>1.1</b>	ML
1	MONTANTE B	Tee Cu de 1 1/4" 3/4"	2	1	<b>2</b>	UN
TIPICO	MONTANTE B	Tubería Cu 1 1/4"	2.5	14	<b>35</b>	ML
TIPICO	MONTANTE B	Codos Cu 1 1/4"	2	14	<b>28</b>	UN

TIPICO	MONTANTE B	Tubería Cu 3/4"	1.1	14	<b>15.4</b>	ML
TIPICO	MONTANTE B	Tee Cu de 1 1/4" 3/4"	2	14	<b>28</b>	UN
TIPICO	MONTANTE B	Gabinetes	2	14	<b>28</b>	UN
ULTIMO	MONTANTE B	Tubería Cu 1 1/4"	1.6	1	<b>1.6</b>	ML
ULTIMO	MONTANTE B	Codos Cu 1 1/4"	2	1	<b>2</b>	UN
ULTIMO	MONTANTE B	Tubería Cu 3/4"	1.1	1	<b>1.1</b>	ML
ULTIMO	MONTANTE B	Tee Cu de 1 1/4" 3/4"	2	1	<b>2</b>	UN
ULTIMO	MONTANTE B	Gabinetes	2	1	<b>2</b>	UN

*Nota.* Creación Propia

Tabla 27

*Resumen de metrado de instalaciones de gas de la montante*

MATERIALES	CANTIDAD TOTAL
Codos Cu 1 1/2"	5 UN
Codos Cu 1 1/4"	64 UN
Gabinetes	64 UN
Reguladores	2 UN
Tee Cu de 1 1/2" 1 1/4"	1 UN
Tee Cu de 1 1/4" 3/4"	64 UN
Tubería Cu 1 1/2"	8.5 ML
Tubería Cu 1 1/4"	104.4 ML
Tubería Cu 3/4"	35.2 ML

*Nota.* Creación Propia

### 5.1.3 Planificación maestra

Para realizar la planificación maestra de la obra, se debe considerar las diversas actividades que están en la construcción del Proyecto de Comas. Para ello, se tiene en el ANEXO M la planificación maestra del edificio 17, 18, 19 y 20. En la siguiente Figura 42 se presentará el edificio en estudio, el cual es el edificio 17.



### **Actividades en la Planificación Maestra**

Se llevaron a cabo las siguientes actividades en la planificación maestra, desde el 18 diciembre del año 2017 hasta el 30 de junio del año 2018, teniendo una duración de aproximadamente de 7 meses. Siendo una planificación por hitos, en las siguientes líneas se puede explicar con mejor detalle las actividades que se considerarán en estos hitos ya definidos en Figura 43. Véase para mayor detalle el ANEXO N.

#### **1) Cimentación**

Este proyecto está conformado por una platea de cimentación, la cual será las cimentaciones superficiales sobre el terreno natural. Este hito se va a componer de las siguientes partidas de instalaciones de gas.

- a) **Trazo para redes enterradas de gas:** Se realizó el trazado de la tubería de la instalación de gas para conectarlo a la matriz de abastecimiento de gas. El cual será revisado por el responsable del proceso que es un supervisor de la obra con ayuda de planos referenciales. La actividad comprende en tomar la medida de las distancias de los puntos de la matriz de abastecimiento y realizar un trazo hasta los 3 reguladores de primera etapa ubicados en el primer piso, que estarán ubicados al lado izquierdo del proyecto. En la Figura 44 se aprecia la toma de medidas en redes de gas.

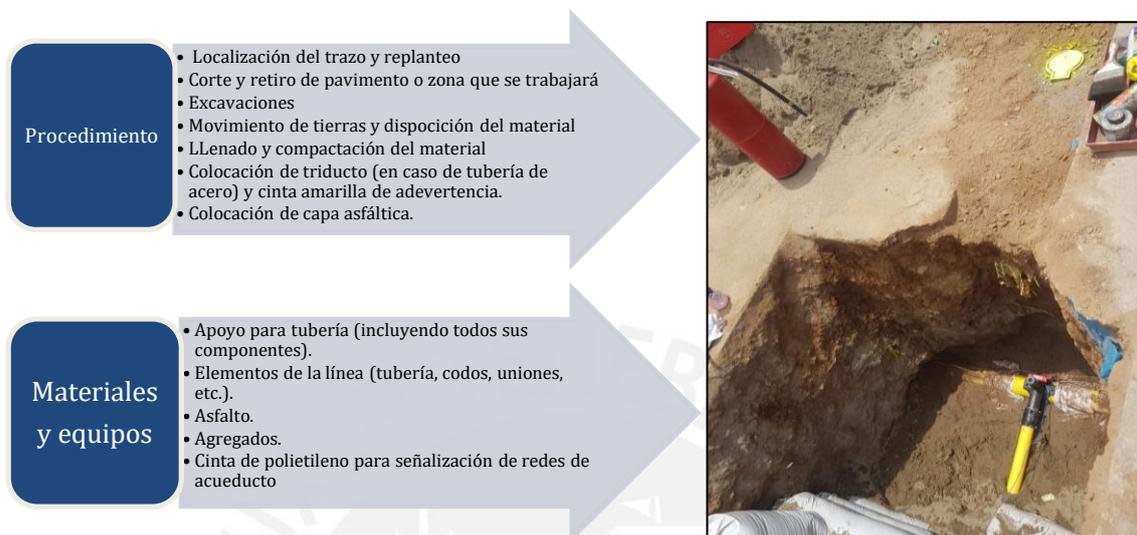


*Figura 44.* Trazo de redes enterradas de gas

*Creación Propia*

- b) **Excavación de zanjas para redes:** Se procede con la excavación de la zanja, cuando ya están realizados los trazos para una mejor precisión. Se debe de tener en cuenta que

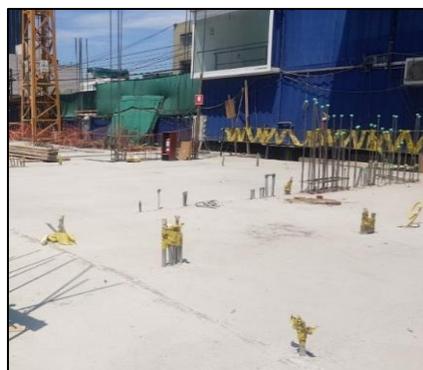
para esta actividad se realizará con maquinaria y equipos. Para la excavación de la zanja debe de considerar las siguientes actividades, mencionadas en la Figura 45.



*Figura 45.* Procedimiento, materiales y equipos para la zanja de redes

*Creación propia*

- c) **Colocación de instalaciones de gas en platea superior y muros:** Esta actividad consta de la instalación de las tuberías empotradas en piso y muro, los cuales tendrán que cumplir con las dimensiones reglamentadas en la norma vigente.
- d) **Vaciado de platea superior y muros:** Cuando ya se han puesto las instalaciones y las armaduras, se realiza el vaciado de concreto en la platea y en los muros. Teniendo en cuenta que se dejan los pases para las instalaciones, tal como se ve en la Figura 46.



*Figura 46.* Instalaciones de gas en platea de cimentación

*Creación propia*

## 2) Estructura

Este hito estuvo en el mes de enero del 2018, y contó de las siguientes actividades:

- a) **Trazo de redes de gas:** Se realizó el trazado de la tubería de la instalación de gas para ubicar las líneas en el los muros y placas. Las especificaciones técnicas están en el ANEXO O.
- b) **Colocación de instalaciones de gas en muros y en losa:** Para esta actividad se tendrá en cuenta las localizaciones de las válvulas empotradas en la pared. Por ello, en algunos casos se coloca un tecnopor para que reservar un determinado espacio, como se observa en la Figura 47.



*Figura 47. Separación de las válvulas en muros*

*Creación propia*

## 3) Acabados interiores

Conjunto de elementos estructurales que están unidos, ensamblados y conectados entre sí para soportar los esfuerzos de las cargas y dirigirlas al suelo.

### a) Acabados húmedos

Para los acabados húmedos se tendrá en cuenta el resane y la limpieza de los muros en el caso de las válvulas.

**3.1.1 Limpieza y Resanes de muros:** Como se muestra en la siguiente Figura 48, en la que se tuvo que resanar y limpiar la ubicación de la caja de las válvulas.



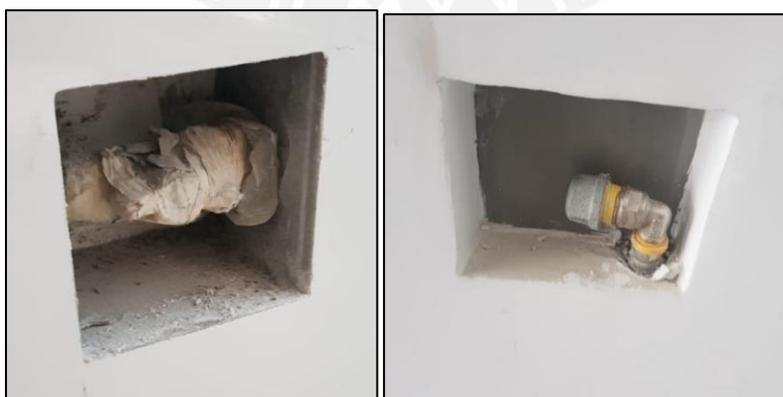
*Figura 48. Resane y limpieza de muros*

*Creación propia*

**b) Acabados secos**

Esta actividad corresponde a la colocación de las válvulas y accesorios en la etapa de acabados. Es necesario, mencionar que se debe de proteger todos estos accesorios, ya que pueden ser ensuciados o maltratados conforme se realicen las otras actividades de las demás partidas.

**c) Colocación de válvulas:** Para la colocación de las válvulas se necesitó las especificaciones técnicas y procedimientos según la norma vigente que ya se señalaron anteriormente. Se observa un ejemplo en la Figura 49.



*Figura 49. Colocación de válvulas y accesorios*

*Creación propia*

### i) Colocación de gasodomésticos

Se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas de cada gasodoméstico, al igual que su cuidado al momento instalarlas. Para el proyecto se consideró que la terma será de tipo A. En la siguiente Figura 50, se observa los gasodomésticos a utilizar que serán la terma y la cocina.



Figura 50. Colocación de gasodomésticos

*Creación propia*

## 4) Áreas Comunes

En las áreas comunes de los edificios se encontrarán los montantes de las distintas instalaciones, es por ello que se va a considerar este hito. A continuación, se explicarán la instalación de tuberías en el montante de gas, las pruebas de hermeticidad y la colocación de gabinetes reguladores y medidores de gas en el proyecto.

- a) **Instalación de tuberías de montantes de gas:** Es necesario señalar que para la instalación de tuberías en montantes tiene que realizarse en un área despejada y con la seguridad apropiada. Además, se debe de tener cuidado con las demás partidas, ya que al no cumplirlo podría ocasionar pérdidas, de esta manera está en la Figura 51.



*Figura 51. Montante de instalaciones de gas*

*Creación propia*

- b) **Prueba de Hermeticidad:** Según lo mencionado anteriormente esta partida es importante y tiene que cumplir con las consideraciones de la norma. En cada instalación de gas es necesario que se realice esta prueba de hermeticidad, como se observa en la Figura 51.



*Figura 52. Prueba de hermeticidad en línea montante*

*Creación propia*

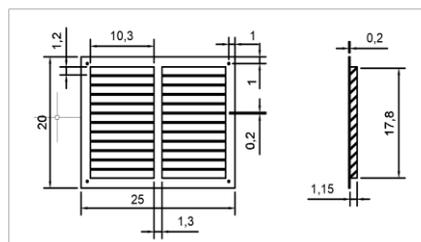
- c) **Colocación de medidores reguladores y gabinetes de gas en el montante:** Es necesario que haya para cada departamento un medidor con su regulación respectiva. En este caso se encuentra ubicado en un ducto, donde se ubica la línea montante como se observa en la Figura 53.



Figura 53. Medidores, reguladores y gabinetes

Creación propia

- d) **Colocación de rejillas en ducto de extracción de aire:** Según norma, se necesita la ventilación apropiada cuando hay instalaciones de gas, en este caso se ubicará en las lavanderías. En las siguientes Figura 54 se observa a mayor detalle estas rejillas.



DETALLE REFERENCIAL DE LA REJILLA DE VENTILACIÓN  
(cm) ÁREA EFECTIVA DE LA VENTILACIÓN DE 280 cm<sup>2</sup>



Figura 54. Detalle y ubicación de rejillas

Creación propia

### 5.1.4 Análisis de restricciones o prerrequisitos

El análisis de restricciones o “cuellos de botella” fue determinado por el Dr. Eliyahu Goldratt, quien escribió un libro llamado “La Meta” donde lo llama como la Teoría de Restricciones. (Aguilera, 2000). Se aplica para una línea de producción o un proyecto con varios procesos interrelacionados y dependientes entre sí. Además, es necesario que todas las restricciones deberían ser identificada y prevenida para que luego sea controlada. De esta manera, para proyectos de construcción se puede usar conforme la obra este avanzando. Es necesario mencionar que para asignar las restricciones de cada actividad se debe de reconocer el responsable de cada una de ellas al igual que su responsabilidad que debería de tener en obra. Por ello, en la siguiente Tabla 28 se puede apreciar las funciones que tienen cada responsable en cada área.

Tabla 28

#### *Responsabilidad de cada área*

ÁREA	ALCANCE
<b>Residente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decisiones estratégicas para la obra.</li> <li>- Negociaciones con el cliente.</li> <li>- Seguimiento para que se cumplan los procesos de gestión de la obra.</li> <li>- Decisiones de compra de materiales mayores y sub-contratistas.</li> <li>- Aprobación de OC, OS.</li> </ul>
<b>Jefe de Producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soluciones técnicas.</li> <li>- Elaboración oportuna de requerimientos de personal, equipos y materiales.</li> <li>- Elaboración de Procedimientos constructivos.</li> <li>- Aprobación del avance diario por parte de la Supervisión</li> </ul>
<b>Jefe de OT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordinaciones para el abastecimiento de materiales, equipos y Subcontratas (Cotizaciones, Negociaciones, Valorizaciones, etc)</li> <li>- Aprobación de OS.</li> <li>- Entrega a sroducción de planos actualizados.</li> <li>- Coordinaciones con sliente.</li> <li>- Validación del avance diario de campo.</li> </ul>
<b>Administración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingreso y salida de sersonal</li> <li>- Permisos y Licencias.</li> <li>- Pago/adelanto a proveedores o subcontratas</li> <li>- Apertura y cierre de planillas</li> </ul>
<b>Almacén</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consolidado y abastecimiento de requerimientos de materiales. (coordinaciones, llegada a almacén)</li> <li>- Aseguramiento de Stock Mínimo.</li> <li>- Brindar información sobre nivel de existencias en inventarios.</li> <li>- Abastecimiento de equipos menores.</li> <li>- Elaboración de Sistema de Información.</li> </ul>
<b>Calidad QA/QC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control documentario de cambios de Ingeniería.</li> <li>- Liberación de estructuras.</li> <li>- Control de calidad de materiales.</li> <li>- Elaboración de procedimientos de calidad.</li> </ul>
<b>Prevención de Riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación de documentación necesaria para equipos y subcontratas</li> <li>- Inducción al Personal.</li> <li>- Capacitaciones necesarias para la ejecución de alguna actividad.</li> <li>- Procedimientos de Seguridad o Gestión Ambiental.</li> <li>- Seguimiento a la implementación de Plan de seguridad.</li> </ul>

*Nota.* Elaboración Propia

Las siguientes tablas 29, 30, 31 y 32 indican las restricciones de cada partida de instalación de gas conforme a su respectivo hito.

Tabla 29

Restricciones de Cimentaciones

		CONTROLABLE					NO CONTROLABLES																											
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	Fecha Inicio Planteada	Materiales	Equipo	Mano de obra	Seguridad y salud	Información	Actividades Predecesoras	Diseños	Medio-Ambiente	Proveedores	Subcontratas	OTROS	RESTRICCIONES	ÁREAS DE SOPORTE					CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					MEDIDA CORRECTIVA										
													Actividad	ADMINISTRACIÓN	OFICINA TÉCNICA	ALMACÉN	PDR	CALIDAD	Falta de planificación	Cambio de programación	Cansancio por sobre tiempo	Falta o falla de Equipos	Falta de materiales	Método de trabajo inadecuado	Actividades predecesoras inadecuadas	Descripción								
<b>1. CIMENTACION - PLATEA DE</b>																																		
1.1 Trazo de redes enterradas de Gas		X											Tener línea de trazo.		X	X			X															
				X									Contar con pareja necesaria de topografos	X																				
			X										Tener la estación, prismas, teodolito, etc. ( * )	X		X																		
						X							Contar con planos actualizados.		X																			
													Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X		X	X																	
1.2 Excavación de zanja para redes de Gas				X									Tener cuadrilla de obreros.	X																				
							X						Tener el trazo para la excavación.		X																			
1.3 Colocación de instalaciones de gas en platea superior y muros		X											Contar con las tuberías y accesorios	X		X																		
		X											Contar con la cuadrilla de Instalaciones de gas.	X		X																		
				X									Tener planos actualizados.		X																			
1.4 Vaciado de platea superior y muros						X							Se hará con enfrado o meramente con la																					
													Programar el pedido de concreto con su	X																				
		X											Tener vibradora.	X																				
		X										Tener definida la cruadrilla de vaciado y	X		X																			

Nota. Elaboración Propia







Por último, es necesario mencionar que se tuvo en consideración las siguientes causas de incumplimiento para cada área de la Tabla 33.

Tabla 33  
*Causas de incumplimiento por área*

CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	DESCRIPCION
<b>PROGRAMACION</b>	Todas las causas que implican: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores o cambios en la programación.</li> <li>- Inadecuada utilización de las herramientas de programación.</li> <li>- Mala asignación de recursos.</li> <li>- Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.</li> </ul>
<b>LOGISTICA</b>	Todas las causas que implican: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por producción.</li> </ul>
<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Todas las causas que implican: <ul style="list-style-type: none"> <li>- La entrega oportuna de información a producción (procedimientos, pruebas, etc)</li> <li>- Liberación oportuna de estructuras</li> </ul>
<b>EXTERNOS</b>	Todas las causas que implican: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retrasos por razones climáticas extraordinarias.</li> <li>- Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.</li> </ul>
<b>CLIENTE/SUPERVISIÓN</b>	Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, etc).
<b>ERRORES DE EJECUCIÓN</b>	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.
<b>SUBCONTRATAS</b>	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.
<b>EQUIPOS</b>	Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.
<b>ADMINISTRATIVOS</b>	Todas las causas que implican: <ul style="list-style-type: none"> <li>- No llegada del personal especializado (incluido subcontratos).</li> <li>- Falta de permisos y licencias.</li> <li>- Falta de pago a Subcontratistas y proveedores.</li> </ul>

Nota. Elaboración Propia

## 5.2 Programación liberada

Con la elaboración de la sectorización y la asignación de restricciones por cada área se puede obtener la programación liberada de este proyecto, el cual estará conformado por el *look ahead*, plan semanal, restricciones cubiertas y los cumplimientos

### 5.2.1. Look ahead

El *look ahead* resultante fue por cada 4 semanas, como se refleja en la siguiente Tabla 34. Para luego descomponerlo en cada semana y obtener el plan semanal.

Tabla 34

Look ahead de la Obra de Comas

EDIFICIO 17		S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X
ACTIVIDAD		28 Ene	29 Ene	30 Ene	31 Ene	1 Feb	2 Feb	3 Feb	4 Feb	5 Feb	6 Feb	7 Feb	8 Feb	9 Feb	10 Feb	11 Feb	12 Feb	13 Feb	14 Feb				
Curado de Platas																							
Desenfofrado de Platas																							
Refrero perimetral con material de préstamo		TR17																					
<b>ESTRUCTURA</b>																							
<b>Elementos Verticales y Horizontales</b>																							
Habilitado de acero		P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554	P651	P652	P653	P654	P751	P752	P753	P754	P851	P852	P853	P854	P951	P952	P953
Trazo para liberación de muros		P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554	P651	P652	P653
Colocación de acero de muros		P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554	P651	P652
Colocación de HSS en muros			P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554	P651
Colocación de HEE en muros			P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554	P651
Colocación de GAS en muros			P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554	P651
Encofrado de muros y losas (incluye aftezar + vigas invertidas + frisos)				P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554
Colocación de malla electrosoldada en losa (incluye refuerzos + cortes)				P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554
Colocación de HSS en losa				P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554
Colocación de HEE en losa				P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554
Colocación de instalación de gas en losa				P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554
Vaciado de muros y losas (incluye aftezar + vigas invertidas)				P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554
Acabado de losa (incluye brufados)				P151	P152	P153	P154	P251	P252	P253	P254	P351	P352	P353	P354	P451	P452	P453	P454	P551	P552	P553	P554

Nota. Elaboración Propia

### 5.2.2. Plan semanal

Luego del *look ahead* se procederá a realizar el plan semanal, y para ello en las siguientes líneas se explicará y mostrará cómo estas actividades estarían cubiertas por semana de acuerdo a los hitos ya mencionados en el Plan Maestro. Asimismo, al obtener las partidas en cada una de sus respectivas fases, y teniendo los metrados, se procederá a calcular el metrado en cada sector respecto a la unidad de la partida, con la finalidad de obtener el avance y el costo de cada partida. Véase a mayor detalle en el ANEXO P y Q.

1. Cimentaciones: Según el *look ahead* en el hito de cimentaciones tendrá una duración de una semana, la cual se representará de la siguiente manera, como se observa en la Tabla 35.

Tabla 35

*Plan semanal en etapa de cimentaciones*

ITEM	ACTIVIDAD	SEMANA 1						PPC					
		L	M	X	J	V	S	SI	NO	TIPO	DE INCUMPL	BSERVACION	
		25-Dic	26-Dic	27-Dic	28-Dic	29-Dic	30-Dic						
	<b>PARTIDAS</b>												
	<b>PLATEAS DE CIMENTACIÓN</b>												
1	Trazo de Vigas de Cimentacion												
1.01	Corte y habilitación de acero de platea		TP17	TP17	TP17			x					
1.02	Excavación localizada de vigas de Cimentación (Incluye Pit de Ascensor)		TP17	TP17	TP17	TP17	TP17	x					
1.03	Eliminación de Material Excavado			TP17	TP17	TP17	TP17	x					
1.04	Encofrado perimetral de platea (madera)				TP17	TP17	TP17	x					
1.05	<b>Trazo para redes enterradas para gas</b>			TP17	TP17	TP17	TP17						
1.06	<b>Excavación de zanjas para redes</b>			TP17	TP17	TP17	TP17						
1.07	<b>Colocación de tuberías de cobre de gas</b>			TP17	TP17	TP17	TP17						
1.08	Trazo para redes enterradas (ACI)			TP17	TP17	TP17	TP17	x					
1.09	Excavación de zanjas para redes				TP17	TP17	TP17	x					
1.1	Colocación de tuberías (ACI)					TP17	TP17	x					

Nota. Elaboración Propia

En la siguiente Tabla 36 se puede observar el metrado y costo de cada sector en la fase de cimentación, para poder obtener el precio total en esta fase.

Tabla 36

*Plan semanal representado en costo y metrados en la etapa de cimentaciones*

	METRADO				PRECIO UNITARIO	COSTO				# Pisos	# Edificios	PRECIO TOTAL
	S1	S2	S3	S4		S1	S2	S3	S4			
<b>DOCUMENTACIÓN</b>												
Expediente					S/ 919.20							S/ 919.20
<b>PLATEAS DE CIMENTACIÓN</b>												
Trazo para redes enterradas para gas	27.95	34.5	49.25	54.55						1	4	
Excavación de zanjas para redes												

*Nota.* Elaboración Propia

2. Estructuras: Este hito durará dos meses y medio y las partidas involucradas se pondrán por semana, como se refleja en la siguiente tabla 36.

Tabla 37

Plan semanal en etapa de estructura

ITEM	ACTIVIDAD	SEMANA 5						PPC				
		L	M	X	J	V	S	SI	NO	TIPO	DE INCUMPL	SERVACIONI
		23-Ene	24-Ene	25-Ene	26-Ene	27-Ene	28-Ene					
	<b>EDIFICIO 17</b>											
	<b>ESTRUCTURA</b>											
2.1	<b>Elementos Verticales y Horizontales</b>											
2.01	Habilitado de acero	P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	X				
2.02	Trazo para ubicación de muros	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	X				
2.03	Colocación de acero de muros	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	P2S3	X				
2.04	Colocación de IISS en muros	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	X				
2.05	Colocación de IIEE en muros	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	X				
2.06	<b>Colocación de GAS en muros</b>	P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	X				
2.07	Encofrado de muros y losas (incluye alfeizar + vigas invertidas + frisos)		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X				
2.08	Colocación de malla electrosoldada en losa (incluye refuerzos + cortes)		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X				
2.09	Colocación de IISS en losa		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X				
2.1	Colocación de IIEE en losa		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X				
2.11	<b>Colocación de instalación de gas en losa</b>		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X				
2.12	Vaciado de muros y losas (incluye alfeizar + vigas invertidas)		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X				
2.13	Acabado de losa (incluye bruñado)		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X				
2.14	Desencofrado de muros y losas (incluye alfeizar + vigas invertidas)			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	X				
2.15	Curado de muros y losas (incluye alfeizar + vigas invertidas)			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	X				
2.16	<b>Escaleras</b>											
2.17	Trazo para ubicación de escalera			Esc P1				X				
2.18	Encofrado de escalera			Esc P1				X				
2.19	Colocación de acero de escalera			Esc P1				X				
2.2	Encofrado de pasos y contrapasos de escalera			Esc P1				X				
2.21	Vaciado de escalera			Esc P1				X				
2.05	Acabado de escalera (incluye bruñado)			Esc P1				X				
2.06	Desencofrado de escalera				Esc P1			X				
2.07	Curado de escalera				Esc P1			X				
2.08	Colocación de protectores de pasos y contrapasos de escalera					Esc P1		X				

Nota. Elaboración Propia

De la misma manera, se obtiene en la Tabla 38 el metrado y costo de cada sector en la fase de Estructuras.

Tabla 38

*Plan semanal representado en costo y metrados en etapa de estructura*

	METRADO				PRECIO UNITARIO	COSTO				# Pisos	# Edificios	PRECIO TOTAL
	S1	S2	S3	S4		S1	S2	S3	S4			
<b>ESTRUCTURAS</b>												S/ 597,968.00
<b>Trazo de redes de gas</b>	27.95	34.5	49.25	54.55						16	4	
<b>Colocación de tuberías de instalaciones de gas en muros y losa</b>										16	4	S/ 597,968.00
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE PAP 2025 EMPOTRADA	7	6.65	27.75	27.6	S/ 56.20	S/ 393.40	S/ 373.73	S/ 1,559.55	S/ 1,551.12			
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE PAP 1216 EMPOTRADA	20.95	27.85	21.5	26.95	S/ 56.20	S/ 1,177.39	S/ 1,565.17	S/ 1,208.30	S/ 1,514.59			
<b>Vaciado de losa y muros</b>												

*Nota.* Elaboración Propia

- Acabados: Para estas actividades tendrá una duración de tres meses, y se tomarán en cuenta las actividades ya señaladas anteriormente. En la siguiente Tabla 37 se puede apreciar el plan semanal de estas actividades.

Tabla 39

Plan semanal en etapa de acabados

		SEMANA 8						PPC				
ACTIVIDAD		L	M	X	J	V	S	SI	NO	TIPO	DE INCUMPL	BSEVACIONI
ITEM	PARTIDAS	METRADO	12-Feb	13-Feb	14-Feb	15-Feb	16-Feb	17-Feb				
<b>ACABADOS</b>												
3.18	Enchape de Pisos y contrazocalos											
3.19	Fraguado de Zocalos, contrazocalos y pisos en baño		P4S3	P4S4	P5S1	P5S2	P5S3	P5S4	X			
3.2	Fraguado de Zocalos, contrazocalos y pisos en cocinas		P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	P2S3	P2S4	X			
3.21	Resane de Pisos para Vinil		P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	P2S3	X			
3.22	Encintado y retape para papel colomural		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	X			
3.23	Lijado general para pintado		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	X			
3.24	Empaste de Techos y muros de baños y cocinas		P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	X			
3.25	Colocacion de marcos y hojas de puertas			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X			
3.26	Instalacion de Sanitarios, lavaplatos+Griferia+Registros, Sumideros y sellados de			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X			
3.27	Instalación de válvulas de Instalaciones de gas			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X			
3.28	Prueba de Hermeticidad			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S2	X			
3.29	Pintado con imprimante			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X			
3.30	Pintado de puertas			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X			
<b>AREAS COMUNES</b>												
4.01	Instalación de tuberías en montante sanitaria			P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	X			
4.02	Colocación de válvulas				P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	X			
<b>FACHADA</b>												
5.01	Amolado de Fachada				P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	X			
5.02	Resane de Fachada				P1S1	P1S2	P1S3	P1S4	X			

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 40 representará el metrado y costo de cada sector en la fase de acabados interiores.

Tabla 40

Plan semanal representado en costo y metrados en etapa de acabados

	METRADO				PRECIO UNITARIO	COSTO				# Pisos	# Edificios	PRECIO TOTAL
	S1	S2	S3	S4		S1	S2	S3	S4			
<b>ACABADOS DE INTERIORES</b>												S/ 678,656.00
<b>Colocación de válvulas</b>										16	4	S/ 54,681.60
VALVULAS CORTE GENERAL PAP 2025		4	4		S/ 46.80		S/ 187.20	S/ 187.20				
VALVULAS PUNTO DE CONSUMO PAP 1216	4	4	4	4	S/ 30.00	S/ 120.00	S/ 120.00	S/ 120.00	S/ 120.00			
<b>Prueba de Hermeticidad</b>										16	4	S/ 15,718.40
PRUEBA DE HERMETICIDAD	2	2	2	2	S/ 30.70	S/ 61.40	S/ 61.40	S/ 61.40	S/ 61.40			
<b>Colocación de gasodomésticos</b>										16	4	S/ 608,256.00
COCINA SGA 20" - PREMIUM	2	2	2	2	S/ 689.00	S/ 1,378.00	S/ 1,378.00	S/ 1,378.00	S/ 1,378.00			
TERMA AQUAMAXX 5.5 LT	2	2	2	2	S/ 499.00	S/ 998.00	S/ 998.00	S/ 998.00	S/ 998.00			

Nota. Elaboración Propia

4. Área común: Como se mencionó anteriormente se procede a programar las actividades de este hito. La duración de estas partidas será de tres meses aproximadamente en el *look ahead*, teniendo en cuenta de la actividad predecesora, como se observa en la Tabla 41.

Tabla 41

Plan semanal en etapa de área común

ACTIVIDAD		METRADO	SEMANA 18						PPC				
			L	M	X	J	V	S	SI	NO	TIPO	DE INCUMPLI	SERVACIONI
ITEM	EDIFICIO 17		23-Abr	24-Abr	25-Abr	26-Abr	27-Abr	28-Abr					
	<b>Cableado en interior (eléctrico)</b>												
3.18	Cableado en interior (eléctrico)		P16S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4		X				
3.19	Amolado de muros y cielos rasos (incluye Area Común)		P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	P16S4	X				
3.2	Trazo de montantes en baños y cocinas, tabiquería y enchape		P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	P16S2	P16S3	X				
3.21	Resane de muros y cielos rasos		P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	X				
3.22	Instalación de montante de desagüe en cocinas		P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	X				
3.23	Instalación de montante de desagüe y agua en tabiquería de baños		P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	P16S1	X				
3.24	Derrames en puertas y ventanas (incluye picoteado)		P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3	P15S4	X				
3.25	Encofrado y vaciado de poyos de concreto		P14S2	P14S3	P14S4	P15S1	P15S2	P15S3					
3.26	Colocación de varillas para anclajes		P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	X				
3.27	Instalación de tabiquería de concreto armado		P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	X				
3.28	Solaqueo de tabiquería de concreto armado		P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	P13S2	P13S3	X				
3.29	Instalación de perfiles para drywall en baños y cocinas		P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	X				
3.3	Colocación de mezcladoras en ducha de baño		P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	P12S4	P13S1	X				
3.31	Instalación de planchas de drywall en baños y cocinas		P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	X				
3.32	Instalación de extractor en baños		P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	P12S2	P12S3	X				
3.33	Trazo de niveles para enchapes		P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	P11S4	P12S1	X				
3.34	Enchape de Pisos y contrazocalos		P10S2	P10S3	P10S4	P11S1	P11S2	P11S3	X				
3.35	Fraguado de Zocalos, contrazocalos y pisos en baño		P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1		X	SC	SC NO	
3.36	Fraguado de Zocalos, contrazocalos y pisos en cocinas		P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	P10S4	P11S1		X	SC	SC NO	
3.37	Resane de Pisos para Vinil		P9S2	P9S3	P9S4	P10S1	P10S2	P10S3	X				
3.38	Encintado y retape para papel colomural		P7S3	P7S4	P8S1	P8S2	P8S3	P8S4	X				
3.39	Lijado general para pintado		P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	P7S4	P8S1	X				
3.4	Empaste de Techos y muros de baños y cocinas		P6S2	P6S3	P6S4	P7S1	P7S2	P7S3	X				
3.41	Colocacion de marcos y hojas de puertas		P5S4	P6S1	P6S2	P6S3	P6S4	P7S1		X	EJEC	FALTA	
3.42	Instalación de lavaplatos		P4S1	P4S2	P4S3	P4S4	P4-5	P6-7		X	SC		
3.43	Instalacion de Sanitarios, lavaplatos+Griferia+Registros, Sumideros y		P3S1	P3S2	P3S3	P3S4	P4S1	P4S2	X				
3.44	Colocacion de Rejilla de aluminio y Rejillas de PVC		P2S2	P2S3	P2S4	P3S1	P3S2	P3S3	X				
3.45	Pintado con imprimante		P1S2	P1S3	P1S4	P2S1	P2S2	P2S3	X				
3.46	<b>AREAS COMUNES</b>												
3.46	Prueba de hermeticidad		P13S2	P13S3	P13S4	P14S1	P14S2	P14S3	X				
3.47	Centro de medición y regulación								X				
3.48	Instalación de tuberías en montante electricas y comunicaciones		P7	P8	P9	P10	P11	P12	X				

Nota. Elaboración Propia

A continuación, en la Tabla 42 se podrá observar el metrado real y costo total referencial (sin IGV) de cada sector en la última fase del proyecto del edificio 17.

Tabla 42

Plan semanal representado en costo y metrados en etapa de acabados

	METRADO				PRECIO UNITARIO	COSTO				# Pisos	# Edificios	PRECIO TOTAL
	S1	S2	S3	S4		S1	S2	S3	S4			
<b>ÁREAS COMUNES</b>												S/ 149,394.54
<b>Instalación de tuberías de montante de gas</b>										16	4	S/ 74,433.74
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/2" EMPOTRADA		0.33	0.33		S/ 193.20	S/ 64.66	S/ 64.66					
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/4" A LA VISTA		0.43	0.43		S/ 135.60	S/ 58.73	S/ 58.73					
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/4" EMPOTRADO		0.98	0.98		S/ 153.60	S/ 151.20	S/ 151.20					
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1" A LA VISTA		1.75	1.75		S/ 92.40	S/ 161.30	S/ 161.30					
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 3/4" A LA VISTA		1.76	1.76		S/ 82.80	S/ 145.62	S/ 145.62					
<b>Colocación de válvulas</b>										1	4	S/ 22,531.20
VÁLVULA DE CORTE GENERAL Ø 1 1/2" (A LA SALIDA DEL GABINETE DE REGULACIÓN DE 1RA ETAPA)		1	1		S/ 282.00	S/ 282.00	S/ 282.00			1		
VALVULA DE SERVICIO		4	4		S/ 39.60	S/ 158.40	S/ 158.40			16		
<b>Prueba de Hermeticidad</b>										1	4	S/ 1,584.00
PRUEBA DE HERMETICIDAD		1	1		S/ 198.00	S/ 198.00	S/ 198.00					
<b>Centro de medición y regulación</b>										1	4	S/ 50,845.60
CENTRO DE REGULACIÓN EMPOTRADO EN FACHADA		1	1		S/ 97.78	S/ 97.78	S/ 97.78					
GABINETE RESIDENCIAL G4 SOBRE MURETE FABRICADO DE LADRILLO		64	64		S/ 97.78	S/ 6,257.92	S/ 6,257.92					
<b>Colocación de rejillas en ducto de extracción de aire (*)</b>										16	4	
REJILLAS EN DUCTOS DE EXTRACCIÓN DE AIRE	2	2	2	2	S/ 30.00	S/ 60.00	S/ 60.00	S/ 60.00	S/ 60.00			
<b>COSTO TOTAL (sin considerar gasodomésticos)</b>												S/ 818,681.74
<b>COSTO TOTAL</b>												S/ 1,426,937.74

Nota. Elaboración Propia

### 5.2.3. Análisis de Fiabilidad y restricciones

Para obtener la representación del análisis de cumplimiento en la programación de la obra se tuvo que realizar la toma de datos de las semanas que duró el proyecto del edificio 17. De esta manera, se tomó en cuenta también las actividades cumplidas y las que no se han cumplido respecto a todas las semanas en las partidas. Además, se añadió las actividades de instalaciones de gas para tener una mejor visión y saber reconocer las causas de no cumplimiento que ocurren en obra. A continuación, se mostrará la Tabla 43 que corresponde al Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) de la obra y en la Figura 54 se representa mediante un gráfico este reporte, el cual nos indica que el PPC Semanal es mayor al PPC Meta, es decir está por encima del PPC Cumplido.

Tabla 43

#### Reporte PPC - Semanal

REPORTE PPC - SEMANAL					
SEMANA	TOTAL COMP.	COMP. CUMPLIDOS	PPC SEMANAL	PPC SEMANAL (ACUMULADO)	PPC META
SEM-1	10	10	100.00%	100.00%	85.00%
SEM-2	10	10	100.00%	100.00%	85.00%
SEM-3	10	8	80.00%	93.33%	85.00%
SEM-4	17	16	94.12%	93.62%	85.00%
SEM-5	24	24	100.00%	95.77%	85.00%
SEM-6	26	26	100.00%	96.91%	85.00%
SEM-7	27	27	100.00%	97.58%	85.00%
SEM-8	33	32	96.97%	97.45%	85.00%
SEM-9	34	31	91.18%	96.34%	85.00%
SEM-10	25	11	44.00%	90.28%	85.00%
SEM-11	44	41	93.18%	90.77%	85.00%
SEM-12	44	39	88.64%	90.46%	85.00%
SEM-13	47	43	91.49%	90.60%	85.00%
SEM-14	46	41	89.13%	90.43%	85.00%
SEM-15	46	41	89.13%	90.29%	85.00%
SEM-16	38	35	92.11%	90.44%	85.00%
SEM-17	28	24	85.71%	90.18%	85.00%
SEM-18	30	25	83.33%	89.80%	85.00%
SEM-19	29	26	89.66%	89.79%	85.00%
SEM-20	28	23	82.14%	89.43%	85.00%
SEM-21	19	16	84.21%	89.27%	85.00%
SEM-22	20	19	95.00%	89.45%	85.00%
SEM-23	27	27	100.00%	89.88%	85.00%
SEM-24	28	26	92.86%	90.00%	85.00%
SEM-25	30	28	93.33%	90.14%	85.00%
SEM-26	26	22	84.62%	89.95%	85.00%
SEM-27	18	6	33.33%	88.61%	85.00%
SEM-28	13	3	23.08%	87.52%	85.00%
SEM-29	15	8	53.33%	86.87%	85.00%
SEM-30	16	12	75.00%	86.63%	85.00%
SEM-31	9	4	44.44%	86.17%	85.00%
SEM-32	5	2	40.00%	85.89%	85.00%
SEM-33	7	5	71.43%	85.77%	85.00%
SEM-34	23	22	95.65%	86.03%	85.00%
<b>ACTIVIDADES TOTALES</b>	<b>852</b>	<b>733</b>	<b>86.03%</b>	<b>85.93%</b>	<b>85.00%</b>

Nota. Elaboración Propia

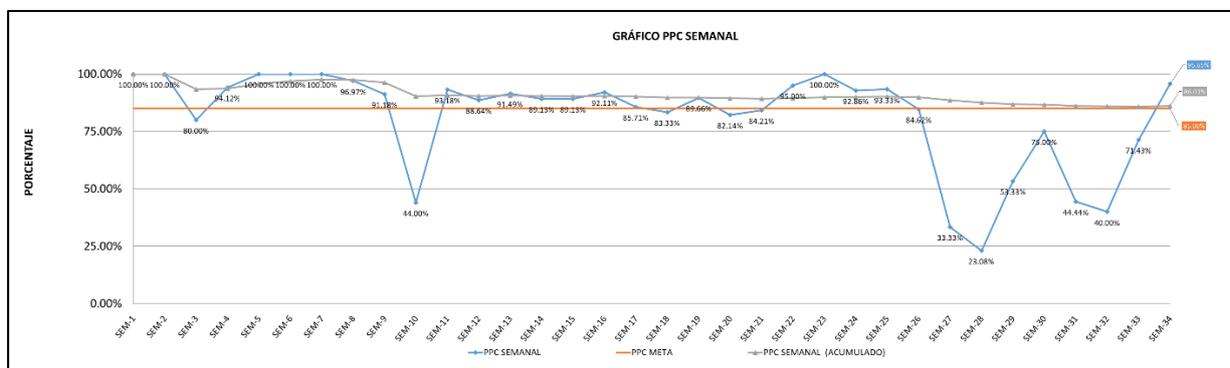


Figura 55. Gráfico PPC Semanal

Adaptado de Proyecto de Comas

Asimismo, en el ANEXO R están las causas de no cumplimiento de cada semana, y se pudo definir en qué área se encuentra cada una, como se observa en la Figura 55. Por lo que se observa que el mayor porcentaje es por subcontratista, seguido por la ejecución en obra.

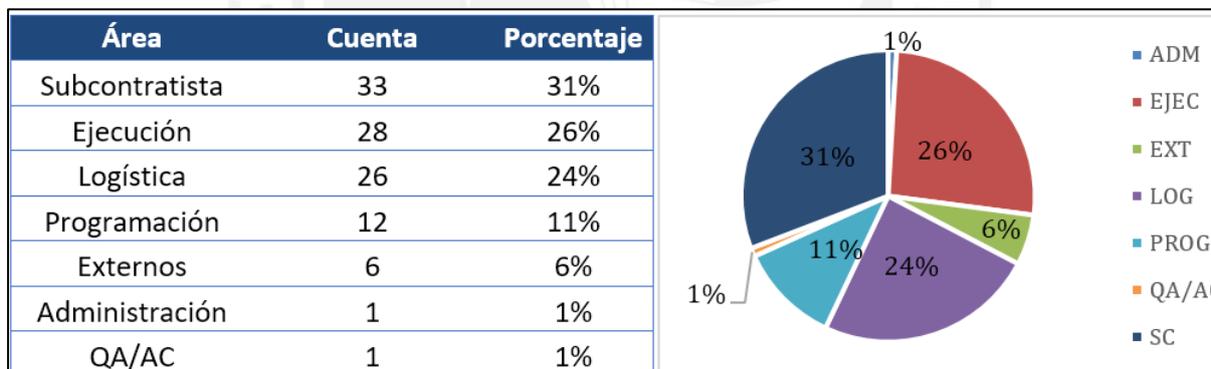


Figura 56. Gráfico PPC Semanal

Adaptado de Proyecto de Comas

### 5.2.4. Recolección de data en obra

Se tomó como referencia el análisis de restricciones, y se tuvo una retroalimentación de la experiencia en obra con los siguientes colaboradores: supervisor de la obra, coordinador del subcontratista y dos técnicos-operarios. Las matrices fueron completadas por los involucrados (supervisor de proyecto, supervisor de contratista de Cálidda, operario 1 y operario 2) que se muestran en las figuras de la 54 a la 57. Entre las contribuciones obtenidas más resaltantes, podemos comentar las siguientes:

- El supervisor tuvo una observación acerca de la información en los planos, ya que las distancias a los puntos eléctricos y tuberías de agua caliente provocó retrabajos y eso fue una causante de retrasos en las instalaciones de gas. Por ese motivo, las actividades predecesoras fueron las causantes de los retrasos en varias etapas de la obra, ya que no hubo actualización en la información de los planos.
- La contratista de Cálida aseguró que el mejor sistema es la actualización de la información en los planos respecto a los cambios que podrían ocurrir en obra. Esto facilita al trabajo en las partidas requeridas de instalaciones de gas. Sin embargo, hay varias empresas que no cumplen con estas actualizaciones en los planos y por la poca comunicación entre los involucrados se tiene una gran cantidad de pérdidas de desperfectos y defectos en las partidas.
- El operario 1 observó las etapas de estructuras y acabados de interiores, en las que hubo retrasos debido a trabajos rehechos. Esta situación se debió a la falta de conocimiento en la normativa de las instalaciones de gas.
- La observación del operario 2 fue en la partida de acabados, ya que comentó que para una mejor protección de los accesorios se tiene que asegurar estos con cinta *masking tape*. Además, recalcó que para el mejor funcionamiento de la red de instalaciones debe realizarse las pruebas de hermeticidad durante la fase de estructuras, y al finalizar la fase de acabados durante la instalación de válvulas y montantes.







DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	Fecha Inicio Planteada	CONTROLABLE					NO CONTROLABLES					RESTRICCIONES					ÁREAS DE SOPORTE					CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO					MEDIDA CORRECTIVA		
		Materiales	Equipo	Mano de obra	Seguridad y salud	Información	Actividades Predecesoras	Diseños	Medio-Ambiente	Proveedores	Subcontratas	OTROS	Actividad	ADMINISTRACIÓN	OFICINA TÉCNICA	ALMACÉN	PDR	CALIDAD	Falta de planificación	Cambio de programación	Cansancio por sobre tiempo	Falta o falla de Equipos	Falta de materiales	Método de trabajo inadecuado	ACTIVIDADES PREDECESORAS INCOMPLETAS	Descripción			
<b>1. CIMENTACION - PLATEA DE</b>																													
1.1 Trazo de redes enterradas de Gas												Tener línea de trazo. Contar con pareja necesaria de topógrafos Tener la estación, prismas, teodolito, etc. ( * ) Contar con planos actualizados. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X												
1.2 Excavación de zanja para redes de Gas												Tener cuadrilla de obreros. Tener el trazo para la excavación.	X	X															
1.3 Colocación de instalaciones de gas en platea superior y muros												Contar con las tuberías y accesorios necesarios. Contar con la cuadrilla de instalaciones de gas. Tener planos actualizados.	X	X	X														
1.4 Vaciado de platea superior y muros												Se hará con encofrado o meramente con la excavación. Programar el pedido de concreto con su respectiva resistencia. Tener vibradora. Tener definida la cuadrilla de vaciado y vibrado.	X				X												
<b>2. ESTRUCTURAS</b>																													
2.1 Trazo de redes de Gas												Tener línea de trazo. Contar con pareja necesaria de topógrafos. Tener la estación, prismas, teodolito, etc. ( * ). Contar con planos actualizados. Trabajadores con EPPs.	X	X	X														
2.2 Colocación de tuberías de instalaciones de gas en muros y losa												Contar con los materiales necesarios. Certificación materiales. Verificar la compatibilidad de planos. Tener el acero habilitado para ingresar. Trazo de redes de gas. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X												
2.3 Vaciado de losa y muros												Se hará con encofrado. Programar el pedido de concreto con su respectiva resistencia. Tener vibradora. Tener definida la cuadrilla de vaciado y vibrado.	X	X	X		X												
<b>3. ACABADOS DE INTERIORES</b>																													
<b>3.1 Acabados húmedos</b>																													
3.1.1 Limpieza y Resanes de muros												Contar con los materiales necesarios. Verificar la compatibilidad de planos. Realizar las inspecciones de calidad Contar con ATS y EPPs.	X		X		X												
<b>3.2 Acabados secos</b>																													
3.2.1 Colocación de válvulas												Contar con los materiales necesarios. Verificar la compatibilidad de planos. Contar con ATS EPPs y Extintor.	X	X	X														
3.2.2 Prueba de Hermeticidad		X									X	Contar con los materiales necesarios. Verificar la compatibilidad de planos. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X					X		X		Se tendrá en cuenta los materiales con Se deberá tener en cuenta las partidas			
3.2.2 Colocación de gasodomésticos												Contar con los materiales necesarios. Verificar la compatibilidad de planos. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X												
<b>4. AREAS COMUNES</b>																													
4.1 Instalación de tuberías de montantes de gas		X										Contar con los materiales necesarios. Verificar la compatibilidad de planos. Tener el ducto habilitado. Trazo de redes de gas. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X					X		X		Se tendrá en cuenta los materiales con			
		X										Contar con los materiales necesarios. Tuberías, accesorios y válvulas instaladas en obra Registros de control de calidad de las actividades y los equipos. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X					X		X		Se tendrá en cuenta los materiales con			
4.2 Prueba de Hermeticidad												Contar con los materiales necesarios. Tuberías, accesorios y válvulas instaladas en obra Registros de control de calidad de las actividades y los equipos. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X					X		X					
4.3 Colocación de medidores reguladores y gabinetes de gas en la montante												Contar con los materiales necesarios. Verificar la compatibilidad de planos. Tener el ducto habilitado para ingresar. Trazo de redes de gas. Contar con ATS, EPPs y Extintor.	X	X	X		X					X		X					
4.4 Colocación de rejillas en ducto de extracción de aire												Contar con los materiales necesarios. Verificar que se encuentre el área despejada. Contar con ATS y EPPs.	X	X	X		X					X		X					
NÚMERO DE RESTRICCIONES POR ÁREA DE SOPORTE												31	15	30	13	16													

Figura 60. Matriz llenado por operario 2

Creación Propia

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- La implementación de la filosofía *Lean Construction* permite que los proyectos sean detallados por procesos y esto origina el mejor entendimiento de lo que se está realizando. Esto quiere decir que, para el tema planteado, permite que el contratista de instalaciones de gas y todos los involucrados puedan comprender y manejar de mejor manera la información de la obra conforme se está realizando.
- Los contratistas de instalaciones de gas podrían generar menor pérdida utilizando la filosofía Lean, ya que permite una mejor planificación y programación en las distintas partidas identificadas en la presente tesis. Puesto que, para el diseño del proceso se propone una *Check List* que ayudará para realizar una asignación en cada actividad y poder asignar con anticipación los materiales y componentes que afectarían en obra.
- Es útil e importante que todos los involucrados sepan todos los alcances de este proyecto, ya que se evitarán pérdidas y desperdicios en los procesos constructivos. Además, de mantenerse informados por medio de reuniones desde el principio del proyecto, para que de esta manera haya un mejor análisis de las posibles opiniones que se vayan a tomar.
- Es importante que las personas estén informadas acerca de la instalación de gas, ya que la Normativa actual exige que los proyectos nuevos deben incluir el sistema de tuberías para gas. Dicha normativa se encuentra en el artículo 7 *Incorporación de la Única Disposición Complementaria* (DS-029-2013 EM). Además, sería interesante que agreguen en la facultad de Ingeniería Civil el estudio de estas instalaciones, ya que el alumno podría desconocer las instalaciones de gas natural hasta que se encuentre en un ambiente laboral.
- El uso doméstico de gas natural instalado en las viviendas puede reducir el uso del balón del gas, el cual es transportado por camiones, muchos de ellos informales, por lo que,

como consecuencia, se podría reducir el tráfico vehicular, la contaminación en la localidad y la probabilidad de incidentes y accidentes. De esta manera, podría ser atrayente realizar un estudio del impacto del uso del gas natural asociando las consecuencias del transporte de gas licuado de petróleo en camiones.

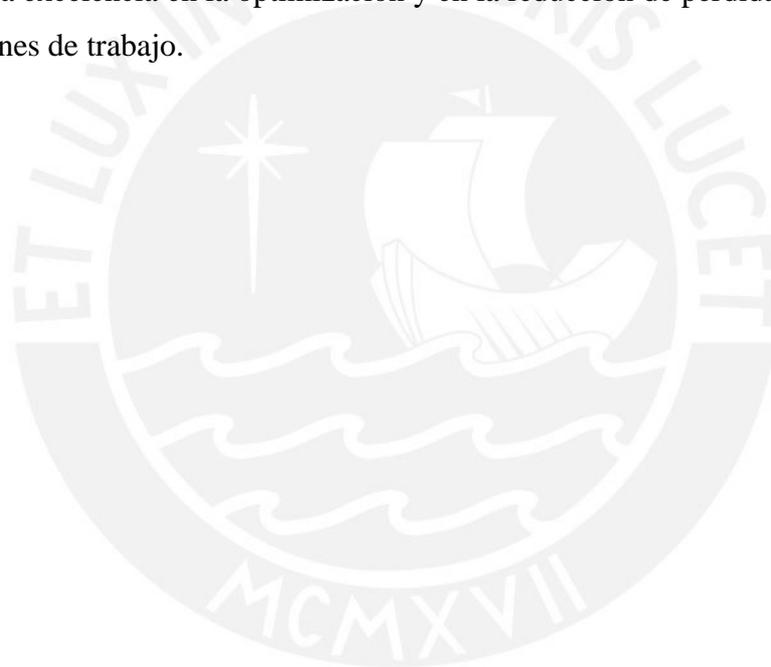
- Es necesario que se respeten las especificaciones técnicas del proyecto y es recomendable que se usen los materiales con buena calidad para garantizar el cálculo de diseño. Asimismo, se debe de verificar que se cumpla con la norma la ubicación de los gabinetes, el recorrido de tubería y los puntos de salida para cada equipo. Por esta razón, toda instalación de gas debe contar con su respectiva identificación del fabricante, ya que de esta manera se evita el mal empleo de otras marcas de accesorios y la incompatibilidad de materiales.
- Cuando se realiza la implementación de la planificación desde el plan maestro, es necesario que desde el inicio todos los colaboradores estén de acuerdo. Para lograr que el alcance del proyecto responda a las expectativas de los involucrados, quienes tomarán las decisiones del proyecto.
- El presente informe se basa en la información de un proyecto de vivienda multifamiliar con instalaciones de gas, pero también se puede usar esta metodología *Lean Construction* en otros tipos de obras e industrias. Esta filosofía facilitaría en los procesos de construcción que abarcan estos sectores, podría ser una buena solución para disminuir las pérdidas de una manera más segura.
- Es imprescindible tomar las respectivas medidas de seguridad en el ámbito de construcción, para poder prevenir y generar un ambiente de confianza en la cual se pueda trabajar de la mejor manera. Además, de usar los equipos de seguridad que eviten accidentes, la pérdida de vidas y daños en los equipos utilizados.
- El uso de gas natural en el Perú, podría ser una buena alternativa, ya que es económica, segura y sostenible. De esta manera, en el sector ambiental puede ayudar a disminuir la preocupación de la contaminación en emisiones de gas en el efecto invernadero y en el sector económico, puede representar un gran ahorro de energía a comparación de otras fuentes.

- Es necesario resaltar que se debe tener en cuenta los trabajos contributivos en las actividades, puesto que si no hay un buen manejo podría ser parte de pérdidas en el desarrollo de las actividades. Asimismo, un ejemplo de trabajo contributivo en el año 2020 es el uso de los protocolos de Seguridad y Salud en el trabajo, ya que ha sido muy importante debido a la pandemia de COVID-19. Por ello, la adaptación de las empresas hacia nuevas normalidades es fundamental para el desarrollo de las empresas.
- A lo largo del estudio, se identificaron los procesos constructivos de un edificio con instalaciones de gas desde el inicio en una construcción residencial.
- En la investigación, con el sistema *Last Planner System* se analizaron los procesos del proyecto de cada actividad para poder optimizarlos en la construcción.
- En el presente trabajo, se realizó una propuesta de planificación y programación con las herramientas Lean en viviendas multifamiliares con instalaciones de gas.
- Por todo lo anterior, se concluye que se logró desarrollar una propuesta de planificación y programación de un proyecto de Instalación de Gas Natural en viviendas multifamiliares usando la Filosofía *Lean Construction*, mediante el análisis de cada actividad de trabajo constructivo en un proyecto multifamiliar.

## RECOMENDACIONES

- La guía propuesta en este trabajo puede servir como base para evaluar los procesos constructivos de la instalación de gas en el contexto de los nuevos protocolos de seguridad y salud en el trabajo. La adaptación de estos nuevos lineamientos será la base de la mejora continua en la construcción.
- Es recomendable que el instalador de gas natural, al igual que los involucrados, tomen en cuenta las medidas de seguridad para la habilitación de gas natural. Puesto que ante cualquier sospecha o duda de una situación de emergencia pueda activar el plan de respuesta correspondiente.

- Se recomienda que se investigue acerca de otros procesos constructivos en la instalación de gas en otros sectores como el comercial, industrial, vehicular (GNV) entre otros.
- Se recomienda averiguar el funcionamiento de otros gasodomésticos y sistemas automatizados de control y diagnóstico que identifican las anomalías operativas en las instalaciones de gas natural en los edificios.
- Se recomienda seguir implementando la filosofía Lean para lograr una mejora continua en procesos de instalaciones de gas, además de otros procesos. De esta manera, se podrá llegar a la excelencia en la optimización y en la reducción de pérdidas con las mejores condiciones de trabajo.



## FUENTES CITADAS

- Aguilera C., Carlos Iván. (2000). Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones. *Estudios Gerenciales*, 16(77), 53-69. Disponible 26 de diciembre, 2019, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-59232000000400004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232000000400004&lng=en&tlng=es).
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*, Ph.D. Dissertation, School of Civil Engineering, University of Birmingham, U.K., May, 192 pp.
- Ballard, G. (1994). *The Last Planner*. Lean Construction Institute.
- Ballard, G., & Koskela, L. (2011). *A response to critics of lean construction*. *Lean Construction Journal*. Disponible 1 de enero, 2011 de <https://pure.hud.ac.uk/en/publications/a-response-to-critics-of-lean-construction>
- Ballard, G. and Tommelein, I. (2016). Current Process Benchmark for the Last Planner System. *Lean Construction Journal*, 2016(1), pp. 57–89.
- Ballard, G. and Howell, G. (2003). An update on Last Planner. 11th Annu. Conf. Int. Gr. Lean Constr., pp. 1–10, 2003.
- BIMND (2017). *¿Qué es LOD en la metodología BIM?* Recuperado de <https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/>
- Bojórquez, J. A. A. (2014). El Gas Natural en el Perú y los Proyectos Destinados a su Descentralización. *Derecho & Sociedad*, (42), 413-423. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechosociedad/article/view/12495>
- Botero Botero, L. F., & Álvarez Villa, M. E. (2005). *Last planner*, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín. *Ingeniería y desarrollo*, (17). Disponible 17 de junio, 2005 de <https://www.redalyc.org/pdf/852/85201708.pdf>
- Brioso, X. (2005). *Gestión de Seguridad en Proyectos de Construcción según la Extensión del PMBOK Guide del PMI. Caso Español*. Congreso: PMI Global Congress 2005 - Latin América, Panamá, Project Management Institute (PMI).
- Brioso, X. (2015). *El Análisis de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: Propuesta de Regulación en España y su Inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación*. PhD thesis. Technical University of Madrid, Spain, 2015.
- Brioso, X., Murguía, D. y Urbina, A. (2017 a). Teaching Takt-Time, Flowline, and Point-to-Point Precedence Relations: A Peruvian Case Study. *PROCEDIA ENGINEERING*, 196, pp. 666-673.

- Brioso, X., Murguía, D. & Urbina, A. (2017 b). Comparing three scheduling methods using BIM models in the Last Planner System. *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal*, 9 (2017), Issue 1, pp. 1604–1614.
- Brioso, X., Humero, A. & Calampa, S. (2016). Comparing Point-to-Point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A Housing Project of Highly Repetitive Processes Case Study. *Procedia Engineering*, 164 (2016), pp. 12–19.
- Brioso, X. and Humero, A. (2016). Incorporating Lean Construction agent into the Building Standards Act: the Spanish case study. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 8 (2016), Issue 1, pp. 1511-1517.
- Brioso, X. (2013). Integrando la Gestión de Producción y Seguridad. XII Congreso Latinoamericano de Patología y XIV Congreso de Calidad de la Construcción - CONPAT 2013. Cartagena, Colombia, 30 Sep-4 Oct 2013. Cartagena, Colombia: ALCONPAT Internacional.
- British Petroleum (2018). Natural Gas - 2018 in Review. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-natural-gas.pdf>
- British Petroleum. (2019). BP Statistical Review of World Energy Statistical Review of World. *The Editor BP Statistical Review of World Energy*. Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- Castellanos, Albeiro Bejarano, Serrano Guzmán, María Fernanda, & Pérez Ruiz, Diego Darío. (2019). Estrategia de reflexión para enseñanza de proyectos de construcción en Ingeniería Civil. *Alteridad. Revista de Educación*, 14(1), 122-137. Disponible 19 de diciembre 2019 de DOI: 10.17163/alt.v14n1.2019.10
- Dammert, A., Fiorella, L., & Aristondo, M. (2006). *¿Qué significa el Proyecto Camisea?* (511), 30. Recuperado de <http://www.osinerg.gob.pe/osinerg/investigacion>
- Diario Gestión. (2017). SNMPE: Cómo masificar el uso del gas natural en el Perú. 2019, de Diario. Recuperado de Gestión Sitio web: <https://gestion.pe/economia/snmpe-masificar-gas-natural-peru-143141>
- Díaz, H. P., Giovanni, O., Rivera, S., Alberto, J., & Guerra, G. (2014). Resumen Lean Construction philosophy for the management of construction projects: a current review. *AVANCES Investigación En Ingeniería*, 11(1), 1794–4953. Disponible 1 de diciembre de 2014 de <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Eastman, C.M., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, architects, engineers, contractors, and fabricators*, Wiley, Hoboken, N.J.

- El Comercio. (2019). Así avanza la masificación del gas natural en el país. 2019. Recuperado de El Comercio Sitio web: <https://elcomercio.pe/economia/avanza-masificacion-gas-natural-pais-fotos-noticia-nndc-601892>
- Hall, P. P. (2006). Administración *Lean* de proyectos. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/>
- Howell, V. (8 abril 2015). Building Long-Term Success for Your Lean Initiative. Recuperado de Ceramic industry. <http://www.ceramicindustry.com/articles/94613-building-long-term-success-foryour-lean-initiative>
- Howell, G., & Ballard, G. (2010). Implementing lean construction. *Lean Construction*, 111–126. Disponible 3 de Junio, 2014, [https://doi.org/10.4324/9780203345825\\_implementing\\_lean\\_construction](https://doi.org/10.4324/9780203345825_implementing_lean_construction)
- Instituto Nacional de Calidad (2016). Certificado de Aprobación de Modelo SNM/LFG – 001 - 2014 Recuperado de [https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/5/jer/aprobaciondemodelo/files/Rev\\_1\\_SNM\\_LFG-001-2014.pdf](https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/5/jer/aprobaciondemodelo/files/Rev_1_SNM_LFG-001-2014.pdf)
- Index Mundi (2018). Gas natural - reservas comprobadas – Mundo. Recuperado de <https://www.indexmundi.com/map/?v=98&l=es>
- INEI. (2018). Producción Nacional. Instituto Nacional de Estadísticas e Información, 1-63. 2019, De INEI Base de datos.
- Fondo MIVIVIENDA - Ejes Estratégicos. (n.d.). Retrieved December 30, 2019. Recuperado de <https://www.mivivienda.com.pe/PORTALWEB/fondo-MIVIVIENDA/pagina.aspx?idpage=134>
- Frandsen, A., Berghede, K. and Tommelein I. (2013). Takt-Time Planning for Construction of Exterior Cladding. In: 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, 21-2 Aug 2013.
- Gas Natural de Lima y Callao: Cálidda. (2019). El Gas Natural. 2019. Recuperado de Gas Natural de Lima y Callao: Cálidda Sitio web: <https://www.calidda.com.pe/gas-natural/Paginas/Que-es-el-Gas-Natural%E2%80%8B%E2%80%8B.aspx#seccion>
- Gilbreth, F. B., & Gilbreth, L. M. (1922). Process charts and their place in management. *Mechanical engineering*, 70, 38-41.
- Gonzales, D., & Cadena, Andrés (2020). COVID-19: Impactos y respuestas para el sector de energía y gas. GEB. Charla llevado a cabo de modo virtual Bogotá, Colombia.
- Koskela, L. (2000). An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction. PhD Dissertation, VTT Building Technology, Espoo, Finland. 296 pp.

Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*, CIFE Technical Report N°72, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, USA.

Koskela, L. (1999). Management of production in construction: a theoretical view. *Proceedings IGLC-7*, 241–252.

*Lean Construction Institute* (2019). Disponible en: <http://www.leanconstruction.org>

Lima 2034 | El Comercio Perú. (n.d.). Retrieved December 30, 2019, from <https://elcomercio.pe/especial/lima2034>

Mestre, I. S. (2013). *Last Planner System: Un caso de estudio*. Proyecto Final De Grado Escuela Técnica Superior de la Universidad Politécnica de València .Valencia, Valencia, España.

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2019). MEM: El 2018, un año clave en la masificación del uso del gas. 2019. Recuperado de Ministerio de Energía y Minas (MEM) Sitio web: [http://www.minem.gob.pe/\\_detallenoticia.php?idSector=5&idTitular=8859](http://www.minem.gob.pe/_detallenoticia.php?idSector=5&idTitular=8859)

Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2020). MEM: Minem beneficia a hogares financiando instalaciones de gas natural. Recuperado de [https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/303878-minem-beneficia-a-hogares-financiando-instalaciones-de-gas-natural?fbclid=IwAR2EIpmF0zT1iSVY\\_FxJw1E6x4b2YIpaQHiAyeA-kHmFNsq4bVHPQWZBnnA](https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/303878-minem-beneficia-a-hogares-financiando-instalaciones-de-gas-natural?fbclid=IwAR2EIpmF0zT1iSVY_FxJw1E6x4b2YIpaQHiAyeA-kHmFNsq4bVHPQWZBnnA)

Murguía, D. (2019). Macro BIM adoption study in Peru. Lima, Peru: Pontifical Catholic University of Peru. School of Engineering.

Murguía, D. and Brioso, X. (2017). Using Choosing by Advantages and 4D Models to Select the Best Construction-Flow Option in a Residential Building. *Procedia Engineering*, 196, pp. 470-477.

Murguía, D., Brioso, X., Ruiz-Conejo, L. and Fernandez, L. (2017). Process Integration Framework for the Design Phase of a Residential Building. *Procedia Engineering*, 196, pp. 462-469.

Natural gas | Energy economics | Home. (n.d.) (2019). Recuperado de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/natural-gas.html.html#natural-gas-consumption>

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2017). Libro electrónico: La Industria del Gas Natural en el Peru. A 10 años Camisea - El gas natural y sus usos (pag.17). Recuperado de

[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Libro-Industria-Gas-Natural-Peru-10anos-Camisea.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-Industria-Gas-Natural-Peru-10anos-Camisea.pdf)

Orihuela, P. (2011). Planificación de las Obras y el Sistema *Last Planner*. Lima: Corporación Aceros Arequipa. Recuperado de [http://www.motiva.com.pe/articulos/La\\_Planificacion\\_Obras\\_Sistema\\_LastPlanner.pdf](http://www.motiva.com.pe/articulos/La_Planificacion_Obras_Sistema_LastPlanner.pdf)

Osinergmin (2019). Diferencias entre el Gas Natural y el Gas Licuado de Petróleo. 2019, de Osinergmin. Recuperado de <http://srvgart07.osinerg.gob.pe/webdgn/contenido/dif-gn-glp.html>

Osinergmin (2019). Sistema de Distribución de Gas Natural en Lima y Callao. 2019, de Osinergmin. Recuperado de [http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/gobierno\\_regional/avance\\_proyectos\\_sistema\\_distribucion\\_gn\\_lima\\_callao.html](http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/gobierno_regional/avance_proyectos_sistema_distribucion_gn_lima_callao.html)

Pablo Lledó, G. Rivarola, R. Mercua, D.H. Cucchi, J. F. E. (2006). Administración Lean de Proyectos - Eficiencia en la Gestión de Múltiples Proyectos. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 322. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Pérez, E. L. (2014). *Introducción a Lean construction*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/275654575\\_Introduccion\\_a\\_Lean\\_Construction](https://www.researchgate.net/publication/275654575_Introduccion_a_Lean_Construction)

Phillips, J. (2013). PMP, *Project Management Professional (Certification Study Guides)*. McGraw-Hill Osborne Media. Recuperado de <https://www.pmi.org/>

Pluspetrol - Osinergmin (2005). Seminario: Desarrollo del Gas Natural en el Perú. Recuperado de <http://www2.osinerg.gob.pe/Infotec/GasNatural/pdf/Seminario08092005/2.%20PLUSPETROL.pdf>

Promigas (2017). Informe del gas natural en Perú 2018 - Cifras 2017. 3era Edición - Cifras del sector (pág. 40). Recuperado de [http://www.promigas.com/Es/Noticias/Documents/Informe-Sector-Gas-Peru/ISGNPERU2018\\_181018\\_DIGITAL.pdf](http://www.promigas.com/Es/Noticias/Documents/Informe-Sector-Gas-Peru/ISGNPERU2018_181018_DIGITAL.pdf)

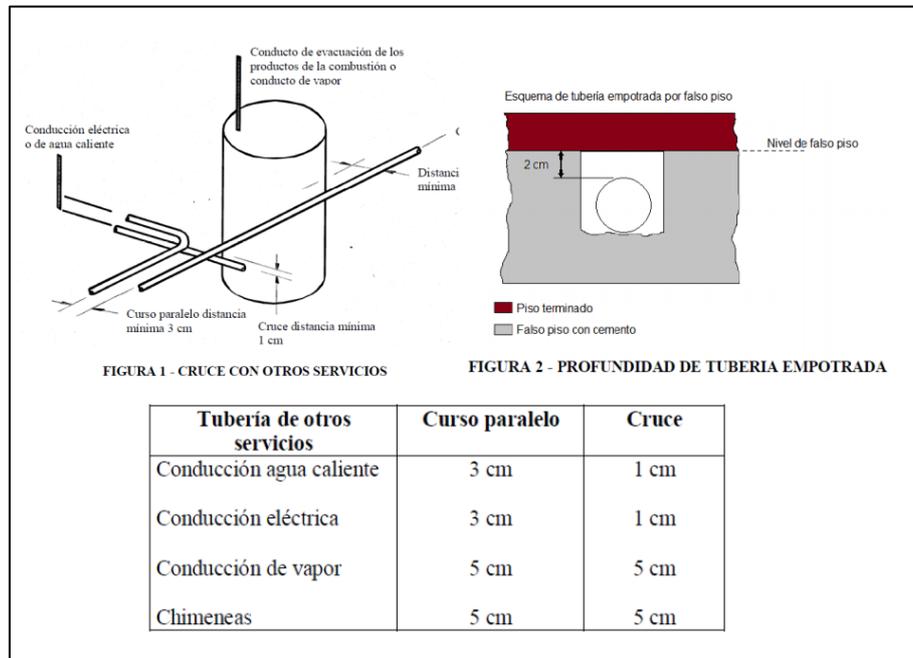
Razzeto, Rodolfo Santa María. (2016). Procedimiento de Certificación de Proyectos del Programa Bono Mivivienda Sostenible. Fondo Mivivienda, 1, 1-14. Recuperado de <https://www.mivivienda.com.pe/PORTALCMS/archivos/documentos/8586096294727711719.PDF>

Rojas López, M. D., Henao Grajales, M., & Valencia Corrales, M. E. (2017). Lean construction – LC bajo pensamiento Lean. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 115–128. Recuperado de <https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a6>

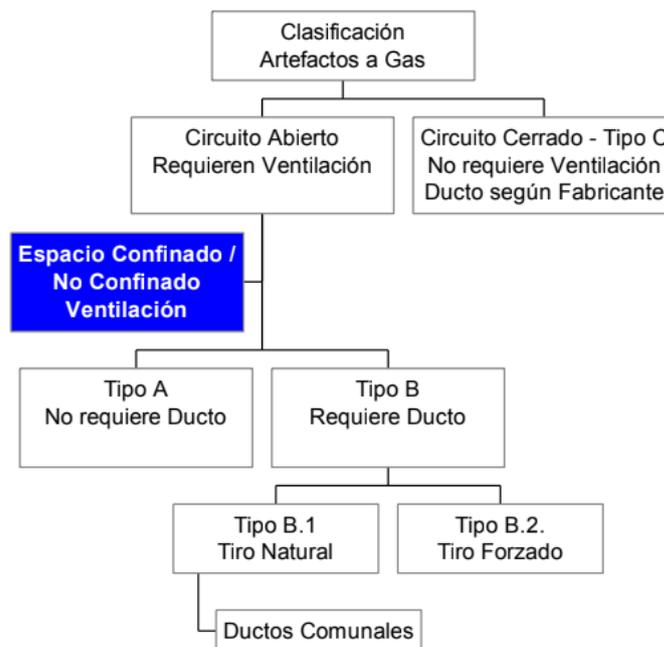
- Sacks, R., Eastman, C.M. and Lee, G. (2004). Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete. *Autom. Constr.*, 13, 291–312.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. and Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2010, 136(9): 968-980.
- Saldarriaga, Juan. (2018). El gas natural consolida su relevancia. 2018. Recuperado de El Comercio Sitio web: <https://elcomercio.pe/economia/peru/gas-natural-consolida-relevancia-noticia-574633>
- Técnica, N. (2014). *PERUANA GAS NATURAL SECO. Sistema de tuberías para instalaciones internas residenciales y comerciales*. Lima, Perú
- Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de *Lean Manufacturing* en los sistemas productivos. *Ciencia y sociedad*.
- Unión Fenosa Gas (2019). Newsletter UFG - Abril 2019. Usos y aplicaciones del gas natural. Recuperado de <https://www.unionfenosagas.com/es/Newsletter/NoticiaNewsletter/formas-uso-gas-natural-NL-abril-2019?p=ABRIL2019>
- Valencia, R. F. H., & Pereira, C. R. (2017). Los pros y contras al implementar el sistema *Last Planner* en un proyecto de edificación: un caso de estudio. *Ingenium*, 18(35), 91-104.
- Vatne, M.E. and Drevland, F. (2016). Practical benefits of using Takt-time planning: a case Sstudy. *Int. Gr. Lean Constr.*, no. 173, pp. 173–182. 2016.
- Womack, J. P., Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuste. Recuperado de <https://www.lean.org/Bookstore/ProductDetails.cfm?SelectedProductID=160>

## ANEXOS

### Anexo A: Sistema de tuberías – consideraciones generales



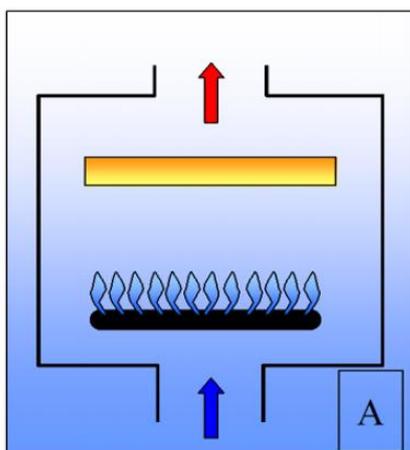
### Anexo B: Clasificación de gasodomésticos por su naturaleza



## Anexo C: Clasificación de gasodomésticos por su tipo

### Tipo A:

Es el artefacto diseñado para ser usado sin conexión a un conducto de evacuación de los productos de la combustión, dejando que éstos se mezclen con el aire del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el recinto interior o espacio interno en que está instalado el artefacto a gas.



- ☉ Cámara de Combustión abierta
- ☉ Sin conducto de evacuación
- ☉ Instalar en local de  $V > 12 \text{ m}^3$
- ☉ P. Total instalada  $< 207 \text{ W/m}^3$



Quegador



Intercambiador



Humo



Aire



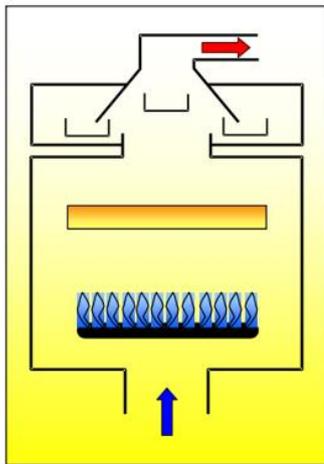
Cámara de  
Combustión  
Abierta

### Tipo B:

Es el artefacto diseñado para ser usado con conexión a un sistema de conducto de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el recinto interior o espacio interno en que está instalado el artefacto a gas. Se distinguen dos clases de artefactos tipo B:

- Tipo B.1:

Artefactos para conductos de evacuación por tiro natural.

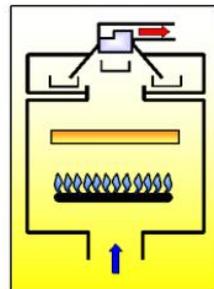


- ☉ Cámara de Combustión abierta
- ☉ Con conducto de evacuación
- ☉ Aire comburente del local
- ☉ Tiro Natural

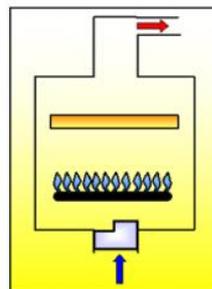
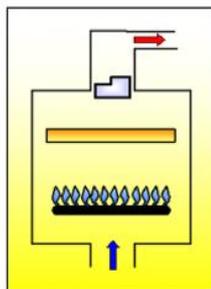


• Tipo B.2:

Artefactos para conductos de evacuación por tiro mecánico.



- ☉ Cámara de Combustión abierta
- ☉ Con conducto de evacuación
- ☉ Aire comburente del local
- ☉ Tiro Natural o forzado



**Tipo C:**

Es el artefacto diseñado para usarse con conexión a un sistema de conducto de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior del recinto en que está ubicado el artefacto; el aire para la combustión se obtiene desde el exterior del recinto en que está instalado el artefacto a gas. Los conductos deben ser herméticos con respecto al recinto donde se instalen.

- TIPO C1:

Son artefactos que tienen dos ductos concéntrico; uno para la toma de aire y el otro para evacuar.

- TIPO C2:

Son artefactos con solo ducto por donde toma el aire y a la vez evacuan los gases de la combustión.

- TIPO C3:

Son artefactos con dos ductos independiente uno par el aire y el otro para evacuar gases de la combustión.

Fuente: Norma EM 040, 2006



## Anexo D: Consumo de equipos a gas natural

ARTEFACTO A GAS	Consumo m <sup>3</sup> /h	Potencia kW	Tipo
<b>COCINA DOMESTICA</b>			
Tipo económico	0.11	1.1 (*)	A
Tipo mediano	0.15	1.6 (*)	A
Tipo americano	0.25	2.6 (*)	A
<b>COCINA COMERCIAL</b>			
Pequeña	0.42	4.3 (*)	A
Mediano	0.84	8.7 (*)	A
Grande	1.40	14.5 (*)	A
<b>HORNO DOMESTICO</b>			
Tubular	0.42	4.3 (*)	A
<b>HORNO COMERCIAL</b>			
Tubular pequeño	0.42	4.3 (*)	A
Tubular grande	0.84	8.7 (*)	A
<b>PLANCHA DOMESTICO</b>			
Circular	0.15	1.6 (*)	A
<b>PLANCHA COMERCIAL</b>			
Tubular	0.42	4.3 (*)	A
<b>FREIDORA</b>			
Tubular	0.42	4.3 (*)	A
<b>SECADORA DE ROPA</b>			
De 14 lbs (un quemador)	0.62	6.4	A
De 18 lbs (un quemador)	0.70	7.2	A
<b>CALENTADOR (agua)</b>			
De paso ODS	1.16	12.0	A
De paso 10 l/min Sin ODS	1.74	18.0	B
De paso 13 l/min Sin ODS	2.42	25.0	B
De tanque 10 galones	0.96	10.0	B
De tanque 30 galones	0.37	3.8	A
De tanque 30 galones	0.77	8.0	B
De tanque 40 galones	0.87	9.0	B
De tanque 60 galones	0.97	10.0	B

(\*)Por quemador

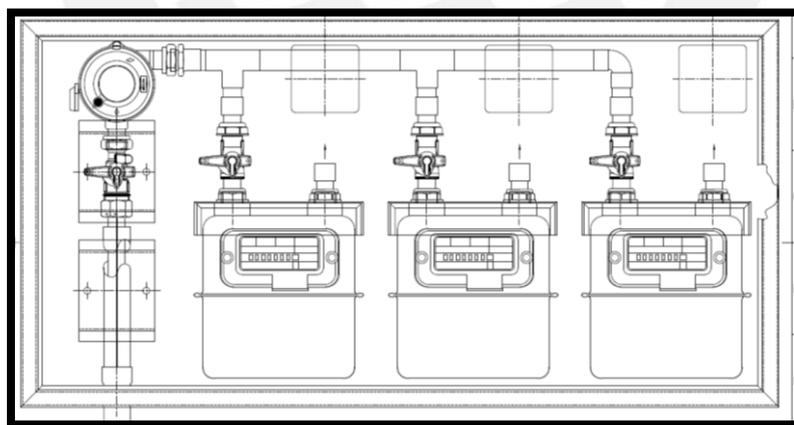
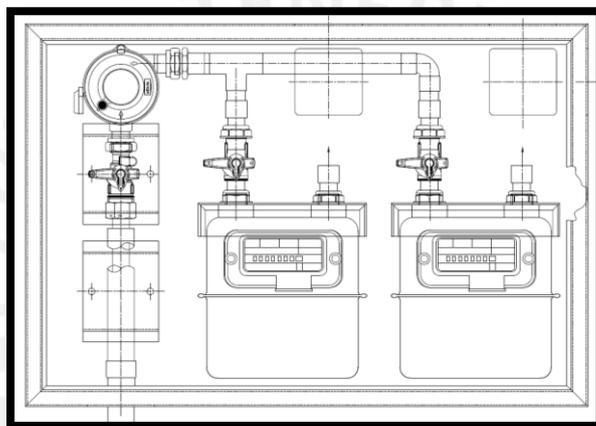
ODS : Con detector de CO.

NOTA : Valores de potencia referenciales. Para mayor exactitud revisar la placa del artefacto a gas natural.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 111.011, por INDECOPI, 2014.

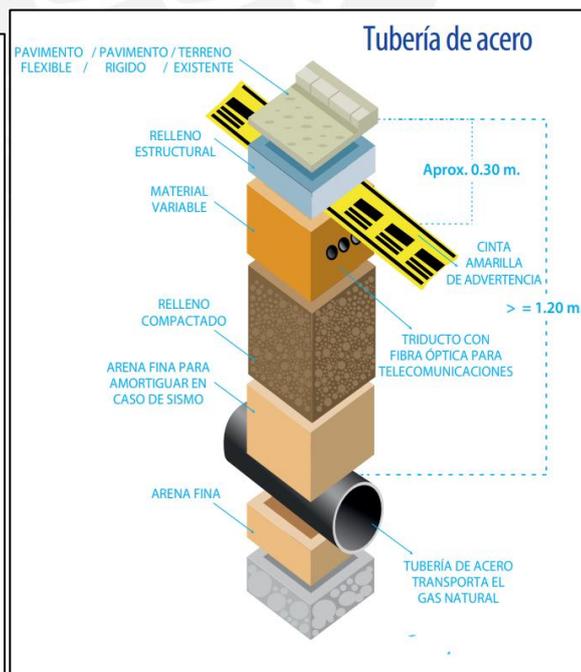
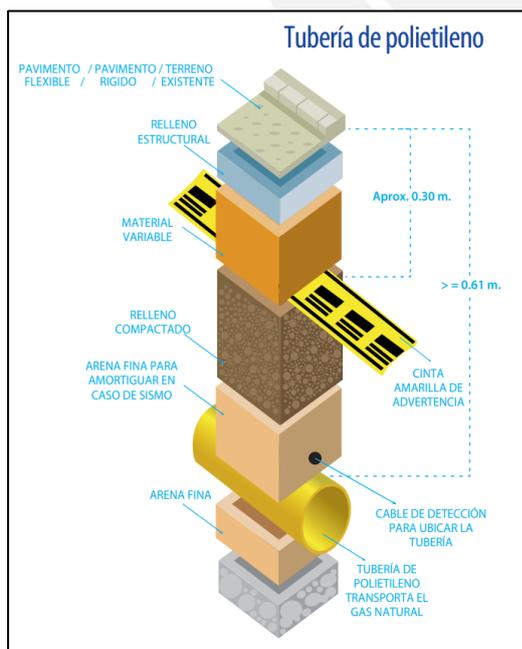
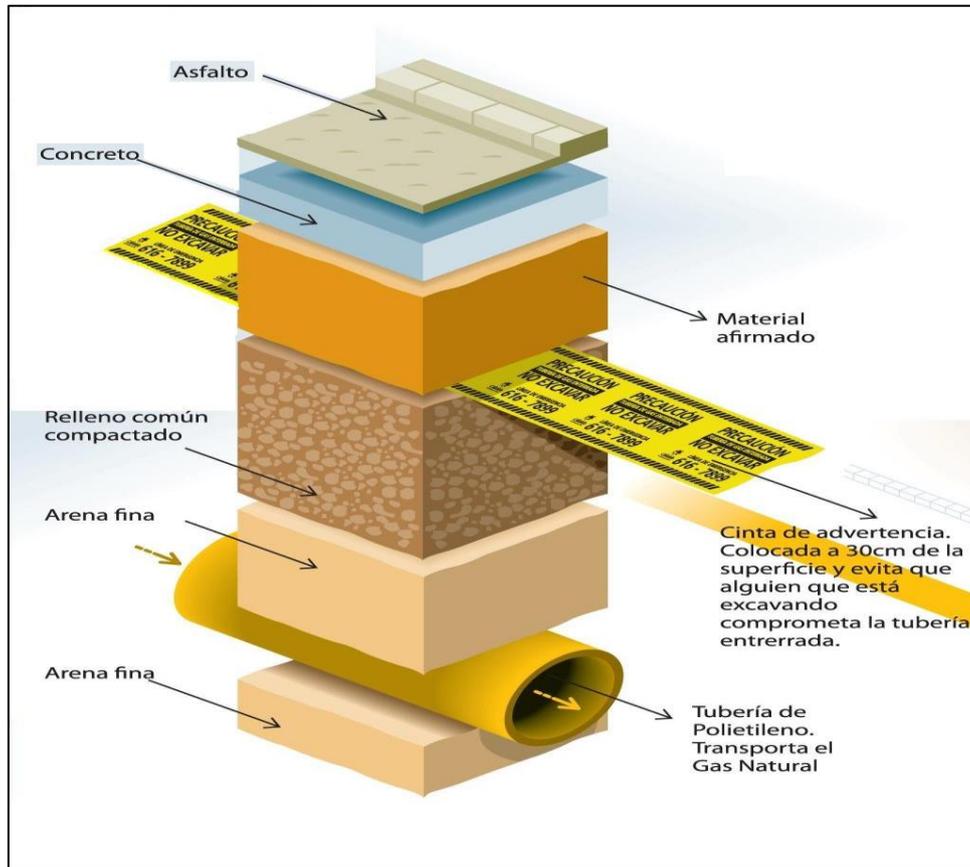
## Anexo E: Tipos de Gabinetes

Dimensiones Gabinetes		Dimensiones (mm)		
		Alto	Largo	Fondo
Tipo de Gabinete	Simple	375	370	190
	Doble	490	670	190
	Triple	490	898	190
	Cuádruple	490	1126	190
	Reg. S22	340	235	170
	G6/G10/G16	525	540	180



Fuente: Cálidda 2019

Anexo F: Protección de la Red



### Anexo G: Distancias de seguridad de la protección de la red

<b>Distancias mínimas del gasoducto de baja presión o ramal de polietileno (Presión máxima de operación de 5 bares), a edificaciones, otros servicios y estructuras enterradas</b>	
<b>Tipo de Interferencia</b>	<b>Distancia Mínima (m)</b>
Edificación	1.00
Cerco perimétrico para desplazamiento	0.50
Estructura enterrada	0.30
Tubería de desagüe	0.30
Buzón de desagüe	0.30
Línea telefónica	0.30
Cámara de registro (tv y telefonía)	0.30
Redes de Comunicación	0.30
Cable eléctrico de media y baja tensión enterrado con tubería de conexión	0.50
Cable eléctrico de media y baja tensión enterrado	0.50
Cable eléctrico de alta tensión enterrado	1.50
Puesta a tierra alta tensión	5.00
Puesta a tierra de media y baja tensión	1.00
Árbol ***	Variable
<b>*** Según criterios señalados en el informe Técnico: "Tratamientos Forestales en Arborización Urbana y "Estudio de Impacto Ambiental de Calidda"</b>	

Fuente: Calidda, 2019

## Anexo H: Identificación de la tubería de gas

- En la superficie:

<p><b>POSTE DE SEÑALIZACIÓN:</b></p> <p>Indica la presencia de red de tuberías de acero para la distribución del gas, incluye el nombre del operador, producto transportado y números de emergencia.</p> 	<p><b>POSTE DE MONITOREO DE POTENCIAL:</b></p> <p>De estructura similar a un poste de señalización, cuenta con un cable terminal en la parte superior, mediante el cual se realiza la medición del potencial de protección catódica.</p> 
--	--

- Bajo Tierra:

**CINTA DE ADVERTENCIA SOBRE TUBERÍAS ENTERRADAS:**

Instalada a 30 cm bajo la superficie, alerta la presencia de redes de gas a personas o empresas que realizan excavaciones.



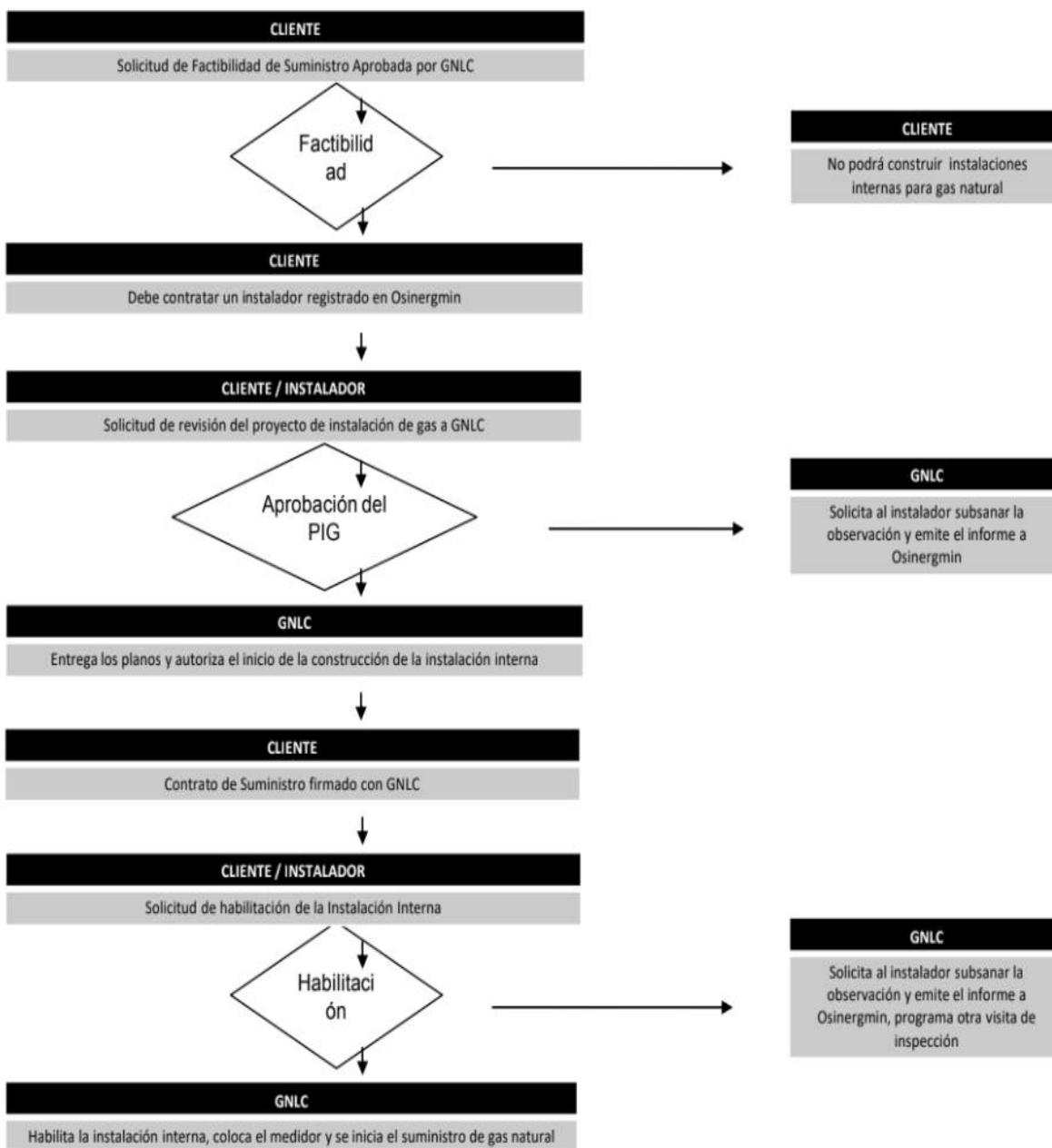
- Estaciones de clientes industriales:

**ACOMETIDA:**

Son las instalaciones que permiten el suministro de gas natural desde las redes de distribución hasta las instalaciones internas, las cuales son identificadas por señaléticas en las puertas.



## Anexo I: Flujograma – Procedimiento de Habilitación de Instalaciones Internas / Consumo > 10m<sup>3</sup>



Fuente: Procedimiento de Habilitación de Instalaciones Internas / Consumo > 10m<sup>3</sup>, Cálidda 2019.

## Anexo J: Parámetros exigidos por la norma vigente para la Prueba de Hermeticidad

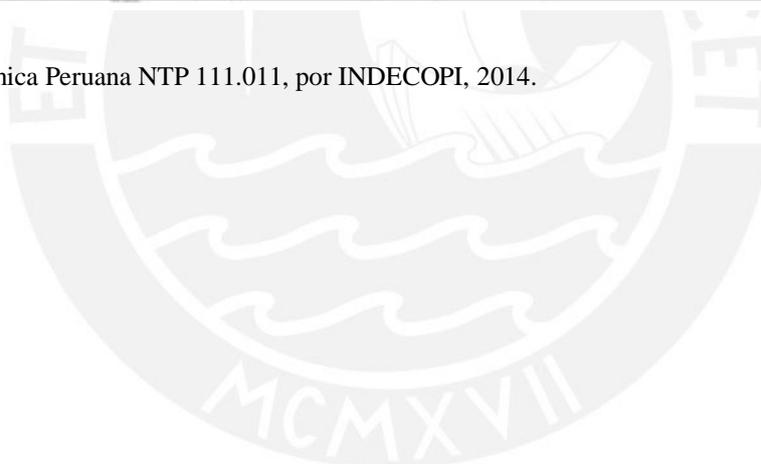
### RED INTERNA DE COBRE

Presión de operación en la tubería	Presión mínima de ensayo	Tiempo mínimo de ensayo
P ≤ 13.8 kPa (P ≤ 2 psig) (P ≤ 136 mbar)	55,2 kPa (8 psig) (544 mbar)	10 minutos
13,8 kPa < P ≤ 34,5 kPa (2 psig < P ≤ 5 psig) (138 mbar < P ≤ 340 mbar)	207 kPa (30 psig) (2,1 bar)	1 hora

### RED INTERNA DE PEALPE

Presión de operación en la tubería	Presión mínima de ensayo	Tiempo mínimo de ensayo
P ≤ 13.8 kPa (P ≤ 2 psig) (P ≤ 136 mbar)	82 kPa (12 psi) (827 mbar)	5 minutos
13,8 kPa < P ≤ 34,5 kPa (2 psig < P ≤ 5 psig) (138 mbar < P ≤ 340 mbar)	207 kPa (30 psig) (2,1 bar)	1 hora

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 111.011, por INDECOPI, 2014.



### Anexo K: Diseño de tuberías

Potencia por Dpto : 22.00 Kw		Presión Inicial: 340 mbar		P Atmosférica : 1,013 mbar		D relativa del Gas: 0.61		Regulador : RCABP - HUMCAR								
CÁLCULOS DE LA LÍNEA MONTANTE - - MONTANTE "A"																
Centro de Medición	Tramo	# Inst.	Pot. (kW)	L Real (m)	Q (m3/h)	Codo 90°	Codo 45°	Te a 180°	Te a 90°	L Equil. (m)	L total (m)	Ø Nominal (pulg)	Ø Real (mm)	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final (mbar)
MONTANTE "A" PISO N° 16 - CMx2	REG - T0	128	985.60	0.70	89.19	3	0	0	0	3.66	4.36	1 1/2"	38.240	16.16	4.016	
	T0 - T1	128	985.60	0.70	89.19	10	2	1	0	14.27	14.97	1 1/2"	38.240	16.33	13.880	
	T1 - T2	128	985.60	0.70	89.19	2	0	0	1	4.88	13.68	1 1/2"	38.240	16.49	12.812	
	T2 - T3	64	492.80	1.750	44.60	4	0	1	0	4.98	22.48	1 1/4"	32.130	11.81	13.940	
	T3 - T4	62	477.40	0.70	43.20	1	0	1	0	1.77	2.47	1 1/4"	32.130	11.45	1.454	
	T4 - T5	60	462.00	1.80	41.81	1	0	1	0	1.77	3.57	1 1/4"	32.130	11.10	1.983	
	T5 - T6	58	446.60	0.70	40.42	1	0	1	0	1.77	2.47	1 1/4"	32.130	10.74	1.291	
	T6 - T7	56	431.20	1.80	39.02	1	0	1	0	1.77	3.57	1 1/4"	32.130	10.38	1.753	
	T7 - T8	54	415.80	0.70	37.63	1	0	1	0	1.77	2.47	1 1/4"	32.130	10.02	1.136	
	T8 - T9	52	400.40	1.80	36.24	1	0	1	0	1.77	3.57	1 1/4"	32.130	9.66	1.535	
	T9 - T10	50	385.00	0.70	34.84	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	14.17	2.186	
	T10 - T11	48	422.40	1.80	38.23	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	15.59	4.035	
	T11 - T12	46	404.80	0.70	36.63	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	14.97	2.407	
	T12 - T13	44	387.20	1.80	35.04	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	14.36	3.461	
	T13 - T14	42	369.60	0.70	33.45	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	13.73	2.048	
	T14 - T15	40	352.00	1.80	31.86	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	13.10	2.921	
	T15 - T16	38	334.40	0.70	30.26	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	12.47	1.714	
	T16 - T17	36	316.80	1.80	28.67	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	11.83	2.420	
	T17 - T18	34	299.20	0.70	27.08	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	11.19	1.404	
	T18 - T19	32	281.60	1.80	25.48	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	10.55	1.958	
	T19 - T20	30	264.00	0.70	23.89	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	9.89	1.121	
	T20 - T21	28	246.40	1.80	22.30	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	9.25	1.539	
	T21 - T22	26	228.80	0.70	20.71	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	8.59	0.866	
	T22 - T23	24	211.20	1.80	19.11	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	7.94	1.165	
	T23 - T24	22	193.60	0.70	17.52	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	7.28	0.640	
	T24 - T25	20	176.00	1.80	15.93	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	6.62	0.837	
	T25 - T26	18	158.40	0.70	14.33	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	5.96	0.444	
	T26 - T27	16	140.80	1.80	12.74	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	5.30	0.558	
	T27 - T28	14	138.60	0.70	12.54	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	5.22	0.349	
	T28 - T29	12	118.80	1.80	10.75	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	4.48	0.410	
	T29 - T30	10	99.00	0.70	8.96	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	3.73	0.189	
	T30 - T31	8	79.20	1.80	7.17	1	0	1	0	1.04	2.84	3/4"	19.950	5.09	0.653	
	T31 - T32	6	66.00	0.70	5.97	1	0	1	0	1.04	1.74	3/4"	19.950	4.24	0.287	
T32 - T33	4	48.40	1.80	4.38	1	0	1	0	1.04	2.84	3/4"	19.950	3.11	0.267		
T33 - CMx3	2	30.80	1.70	2.79	3	0	1	0	2.26	3.96	3/4"	19.950	1.98	0.163		
Caída de presión acumulada															87.842	APROBADO
PISO N° 16 - CMx2	T33 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	252.20
	Caída de presión acumulada															87.800
PISO N° 15 - CMx2	T32 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	252.47
	Caída de presión acumulada															87.534
PISO N° 15 - CMx2	T31 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	252.75
	Caída de presión acumulada															87.246
PISO N° 14 - CMx2	T30 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	253.41
	Caída de presión acumulada															86.593
PISO N° 14 - CMx2	T29 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	253.60
	Caída de presión acumulada															86.404
PISO N° 13 - CMx2	T28 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	254.01
	Caída de presión acumulada															85.994
PISO N° 13 - CMx2	T27 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	254.35
	Caída de presión acumulada															85.646
PISO N° 12 - CMx2	T26 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	254.91
	Caída de presión acumulada															85.087
PISO N° 12 - CMx2	T25 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	255.36
	Caída de presión acumulada															84.643
PISO N° 11 - CMx2	T24 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	256.19
	Caída de presión acumulada															83.806
PISO N° 11 - CMx2	T23 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	256.83
	Caída de presión acumulada															83.166
PISO N° 10 - CMx2	T22 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	258.00
	Caída de presión acumulada															82.002
PISO N° 10 - CMx2	T21 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	258.86
	Caída de presión acumulada															81.136
PISO N° 9 - CMx2	T20 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	260.40
	Caída de presión acumulada															79.597
PISO N° 9 - CMx2	T19 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	261.52
	Caída de presión acumulada															78.476
PISO N° 8 - CMx2	T18 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	263.48
	Caída de presión acumulada															76.517
PISO N° 8 - CMx2	T17 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	264.89
	Caída de presión acumulada															75.113
PISO N° 7 - CMx2	T16 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	267.31
	Caída de presión acumulada															72.693
PISO N° 7 - CMx2	T15 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	269.02
	Caída de presión acumulada															70.980
PISO N° 6 - CMx2	T14 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	271.94
	Caída de presión acumulada															68.058
PISO N° 6 - CMx2	T13 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	273.99
	Caída de presión acumulada															66.010
PISO N° 5 - CMx1	T12 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	277.45
	Caída de presión acumulada															62.549
PISO N° 5 - CMx2	T11 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	279.86
	Caída de presión acumulada															60.143
PISO N° 4 - CMx2	T10 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	283.89
	Caída de presión acumulada															56.107
PISO N° 4 - CMx2	T9 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	286.08
	Caída de presión acumulada															53.921
PISO N° 3 - CMx2	T8 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	287.61
	Caída de presión acumulada															52.386
PISO N° 3 - CMx2	T7 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	288.75
	Caída de presión acumulada															51.250
PISO N° 2 - CMx2	T6 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	290.50
	Caída de presión acumulada															49.497
PISO N° 2 - CMx2	T5 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	291.79
	Caída de presión															

Potencia por Dpto : <b>22.00</b> Kw Presión Inicial: <b>340</b> mbar														P Atmosférica : <b>1.013</b> mbar D relativa del Gas: <b>0.61</b>			Regulador : <b>RCABP - HUMCAR</b>		
CÁLCULOS DE LA LÍNEA MONTANTE - MONTANTE "B"																			
Centro de Medición	Tramo	# Inst.	Pot. (kW)	L Real (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Codo 90°	Codo 45°	Te a 180°	Te a 90°	L Equil. (m)	L total (m)	Ø Nominal (pulg)	Ø Real (mm)	Velocidad (m/s)	Ap (mbar)	Presión Final (mbar)			
MONTANTE "B" PISO N° 16 - CMx2	REG - T0	128	985.60	0.70	89.19	3	0	0	0	3.66	4.36	1 1/2"	38.240	16.16	4.016				
	T0 - T1	128	985.60	0.70	89.19	10	2	1	0	14.27	14.97	1 1/2"	38.240	16.33	13.880				
	T1 - T2	128	985.60	8.80	89.19	2	0	0	1	4.88	13.68	1 1/2"	38.240	16.49	12.812				
	T2 - T34	64	492.80	12.50	44.60	4	0	1	0	4.98	17.48	1 1/4"	32.130	11.78	10.827				
	T34 - T35	62	477.40	0.70	43.20	1	0	1	0	1.77	2.47	1 1/4"	32.130	11.42	1.451				
	T35 - T36	60	462.00	1.80	41.81	1	0	1	0	1.77	3.57	1 1/4"	32.130	11.07	1.978				
	T36 - T37	58	446.60	0.70	40.42	1	0	1	0	1.77	2.47	1 1/4"	32.130	10.71	1.288				
	T37 - T38	56	431.20	1.80	39.02	1	0	1	0	1.77	3.57	1 1/4"	32.130	10.36	1.749				
	T38 - T39	54	415.80	0.70	37.63	1	0	1	0	1.77	2.47	1 1/4"	32.130	10.00	1.134				
	T39 - T40	52	400.40	1.80	36.24	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	14.70	3.641				
	T40 - T41	50	385.00	0.70	34.84	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	14.15	2.184				
	T41 - T42	48	422.40	1.80	38.23	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	15.58	4.032				
	T42 - T43	46	404.80	0.70	36.63	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	14.96	2.405				
	T43 - T44	44	387.20	1.80	35.04	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	14.35	3.458				
	T44 - T45	42	369.60	0.70	33.45	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	13.72	2.047				
	T45 - T46	40	352.00	1.80	31.86	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	13.09	2.919				
	T46 - T47	38	334.40	0.70	30.26	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	12.46	1.712				
	T47 - T48	36	316.80	1.80	28.67	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	11.82	2.418	253.21			
	T48 - T49	34	299.20	0.70	27.08	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	11.18	1.403				
	T49 - T50	32	281.60	1.80	25.48	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	10.54	1.957				
	T50 - T51	30	264.00	0.70	23.89	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	9.89	1.120				
	T51 - T52	28	246.40	1.80	22.30	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	9.24	1.538				
	T52 - T53	26	228.80	0.70	20.71	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	8.58	0.865				
	T53 - T54	24	211.20	1.80	19.11	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	7.93	1.164				
	T54 - T55	22	193.60	0.70	17.52	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	7.27	0.639				
	T55 - T56	20	176.00	1.80	15.93	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	6.62	0.836				
	T56 - T57	18	158.40	0.70	14.33	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	5.96	0.444				
	T57 - T58	16	140.80	1.80	12.74	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	5.30	0.558				
	T58 - T59	14	138.60	0.70	12.54	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	5.22	0.348				
	T59 - T60	12	118.80	1.80	10.75	1	0	1	0	1.28	3.08	1"	26.040	4.47	0.410				
	T60 - T61	10	99.00	0.70	8.96	1	0	1	0	1.28	1.98	1"	26.040	3.73	0.189				
	T61 - T62	8	79.20	1.80	7.17	1	0	1	0	1.04	2.84	3/4"	19.950	5.08	0.652				
	T62 - T63	6	66.00	0.70	5.97	1	0	1	0	1.04	1.74	3/4"	19.950	4.24	0.287				
	T63 - T64	4	48.40	1.80	4.38	1	0	1	0	1.04	2.84	3/4"	19.950	3.11	0.266				
	T64 - CMx3	2	30.80	1.70	2.79	3	0	1	0	2.26	3.96	3/4"	19.950	1.98	0.163				
	Caída de presión acumulada															86.789	APROBADO		
	PISO N° 16 - CMx2	T64 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	253.25		
	Caída de presión acumulada															86.747	APROBADO		
	PISO N° 15 - CMx2	T63 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	253.52		
	Caída de presión acumulada															86.481	APROBADO		
	PISO N° 15 - CMx2	T62 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	253.81		
	Caída de presión acumulada															86.194	APROBADO		
	PISO N° 14 - CMx2	T61 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	254.46		
	Caída de presión acumulada															85.541	APROBADO		
	PISO N° 14 - CMx2	T60 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	254.65		
	Caída de presión acumulada															85.352	APROBADO		
	PISO N° 13 - CMx2	T59 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	255.06		
	Caída de presión acumulada															84.943	APROBADO		
	PISO N° 13 - CMx1	T58 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	255.41		
	Caída de presión acumulada															84.594	APROBADO		
	PISO N° 12 - CMx2	T57 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	255.96		
	Caída de presión acumulada															84.037	APROBADO		
	PISO N° 12 - CMx2	T56 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	256.41		
	Caída de presión acumulada															83.593	APROBADO		
	PISO N° 11 - CMx2	T55 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	257.24		
	Caída de presión acumulada															82.756	APROBADO		
	PISO N° 11 - CMx2	T54 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	257.88		
	Caída de presión acumulada															82.117	APROBADO		
	PISO N° 10 - CMx2	T53 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	259.05		
	Caída de presión acumulada															80.953	APROBADO		
	PISO N° 10 - CMx2	T52 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	259.91		
	Caída de presión acumulada															80.089	APROBADO		
	PISO N° 9 - CMx2	T51 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	261.45		
	Caída de presión acumulada															78.550	APROBADO		
PISO N° 9 - CMx2	T50 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	262.57			
Caída de presión acumulada															77.431	APROBADO			
PISO N° 8 - CMx2	T49 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	264.53			
Caída de presión acumulada															75.474	APROBADO			
PISO N° 8 - CMx2	T48 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	265.93			
Caída de presión acumulada															74.071	APROBADO			
PISO N° 7 - CMx2	T47 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	268.35			
Caída de presión acumulada															71.653	APROBADO			
PISO N° 7 - CMx2	T46 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	270.06			
Caída de presión acumulada															69.940	APROBADO			
PISO N° 6 - CMx2	T45 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	272.98			
Caída de presión acumulada															67.021	APROBADO			
PISO N° 6 - CMx2	T44 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	275.03			
Caída de presión acumulada															64.975	APROBADO			
PISO N° 5 - CMx1	T43 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	278.48			
Caída de presión acumulada															61.517	APROBADO			
PISO N° 5 - CMx2	T42 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	280.89			
Caída de presión acumulada															59.112	APROBADO			
PISO N° 4 - CMx2	T41 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	284.92			
Caída de presión acumulada															55.080	APROBADO			
PISO N° 4 - CMx2	T40 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	287.10			
Caída de presión acumulada															52.896	APROBADO			
PISO N° 3 - CMx2	T39 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	290.75			
Caída de presión acumulada															49.255	APROBADO			
PISO N° 3 - CMx2	T38 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	291.88			
Caída de presión acumulada															48.121	APROBADO			
PISO N° 2 - CMx2	T37 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	293.63			
Caída de presión acumulada															46.373	APROBADO			
PISO N° 2 - CMx2	T36 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2	0	0	1	2.44	3.14	3/4"	19.950	1.85	0.121	294.92			
Caída de presión acumulada															45.084	APROBADO			
PISO N° 1 - CMx2	T35 - CMx2	2	30.80	0.70	2.79	2													

CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	9.15	1.99	5	0	0	0	5.50	14.65	2.000	PAP 20-25	1.72	0.356	19.60
	T1 - TER	12.00	7.75	1.09	5	0	1	0	8.80	16.55	1.200	PAP 12-16	2.61	1.539	
Calda de presión acumulada														1.895	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	9.15	1.99	5	0	0	0	5.50	14.65	2.000	PAP 20-25	1.72	0.356	20.11
	T1 - COC	10.00	3.85	0.90	7	0	0	1	12.10	15.95	1.200	PAP 12-16	2.18	1.030	
Calda de presión acumulada														1.386	APROBADO

CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	12.25	1.99	5	0	0	0	5.50	17.75	2.000	PAP 20-25	1.72	0.431	19.67
	T1 - TER	12.00	7.70	1.09	4	0	1	0	7.30	15.00	1.200	PAP 12-16	2.61	1.395	
Calda de presión acumulada														1.826	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	12.25	1.99	5	0	0	0	5.50	17.75	2.000	PAP 20-25	1.72	0.431	20.04
	T1 - COC	10.00	3.80	0.90	7	0	0	1	12.10	15.90	1.200	PAP 12-16	2.18	1.027	
Calda de presión acumulada														1.458	APROBADO

CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	13.35	1.99	5	0	0	0	5.50	18.85	2.000	PAP 20-25	1.72	0.458	19.52
	T1 - TER	12.00	7.60	1.09	5	0	1	0	8.80	16.40	1.200	PAP 12-16	2.61	1.525	
Calda de presión acumulada														1.983	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	13.35	1.99	5	0	0	0	5.50	18.85	2.000	PAP 20-25	1.72	0.458	20.01
	T1 - COC	10.00	3.80	0.90	7	0	0	1	12.10	15.90	1.200	PAP 12-16	2.18	1.027	
Calda de presión acumulada														1.485	APROBADO

CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	9.30	1.99	5	0	0	0	5.50	14.80	2.000	PAP 20-25	1.72	0.360	19.60
	T1 - TER	12.00	7.75	1.09	5	0	1	0	8.80	16.55	1.200	PAP 12-16	2.61	1.539	
Calda de presión acumulada														1.899	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	9.30	1.99	5	0	0	0	5.50	14.80	2.000	PAP 20-25	1.72	0.360	20.11
	T1 - COC	10.00	3.80	0.90	7	0	0	1	12.10	15.90	1.200	PAP 12-16	2.18	1.027	
Calda de presión acumulada														1.387	APROBADO

CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	9.15	1.99	5	0	0	0	5.50	14.65	2.000	PAP 20-25	1.72	0.356	19.60
	T1 - TER	12.00	7.75	1.09	5	0	1	0	8.80	16.55	1.200	PAP 12-16	2.61	1.539	
Caldas de presión acumulada														1.895	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	9.15	1.99	5	0	0	0	5.50	14.65	2.000	PAP 20-25	1.72	0.356	20.11
	T1 - COC	10.00	3.85	0.90	7	0	0	1	12.10	15.95	1.200	PAP 12-16	2.18	1.030	
Caldas de presión acumulada														1.386	APROBADO

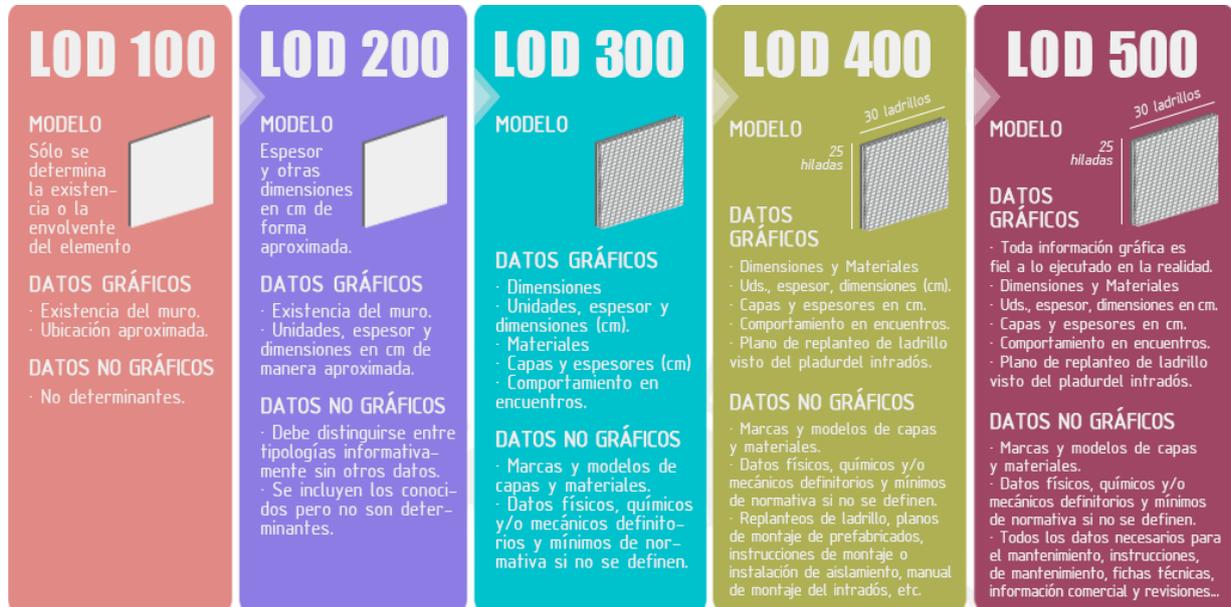
CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	12.25	1.99	5	0	0	0	5.50	17.75	2.000	PAP 20-25	1.72	0.431	19.67
	T1 - TER	12.00	7.70	1.09	4	0	1	0	7.30	15.00	1.200	PAP 12-16	2.61	1.395	
Caldas de presión acumulada														1.826	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	12.25	1.99	5	0	0	0	5.50	17.75	2.000	PAP 20-25	1.72	0.431	20.04
	T1 - COC	10.00	3.80	0.90	7	0	0	1	12.10	15.90	1.200	PAP 12-16	2.18	1.027	
Caldas de presión acumulada														1.458	APROBADO

CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	13.35	1.99	5	0	0	0	5.50	18.85	2.000	PAP 20-25	1.72	0.458	19.52
	T1 - TER	12.00	7.60	1.09	5	0	1	0	8.80	16.40	1.200	PAP 12-16	2.61	1.525	
Caldas de presión acumulada														1.983	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	13.35	1.99	5	0	0	0	5.50	18.85	2.000	PAP 20-25	1.72	0.458	20.01
	T1 - COC	10.00	3.80	0.90	7	0	0	1	12.10	15.90	1.200	PAP 12-16	2.18	1.027	
Caldas de presión acumulada														1.485	APROBADO

CÁLCULOS DE LA LÍNEA INDIVIDUAL INTERNA															
Artefacto	Tramo	Pot (Kw)	L Real (m)	Q (M3/h)	Codos 90	Codos 45	Tesa 180	Tesa 90	L Equiv. (m)	L total (m)	Ø Real (cm)	Ø Nominal	Velocidad (m/s)	Δp (mbar)	Presión Final
TERMA	CM - T1	22.00	9.30	1.99	5	0	0	0	5.50	14.80	2.000	PAP 20-25	1.72	0.360	19.60
	T1 - TER	12.00	7.75	1.09	5	0	1	0	8.80	16.55	1.200	PAP 12-16	2.61	1.539	
Caldas de presión acumulada														1.899	APROBADO
COCINA	CM - T1	22.00	9.30	1.99	5	0	0	0	5.50	14.80	2.000	PAP 20-25	1.72	0.360	20.11
	T1 - COC	10.00	3.80	0.90	7	0	0	1	12.10	15.90	1.200	PAP 12-16	2.18	1.027	
Caldas de presión acumulada														1.387	APROBADO

Fuente: Tomado de Proyecto de Comas, 2018

## Anexo L: Level Of Development (LOD)



Fuente: Tomado de BIMND , ¿Qué es LOD en la metodología BIM?, 2017



## Anexo N: Ficha Técnica de Tubería PEALPE

TCL	<b>FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO</b> Tubería multicapa PEALPE para instalaciones domiciliarias de gas natural –uso en interiores	Revisión: 2014-07-23
-----	--	----------------------



DESCRIPCIÓN:	Tubería multicapa PEALPE
MARCA COMERCIAL	TCL
REFERENCIAS	HDPE/AL/HDPE 1216 –Gas Natural HDPE/AL/HDPE 1418 –Gas Natural HDPE/AL/HDPE 1620 –Gas Natural HDPE/AL/HDPE 2025 –Gas Natural
APLICACIONES Y USOS:	Se utiliza en instalaciones domiciliarias de gas para usos interiores.
MATERIALES DE FABRICACIÓN	Capa exterior: HDPE, amarilla (ISO 4437) Capa interior: HDPE, negra (ISO 4437) Capa intermedia: Aluminio (EN 573-3)
DIMENSIONES	<p>HDPE/AL/HDPE 1216 –Gas Natural Diámetro nominal: 16mm Designación: 1216 Diámetro interior : 12mm</p> <p>HDPE/AL/HDPE 1418 –Gas Natural Diámetro nominal: 18mm Designación: 1418 Diámetro interior : 14mm</p> <p>HDPE/AL/HDPE 1620–Gas Natural Diámetro nominal: 20mm Designación: 1620 Diámetro interior : 16mm</p> <p>HDPE/AL/HDPE 2025 –Gas Natural Diámetro nominal: 25mm Designación: 2025 Diámetro interior : 20mm</p>

NORMA DE FABRICACIÓN	AS 4176.8:2010; ISO 17484-1: 2006, NTC 6015:2013
TIPO DE TUBERÍA	Soldada a tope continuamente mediante atmósfera controlada de gas inerte (TIG). Tubería multicapa M y de Construcción Grupo <b>Tipo B</b> : Con capa intermedia metálica (Aluminio)
CERTIFICADOS DE CONFORMIDAD CON NORMA TÉCNICA	Cada lote de tubería se certifica con base en la norma AS 4176.8:2010, ISO 17484-1: 2006
PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN PERMITIDA PARA PEALPE USO EN GAS	72,5PSI (5 bar) CLASE 500
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-20 a + 60 °C
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO	HDPE/AL/HDPE 1216 –Gas Natural: Rollo x 200m  HDPE/AL/HDPE 1418 –Gas Natural Rollo x 200m  HDPE/AL/HDPE 1620–Gas Natural Rollo x 200m  HDPE/AL/HDPE 2025 –Gas Natural Rollo x 100m
PESO UNITARIO PROMEDIO	23kg
ROTULADO Y MARCACIÓN DEL PRODUCTO(*) (Ilustrativo para 1216)	Todas las tuberías estarán marcadas de manera legible, clara e indeleble con letras de una altura mínima de 3mm.  001m -  TCL- DN/OD16 (12-16)x e <sub>n</sub> 2, PE/AL/PE, GAS NATURAL - PN 5 (72,5psi) CLASE 500 -20°C≤T≤60°C – ISO 17484, AS-4176.8, NTC6015- L-xxx (yy/mm/dd) – Fabricado en España por GPF.  001m: indica el primer metro de tubería; el segundo metro de tubo se indica como 002m y así de manera secuencial hasta completar los 100m ó 200m del rollo. La tubería es rotulada de manera que la longitud marcada no excede 1m.
COLOR DE LA TUBERÍA	Capa externa: Amarilla o blanca Capa interna: Negra de conformidad con los requisitos de HDPE negro, uso con gas natural.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y PRECAUCIONES EN EL MANEJO DEL PRODUCTO:	
<p><b><u>La tubería no debe ser expuesta a condiciones de intemperie tales como: Acción directa de la luz solar (rayos UV), lluvia, polvo durante su almacenamiento transporte o instalación. (Solo se autoriza su uso para la instalación interna de gas)</u></b></p> <p><u>Las operaciones de almacenamiento, movilización e instalación del producto deben realizarse de modo que no comprometa el estado de la calidad.</u></p> <p><u>Se debe evitar rayar la capa exterior de Polietileno de la tubería durante el almacenamiento, movilización o instalación.</u></p> <p><u>Se debe evitar la perforación parcial o total de la tubería con objetos punzantes.</u></p> <p><u>La tubería no debe ser expuesta a temperaturas iguales o superiores a los 60°C</u></p> <p><u>La tubería debe ser doblada con el uso las herramientas de doblado (resorte interno, externo o dobla tubo para PEALPE)</u></p> <p><u>Bajo ninguna circunstancia debe utilizarse la dobladora de cobre con tubería PEALPE.</u></p> <p><u>Se debe evitar fatigar el material de la tubería al momento de realizar dobleces. (No doblar repetidamente la tubería)</u></p>	<p>Para tuberías TCL el diámetro mínimo de enrollado es mayor a 15 veces el diámetro externo medio de la tubería y por encima del mínimo establecido de 350mm. A su vez el diámetro máximo de enrollado no excede el valor máximo permitido de 1500 mm.</p> <p>Almacenamiento en recintos cerrados, en cajas sobre estibas de madera para protegerlos de la humedad el suelo.</p> <p>Las estibas de madera de 1mx 1.2m de base pueden apilar una altura máxima de 1.5m.</p> <p>Se debe evitar doblar la tubería a un radio menor de 2,5 veces el diámetro exterior del tubo aun cuando se utilicen las herramientas respectivas.</p> <p>No se debe aplicar esfuerzos de torsión sobre la tubería.</p> <p>Se debe evitar el contacto de la tubería con disolventes u otras sustancias extrañas que produzcan efectos adversos sobre la misma.</p> <p>La tubería debe estar adecuadamente sujetados por zunchos sostenidos con grapas plásticas</p> <p>La tubería debe ser apilada en forma horizontal, para evitar que se produzca ovalación en la tubería.</p> <p>La compatibilidad de la tubería TCL con los accesorios de la misma marca es verificada bajos la tabla 4 de la AS 4176.8:2010 e ISO 17484-1:2006</p>



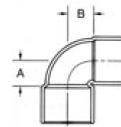
## Anexo O: Ficha Técnica de Tubería de Cobre



### Solder-Joint: Pressure Fittings

### Wrot Copper 90 Deg. Elbow - Close Ruff

107C  
90 Deg. Elbow - Close Ruff  
CXC



Part Number	Nominal Size in Inches	O.D. Size in Inches	Box Quantity	Master Pack	Approx. Net Wt.	Dim. A	Dim. B
31260	1/8	1/4	50	1000	0.008	3/8	3/8
31262	1/4	3/8	50	1000	0.012	3/8	3/8
31266	3/8	1/2	50	1000	0.026	13/32	13/32
31272	1/2	5/8	100	1000	0.044	25/64	25/64
31280	5/8	3/4	25	250	0.069	17/32	17/32
31288	3/4	7/8	50	500	0.096	9/16	9/16
31296	1	1 1/8	20	200	0.208	47/64	47/64
31306	1 1/4	1 3/8	25	200	0.259	15/16	15/16
31314	1 1/2	1 5/8	20	120	0.371	1 11/64	1 11/64
31322	2	2 1/8	10	80	0.805	1 29/64	1 29/64
31330	2 1/2	2 5/8	5	40	1.180	1 21/32	1 21/32
31338	3	3 1/8	3	24	1.920	1 61/64	1 61/64
31346	3 1/2	3 5/8	1	8	2.728	2 7/32	2 7/32
31352	4	4 1/8	1	8	4.557	2 17/32	2 17/32
31360	5	5 1/8	1	1	8.586	3 1/8	3 1/8
31368	6	6 1/8	1	1	15.200	3 3/16	3 3/16
31371	8	8 1/8	1	1	37.000	5 1/8	5 1/8

## Solder-Joint: Pressure Fittings Wrot Copper Coupling with Stop

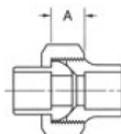
100  
Coupling with Stop  
CXC



Part Number	Nominal Size in Inches	O.D. Size in Inches	Box Quantity	Master Pack	Approx. Net Wt.	Dim. A
30896	1/4	3/8	50	1000	0.008	3/32
30898	3/8	1/2	50	1000	0.015	3/32
30900	1/2	5/8	100	1000	0.024	3/32
30902	5/8	3/4	25	500	0.041	3/32
30904	3/4	7/8	50	500	0.056	3/32
30906	7/8	1	10	200	0.084	3/32
30908	1	1 1/8	25	250	0.122	3/32
30910	1 1/4	1 3/8	20	200	0.144	3/32
30914	1 1/2	1 5/8	10	100	0.216	3/32
30916	2	2 1/8	5	50	0.391	3/32
30918	2 1/2	2 5/8	5	50	0.624	3/32
30920	3	3 1/8	5	40	0.909	3/32
30922	3 1/2	3 5/8	1	16	1.369	3/32
30924	4	4 1/8	2	16	1.966	3/32
30926	5	5 1/8	1	6	3.365	3/16
30928	6	6 1/8	1	6	5.262	3/16
30930	8	8 1/8	1	1	12.941	1/8

## Solder-Joint: Pressure Fittings: Wrot Copper Union

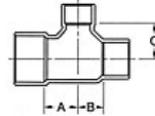
102  
Union  
CXC



Part Number	Nominal Size in Inches	O.D. Size in Inches	Box Quantity	Master Pack	Approx. Net Wt.	Dim. A
33576	1/4	3/8	25	500	0.113	13/32
33578	3/8	1/2	25	250	0.131	27/64
33580	1/2	5/8	25	250	0.114	1/2
33582	3/4	7/8	20	200	0.257	21/32
33584	1	1 1/8	10	100	0.557	7/16
33585	1 1/4	1 3/8	5	50	0.698	7/16
33586	1 1/2	1 5/8	5	50	0.878	29/64
33587	2	2 1/8	2	20	1.499	15/32

## Solder-Joint: Pressure Fittings: Wrot Copper Tee

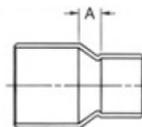
111  
Tee  
CXCXC



Part Number	Nominal Size in Inches	O.D. Size in Inches	Box Quantity	Master Pack	Approx. Net Wt.	Dim. A	Dim. B	Dim. C
32606	1/8	1/4	50	1000	0.016	13/64	13/64	7/32
32602		3/16	50	1000	0.009	3/16	3/16	3/16
32622		5/16	50	1000	0.020	7/32	7/32	9/32
32640	1/4	3/8	50	1000	0.028	17/64	17/64	1/4
32668	3/8	1/2	50	5000	0.045	5/16	5/16	3/8
32700	1/2	5/8	50	5000	0.059	21/64	21/64	11/32
32732	5/8	3/4	25	250	0.110	7/16	7/16	1/2
32768	3/4	7/8	25	250	0.131	1/2	1/2	7/16
32818	1	1 1/8	10	100	0.263	21/32	21/32	21/32
32866	1 1/4	1 3/8	5	50	.400	53/64	53/64	51/64
32910	1 1/2	1 5/8	50	50	0.544	55/64	55/64	15/16
32970	2	2 1/8	5	40	1.082	1 1/16	1 1/16	1 15/64
33030	2 1/2	2 5/8	1	10	1.961	1 21/32	1 21/32	1 11/16
33124	3	3 1/8	1	10	2.632	1 7/8	1 7/8	1 11/16
33250	3 1/2	3 5/8	1	8	4.167	2 5/32	2 5/32	2 1/4
33258	4	4 1/8	1	8	5.210	2 13/32	2 13/32	2 9/16
33400	5	5 1/8	1	1	7.998	2 37/64	2 37/64	2 29/32
33420	6	6 1/8	1	1	12.613	3 1/8	3 1/8	3 11/16
33454	8	8 1/8	1	1	32.086	4 1/16	4 1/16	4 3/4
32702	1/2 x 1/2 x 1	5/8 x 5/8 x 1 1/8	10	100	0.290	15/16	15/16	3/4
32704	1/2 x 1/2 x 3/4	5/8 x 5/8 x 7/8	25	250	0.118	33/64	33/64	15/32
32706	1/2 x 1/2 x 5/8	5/8 x 5/8 x 3/4	50	500	0.110	21/32	21/32	1/2
32708	1/2 x 1/2 x 3/8	5/8 x 5/8 x 1/2	50	500	0.064	5/16	5/16	13/32
32710	1/2 x 1/2 x 1/4	5/8 x 5/8 x 3/8	50	500	0.064	9/32	9/32	13/32
32712	1/2 x 1/2 x 1/8	5/8 x 5/8 x 1/4	50	500	0.064	9/32	9/32	1/2
32716	1/2 x 3/8 x 1/2	5/8 x 1/2 x 5/8	50	500	0.063	3/8	17/32	11/32
32718	1/2 x 3/8 x 3/8	5/8 x 1/2 x 1/2	50	500	0.064	5/16	1/2	13/32
32724	1/2 x 1/4 x 1/2	5/8 x 3/8 x 5/8	50	500	0.063	3/8	21/32	11/32
32728	1/2 x 1/4 x 1/4	5/8 x 3/8 x 3/8	50	500	0.064	9/32	5/8	13/32
32770	3/4 x 3/4 x 1	7/8 x 7/8 x 1 1/8	10	100	0.202	3/4	3/4	17/32
32772	3/4 x 3/4 x 5/8	7/8 x 7/8 x 3/4	25	250	0.153	1/2	1/2	3/4
32774	3/4 x 3/4 x 1/2	7/8 x 7/8 x 5/8	25	250	0.112	25/64	25/64	19/32
32776	3/4 x 3/4 x 3/8	7/8 x 7/8 x 1/2	25	250	0.131	25/64	25/64	11/16
32778	3/4 x 3/4 x 1/4	7/8 x 7/8 x 3/8	25	250	0.135	25/64	25/64	3/4
32786	3/4 x 5/8 x 5/8	7/8 x 3/4 x 3/4	25	250	0.150	1/2	11/16	3/4
32790	3/4 x 1/2 x 3/4	7/8 x 5/8 x 7/8	25	250	0.144	1/2	25/32	17/32
32794	3/4 x 1/2 x 1/2	7/8 x 5/8 x 5/8	25	250	0.109	25/64	5/8	19/32
32796	3/4 x 1/2 x 3/8	7/8 x 5/8 x 1/2	25	250	0.137	25/64	5/8	11/16
32798	3/4 x 1/2 x 1/4	7/8 x 5/8 x 3/8	25	250	0.140	25/64	5/8	3/4
32802	3/4 x 3/8 x 3/4	7/8 x 1/2 x 7/8	25	250	0.159	1/2	29/32	17/32
32806	3/4 x 3/8 x 3/8	7/8 x 1/2 x 1/2	25	250	0.132	25/64	23/32	11/16
32820	1 x 1 x 1 1/2	1 1/8 x 1 1/8 x 1 5/8	5	50	0.680	1 1/4	1 1/4	1 5/32
32822	1 x 1 x 1 1/4	1 1/8 x 1 1/8 x 1 3/8	5	50	0.405	1 5/32	1 5/32	31/32
32824	1 x 1 x 3/4	1 1/8 x 1 1/8 x 7/8	10	100	0.220	1/2	1/2	5/8
32826	1 x 1 x 5/8	1 1/8 x 1 1/8 x 3/4	10	100	0.319	1/2	1/2	5/16
32828	1 x 1 x 1/2	1 1/8 x 1 1/8 x 5/8	10	100	0.183	23/64	23/64	11/16
32830	1 x 1 x 3/8	1 1/8 x 1 1/8 x 1/2	10	100	0.183	23/64	23/64	13/16
32836	1 x 3/4 x 1	1 1/8 x 7/8 x 1 1/8	10	100	0.290	21/32	53/64	21/32
32838	1 x 3/4 x 3/4	1 1/8 x 7/8 x 7/8	10	100	0.220	1/2	11/16	5/8
32842	1 x 3/4 x 1/2	1 1/8 x 7/8 x 5/8	10	100	0.183	23/64	9/16	11/16
32844	1 x 3/4 x 3/8	1 1/8 x 7/8 x 1/2	10	100	0.270	23/64	9/16	13/16
32856	1 x 1/2 x 1	1 1/8 x 5/8 x 1 1/8	10	100	0.290	21/32	5/64	21/32
32858	1 x 1/2 x 3/4	1 1/8 x 5/8 x 7/8	10	100	0.220	1/2	15/16	5/8
32860	1 x 1/2 x 1/2	1 1/8 x 5/8 x 5/8	10	100	0.183	23/64	13/64	11/16
32868	1 1/4 x 1 1/4 x 2	1 3/8 x 1 3/8 x 2 1/8	5	40	1.352	1 3/4	1 3/4	1 3/8
32870	1 1/4 x 1 1/4 x 1 1/2	1 3/8 x 1 3/8 x 1 5/8	5	50	0.680	1 3/16	1 3/16	1 5/32
32872	1 1/4 x 1 1/4 x 1	1 3/8 x 1 3/8 x 1 1/8	5	50	0.348	17/32	17/32	25/32

**Solder-Joint: Pressure Fittings**  
**Wrot Copper Reducer Coupling With Stop**

101R  
Coupling With Stop  
CXC



Part Number	Nominal Size in Inches	O.D. Size in Inches	Box Quantity	Master Pack	Approx. Net Wt.	Dim. A
30668		1/4 x 3/16	50	1000	0.004	3/32
30674		5/16 x 1/4	50	1000	0.007	3/32
30680		3/8 x 5/16	50	1000	0.008	3/32
30684	1/4 x 1/8	3/8 x 1/4	50	1000	0.008	5/32
30688	3/8 x 1/4	1/2 x 3/8	50	1000	0.017	3/16
30692	3/8 x 1/8	1/2 x 1/4	50	1000	0.019	1/4
30696	1/2 x 3/8	5/8 x 1/2	50	1000	0.024	5/32
30698	1/2 x 1/4	5/8 x 3/8	50	1000	0.025	1/4
30700	1/2 x 1/8	5/8 x 1/4	50	1000	0.027	23/64
30704	5/8 x 1/2	3/4 x 5/8	25	500	0.035	5/32
30706	5/8 x 3/8	3/4 x 1/2	25	500	0.033	7/32
30708	5/8 x 1/4	3/4 x 3/8	25	500	0.043	5/16
30714	3/4 x 5/8	7/8 x 3/4	50	500	0.057	3/16
30716	3/4 x 1/2	7/8 x 5/8	50	500	0.061	3/16
30718	3/4 x 3/8	7/8 x 1/2	25	500	0.054	21/64
30720	3/4 x 1/4	7/8 x 3/8	25	500	0.053	7/16
30734	1 x 3/4	1 1/8 x 7/8	25	250	0.098	13/32
30736	1 x 5/8	1 1/8 x 3/4	25	250	0.102	3/8
30738	1 x 1/2	1 1/8 x 5/8	25	250	0.104	7/16
30740	1 x 3/8	1 1/8 x 1/2	25	250	0.098	1/2
30748	1 1/4 x 1	1 3/8 x 1 1/8	10	100	0.152	5/16
30752	1 1/4 x 3/4	1 3/8 x 7/8	10	100	0.134	15/32
30756	1 1/4 x 1/2	1 3/8 x 5/8	10	100	0.176	41/64
30766	1 1/2 x 1 1/4	1 5/8 x 1 3/8	10	100	0.220	11/32
30768	1 1/2 x 1	1 5/8 x 1 1/8	10	100	0.220	7/16
30772	1 1/2 x 3/4	1 5/8 x 7/8	10	100	0.218	21/32
30776	1 1/2 x 1/2	1 5/8 x 5/8	10	100	0.219	25/32
30784	2 x 1 1/2	2 1/8 x 1 5/8	10	100	0.366	13/32
30786	2 x 1 1/4	2 1/8 x 1 3/8	10	100	0.393	21/32
30788	2 x 1	2 1/8 x 1 1/8	10	100	0.383	25/32
30790	2 x 3/4	2 1/8 x 7/8	10	100	0.408	1
30792	2 x 1/2	2 1/8 x 5/8	10	100	0.420	1 1/8
30800	2 1/2 x 2	2 5/8 x 2 1/8	5	50	0.639	15/32
30802	2 1/2 x 1 1/2	2 5/8 x 1 5/8	5	50	0.666	7/8
30804	2 1/2 x 1 1/4	2 5/8 x 1 3/8	5	50	0.664	15/16
30806	2 1/2 x 1	2 5/8 x 1 1/8	5	50	0.691	1 1/8
30816	3 x 2 1/2	3 1/8 x 2 5/8	2	20	0.946	1/2
30818	3 x 2	3 1/8 x 2 1/8	2	20	0.991	13/16
30820	3 x 1 1/2	3 1/8 x 1 5/8	2	20	1.106	1 5/32
30832	3 1/2 x 3	3 5/8 x 3 1/8	1	16	1.426	1/2
30840	4 x 3 1/2	4 1/8 x 3 5/8	2	32	1.960	17/32

## Anexo P: Análisis de Costos Unitarios de Instalaciones de Tuberías de Cobre de Gas Natural

Partida 03.01 INSTALACION TUBERIA COBRE 1" GN nge										
						Costo unitario directo por: m	SI.	102.67	0.00	
Tipo de cambio S// 1.0000										
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Rendim.	Precio S/.	Precio	Parcial S/.	Parcial	S/ (equivalente)	
<b>Mano de Obra</b>										
0147000038	TECNICO INST GAS NATURAL	hh	1.0000	0.470588	18.36		8.64		8.64	
0147010101	SUPERVISOR	hh	0.2000	0.094118	22.05		2.08		2.08	
0147010102	RESANADOR	hh	2.0000	0.941176	13.84		13.03		13.03	
							<b>23.75</b>		<b>23.75</b>	
<b>Materiales</b>										
0202610007	ANCLAJE CON SOPORTE	pza		2.000000	2.80		5.60		5.60	
0212950009	TUBERIA DE COBRE 1"	m		1.100000	30.33		33.36		33.36	
0229550097	SOLDADURA DE PLATA	u		1.000000	9.00		9.00		9.00	
0229550098	FUNDENTE	u		0.225000	6.00		1.35		1.35	
0229550100	BALON DE GLP 10 KG	u		0.050000	50.00		2.50		2.50	
0230150041	SELLANTE	u		0.100000	24.00		2.40		2.40	
0251110002	RIELES	m		2.000000	7.50		15.00		15.00	
0268010033	CODO DE COBRE 90° TIPO L DE 1"	u		0.500000	10.50		5.25		5.25	
0268030016	ADAPTADOR HEMBRA COBRE DE 1"	u		0.080000	13.22		1.06		1.06	
0271100043	UNION DE COBRE DE 1"	pza		0.080000	9.30		0.74		0.74	
0271990027	REDUCCION DE COBRE 1" X 3/4"	pza		0.080000	5.00		0.40		0.40	
0273010033	TUBERIA PVC PASAMUROS	m		0.300000	3.55		1.07		1.07	
							<b>77.73</b>		<b>77.73</b>	
<b>Equipos</b>										
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.000000	23.75		1.19		1.19	
							<b>1.19</b>		<b>1.19</b>	

Partida 02.01 INSTALACION TUBERIA COBRE 3/4" GN nge										
						Costo unitario directo por: m	SI.	79.61	0.00	
Tipo de cambio S// 1.0000										
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Rendim.	Precio S/.	Precio	Parcial S/.	Parcial	S/ (equivalente)	
<b>Mano de Obra</b>										
0147000038	TECNICO INST GAS NATURAL	hh	1.0000	0.372093	18.36		6.83		6.83	
0147010101	SUPERVISOR	hh	0.5000	0.186047	22.05		4.10		4.10	
0147010102	RESANADOR	hh	2.0000	0.744186	13.84		10.30		10.30	
							<b>21.23</b>		<b>21.23</b>	
<b>Materiales</b>										
0202610007	ANCLAJE CON SOPORTE	pza		2.000000	2.80		5.60		5.60	
0212950008	TUBERIA DE COBRE 3/4"	m		1.100000	20.53		22.58		22.58	
0229550097	SOLDADURA DE PLATA	u		0.800000	9.00		7.20		7.20	
0229550098	FUNDENTE	u		0.020000	6.00		0.12		0.12	
0229550100	BALON DE GLP 10 KG	u		0.010000	50.00		0.50		0.50	
0230150041	SELLANTE	u		0.100000	24.00		2.40		2.40	
0251110002	RIELES	m		2.000000	7.50		15.00		15.00	
0265040021	TAPON MACHO 1/2"	u		0.080000	1.60		0.13		0.13	
0268010019	CODO DE COBRE 90° SOLDABLE 3/4"	u		0.500000	3.10		1.55		1.55	
0268030014	ADAPTADOR HEMBRA COBRE DE 3/4"	u		0.080000	5.60		0.45		0.45	
0268030015	ADAPTADOR MACHO COBRE DE 3/4"	u		0.080000	3.60		0.29		0.29	
0271100042	UNION DE COBRE DE 3/4"	pza		0.080000	2.70		0.22		0.22	
0271990022	REDUCCION DE COBRE 3/4" X 1/2"	pza		0.080000	4.90		0.39		0.39	
0273010033	TUBERIA PVC PASAMUROS	m		0.250000	3.55		0.89		0.89	
							<b>57.32</b>		<b>57.32</b>	
<b>Equipos</b>										
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.000000	21.23		1.06		1.06	
							<b>1.06</b>		<b>1.06</b>	

### Anexo Q: Metrado y Costo por sector según la partida de instalación de gas

	METRADO				PRECIO UNITARIO	COSTO				# Pisos	# Edificios	PRECIO TOTAL
	S1	S2	S3	S4		S1	S2	S3	S4			
<b>DOCUMENTACIÓN</b>												S/ 919.20
Expediente					S/ 919.20							S/ 919.20
<b>PLATEAS DE CIMENTACIÓN</b>												
Trazo para redes enterradas para gas	27.95	34.5	49.25	54.55						1	4	
Excavación de zanjas para redes												
<b>ESTRUCTURAS</b>												S/ 597,968.00
Trazo de redes de gas	27.95	34.5	49.25	54.55						16	4	
Colocación de tuberías de instalaciones de gas en muros y losa										16	4	S/ 597,968.00
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE PAP 2025 EMPOTRADA	7	6.65	27.75	27.6	S/ 56.20	S/ 393.40	S/ 373.73	S/ 1,559.55	S/ 1,551.12			
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE PAP 1216 EMPOTRADA	20.95	27.85	21.5	26.95	S/ 56.20	S/ 1,177.39	S/ 1,565.17	S/ 1,208.30	S/ 1,514.59			
Vaciado de losa y muros												
<b>ACABADOS DE INTERIORES</b>												S/ 678,656.00
Colocación de válvulas										16	4	S/ 54,681.60
VALVULAS CORTE GENERAL PAP 2025		4	4		S/ 46.80		S/ 187.20	S/ 187.20				
VALVULAS PUNTO DE CONSUMO PAP 1216	4	4	4	4	S/ 30.00	S/ 120.00	S/ 120.00	S/ 120.00	S/ 120.00			
<b>Prueba de Hermeticidad</b>										16	4	S/ 15,718.40
PRUEBA DE HERMETICIDAD	2	2	2	2	S/ 30.70	S/ 61.40	S/ 61.40	S/ 61.40	S/ 61.40			
Colocación de gasodomésticos										16	4	S/ 608,256.00
COCINA SGA 20" - PREMIUM	2	2	2	2	S/ 689.00	S/ 1,378.00	S/ 1,378.00	S/ 1,378.00	S/ 1,378.00			
TERMA AQUAMAXX 5.5 LT	2	2	2	2	S/ 499.00	S/ 998.00	S/ 998.00	S/ 998.00	S/ 998.00			
<b>ÁREAS COMUNES</b>												S/ 149,394.54
Instalación de tuberías de montante de gas										16	4	S/ 74,433.74

CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/2" EMPOTRADA	0.33	0.33	S/	193.20	S/	64.66	S/	64.66				
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/4" A LA VISTA	0.43	0.43	S/	135.60	S/	58.73	S/	58.73				
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1 1/4" EMPOTRADO	0.98	0.98	S/	153.60	S/	151.20	S/	151.20				
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 1" A LA VISTA	1.75	1.75	S/	92.40	S/	161.30	S/	161.30				
CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE COBRE Ø 3/4" A LA VISTA	1.76	1.76	S/	82.80	S/	145.62	S/	145.62				
<b>Colocación de válvulas</b>									<b>1</b>	<b>4</b>	<b>S/ 22,531.20</b>	
VÁLVULA DE CORTE GENERAL Ø 1 1/2" (A LA SALIDA DEL GABINETE DE REGULACIÓN DE 1RA ETAPA)	1	1	S/	282.00	S/	282.00	S/	282.00	<b>1</b>			
VALVULA DE SERVICIO	4	4	S/	39.60	S/	158.40	S/	158.40	<b>16</b>			
<b>Prueba de Hermeticidad</b>									<b>1</b>	<b>4</b>	<b>S/ 1,584.00</b>	
PRUEBA DE HERMETICIDAD	1	1	S/	198.00	S/	198.00	S/	198.00				
<b>Centro de medición y regulación</b>									<b>1</b>	<b>4</b>	<b>S/ 50,845.60</b>	
CENTRO DE REGULACIÓN EMPOTRADO EN FACHADA	1	1	S/	97.78	S/	97.78	S/	97.78				
GABINETE RESIDENCIAL G4 SOBRE MURETE FABRICADO DE LADRILLO	64	64	S/	97.78	S/	6,257.92	S/	6,257.92				
<b>Colocación de rejillas en ducto de extracción de aire (*)</b>									<b>16</b>	<b>4</b>		
REJILLAS EN DUCTOS DE EXTRACCIÓN DE AIRE	2	2	2	2	S/	30.00	S/	60.00	S/	60.00	S/	60.00
<b>COSTO TOTAL (sin considerar gasodomésticos)</b>											<b>S/ 818,681.74</b>	
<b>COSTO TOTAL</b>											<b>S/ 1,426,937.74</b>	

## Anexo R: Resumen de Causas de No cumplimiento en la obra del Edificio 17

SEMANA	ETAPA	PARTIDA	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES
3	ESTRUCTURA	Colocación de malla inferior de acero en platea	LOG	MALLA NO LLEGÓ A TIEMPO	
3	ESTRUCTURA	Colocación de malla superior de acero en platea	LOG	MALLA NO LLEGÓ A TIEMPO	
4	ESTRUCTURA	Relleno perimetral con material de préstamo	ADM	INFORMACIÓN PENDIENTE	
8	ACABADOS INTERIORES	Encofrado y vaciado de poyos de concreto	SC	SC NO CUMPLE CON LO PROGRAMADO	
9	ACABADOS INTERIORES	Encofrado y vaciado de poyos de concreto	SC	NO INGRESA PERSONAL	
9	ACABADOS INTERIORES	Instalación de tabiquería de concreto armado	SC	NO TRAEN MATERIALES	MATERIAL LLEGA DÍA LUNES 26/02
9	ACABADOS INTERIORES	Solaqueo de tabiquería de concreto armado	SC	NO TRAEN MATERIALES	MATERIAL LLEGA DÍA LUNES 26/02
10	ESTRUCTURA	Desencofrado de escalera	EXT	GRÚTA TORRE INOPERATIVA POR FALTA DE ENERGÍA EN LA ZONA (COMAS)	NO HUBO VACIADO DEL PISO 9 SECTOR 1
10	ACABADOS INTERIORES	Curado de escalera	EXT	GRÚTA TORRE INOPERATIVA POR FALTA DE ENERGÍA EN LA ZONA (COMAS)	NO HUBO VACIADO DEL PISO 9 SECTOR 1
10	ACABADOS INTERIORES	Resane de cangrejas	EXT	NO HUBO VACIADO P9S1	NO HUBO REPARACION DE CANGREJERAS P9S2
11	ACABADOS INTERIORES	Colocación de mezcladoras en ducha de baño	SC	SC NO PROGRAMA PERSONAL	RECUPERARÁN CON RENDIMIENTO DIARIO 3 PISOS
11	ACABADOS INTERIORES	Instalación de extractor en baños	SC	SC NO PROGRAMA PERSONAL	RECUPERARÁN CON RENDIMIENTO DIARIO 3 PISOS
11	ACABADOS INTERIORES	Enchape de Pisos y contrazocalos	SC	SC SOLO CUENTA CON PERSONAL PARA TERMINAR TRABAJOS EN LA TORRE 13	SE RECUPERARÁ CON UN RENDIMIENTO DE 4 DEPARTAMENTOS DIARIOS
12	ACABADOS INTERIORES	Resane de muros y cielos rasos	PROG	PERSONAL SE AUSENTA	
12	ACABADOS INTERIORES	Instalación de montante de desagüe y agua en tabiquería de baños	SC	SC REDISTRIBUYÉ PERSONAL A TRABAJOS EN PLATEA	
12	ACABADOS INTERIORES	Instalación de extractor en baños	SC	SC NO TRAE LOS EXTRACTORES EN LA FECHA RPROGRAMADA	LUNES 20/03 INSTALARÁ LOS 3 PISOS
12	ACABADOS INTERIORES	Enchape de Pisos y contrazocalos	SC	SC NO TRAE LOS EXTRACTORES EN LA FECHA RPROGRAMADA	LUNES 20/03 INSTALARÁ LOS 3 PISOS
12	ACABADOS INTERIORES	Encintado y retape para papel colomural	PROG	SE PROGRAMA TRABAJOS CON MUCHA ANTICIPACIÓN	
13	ACABADOS INTERIORES	Instalación de montante de desagüe en cocinas	SC	SC INGRESA TORRE 18 CON CUADRILLA DE MONTANTE	SE IGULARÁN LA SIGUIENTE SEMANA
13	ACABADOS INTERIORES	Instalación de montante de desagüe y agua en tabiquería de baños	SC	SC INGRESA TORRE 18 CON CUADRILLA DE MONTANTE	SE IGULARÁN LA SIGUIENTE SEMANA
13	ACABADOS INTERIORES	Encofrado y vaciado de poyos de concreto	PROG	ACTIVIDADES PREVIAS- MONTANTE	
13	ACABADOS INTERIORES	Encintado y retape para papel colomural	SC	SC NO PROGRAMA TRABAJOS	
14	ACABADOS INTERIORES	Instalación de montante de desagüe en cocinas	SC	SC INGRESA TORRE 18 CON CUADRILLA DE MONTANTE	SE IGULARÁN LA SIGUIENTE SEMANA
14	ACABADOS INTERIORES	Instalación de montante de desagüe y agua en tabiquería de baños	SC	SC INGRESA TORRE 18 CON CUADRILLA DE MONTANTE	SE IGULARÁN LA SIGUIENTE SEMANA
14	ACABADOS INTERIORES	Encofrado y vaciado de poyos de concreto	PROG	ACTIVIDADES PREVIAS- MONTANTE	
14	ACABADOS INTERIORES	Solaqueo de tabiquería de concreto armado	SC	SC NO CUENTA CON EL PERSONAL	SC AUMENTARÁ CUADRILLA
14	ACABADOS INTERIORES	Encintado y retape para papel colomural	SC	SC NO PROGRAMA TRABAJOS	
15	ACABADOS INTERIORES	Encofrado y vaciado de poyos de concreto	SC	SC NO CUMPLE PROGRAMADO - REALIAZ PISO 8-9 PARA MARTES 10/04 Y 10-11 MIERCOLES 11/04	
15	ACABADOS INTERIORES	Solaqueo de tabiquería de concreto armado	SC	SC NO CUMPLE LO PLANEADO- PROBLEMAS CON ASISTENCIA DEL PERSONAL	
15	ACABADOS INTERIORES	Enchape de Pisos y contrazocalos	SC	SC NO CUMPLE CON LO PROGRAMADO	
15	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zocalos, contrazocalos y pisos en baño	SC	SC NO CUMPLE CON LO PROGRAMADO	
15	ACABADOS INTERIORES	Colocacion de marcos y hojas de puertas	SC	PUERTAS NO LLEGAN A TIEMPO- SE REPROGRAMA PARA INICIO DE ACTIVIDAD 09/04	
16	ACABADOS INTERIORES	Derrames en puertas y ventanas (incluye picoteado)	EJEC	SE REALIZO EL VANO DEL CHUTE (EN TODOS LOS PISOS)	
16	ACABADOS INTERIORES	Encofrado y vaciado de poyos de concreto	SC	SC NO CUMPLE CON PROGRAMACIÓN	
16	ACABADOS INTERIORES	Instalación de Sanitarios, lavaplatos+Griferia+Registros, Sumideros y sellados de sanitarios	EJEC	ACTIVIDADES PREVIAS- FALTA INSTALACIÓN DE BASE PARA LAVAPLATOS	
17	ACABADOS INTERIORES	Lijado general para pintado	SC	SC NO CUMPLE CON LO PROGRAMADO	
17	ACABADOS INTERIORES	Empaste de Techos y muros de baños y cocinas	SC	SC NO CUMPLE CON LO PROGRAMADO	
17	ACABADOS INTERIORES	Colocación de marcos y hojas de puertas	EJEC	ACTIVIDAD PREVIA - NO HAY PINTURA	
17	ACABADOS INTERIORES	Instalación de lavaplatos	SC	SC NO TRAE MATERIALES	
17	ACABADOS INTERIORES	Instalación de Sanitarios, lavaplatos+Griferia+Registros, Sumideros y sellados de sanitarios	EJEC	ACTIVIDAD PREVIA - NO HAY LAVAPLATOS	

18	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zócalos, contrazócalos y pisos en baño	SC	SC NO CUMPLE PROGRAMACIÓN	
18	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zócalos, contrazócalos y pisos en cocinas	SC	SC NO CUMPLE PROGRAMACIÓN	
18	ACABADOS INTERIORES	Colocación de marcos y hojas de puertas	EJEC	FALTA PINTURA DE MUROS Y TECHOS	
18	ACABADOS INTERIORES	Instalación de lavaplatos	SC	SUBCONTRATA NO TRAE EL MATERIAL	
18	ACABADOS INTERIORES	Instalaciones mecánicas de extracción de aire en Techo	PROG	NO SE SUBIERON LOS EQUIPOS POR FALTA DE TIEMPO DE TORRE GRÚA	LOS EQUIPOS YA SE ENCUENTRAN EN OBRA
19	ACABADOS INTERIORES	Derrames en puertas y ventanas (incluye picoteado)	PROG	NO SE CONSIDERO QUE SE CRUZARÍAN ACTIVIDADES CON AMOLADO.RESANE DE FACHADA	
19	ACABADOS INTERIORES	Encofrado y vaciado de poyos de concreto	SC	SC NO CUMPLE CON LO PROGRAMADO	
19	ACABADOS INTERIORES	Colocación de marcos y hojas de puertas	EJEC	PROCESO DE PINTURA INCOMPLETO	
20	ACABADOS INTERIORES	Solaqueo de tabiquería de concreto armado	SC	SC NO CUENTA CON EL PERSONAL	
20	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zócalos, contra zócalos y pisos en baño	LOG	NO HAY STOCK DE FRAGUA COLOR HUESO	
20	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zócalos, contrazócalos y pisos en cocinas	LOG	NO HAY STOCK DE FRAGUA COLOR HUESO	
20	ACABADOS INTERIORES	Colocación de Rejilla de aluminio y Rejillas de PVC	SC	SC NO TRAE LAS REJILLAS	
20	ACABADOS INTERIORES	Colocación de dados y tapas eléctricas, Tablero y llaves termomagnéticas	PROG	PROGRAMACIÓN- SE NECESITA EL CABLEADO HACIA CONCENTRADORES	
21	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zócalos, contrazócalos y pisos en baño	LOG	NO LLEGAN FRAGUAS	
21	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zócalos, contrazócalos y pisos en cocinas	LOG	NO LLEGAN FRAGUAS	
21	ACABADOS INTERIORES	Colocación de marcos y hojas de puertas	SC	SC NO TRAE LAS BISAGRAS - SE QUEDARON EN EL PISO 9	
22	ACABADOS INTERIORES	Fraguado de Zócalos, contrazócalos y pisos en baño	LOG	NO LLEGAN FRAGUAS	
24	ACABADOS INTERIORES	Instalación papel mural	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
24	ACABADOS INTERIORES	Instalación de piso vinílico	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
25	ACABADOS INTERIORES	Instalación de Sanitarios, lavaplatos+Grifería+Registros, Sumideros y sellados de sanitarios	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
25	ACABADOS INTERIORES	Instalación papel mural	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
26	ACABADOS INTERIORES	Instalación papel mural	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
26	ACABADOS INTERIORES	Instalación de piso vinílico	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
26	ACABADOS INTERIORES	Instalación de tapajuntas	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
26	ACABADOS INTERIORES	Instalación de rodones	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
27	ACABADOS INTERIORES	Instalación de piso vinílico	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	ACABADOS INTERIORES	Colocación de intercomunicadores	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Instalación de cabina y guías.	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Montaje sin cuarto de maquinias	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Previa a la puesta lenta	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Puesta en lenta	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Instalación de puertas en piso	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Previa a la puesta alta	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Puesta en alta	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Afinamiento mecánico eléctrico	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
27	INSTALACION DE ASCENSOR	Control de calidad	LOG	SC NO HA ENVIADO SUFIENTE PERSONAL	
28	ACABADOS INTERIORES	Instalación de Sanitarios, lavaplatos+Grifería+Registros, Sumideros y sellados de sanitarios	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	ACABADOS INTERIORES	Pintado de puertas	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	ACABADOS INTERIORES	Instalación de rodones	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	ACABADOS INTERIORES	Siliconado de marcos de ventanas	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	INSTALACION DE ASCENSOR	Previa a la puesta lenta	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	INSTALACION DE ASCENSOR	Puesta en lenta	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	INSTALACION DE ASCENSOR	Previa a la puesta alta	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	INSTALACION DE ASCENSOR	Puesta en alta	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	INSTALACION DE ASCENSOR	Afinamiento mecánico eléctrico	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
28	INSTALACION DE ASCENSOR	Control de calidad	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
29	ACABADOS INTERIORES	Siliconado de marcos de ventanas	LOG	SC NO HA ENVIADO PERSONAL SUFICIENTE	
29	ACABADOS INTERIORES	Revisión de Inmobiliaria	EXT	CLIENTE NO HA VENIDO	

29	ACABADOS INTERIORES	Levantamiento de observaciones de Inmobiliaria	EXT	CLIENTE NO HA VENIDO	
29	INSTALACION DE ASCENSOR	Puesta en lenta	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
29	INSTALACION DE ASCENSOR	Puesta en alta	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
29	INSTALACION DE ASCENSOR	Afinamiento mecánico eléctrico	EJEC	NO SE TERMINÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	
29	INSTALACION DE ASCENSOR	Control de calidad	QA/AC	SC NO HA ENVIADO A SU QA/QC	
30	ACABADOS INTERIORES	Instalación de tapajuntas	PROG	NO SE PUDO CERRAR EL DEP. YA QUE NO SE GENERÓ UN NUEVO ACCESO	
30	ACABADOS INTERIORES	Instalación de rodones	PROG	NO SE PUDO CERRAR EL DEP. YA QUE NO SE GENERÓ UN NUEVO ACCESO	
30	INSTALACION DE ASCENSOR	Afinamiento mecánico eléctrico	LOG	SC NO HA TENIDO EL RENDIMIENTO COMPROMETIDO	
30	INSTALACION DE ASCENSOR	Control de calidad	LOG	SC NO HA ENVIADO AL PERSONAL PARA PASAR LA PRUEBA DE CALIDAD	
31	ACABADOS INTERIORES	Instalación de tapajuntas	PROG	NO SE PUDO CERRAR EL DEP. YA QUE NO SE GENERÓ UN NUEVO ACCESO	
31	ACABADOS INTERIORES	Instalación de rodones	PROG	NO SE PUDO CERRAR EL DEP. YA QUE NO SE GENERÓ UN NUEVO ACCESO	
31	ACABADOS INTERIORES	Síliconado de marcos de ventanas	PROG	NO SE PUDO CERRAR EL DEP. YA QUE NO SE GENERÓ UN NUEVO ACCESO	
31	ACABADOS INTERIORES	Puesta en alta	LOG	SC NO HA TENIDO EL RENDIMIENTO COMPROMETIDO	
31	ACABADOS INTERIORES	Control de Calidad	LOG	SC NO HA ENVIADO AL PERSONAL PARA PASAR LA PRUEBA DE CALIDAD	
32	ACABADOS INTERIORES	Instalación de tapajuntas	LOG	EL MATERIAL NO LLEGÓ A TIEMPO	
32	ACABADOS INTERIORES	Instalación de rodones	LOG	EL MATERIAL NO LLEGÓ A TIEMPO	
32	ACABADOS INTERIORES	Síliconado de marcos de ventanas	LOG	EL MATERIAL NO LLEGÓ A TIEMPO	
33	ACABADOS INTERIORES	Revisión de Inmobiliaria	EXT	INMOBILIARIA NO VINO A REVISAR	SE REPROGRAMÓ PARA LA SIGUIENTE SEMANA MEDIANTE UNA LLAMADA TELEFÓNICA
33	ACABADOS INTERIORES	Levantamiento de observaciones de Inmobiliaria	EJEC	NO SE REALIZÓ LA ACTIVIDAD PREVIA	SE REPROGRAMÓ PARA LA SIGUIENTE SEMANA