



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**Optimización del costo, plazo de obra y nivel de
sostenibilidad mediante la implementación de prelosas
en el edificio multifamiliar Sente**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil

AUTOR

Lizbeth Bretania SAAVEDRA SALINAS

ASESOR

Dr. Félix Santiago SÁNCHEZ BENITES

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Saavedra, L. (2023). *Optimización del costo, plazo de obra y nivel de sostenibilidad mediante la implementación de prelosas en el edificio multifamiliar Sente*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Civil]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Lizbeth Bretania Saavedra Salinas.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	79987114
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0742-0481
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Dr. Félix Santiago Sánchez Benites
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07171669
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5175-7762
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Dra. Luz Baltazara Ramos Lorenzo
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09997205
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Mg. Ider John Guadalupe Gómez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	78744877
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Mg. Jorge Escalante Contreras
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	28286636
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica

Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Breña Latitud: -12.06667 Longitud: -77.04811
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2021 – Octubre 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el día jueves 12 de enero del 2023, siendo las 10:00 horas en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dra. LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO	Presidente
Mg. JORGE ESCALANTE CONTRERAS	Miembro
Mg. IDER JHON GUADALUPE GOMEZ	Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis titulada: «**OPTIMIZACIÓN DEL COSTO, PLAZO DE OBRA Y NIVEL DE SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRELOSAS EN EL EDIFICIO MULTIFAMILIAR SENTE**», presentada por la Bachiller **SAAVEDRA SALINAS, LIZBETH BRETANIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil, asesorada por el Dr. Félix Santiago Sánchez Benites.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon a la Bachiller las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a:

..... **TOTAL SATISFACCIÓN**

Concluida la Sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue:

..... **15 (QUINCE)**

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**, a Doña **SAAVEDRA SALINAS, LIZBETH BRETANIA**.

Siendo las **11.15**, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 12 de enero de 2023

Dra. LUZ BALTAZARA RAMOS LORENZO
PRESIDENTE

Mg. JORGE ESCALANTE CONTRERAS
MIEMBRO

Mg. IDER JHON GUADALUPE GOMEZ
MIEMBRO

Dr. LUIS MIGUEL MORÁN YÁÑEZ
DIRECTOR
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD

Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

ESCUELA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

AUTORIDAD ACADÉMICA QUE EMITE EL INFORME DE ORIGINALIDAD

Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

NOMBRES Y APELLIDOS DE LA AUTORIDAD ACADÉMICA

Dr. Luis Miguel Morán Yáñez

OPERADOR DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES

Srta. Doris Elizabeth Vasquez Vasquez

DOCUMENTO EVALUADO:

Tesis titulada: «*OPTIMIZACIÓN DEL COSTO, PLAZO DE OBRA Y NIVEL DE SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRELOSAS EN EL EDIFICIO MULTIFAMILIAR SENTE*», para optar el Grado Académico de INGENIERA CIVIL.

AUTORES DEL DOCUMENTO:

Bachiller SAAVEDRA SALINAS, LIZBETH BRETANIA

FECHA DE RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO:

04/01/2023

FECHA DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA INFORMÁTICO DE SIMILITUDES:

04/01/2023

SOFTWARE UTILIZADO

Turnitin

CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES

- Excluye textos entrecomillados
- Excluye fuentes para buscar similitud
- Excluye Bibliografía
- Excluye cadenas menores a 35 palabras

PORCENTAJE DE SIMILITUD SEGÚN PROGRAMA DETECTOR DE SIMILITUDES

Cuatro por ciento (4%)

FUENTES ORIGINALES DE LAS SIMILITUDES ENCONTRADAS

DEDICATORIA

A Dios, por la fortaleza recibida y bendiciones depositadas sobre mi vida y mi entorno.

A mis padres, Ruben y Carmen, quienes son el pilar más fuerte de mi vida.

A mi hermano Junior, quien ha sabido brindarme consejos en los tiempos adecuados.

A mi buen amigo Victor, quien me ha acompañado y brindado su brazo de apoyo durante todo este proceso.

A mis amigos de la fe, quienes me han inspirado en perseverancia y ejemplo.

A mis familiares, quienes con sus palabras de motivación me han impulsado y animado a luchar por mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza necesaria para cumplir con esta meta personal.

Al Dr. Félix Sánchez, por la asesoría técnica y orientación recibida durante las revisiones de tesis.

A la Dra. Luz Ramos, Mg. Jorge Escalante y Mg. Ider Guadalupe, por la retroalimentación recibida en los campos correspondientes a su especialidad.

Al Ing. Brady Lizarme e Ing. Julio Trujillo, por todas las enseñanzas, motivación y consejos recibidos durante mi etapa de iniciación profesional.

Al Ing. José Sosa e Ing. Xamir Jorge, por su apoyo y tiempo en compartir sus experiencias y recomendaciones en el campo de la construcción.

Al Ing. Douglas Vergaray, por compartir metódicamente sus conocimientos y experiencia ganados en el rubro de edificaciones.

A la EPIC, por la formación y enseñanzas recibidas en los salones de clases y durante mi instancia en la escuela.

A mis padres, Ruben y Carmen, y mi hermano, Junior, por la educación recibida, su inquebrantable apoyo y confianza depositada en mí.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1.	DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	2
1.2.1.1.	LENTA ASIMILACIÓN DE LA TECNIFICACIÓN EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.	2
1.2.1.2.	CRONOGRAMAS DE EJECUCIÓN CON BAJA CONFIABILIDAD.	3
1.2.1.3.	RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EL SECTOR CONSTRUCCIÓN	4
1.2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.2.1.	PROBLEMA GENERAL.....	5
1.2.2.2.	PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	5
1.3.	OBJETIVOS	6
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4.	IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1.	IMPORTANCIA	6
1.4.2.	ALCANCE	7
1.5.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	8
II.	MARCO TEÓRICO	9
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.2.	BASES TEÓRICAS	13
2.2.1.	LOSAS O ENTREPISOS	13
2.2.2.	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE LOSAS	15
2.2.2.1.	SISTEMA CONSTRUCTIVO CON VIGUETAS PREFABRICADAS	17
2.2.2.2.	SISTEMA DE PRELOSAS PREFABRICADAS	22
2.2.3.	PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	36
2.2.3.1.	PRODUCTIVIDAD Y ALTERNATIVAS DE MEJORA.....	36
2.2.3.2.	PRELOSAS PREFABRICADAS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD	37

2.2.4. SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.....	38
2.2.4.1. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE	38
2.2.4.2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	39
2.2.5. TARGET VALUE DESIGN	40
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	43
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	47
3.1. HIPÓTESIS	47
3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	47
3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	47
3.2. VARIABLES.....	47
3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:	47
3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE:.....	47
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	48
3.3.1. SISTEMA DE VIGUETAS PREFABRICADAS	48
3.3.2. SISTEMA PREFABRICADO DE PRELOSAS	48
3.3.3. OPTIMIZACIÓN DEL COSTO, PLAZO Y NIVEL DE SOSTENIBILIDAD	49
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	51
4.1. ÁREA DE ESTUDIO (CITAR COORDENADAS)	51
4.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	51
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	52
4.4. PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	52
4.4.1. PROCEDIMIENTO.....	52
4.4.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	53
4.4.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	54
4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	54
V. RESULTADOS	55
5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	55
5.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO	55
5.1.2. ÁREAS TECHADAS DEL PROYECTO.....	55
5.1.3. MARCO NORMATIVO DE DISEÑO	56

5.1.4. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS COMUNES Y PRIVADAS	57
5.1.5. TIPOLOGÍAS DE DEPARTAMENTOS	58
5.1.6. EDIFICACIÓN SOSTENIBLE.....	59
5.2. EXPEDIENTE DE ESTRUCTURAS	60
5.2.1. SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN	60
5.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES	60
5.2.3. SISTEMA DE LOSAS	61
5.3. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	62
5.3.1. SISTEMA DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES	62
5.3.2. SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES	63
5.3.3. SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMAS	63
5.4. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES SANITARIAS Y AGUA CONTRAINCENDIO	64
5.4.1. SISTEMA DE AGUA POTABLE	64
5.4.2. SISTEMA DE DESAGÜE	65
5.4.3. SISTEMA DE AGUA CONTRAINCENDIO	65
5.5. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES DE GAS.....	66
5.6. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES MECÁNICAS	67
5.6.1. EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO EN SÓTANOS	67
5.6.2. VENTILACIÓN DE CUARTO DE BOMBAS	67
5.6.3. VENTILACIÓN DE PASILLOS	67
5.6.4. VENTILACIÓN DE CUARTOS DE ACOPIO	67
5.6.5. VENTILACIÓN DE VESTÍBULOS.	68
5.6.6. VENTILACIÓN DE BAÑOS Y LAVANDERÍAS	68
5.6.7. VENTILACIÓN DE CUARTO DE MÁQUINA DE ASCENSORES:.....	68
5.7. OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRELOSAS	69
5.7.1. METRADOS DE LOSAS EN EL ESCENARIO 01.....	69
5.7.2. METRADOS DE LOSAS EN EL ESCENARIO 02.....	71
5.7.3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LAS PARTIDAS DE ANÁLISIS	74
5.7.4. RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS	82

5.7.5. SECTORIZACIÓN DEL EDIFICIO.....	84
5.7.6. CRONOGRAMA MAESTRO DEL CASCO (ESCENARIO 01)	87
5.7.7. CONFIABILIDAD DE EJECUCIÓN DEL CRONOGRAMA	91
5.7.8. RESUMEN DE COSTOS INDIRECTOS.....	92
VI. DISCUSIÓN	94
6.1. ANÁLISIS ECONÓMICO - TÉCNICO DE ESCENARIOS	94
6.2. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS	95
6.3. ANÁLISIS DE INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD	97
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
7.1. CONCLUSIONES.....	98
7.2. RECOMENDACIONES	99
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
IX. ANEXOS:	104
<i>Anexo 01: Cotización de concreto premezclado, Mayo – 2022.</i>	<i>104</i>
<i>Anexo 02: Cotización de acero corrugado, Mayo -2022</i>	<i>105</i>
<i>Anexo 03: Cotización de prelosas y vigas chatas, Junio -2022</i>	<i>106</i>
<i>Anexo 04: Cotización por el servicio de sellado de juntas, Junio -2022</i>	<i>107</i>
<i>Anexo 05: Cotización de viguetas pretensadas y bovedillas, Junio -2022.....</i>	<i>108</i>
<i>Anexo 06: Entrevista a 1er experto</i>	<i>109</i>
<i>Anexo 07: Entrevista a 2do experto</i>	<i>110</i>
<i>Anexo 07: Entrevista a 2do experto</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 08: Entrevista a 3er experto</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 09: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Sótano 02</i>	<i>113</i>
<i>Anexo 10: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Sótano 01</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 11: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Piso 01</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 12: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Piso 02 -12 (típico)</i>	<i>116</i>
<i>Anexo 13: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Piso 13</i>	<i>117</i>
<i>Anexo 14: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Piso 14</i>	<i>118</i>
<i>Anexo 15: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Piso 15</i>	<i>119</i>
<i>Anexo 16: Plano de Estructuras – Encofrado de techo Piso Azotea.....</i>	<i>120</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1_Comparación entre el proceso tradicional de diseño (superior) y el protocolo de diseño para la implementación del TVD (inferior)	13
Figura 2_Sección típica de una losa maciza.	14
Figura 3_Sección típica - losa aligerada tradicional con ladrillos de arcilla @0.40m.	14
Figura 4_Sección típica - losa aligerada con viguetas pretensadas @0.50m.	15
Figura 5_Sección típica - losa aligerada con prelosa prefabricada @0.57m.....	15
Figura 6_Sistema de prelosas prefabricadas Prelima	16
Figura 7_Sistema de prelosas Beton Decken.	16
Figura 8_Detalle típico del aligerado con viguetas prefabricadas.....	17
Figura 9_Vista del fondo de losa de techo utilizando viguetas prefabricadas y bovedillas de concreto	18
Figura 10_Bandeja y media bandeja sanitaria de concreto.	18
Figura 11_Secciones referenciales de las viguetas pretensadas.	19
Figura 12_Colocación de viguetas pretensadas sobre el apuntalamiento.....	21
Figura 13_Habilitación de instalaciones eléctricas y sanitarias sobre bovedillas de poliestireno.	22
Figura 14_Empresas proveedoras de sistemas de prelosas prefabricadas.....	23
Figura 15_Características típicas de las prelosas del Sistema Beton Decken.	24
Figura 16_Sección típica y componentes de una Prelosa aligerada (imagen superior) y una prelosa maciza (imagen inferior).....	25
Figura 17_Fragmento de Tralicho de prelosa.....	26
Figura 18_Llegada a la planta Beton Decken.....	27
Figura 19_Despacho de prelosas en exteriores de la planta.	28
Figura 20_Llegada de las varillas de acero a la planta de prelosas.	28
Figura 21_Recorrido en las instalaciones de la planta de prelosas de Beton Decken.	29
Figura 22_Acabado limpio de fondo de prelosa.....	30
Figura 23_Puntos de salida para cajas de luz en prelosa.....	31
Figura 24_Modulación del edificio Sente (losas macizas y aligeradas) – Sótano 02.....	32
Figura 25_Apuntalamiento de prelosa, puntales espaciados a cada 1.80m.....	32
Figura 26_Colocación de prelosas: 2 operarios preloseros + 1 rigger sobre losa.	33
Figura 27_Colocación de tuberías de instalaciones eléctricas.....	33

Figura 28_Vista del acero negativo y acero de costura colocado sobre losa.	34
Figura 29_Vista del procedimiento de vaciado de losa.....	34
Figura 30_Rebabas en la unión prelosa – viga.....	35
Figura 31_Sellado de junta entre prelosas.....	35
Figura 32_Despacho de prelosa en camión	37
Figura 33_Escenarios futuros en base al grado de aplicación de medidas ecoamigables. ..	39
Figura 34_Diferentes opciones para generar valor, valor agregado y TVD.....	41
Figura 35_Mecanismos de control del costo.	42
Figura 36_Eschema de localización del proyecto.	51
Figura 37_Segmentación en fases del proyecto.	55
Figura 38_Elevación principal del edificio multifamiliar Sente.	57
Figura 39_Distribución de tipologías 3D y 2D en la planta típica (nivel 2-13).	58
Figura 40_Distribución de placas y columnas en la planta típica de encofrado.....	60
Figura 41_Detalle del acero de continuidad (izquierda) y acero de costura (derecha).	62
Figura 42_Diagrama unifilar: Tablero de departamento típico T-D1	63
Figura 43_Planta del cuarto de bombas. Bombas de cisternas de consumo doméstico.	64
Figura 44_Detalle de los gabinetes dobles, triples y cuádruplos.....	66
Figura 45_Formato de metrado de losas – Escenario 01.....	70
Figura 46_Resumen de metrados – Escenario 01.....	71
Figura 47_Formato de metrado de losas – Escenario 02.....	72
Figura 48_Resumen de metrados – Escenario 02.....	73
Figura 49_APU de la partida Apuntalamiento de losa maciza, sistema de viguetas pretensadas.....	74
Figura 50_APU de la partida Apuntalamiento de losa aligerada, sistema de viguetas pretensadas.....	75
Figura 51_APU de la partida Concreto premezclado en losas.	75
Figura 52_APU de la partida Apuntalamiento de prelosas.	76
Figura 53_APU de la partida Acero de refuerzo, habilitado en obra.	76
Figura 54_APU de la partida Acero de refuerzo, habilitado en Beton Decken.....	77
Figura 55_APU de la partida Suministro de viguetas pretensadas V-101, V-102, V-103, V-104.	77
Figura 56_APU de la partida Suministro de bovedillas de concreto h=0.15m y h=0.20m.	78

Figura 57_APU de la partida Colocación de viguetas pretensadas.	79
Figura 58_APU de la partida Colocación de bovedillas de concreto.	79
Figura 59_APU de la partida Suministro de prelosas aligeradas y macizas.	79
Figura 60_APU de la partida Colocación de prelosas aligeradas y macizas.	80
Figura 61_APU de la partida Sellado de juntas de prelosas.	80
Figura 62_APU de la partida Curado con aditivo químico.	81
Figura 63_APU de la partida Tarrajeo de cielorraso.	81
Figura 64_Resumen del Costo directo del Escenario: Viguetas prefabricadas.	82
Figura 65_Resumen del Costo directo del Escenario: Prelosas prefabricadas.	83
Figura 66_Metrados de partidas por sector para los sótanos 02 y 01 del edificio.	84
Figura 67_Sectorización de la planta del sótano 02.	85
Figura 68_Metrados de partidas por sector para el piso 01 del edificio.	85
Figura 69_Sectorización de la planta del piso 01.	86
Figura 70_Metrados de partidas por sector para el piso 02 (típico) del edificio – Fase 01.	86
Figura 71_Metrados de partidas por sector para el piso 02 (típico) del edificio – Fase 02.	87
Figura 72_Sectorización de la planta del piso 02 (típico), según las fases de ejecución (fase 01, 02).	87
Figura 73_Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 01: Fases 01 y 02. (Parte 01).	88
Figura 73_Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 01: Fases 01 y 02. (Parte 02).	89
Figura 74_Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 02: Fases 01 y 02. (Parte 01).	90
Figura 74_Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 02: Fases 01 y 02. (Parte 02).	90
Figura 75_Presupuesto de Obras provisionales considerando desfases por Escenario.	93
Figura 76_Presupuesto de Gastos generales considerando desfases por Escenario.	93
Figura 77_Resumen de ahorro, análisis económico – técnico de los 02 escenarios.	94
Figura 78_Resumen del presupuesto del proyecto en estudio.	95
Figura 79_Costo por m2 según el tipo de losa para cada escenario de análisis.	95
Figura 80_Costo por m2 – losa aligerada H=0.20m.	96
Figura 81_Costo por m2 – losa aligerada H=0.25m.	96
Figura 80_Costo por m2 – losa maciza H=0.20m.	96
Figura 83_Costo por m2 – losa maciza H=0.20m.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1_Porcentaje de mayor incidencia según tipo de residuos y actividades de construcción en territorio chino.	4
Tabla 2_Características de las viguetas pretensadas	19
Tabla 3_Características de bovedillas según el peralte de losa.	20
Tabla 4_Unidades de bovedillas por m2 de losa con viguetas @0.50m.	21
Tabla 5_Matriz de operacionalización de variables.	49
Tabla 6_Matriz de consistencia.	50
Tabla 7_Tabla de distribución de áreas techadas por nivel del proyecto.	56
Tabla 8_Listado de partidas para el Escenario 01	70
Tabla 9_Listado de partidas para el Escenario 02.	72
Tabla 10_Ratios de acero negativo x m2 de losa para cada escenario. Verificación de metros.....	73
Tabla 11_Partidas del tren de actividades del casco estructural – escenario 01.....	88
Tabla 12_Partidas del tren de actividades del casco estructural – escenario 02.....	89
Tabla 13_Listado resumen de los edificios en los que participaron los expertos.....	91
Tabla 14_Porcentajes de cumplimiento de actividades estimados a juicio de expertos.	92
Tabla 15_Cálculo de duraciones reales y desfases en base a los porcentajes de cumplimiento.	92

RESUMEN

La presente investigación presenta el análisis a nivel económico y técnico de dos sistemas constructivos de losas vigentes en la industria: i) el sistema de viguetas prefabricadas, y ii) el sistema de prelosas prefabricadas. Esta evaluación, que comprende el análisis del costo, plazo de obra y nivel de sostenibilidad, se estudió para el caso de un edificio multifamiliar (Edificio Sente). Se detallaron las bases teóricas de cada sistema incluyéndose: sus componentes, especificaciones técnicas de materiales y el proceso constructivo para uno, precisándose también las ventajas que brinda cada uno. Como parte de la evaluación económica se calcularon los costos directos e indirectos asociados a cada escenario, obteniéndose como principales resultados que: el sistema de prelosas permite la reducción del presupuesto de obra, y el acortamiento de los plazos de ejecución del casco debido a la mayor confiabilidad de este sistema por sobre el otro. Por último, el uso de prefabricados contribuye con la minimización de residuos sólidos de construcción y demolición, siendo el sistema de prelosas el más ventajoso al reducir el volumen de concreto requerido a vaciar in situ en comparación al segundo sistema analizado.

Palabras clave: prelosas prefabricadas, viguetas prefabricadas, optimización económica, sistemas constructivos no convencionales.

ABSTRACT

The following research presents the economic and technical analysis of two slab construction systems in the actual Peruvian industry: i) precast beams, and ii) precast slabs. This evaluation, which includes the analysis of cost, duration, and level of sustainability, was studied for an apartment building (Sente Building). Theoretic basis was explained for each system including: its components, technical specifications of materials, and the constructive process for each one. In addition, their advantages were presented. As a part of the economic evaluation, direct and indirect costs were calculated for each scenario. The main results were that: the precast slab scenario allows the reduction of the project budget and the reduction of the project execution duration caused by its higher level of reliability. Finally, as the usage of precast elements in construction contributes to minimize the solid waste of construction and demolition, the precast slabs scenario showed better results than precast beams as a minor volume of in-situ concrete is needed during its execution.

Keywords: Precast slabs, precast beams, economic optimization, unconventional constructive systems.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es un sector que ha manifestado un crecimiento sostenido durante el presente siglo. Gracias a la creciente demanda habitacional, este sector ha continuado escalando e incrementando su aporte al PBI nacional. Por tanto, es posible afirmar que el desarrollo de proyectos inmobiliarios en nuestro país ha tenido implicancias positivas tanto en el desarrollo de su economía como al suplir la necesidad de la vivienda propia de sus residentes.

Sin embargo, pese a la complejidad y similitud de los proyectos, la ejecución de estos todavía es realizada con métodos tradicionales, no estandarizados, y sin la calidad requerida. Lo anterior se refleja en una mayor incidencia de los trabajos contributivos y no contributivos, reduciendo así los trabajos productivos (actividades que agregan valor y marcan el avance del cronograma). Por tanto, la confiabilidad de los cronogramas planificados, que usualmente consideran solo el trabajo productivo, tiende a reducirse al no lograr cumplir con las actividades o tareas que marcan el ritmo del cronograma. Una alternativa ya asimilada en el entorno internacional es el uso de sistemas y elementos prefabricados, los cuales, además, de requerir de un menor número de personal y menor tiempo operativo en obra, presentan mayores rendimientos, un mejor control de calidad de los materiales, entre otras ventajas, lo que permite la optimización del recurso tiempo. Además, es posible colegir que al emplear sistemas prefabricados que permitan reducir las cuadrillas en obra, facilitará al ing. de campo y al ing. de oficina técnica el control de las horas hombre de la mano de obra.

Por otro lado, la ejecución de proyectos inmobiliarios también está relacionado con la producción de residuos sólidos (residuos de construcción y demolición - RCD). Al encontrarse el planeta inmerso en problemas de índole ambiental (el calentamiento global, deforestación indiscriminada, sequías, incendios forestales no controlados, excesiva cantidad de residuos, etc.), se hace necesaria la implementación de mejores procesos constructivos que contribuyan a la reducción de impactos ambientales negativos. Por tanto, es vital promover no solo el uso de materiales ecoeficientes, sino también, incluir procesos constructivos con esta cualidad para observar mejoras sustanciales a nivel ambiental y social (Miranda et ál., 2018)

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El sector construcción se ha constituido como uno de los sectores más sólidos dentro de la economía peruana al manifestar un crecimiento sostenido durante el siglo XXI. Según el INEI (2021), durante el periodo 2000 - 2020, esta industria registra una expansión promedio anual de 5.2%. Asimismo, hasta el año 2019, año previo a la aparición de la pandemia del covid-19, este sector logró mantener un crecimiento del Producto Bruto Interno promedio del 6.85% durante el periodo 2007-2019 (INEI, 2020).

Dado que nuestro país aún mantiene un alto déficit habitacional (cualitativo y cuantitativo), es posible predecir que la demanda de unidades inmobiliarias seguirá incrementándose, originando que el ritmo de ejecución de proyectos de vivienda se mantenga a un ritmo constante.

Por otro lado, a pesar de satisfacer las necesidades habitacionales de la población y aportar al crecimiento de la economía peruana y dinamizarla (al generar empleo y activar otros focos de producción (requerimientos de insumos y maquinarias)), el sector de las edificaciones multifamiliares todavía mantiene:

- Asimilación lenta de la tecnificación en los procesos constructivos.
- Cronogramas de ejecución con baja confiabilidad.
- Generación de grandes cantidades de residuos sólidos de construcción.

1.2.1.1. LENTA ASIMILACIÓN DE LA TECNIFICACIÓN EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

La industria de la construcción en nuestro país avanza a paso lento en lo que se refiere a la implementación de nuevas técnicas constructivas (como lo son los elementos y estructuras prefabricadas ya asimiladas en otros países según Escrig (2010)). Pese a los diversos beneficios que estos ofrecen (incremento de eficiencias, optimización de recursos, reducción de plazos y costos), según los resultados recopilados por Chang (2014) de encuestas realizadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, las barreras que impiden la tecnificación de la construcción el Perú todavía son:

- Baja capacitación de la mano de obra

- Rechazo al cambio y desconfianza en los sistemas constructivos innovadores
- Ausencia de la conceptualización de un proyecto constructivo industrializado
- Presencia de sindicatos de construcción en contra de mejorar de la productividad
- Reducida variedad de maquinaria y herramientas necesarias
- Desconocimiento técnico referente a las ventajas de las innovaciones

En adición a las anteriores causales que ralentizan la innovación en la construcción se encuentra: el conservadurismo de las empresas constructoras, su aversión al riesgo y el conformismo de estas en las rentabilidades logradas (Ghio y Bascuñan, 1995).

Además, por ejemplo, la utilización masiva de losas prefabricados se ve parcialmente interrumpida por la necesidad de considerar de juntas frías en los entrepisos (losas). Dado que es imposible eliminar la probabilidad de fisuración en esta junta durante un evento sísmico, algunas inmobiliarias rechazan la utilización de este nuevo sistema para evitar problemas de postventa, con cierta razón.

1.2.1.2. CRONOGRAMAS DE EJECUCIÓN CON BAJA CONFIABILIDAD.

El cumplimiento de los cronogramas de ejecución por parte de las contratistas siempre presente variabilidad. Esta incertidumbre en el cumplimiento de las fechas planificadas está sujeta a la interrelación de muchas variables: disponibilidad de recursos (mano de obra, materiales, maquinarias, proveedores de insumos, subcontratas), control de rendimientos y factores externos (situaciones no previsibles).

En el caso de edificaciones multifamiliares, al predominar los sistemas tradicionales y requerir un mayor número de actividades a ejecutar in situ (en comparación con los sistemas prefabricados), cada actividad va adicionando un porcentaje de variabilidad o de no cumplimiento de lo planificado en función a la cantidad de recursos que esta actividad necesite.

Además, cabe precisar que la mano de obra no calificada sigue siendo un problema dentro del sector a pesar de que la misma ha venido encareciéndose debido a su escasez en el contexto del crecimiento del sector en los últimos años (Paye et al, 2019).

1.2.1.3. RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EL SECTOR CONSTRUCCIÓN

La industria de la construcción se constituye como el sector con mayor producción de residuos sólidos generando aproximadamente el 35% de los residuos industriales en el mundo (Hendriks & Pietersen, 2000, como se citó en Solis-Guzmán et ál., 2009). En otros países, los residuos de construcción y demolición han llegado a ser los principales desechos de sus botaderos. Por ejemplo, en la ciudad de Hong Kong (China), los residuos de construcción conforman el 38% del total de residuos almacenados en los botaderos de esta urbe siendo los residuos de concreto los que representan el mayor porcentaje dentro de las actividades de construcción en esta ciudad (Li-yin Shen et ál., 2008).

Tabla 1

Porcentaje de mayor incidencia según tipo de residuos y actividades de construcción en territorio chino.

PORCENTAJE DE RESIDUOS POR ACTIVIDAD				
TIPO DE RESIDUO	Ejecución de obra	Trabajos de demolición	Trabajos generales civiles	Trabajos de renovación
Metal	4%	5%	10%	5%
Madera	5%	7%	0%	5%
Plástico	2%	3%	0%	5%
Papel	2%	2%	0%	1%
Concreto	75%	70%	40%	70%
Roca / escombros	2%	1%	5%	0%
Arena / suelo	5%	0%	40%	0%
Vidrio	3%	2%	0%	10%
Otros	2%	10%	5%	4%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Nota: Adaptado de “Benefit on replacing in situ concreting with precast slabs for temporary construction works in pursuing sustainable construction practice” (p. 2), por Shen et ál., 2009, Resources, Conservation and Recycling.

Otro parámetro útil para conocer las cantidades de residuos generados en los proyectos de edificación se obtiene de la relación entre el volumen de residuos producidos por m² de área techada. A nivel regional, la ciudad de Antofagasta (Chile) presenta los ratios de 0.220 y 0.200 m³ de residuos por m² construido en viviendas multifamiliares y unifamiliares (García, 2016);

mientras que, en la ciudad de Villavicencio (Colombia) se encontró una proporción de 0.144 m³ de residuos de construcción por cada m² construido para edificaciones de tipo residencial (Agudelo y Rodríguez, 2014).

Teniendo en cuenta los ratios señalados, es posible colegir que el volumen de residuos generados en proyectos de edificaciones residenciales en la región sudamericana varía desde el 14% al 20% del área construida total.

Considerando que aún existen deficiencias por mejorar en la práctica constructiva de edificios residenciales, se hace evidente la necesidad de implementar y masificar nuevos procedimientos constructivos en el Perú que permitan incrementar la eficiencia de los proyectos tanto en tiempo como en costo, así como, lograr aminorar los impactos negativos de esta actividad sobre el medio ambiente. Es así que, la presente investigación tiene el propósito de evaluar las optimizaciones y mejoras a nivel económico y técnico que se logra mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas como reemplazo al sistema de losas mediante viguetas prefabricadas, aplicado a la construcción del Edificio Multifamiliar Sente.

Adicionalmente, se presentan las bases teóricas del Target Value Design (TVD), una metodología de gestión del costo de proyectos, cuyo enfoque se centra en generar el mayor valor para el cliente inmobiliario (en el contexto de las edificaciones).

1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas prefabricadas optimiza económica y técnicamente el sistema viguetas prefabricadas, aplicado en el Edificio Multifamiliar Sente?

1.2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida se reduce el monto del presupuesto de obra del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas?

- ¿En qué medida se reduce el plazo de ejecución del casco estructural del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas?
- ¿En qué medida se reduce la cantidad de residuos de construcción producidos durante la ejecución de las losas del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las optimizaciones económicas y técnicas al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante el sistema de prelosas prefabricadas en el Edificio Multifamiliar Sente.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la reducción del monto del presupuesto de obra del Edificio Multifamiliar Sente lograda al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.
- Determinar la reducción del plazo de ejecución del casco estructural del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.
- Determinar la reducción de la cantidad de residuos de construcción producidos durante la ejecución de las losas del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.

1.4. IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. IMPORTANCIA

La implementación del sistema prefabricado de prelosas en proyectos de edificación le añade confiabilidad a la ejecución de las actividades planificadas. También, brinda eficiencia a los proyectos al mejorar su rentabilidad económica lo que de forma directa continúa incentivando a la inversión privada. Considerando la continuidad en la creación y ejecución de proyectos de

viviendas, es posible lograr la reducción de la brecha social de viviendas habitables existente en nuestro país. En otras palabras, la ejecución de proyectos de forma más eficiente beneficia tanto a los inversionistas, como a los usuarios finales (población peruana). Por otro lado, al emplear sistemas prefabricados es posible controlar mejor los rendimientos de la mano de obra, dado que se requiere de menor personal en obra, el cual estará enfocado en actividades de montaje y actividades complementarias. En este sentido, las empresas constructoras tienen mayor probabilidad de cumplir con el cronograma planificado (evitando penalidades y/o resoluciones de contratos); los inversionistas logran incrementar sus utilidades apoyándose en sistemas más eficientes, y finalmente, los usuarios finales logran adquirir una vivienda propia, segura y confortable. Además, conforme los proyectos de vivienda siguen incrementándose en número, la producción de residuos de construcción y demolición (RCD) crecerá. Teniendo en cuenta el índice de generación de RCD en proyectos de viviendas (de un promedio del 15% en volumen por m² de área techada), se hace necesaria la utilización de alternativas que reduzcan este impacto negativo al medio ambiente.

En esa línea, la presente investigación pretende evaluar las optimizaciones a nivel de costos, plazos y sostenibilidad de la implementación del sistema prefabricado de prelosas en el Edificio Multifamiliar Sente. De este modo, a través de la difusión de los beneficios de esta solución constructiva, se busca impulsar su masificación en proyectos de vivienda en favor del desarrollo de la construcción y de los ciudadanos del Perú.

1.4.2. ALCANCE

La presente tesis tiene como alcance evaluar la optimización económica y técnica del sistema de losas del Edificio Multifamiliar Sente al cambiar el sistema de viguetas prefabricadas por el sistema de prelosas. El edificio en estudio se encuentra ubicado en Jr. Centenario 165-175, Urbanización Garden City, distrito Breña, provincia y departamento Lima. El área del terreno del proyecto es de 1,726.01 m², abarcando un área techada total de 19,220.04 m².

Con el fin de evaluar ambos sistemas de losas, se analizarán los presupuestos de obra, cronogramas de ejecución del casco estructural y volumen de residuos estimados, para los siguientes escenarios:

- Primer escenario: Considerando el sistema de viguetas prefabricadas
- Segundo escenario: Considerando el sistema de prelosas prefabricadas

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación presenta las siguientes limitaciones para su desarrollo:

- El proyecto en estudio es un edificio multifamiliar de 2 sótanos, 15 pisos y azotea ubicado en Jr. Centenario N° 165 – 175, Urb. Garden City, distrito de Breña. Colinda con edificios de 02, 03, 14 y 28 pisos. Estos dos últimos con 02 y 05 sótanos, respectivamente.
- El área del terreno donde se desarrolla el proyecto es de 1,726.01 m². El área techada total es de 19,220.04 m², ocupándose en bajo rasante (sótanos 3,522.37 m²; y en sobre rasante (pisos superiores), 15,697.67 m².
- Las cotizaciones de prelosas, viguetas pretensadas, concreto premezclado, acero corrugado y otros insumos se actualizaron a fechas del segundo trimestre del año 2022.
- Los sistemas de losas a analizar son: el sistema mediante viguetas prefabricadas, y el sistema de prelosas prefabricadas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Carbajal et. ál. (2019) en su investigación titulada “Uso de sistema constructivo de prelosas para optimizar tiempo, mejorar costos y margen de las empresas que se dedican a la construcción de edificios multifamiliares no mayores de 12 pisos, casos de estudio A y B” abordan el análisis económico del sistema constructivo de prelosas en 2 proyectos de vivienda multifamiliar (de 12 niveles y 6 niveles) para optimizar plazos, mejorar costos y margen de las empresas constructoras. El estudio concluye que:

- A nivel de costos, se logra un ahorro en el presupuesto de la especialidad de Estructuras del 3.25% para el edificio más alto y de 4.5% para el segundo edificio. A nivel del presupuesto de obra, el primero alcanza un ahorro de 1.16% mientras que el segundo logra un 1.77% de ahorro.
- En relación al cronograma de obra, los autores señalan una reducción del 10% del tiempo de construcción del casco del proyecto.
- Al acortar el cronograma e impactar positivamente en la ruta crítica, la rentabilidad del proyecto crece al generar un ahorro de gastos generales de 2 semanas.

Paye et. ál. (2014) en su investigación “Propuesta para la utilización de losas de entrepisos prefabricadas y su evaluación costo – tiempo” abordan la evaluación técnica y económica de cinco alternativas de entrepisos (2 del sistema tradicional y 3 de sistemas prefabricados). Los tipos de losas estudiadas fueron: la losa aligerada convencional, losa maciza, losa aligerada con viguetas pretensadas y prefabricadas, losa con placas colaborantes y losa con prelosas. Los autores concluyen que:

- Los sistemas prefabricados contribuyen a reducir el costo (en aproximadamente 15%) y el tiempo de ejecución de losas de entrepiso (entre 64% a 83%).
- De los sistemas prefabricados analizados, las prelosas destacaron por tener el más alto rendimiento diario (250 m²/día) y el menor costo por metro cuadrado (S/103.45/m²).

Suico et al. (2020) en su investigación “Propuesta de mejora en el proceso constructivo de losas de entrepisos para el edificio multifamiliar Breña 951 utilizando sistemas prefabricados para el aumento de la rentabilidad”, analizaron las alternativas existentes en el mercado para la ejecución

de losas de entrepisos de forma prefabricada, mediante la metodología Choosing by Advantage en 2 escenarios (priorizando costos o plazos). Los sistemas prefabricados analizados fueron: el sistema Vigacero, sistema de viguetas pretensadas y sistema de prelosas. Se compararon sus atributos, eficiencias y grados de rentabilidad de cada sistema en relación con el sistema convencional. Se concluye que:

- Los sistemas prefabricados son más rentables que el sistema tradicional, siendo el de prelosas el que genera un mayor ahorro económico (alrededor del 22% a nivel de estructuras y partida de acabados).
- Los sistemas prefabricados de entrepisos analizados acortan el cronograma de ejecución del casco en aproximadamente un mes, logrando así una reducción de los gastos generales en 7.86%.
- Pese a que el sistema de prelosas sea el más rentable, tiene una sola forma de acarreo y colocación: mediante la torre grúa, restricción que debe ser analizada al detalle en proyectos de menor altura.

Escrig (2010) en su investigación “Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón”, detalló las ventajas de la industrialización de la construcción (o prefabricación), así como los inconvenientes que presenta para ser aplicado masivamente en el sector. El autor concluye que:

- La prefabricación masiva de la construcción tiene marcadas ventajas respecto a la fabricación in situ, siendo algunas de estas: mejor control de calidad de materiales y de acabados, tiempo de operación en obra reducido, reducción del espacio para acopio de materiales o equipos, mejor control de la seguridad y accidentes laborales de los trabajadores; y finalmente, la gestión de residuos en una planta de fabricación es más eficaz.
- Pese a las cualidades positivas de la prefabricación, su implementación al sector es lenta debido a que los módulos prefabricados tienen limitaciones respecto a las formas o geometrías solicitadas por el proyecto, además de que los usuarios finales son todavía reacios a la aceptación de estas innovaciones.
- Con el fin de vencer estas limitaciones, se debe promover y desarrollar una construcción industrializada con un sistema abierto en el que convergen diferentes proveedores de

módulos prefabricados, que, en conjunto, permiten la ejecución en seco de distintos tipos de edificaciones sin perjuicios de la calidad.

Li-yin Shen et ál.(2009) en su investigación “Benefit analysis on replacing in situ concreting with precast slabs for temporary construction works in pursuing sustainable construction practice” [Análisis de beneficios al reemplazar el concreto vaciado in situ por losas prefabricadas para las construcciones provisionales en busca de practicar la construcción sostenible], estudiaron la generación de residuos de construcción durante la etapa de obras provisionales en Hong Kong, proponiendo así la utilización de losas prefabricadas para la ejecución de las obras de concreto provisionales con el fin de reducir y mejorar la gestión de los residuos de construcción. Realizaron el análisis técnico – económico para un caso de estudio, concluyendo en lo siguiente:

- La utilización de losas prefabricadas para las construcciones provisionales en lugar de realizar las mismas con concreto vaciado in situ genera un ahorro económico además de la reducción del tiempo de espera para poder aprovechar el área ejecutada.
- La reutilización de las losas prefabricadas en uno, dos o tres veces deviene en un ahorro económico del 43.93%, 64.01% y 70.70% del costo que generaría la utilización de losas vaciadas in situ.
- La prefabricación se ha consolidado como una técnica que contribuye con la reducción de residuos sólidos de construcción.

Zumina D. et ál en su investigación “Target Value Design: using collaboration and a lean approach to reduce Construction cost” [Diseño del valor objetivo: uso de la perspectiva colaborativa y lean para reducir costos de construcción] reseñan el origen, la definición, los casos de éxito y los requerimientos a considerar para implementar el Target Value Design en proyectos de construcción. Los autores arribaron en las siguientes conclusiones:

- El Target Value Design se centra en incrementar el agente de mayor valor para el cliente, el cual puede ser el costo del proyecto, el plazo, especificaciones de diseño, entre otras.
- El TVD implica la participación colaborativa de los actores del proyecto desde etapas tempranas (viabilidad del proyecto) a fin de lograr el mejor diseño del proyecto que garantice, en la mayoría de casos, que el costo no exceda del costo destinado para el proyecto por el cliente.

- El costeo del proyecto debe realizarse conforme este va definiéndose en el tiempo. Esto permitirá controlar el costo del proyecto versus el costo meta establecido.
- El TVD se basa en un mecanismo de incentivos para los actores mediante un sistema de pérdidas y ganancias compartidas.

Do et ál (2014) en su investigación “Target Value Design as a method for controlling Project cost overruns” [Diseño del Valor objetivo como un método para controlar sobrecostos de los proyectos], estudiaron la efectividad de la implementación del Target Value Design en proyectos de laboratorio y hospitales en comparación con proyectos ejecutados según el método de costeo tradicional. Se utilizaron dos indicadores de comparación: el ratio de costo gastado / costo presupuestado (spent-budget ratio), y el ratio del costo de contingencias / costo total del proyecto (contingency percentage). Se concluye que:

- El ratio gastado/presupuestado promedio fue menor en los proyectos que implementaron el Target Value Design (0.946) que en los proyectos no implementaron el TVD (0.986).
- El porcentaje del monto de contingencias fue menor en los proyectos TVD (3.5%) que en los que no hicieron uso de esta metodología (7.9%).
- El costo total del proyecto es resultado de la combinación de “fuerzas” que pueden inducir o el incremento o la reducción del presupuesto del proyecto. Las “fuerzas” que buscan controlar o disminuir el costo del proyecto se componen por las herramientas, técnicas y comportamientos del Lean Construction.

Orihuela P. et ál (2015) en su investigación “Communication protocol for implementation of target value design (TVD) in building projects” propusieron una secuencia de la etapa de diseño para la implementación del Target Value Design en proyectos inmobiliarios (oficinas y viviendas). La secuencia se basó en la identificación del valor mediante la técnica del Value Stream Mapping. El estudio presenta las siguientes conclusiones:

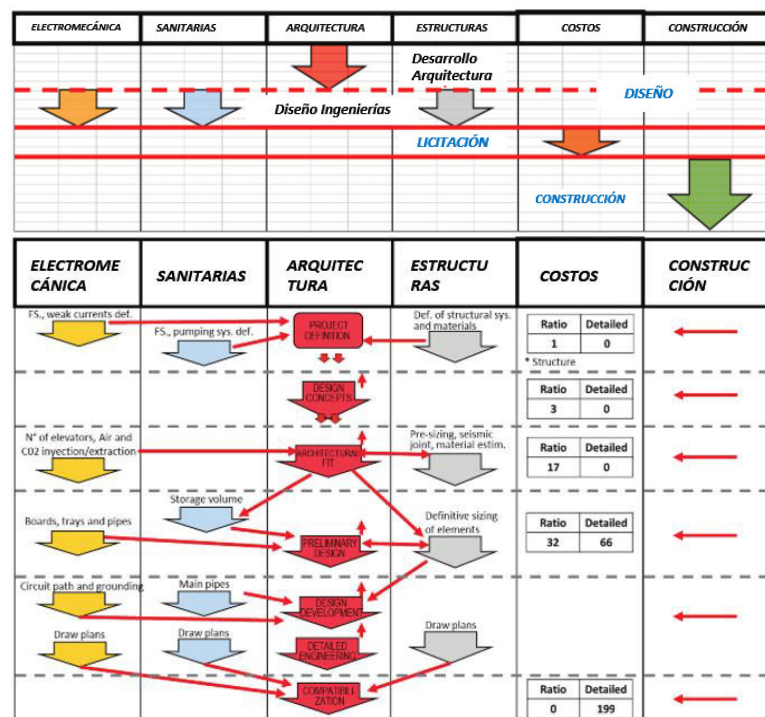
- El Target Value Design busca dirigir la etapa de diseño en función al agente de mayor valor para el cliente. Esto se traduce en la realización de esfuerzos por reducir los desperdicios o en superar las expectativas del cliente.
- El conocimiento del flujo de actividades y momentos de intercambio de información durante la etapa de diseño de proyectos inmobiliarios permitirá la adecuada transferencia

de información entre los especialistas, eliminando pérdidas de tiempo y costo, así como iteraciones negativas y retrabajos.

- Se plantea que paralelamente a la realización del diseño del proyecto debe establecerse una estructura de evaluación de costos que debe ir actualizándose conforme se disponga de un nivel mayor de información del proyecto.

Figura 1

Comparación entre el proceso tradicional de diseño (superior) y el protocolo de diseño para la implementación del TVD (inferior)



Nota: Tomado de Communication protocol for implementation of Target Value Design (TVD) in building projects, por Orihuela P. et ál., 2015.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. LOSAS O ENTREPISOS

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), una losa se define como un “elemento estructural de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno” (NTP E.060, p.15)

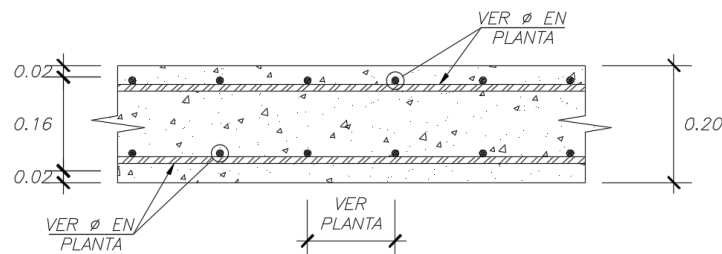
Adicionalmente, cumple la función de “diafragma rígido” al unificar a los demás elementos estructurales, compatibilizando así sus desplazamientos frente a la acción de cargas horizontales.

Dependiendo del armado del acero en planta en losa, y la colocación (o no) de elementos aligerantes, se clasifican como: las losas macizas y losas aligeradas.

- Las **losas macizas** son aquellas con una sección transversal rellena por concreto armado (concreto más refuerzo de acero) en un mayor porcentaje. Usualmente, contempla una malla inferior y una malla superior en toda su amplitud, diseñadas según las solicitaciones de cargas de cada piso.

Figura 2

Sección típica de una losa maciza.



- Las **losas aligeradas** se componen de concreto armado más la inclusión de elementos aligerantes (elementos que reducen el peso de la losa y que no poseen función estructural). Estos pueden ser: casetones de poliestireno expandido, ladrillos de arcilla, bovedillas de concreto o de arcilla, entre otros.

Asimismo, dependiendo del sistema constructivo, las viguetas de concreto armado (ubicadas entre los elementos aligerantes), pueden estar espaciadas @0.40m, @0.50m, @0.57m, @0.625m.

Figura 3

Sección típica - losa aligerada tradicional con ladrillos de arcilla @0.40m.

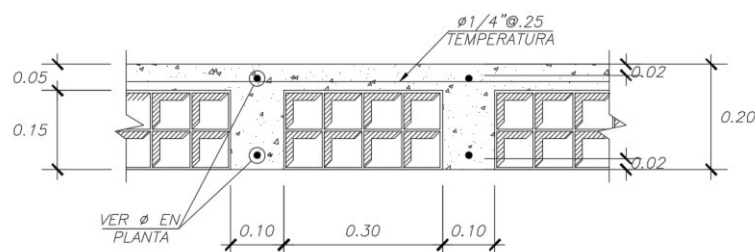


Figura 4

Sección típica - losa aligerada con viguetas pretensadas @0.50m.

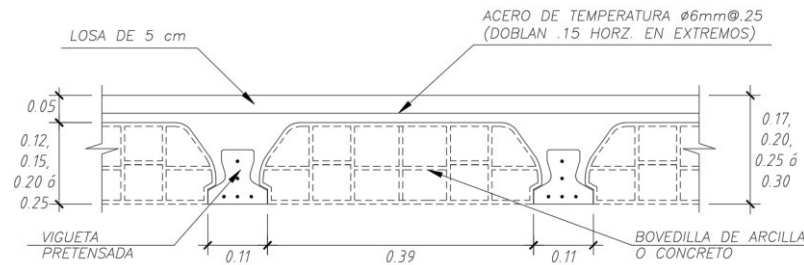
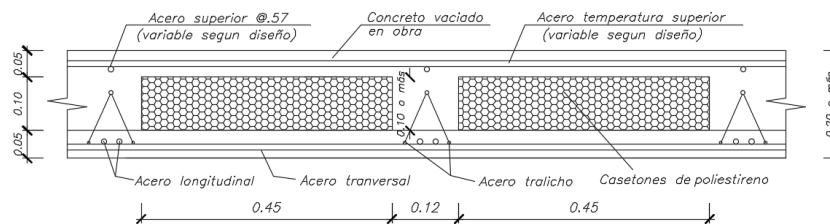


Figura 5

Sección típica - losa aligerada con prelosa prefabricada @0.57m.



A su vez, las losas aligeradas pueden ser clasificadas en: Unidireccionales y Bidireccionales dependiendo del sentido de aligerado (orientación de viguetas).

2.2.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE LOSAS

Según la norma G.040 (2021), un sistema constructivo se compone de materiales de construcción y de procedimientos constructivos para llevar a cabo una obra de ingeniería, sustentados por criterios técnicos comprobados. Así también, es posible ejecutar un sistema constructivo mediante procesos realizados totalmente en obra, o mediante procesos mixtos que involucran la inserción de elementos prefabricados en la construcción. Actualmente, en el Perú, se comercializan múltiples opciones de prefabricados para losas, vigas, y recientemente muros.

Considerando los diferentes materiales y procesos de ejecución de losas, es posible distinguir tres tipos de sistemas para la ejecución de las mismas (Calderón, 2020):

- a. **Sistema constructivo convencional de losas (in situ).** Contempla la realización de la totalidad de actividades y procesos intermedios en obra.

- b. Sistemas constructivos prefabricados.** Referidos a la fabricación de las losas en planta para luego ser transportadas e instaladas en obra directamente, sin requerir de un vaciado de concreto adicional.
- c. Sistemas constructivos mixtos.** En el cual se emplean elementos prefabricados y se complementan con la ejecución de subprocesos en obra. Dentro de esta categoría, es posible encontrar algunos de los Sistemas Constructivos no Convencionales (SCNC), aprobados por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS):
- Sistema de Prelosas prefabricadas Prelima
 - Sistema Beton Decken
 - Sistema de viguetas pretensadas Firth

Figura 6

Sistema de prelosas prefabricadas Prelima



Nota. Tomado de *Sistemas Constructivos no convencionales vigentes*, del MVCS, 2021.

Figura 7

Sistema de prelosas Beton Decken.



Nota. Tomado de *Sistemas Constructivos no convencionales vigentes*, del MVCS, 2022.

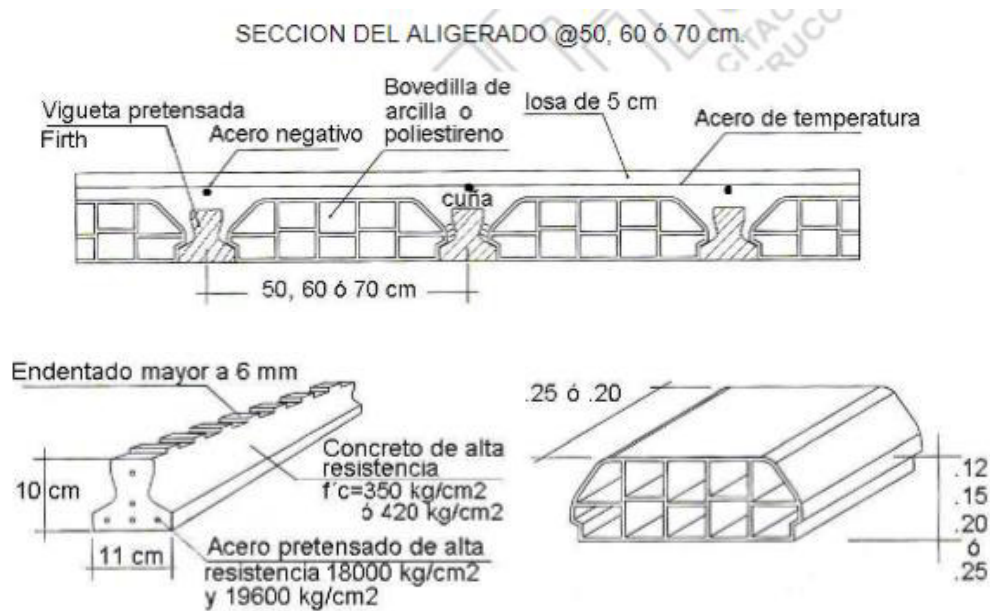
2.2.2.1. SISTEMA CONSTRUCTIVO CON VIGUETAS PREFABRICADAS

El sistema constructivo no convencional de viguetas Firth, aprobado mediante RM N° 331-2005-VIVIENDA, propone la ejecución de losas aligeradas mediante viguetas pretensadas más elementos aligerantes (bovedillas de concreto, arcilla o poliestireno). Con este sistema, las losas macizas se ejecutan de manera tradicional, es decir, las partidas requeridas para su ejecución se realizan in situ.

De modo general, las viguetas son fabricadas con dimensiones: 11cm (base) x 10cm (alto), tienen forma de T invertida, con endentados mayores a 6mm en su corona para permitir una mayor fijación con el concreto a vaciarse in situ. La forma de T invertida permite la colocación de las bovedillas en sus alas, eliminando la realización del fondo de encofrado de la totalidad de la losa.

Figura 8

Detalle típico del aligerado con viguetas prefabricadas.



Nota. Tomado de *Sistemas Constructivos no convencionales vigentes*, del MVCS, 2021.

Figura 9

Vista del fondo de losa de techo utilizando viguetas prefabricadas y bovedillas de concreto.



De manera complementaria, se tiene a disposición del mercado accesorios adicionales que buscan facilitar la colocación de instalaciones en la losa, como son: bandejas y medias bandejas sanitarias de concreto o arcilla; así como, medias bovedillas de concreto o arcilla.

Figura 10

Bandeja y media bandeja sanitaria de concreto.



Nota. Tomado de *Manual Técnico de Losas aligeradas y viguetas pretensadas*, Concremax.

A. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA

Viguetas pretensadas.

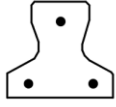
Son fabricadas en 05 diferentes tipos que varían dependiendo de la cuantía de acero (área de acero) y la resistencia del concreto ($f'c$) con las que son diseñadas y elaboradas.

Las viguetas pretensadas son elementos de concreto armado fabricadas con: cemento portland tipo I acorde a la norma ASTM C-150; arena gruesa acorde a la norma ASTM C-

33; agregado grueso o confitillo (correspondiente al huso N°8) de la norma ASTM C-33 y el acero pretensado en diámetros de 3, 4 y 5mm acorde a la ASTM 421.

Figura 11

Secciones referenciales de las viguetas pretensadas.

V-101	V-102	V-103	V-104	V-105
				
3 Ø4mm	4 Ø4mm	5 Ø4mm	4 Ø5mm	5 Ø5mm

Nota: Adaptado de “Manual Técnico de Losas aligeradas y viguetas pretensadas” (p. 16), por Concremax.

Cuantía de acero en viguetas

La cuantía de acero está determinada por el número de alambres pretensados que las compone. Estos tienen diámetros de: 3mm, 4mm o 5mm, de resistencias últimas entre 18000 kg/cm² a 18900 kg/cm².

Tabla 2

Características de las viguetas pretensadas

	DISTRIBUCIÓN DE ACERO	ÁREA (cm ²)	F _{pu} (kg/cm ²)	f'c (kg/cm ²)
V-101	3 alambres 4mm	0.378	18900	350
V-102	4 alambres 4mm	0.504	18900	350
V-103	5 alambres 4mm	0.630	18900	420
V-104	4 alambres 5mm	0.784	18900	420
V-105	5 alambres 5mm	0.980	18900	500

Nota: Adaptado de “Manual Técnico de Losas aligeradas y viguetas pretensadas” (p. 16), por Concremax.

Bovedillas

Las bovedillas a emplearse en este sistema pueden ser de arcilla, concreto y poliestireno.

- En el caso de las bovedillas de arcilla, estas cumplen las normas peruanas en cuanto a materia prima, y aplicación para techos y entrepisos aligerados (NTP Itintec 331.017 y NTP Itintec 331.040).
- Las bovedillas de concreto se fabrican considerando las normas peruanas NTP 334.009 (cemento), NTP 400.037 (agregados) y NTP 334.087 (aditivos).
- Las bovedillas de poliestireno son una alternativa del sistema de viguetas que permite reducir el peso de las losas por metro cuadrado. Son fabricadas en diferentes densidades: 10 kg/m³; 12 kg/m³; 15 kg/m³ y 18 kg/m³, dependiendo del espaciamiento de viguetas y de la densidad de soleras por metro cuadrado a emplear en el apuntalamiento.

Considerando espesores de losa de 0.20m y 0.25m, posible utilizar las siguientes bovedillas de acuerdo al Manual técnico de losas aligeradas y viguetas pretensadas:

Tabla 3

Características de bovedillas según el peralte de losa.

MATERIAL	ALTURA	ANCHO	APOYOS	LARGO	PESO MÁX
LOSA H=0.20M @0.50M					
Concreto	15 cm	39 cm	1.74 cm	20 cm	10.50 kg
Arcilla	15 cm	39 cm	1.74 cm	25 cm	9.40 kg
Poliestireno	15 cm	39 cm	1.74 cm	100 cm	0.593 kg
LOSA H=0.25M @0.50M					
Concreto	20 cm	39 cm	1.74 cm	20 cm	12.50 kg
Arcilla	20 cm	39 cm	1.74 cm	25 cm	12.30 kg
Poliestireno	20 cm	39 cm	1.74 cm	100 cm	0.771 kg

Nota. Adaptado de “Manual Técnico de Losas aligeradas y viguetas pretensadas” (p. 17), por Concremax.

Asimismo, acorde a las dimensiones de cada bovedilla, se requieren las siguientes unidades por m² de losa.

Tabla 4

Unidades de bovedillas por m2 de losa con viguetas @0.50m.

MATERIAL	ESPACIAMIENTO	BOVEDILLAS / M2
Concreto	@0.50	10 unid / m2
Arcilla	@0.50	8 unid / m2
Poliestireno	@0.50	2 unid / m2

De modo complementario, el proveedor recomienda considerar porcentajes del 1.5%, 3% y 2% para bovedillas de concreto, arcilla y poliestireno, respectivamente.

B. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LOSAS CON EL SISTEMA DE VIGUETAS PRETENSADAS FIRTH

El procedimiento constructivo de losas aligeradas comprende:

a. Apuntalamiento de losa

Comprende la colocación de los puntales y vigas soleras o vigas H que servirán de apoyo para las viguetas prefabricadas. Se recomiendan soleras de 4'' x 3'', con una separación máxima de 2 metros; y una separación máxima de 1.50m para los puntales o pies derechos.

b. Izaje y colocación de viguetas

El izaje puede ser realizado de forma manual, o de forma mecánica (mediante winche eléctrico o torre grúa). Las viguetas se colocan según el espaciamiento diseñado, preservando y verificando su alineación.

Figura 12

Colocación de viguetas pretensadas sobre el apuntalamiento.



Es posible apilar las viguetas previo a su instalación final, sin embargo, las viguetas V-103, V-104 y V-105 no deben almacenarse por más de una semana. Las viguetas deben ser apiladas considerando las recomendaciones del proveedor.

c. Colocación de bovedillas

Seguidamente, se colocan las bovedillas, bandejas sanitarias o medias bovedillas, según se requiera y se compatibilicen los planos de estructuras con los planos de instalaciones sanitarias, eléctricas y gas.

d. Habilitación y colocación de acero

Previamente habilitadas, se colocan las varillas de acero (negativo y malla de temperatura superior) según se detalla en el plano de encofrado de techos.

e. Habilitación de Instalaciones.

Se distribuyen las redes (tuberías y accesorios) de instalaciones sanitarias, eléctricas y gas en las losas.

Figura 13

Habilitación de instalaciones eléctricas y sanitarias sobre bovedillas de poliestireno.



f. Vaciado de concreto

Se realiza el vaciado de concreto in situ, finalizando el procedimiento constructivo de este sistema.

2.2.2.2. SISTEMA DE PRELOSAS PREFABRICADAS

Este sistema comprende la ejecución de losas aligeradas y macizas mediante la unión de prelosas prefabricadas y una losa de concreto vaciada in situ (generalmente de 5cm). Las prelosas son elementos prefabricados conformados por una capa de concreto de 5cm, una malla de acero de base y distribución (refuerzo positivo) y viguetas tralicho espaciadas a

cada 0.57m, fabricadas en una planta desde la cual son trasladadas a su lugar de montaje (obra). La losa vaciada in situ se compone del acero negativo según diseño estructural, la malla de temperatura superior y las redes de instalaciones según el expediente. Dentro de los proveedores de prelosas más conocidos en la industria peruana se encuentran: Beton Decken, Entrepisos Lima (Unicon), Concremax y Prefabricados de Lima (Prelima).

Figura 14

Empresas proveedoras de sistemas de prelosas prefabricadas.



Nota. Tomado del Manual Técnico de prelosas, por Beton Decken SAC (s.f.); Experiencia – Edificios Multifamiliares, por Entrepisos Lima (s.f.); Ficha técnica de prelosas pretensadas, por Concremax (s.f.); Manual técnico de prelosas Prelima, por Prefabricados de Lima SAC. (s.f.)

Las prelosas presentan un diseño y configuración particular de acuerdo al proveedor que las fabrica. Prefabricados de Lima y Concremax, por ejemplo, distribuyen prelosas de tipo pretensadas, las cuales permiten tener mayores luces libres (hasta 11m con un peralte de 27cm en el caso de Prelima, según su manual técnico). Este tipo de prelosas utilizan alambre pretensado de resistencia a la fluencia (fpu) de 18,900 kg/cm² como refuerzo positivo en reemplazo de las varillas corrugadas convencionales. Por otro lado, las prelosas de Entrepisos Lima y Beton Decken, son prelosas que utilizan como refuerzo positivo las varillas corrugadas de acero grado 60 de resistencia a la fluencia de 4200 kg/cm².

A. SISTEMA BETON DECKEN PARA PRELOSAS PREFABRICADAS

Beton Decken, una de las compañías distribuidoras, define a la prelosa como una “losa de concreto prefabricada de un ancho variable hasta 2.48 metros y una longitud usualmente

hasta 12 metros, con fines de transporte y manejo”. (s.f.) El espesor de la prelosa se define principalmente por el diámetro del refuerzo inferior, sin embargo, en muchos casos, un espesor de 5cm ha sido suficiente para satisfacer los requerimientos estructurales. Una prelosa típica de este espesor tiene un peso de 120 kg/m².

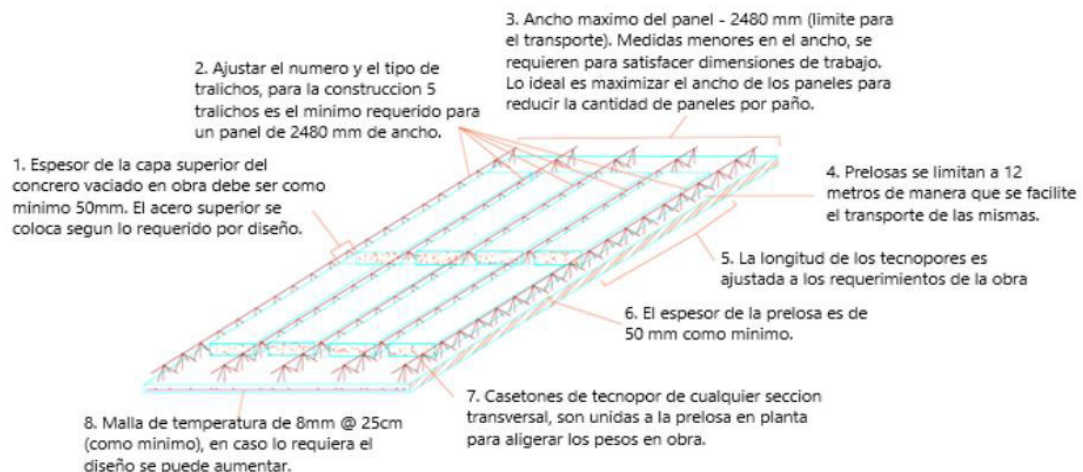
El sistema Beton Decken se compone de la instalación de las prelosas (losa de 5cm que incluye el acero positivo), más la realización de procedimientos in situ (colocación de acero negativo, instalaciones y vaciado de concreto in situ) que garantizan el monolitismo de las estructuras (losas).

El sistema de prelosa aligerada típica se compone de:

- Una capa de concreto de 5cm.
- Refuerzo inferior embebido en la losa de concreto.
- Viguetas longitudinales (tralichos) para cada prelosa.
- Una malla de temperatura de 8mm a cada 25cm en la zona superior de losa.
- Casetones de poliestireno expandido (aligerantes)
- Redes de instalaciones, según se requiera.

Figura 15

Características típicas de las prelosas del Sistema Beton Decken.



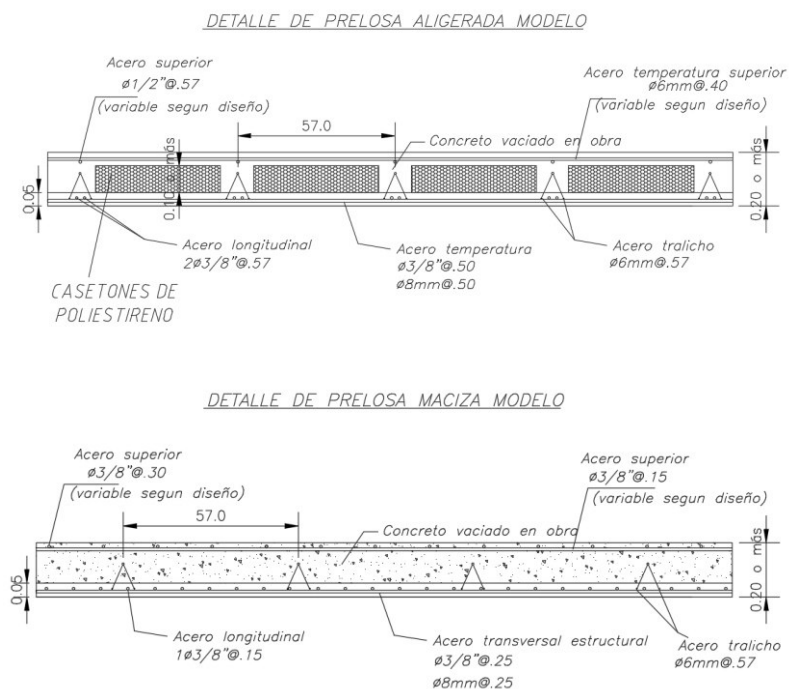
Nota: Tomado del Manual Técnico de prelosas, por Beton Decken. (s.f.)

Si se tratara de una prelosa maciza, se omite la colocación de casetones de poliestireno y se rellena completamente con concreto armado y el refuerzo indicado según diseño.

En cuanto al acero de refuerzo inferior o positivo, su distribución se adapta en función a la cuantía requerida por el proyectista estructural. Esta conversión la realizan los ingenieros estructurales de Beton Decken.

Figura 16

Sección típica y componentes de una Prelosa aligerada (imagen superior) y una prelosa maciza (imagen inferior).



Nota: Adaptado de Detalle de prelosas, Sistema Beton Decken, por Beton Decken SAC.

B. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES PARA LA EJECUCIÓN DE PRELOSAS

Los materiales empleados en la fabricación las prelosas del sistema Beton Decken poseen las siguientes características:

- El refuerzo inferior (acero positivo) es usualmente en varillas de Ø8mm y Ø3/8'' de acero corrugado grado 60. Cabe precisar que el acero puede ser suministrado por el proveedor o por el cliente, con el fin de seleccionar precios competitivos para el acero.
- El concreto de la prelosa tiene una resistencia a la compresión mínima de $f'_c=280$ kg/cm². Se realiza a base de cemento tipo I, Slump de 6-8'' y TMN de 14mm.
- Los bloques de poliestireno expandido (EPS) son formados a partir de material plástico celular de peso liviano de densidad 12 kg/m³. Además, el material que los conforma es ignífugo permitiendo la extinción del fuego de forma inmediata.
- Tralicho de prelosa, la cual es una vigueta en disposición triangular conformada por 3 varillas de 6mm, dispuestas a cada 0.57m, unidas mediante alambres de 4mm soldados a las varillas longitudinales.

Figura 17

Fragmento de Tralicho de prelosa.



C. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE PRELOSAS

Una de las plantas de fabricación de la compañía Beton Decken se encuentra ubicada en San Antonio De Jicamarca en el distrito de San Juan de Lurigancho. Se realizó una visita a esta planta de producción con la finalidad de conocer el proceso de fabricación de las prelosas Beton Decken.

Figura 18

Llegada a la planta Beton Decken.



De manera similar a los vaciados de concreto de las estructuras en una edificación, las prelosas siguen una secuencia constructiva compuesta por la habilitación del acero, estructuración de las prelosas, encofrado, colocación de acero e instalaciones, vaciado de concreto, curado y desencofrado.

- **Habilitación del acero:** Se cortan las varillas en función a los requerimientos de los planos estructurales de cada proyecto. Asimismo, se asigna la cantidad de tralichos a emplearse para cada prelosa programada.
- **Estructuración:** Se ensamblan los tralichos, las varillas longitudinales y transversales de las prelosas mediante alambres N° 16. En caso que el alcance del servicio incluya a las vigas chatas embebidas en prelosas, también se colocan sus aceros positivos y estribos en esta etapa.
- **Encofrado:** Se realiza en mesas metálicas en conjunto con un aditivo de consistencia acuosa (como desmoldante) para dotarle de un acabado liso y limpio.
- **Colocación de acero e instalaciones:** Se coloca el acero previamente ensamblado y las cajas de instalaciones eléctricas y pases sanitarios. Estos últimos son hechos a base de tuberías más tecnopor en su interior.
- **Vaciado de concreto:** Se coloca el concreto y se realiza el vibrado adecuado a fin de evitar cangrejas. Luego del fraguado del concreto, se realiza el curado de las prelosas mediante la utilización de un aditivo químico.

- Desencofrado: Se retiran las prelosas de las mesas metálicas y se alistan para ser despachas a obra.

Dentro de esta secuencia constructiva, Beton Decken efectúa diversos controles, los cuales permiten garantizar la calidad del producto final con el fin de evitar post-ventas. Por ejemplo, Beton Decken elabora sus propios diseños de mezcla de concreto, evitando así resistencias menores a la requerida ($f'c$ 280kg/cm²) al preparar su concreto.

Figura 19

Despacho de prelosas en exteriores de la planta.



Para el caso del acero requerido en la fabricación, este puede ser suministrado por el propio cliente (inmobiliaria o constructora), o puede ser adquirido por el proveedor (Beton Decken) según previo acuerdo entre ambas partes. Es usual, que el cliente suministre el acero por conveniencia económica (obtención de un mejor precio por tonelada de acero).

Figura 20

Llegada de las varillas de acero a la planta de prelosas.



Figura 21

Recorrido en las instalaciones de la planta de prelosas de Beton Decken.



D. VENTAJAS DEL USO DE PRELOSAS DE CONCRETO

Los beneficios de la utilización de prelosas en edificaciones abarcan desde la reducción de costos hasta el acortamiento de plazos. Es por tal que la utilización de elementos prefabricados permite llevar a cabo proyectos de gran envergadura con cronogramas apretados. Entre las ventajas del uso de prelosas tenemos:

- **Reducen los plazos de ejecución.**

Es posible lograr rendimientos de instalación de prelosas de 150m² por hora solo apoyándonos con 2 operarios, el rigger y la grúa. (Beton Decken, s.f.).

- **Confiabilidad en la ejecución de lo planificado.**

Al ser un sistema que requiere de cuadrillas más pequeñas que las de las losas tradicionales, se reduce el porcentaje de variabilidad a desfasarse del cronograma planificado evitando así costos adicionales al proyecto.

- **Reducen el encofrado.**

Dado que la prelosa provee de una plataforma de trabajo, solo requiere de un sistema de sostenimiento a base puntales telescópicos y vigas H20 de madera. (Beton Decken, s.f.).

- **Aminora el peso total de la estructura.**

Al utilizar como elementos de relleno al poliestireno expandido (EPS), estos permiten una reducción del peso de las losas frente a otros sistemas cuyos elementos aligerantes son de concreto o arcilla (Beton Decken, s.f.). Asimismo, al reducir las cargas de gravedad por peso propio de la estructura, permite la reducción de las secciones de elementos estructurales logrando indirectamente una reducción de costos en la especialidad de Estructuras.

- **Disminuye el volumen de residuos de construcción en obra.**

Al reducirse el volumen de concreto a vaciar in situ, se reduce de manera proporcional la cantidad de desperdicios de construcción.

- **Acabado más limpio.**

Gracias a su producción industrializada con encofrados metálicos especiales, las prelosas cuentan con un acabado más liso, apto para ser pintado luego del sellado de juntas entre prelosas y una limpieza simple. Es así que, al emplear prelosas se elimina la partida tarrajeo de cielo raso, reemplazándose por una partida de tratamiento de juntas (Carbajal et ál, 2014).

Figura 22

Acabado limpio de fondo de prelosa.



- **Mejor control de la seguridad en obra.**

Al requerir de un número menor de personal en obra (colocación de prelosas y eliminación de la partida tarrajeo), se logra un mejor control este, reduciendo así, de forma indirecta, los riesgos relacionados a seguridad.

- **Habilitación de instalaciones desde fábrica.**

Al ser elaboradas con antelación, es posible disponer de los puntos de salida y pases para las instalaciones según se indique en la compatibilización de los planos de cada especialidad con los de las plantas de encofrado. Esto permite la minimización de trabajos in situ, mejorando así los rendimientos de la mano de obra. (Costos, 2017)

Figura 23

Puntos de salida para cajas de luz en prelosa.



Adicionalmente, al ser un sistema que se instala seguidamente de su traslado a obra, no requiere de un ambiente para su almacenaje; además, al requerir un sistema simple de apuntalamiento espaciado a cada 1.50m y en algunos casos a cada 1.80m, permite la realización de actividades paralelas por debajo de las prelosas. (Costos, 2017)

De manera general, la utilización de prefabricados permite aumentar la calidad de los materiales y acabados al ser estos procesos estandarizados dentro de plantas de fabricación. Asimismo, al ser las cuadrillas de los proveedores más calificados que las cuadrillas de construcción in situ, se reducen considerablemente los accidentes de trabajo. (Escrig, 2010)

E. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE PRELOSAS

Previa a la fabricación de prelosas, Beton Decken envía un plano de modulación para cada encofrado de techo. La modulación se realiza considerando la capacidad máxima en punta de la torre grúa a instalar en obra, así como el largo de su pluma. Antes de ser fabricadas, cada modulación debe ser aprobada e incluir los puntos eléctricos y sanitarios que se requieren dejar embebidos en la prelosa. Asimismo, la compañía solicita la sectorización por planta de techo.

En el caso de Beton Decken, el tiempo que se requiere para brindar la conformidad al plano de modulación es de 7 días previo al primer despacho.

Figura 24

Modulación del edificio Sente (losas macizas y aligeradas) – Sótano 02.



De acuerdo con el sistema Beton Decken, se siguen las siguientes etapas:

i. Apuntalamiento a base de puntales y vigas de madera.

Consiste en la disposición de puntales intermedios (espaciados entre 1.50m a 1.80m) y la colocación de soleras de madera que recibirán a las prelosas. Es una labor más sencilla en comparación al encofrado tradicional.

Figura 25

Apuntalamiento de prelosa, puntales espaciados a cada 1.80m



ii. Colocación de las prelosas.

Luego de la llegada de las prelosas de la planta a obra, se realiza su colocación mediante el estrobo de 4 ramales y la grúa torre siguiendo modulación establecida.

El personal involucrado en esta actividad son 02 operarios para la colocación y los 02 riggers que dirigen al operador de la grúa. El tiempo de colocación por prelosa es de menos de 5 minutos, según mediciones tomadas en campo.

Figura 26

Colocación de prelosas: 2 operarios preloseros + 1 rigger sobre losa.



iii. Habilitación de instalaciones sanitarias, eléctricas y gas.

Se implementan las tuberías, pases, conexiones y otros elementos especificados en los planos de las especialidades involucradas. Al contar con las cajas eléctricas ya colocadas en las prelosas, el tiempo de ejecución de esta actividad se reduce en comparación al sistema tradicional.

Figura 27

Colocación de tuberías de instalaciones eléctricas.



iv. Colocación del acero negativo y la malla de temperatura.

Se realiza la colocación de los bastones, balancines y el acero de temperatura, dejando lista la losa para el vaciado in situ de concreto.

Figura 28

Vista del acero negativo y acero de costura colocado sobre losa.



v. Vaciado de la losa de concreto superior.

La losa superior vaciada in situ cumple la función de integrar los paños de prelosa como un único elemento monolítico. Se recomienda que el espesor de la losa de concreto sea como mínimo de 5cm, pudiendo acrecentarse según se requiera por el diámetro de la varilla o la congestión de tuberías de instalaciones.

Figura 29

Vista del procedimiento de vaciado de losa.



Dado que las prelosas son realizadas con moldes metálicos, poseen un acabado caravista, liso que puede quedar expuesto sin ningún tratamiento adicional. Este acabado se recomienda solo para los pisos de estacionamientos siendo el acabado usual en pisos de departamentos, la pintura. De ser pintado, será necesario realizar la limpieza de los excedentes de concreto (rebabas) en las uniones de prelosa – viga, y sellar las juntas entre prelosas, utilizando un pegamento blanco flexible más una malla drywall 3M.

Figura 30

Rebabas en la unión prelosa – viga.



Figura 31

Sellado de junta entre prelosas.



2.2.3. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

2.2.3.1. PRODUCTIVIDAD Y ALTERNATIVAS DE MEJORA

Una de las tareas inciertas dentro del transcurrir de un proyecto de edificación es controlar y mejorar la productividad del personal. Al ser la productividad el resultado de diversos factores, su administración se hace más compleja. Según Serpell (1986), la productividad se define como la relación entre lo producido versus lo utilizado o consumido para lograr lo producido, así también, menciona que existen diversos tipos de productividad (materiales, maquinarias, equipos, mano de obra) dentro de las cuales, la mano de obra es la que presenta mayor incertidumbre.

Desde este enfoque, la productividad se relaciona directamente con el trabajo productivo dentro de una actividad, distinguiendo al trabajo contributorio (trabajo necesario para que el trabajo productivo exista) y al trabajo no contributorio (actividades que no contribuyen para la existencia del trabajo productivo, por ejemplo: esperas innecesarias, retrabajos, tiempos de ocio, etc.).

Para distinguir de manera más clara estos tipos de trabajos, Ghio (2001) presentaron dos modelos para entender los procesos de la construcción de obras: el modelo de conversión de procesos y el modelo de flujo de procesos. El primer modelo (modelo tradicional, ampliamente utilizado) considera que todo el tiempo planificado y destinado para la ejecución de una actividad es netamente productivo, es decir, no existen interrupciones o demoras contempladas. El segundo modelo es más coherente con la realidad. Este incluye, además de los tiempos productivos (tiempos de ejecución real de una actividad), los tiempos contributorios (actividades necesarias, pero no productivas) y no contributorios (tiempos que no aportan valor real), intrínsecos a todas las actividades constructivas.

Dentro de los factores que posibilitan mejorar la productividad, Serpell (1986) incluye a:

- Uso de materiales y equipo innovadores, modernos.
- Prefabricación de partes de la obra cuando sea posible.
- Revisión de diseños para una mejor constructibilidad.
- Estandarización de diseños y materiales.

- Análisis de tiempos y movimientos, para mejorar la eficiencia de una actividad.

Del mismo modo, Vilca (2015) señala que es posible mejorar la eficiencia de una cuadrilla mediante: el replanteo de las tareas asignadas a cada obrero; la modificación del tamaño de la cuadrilla, o la implementación de una alternativa tecnológica que mejore la eficiencia de toda la secuencia de actividades de un proceso constructivo.

Por tanto, es importante resaltar que la industrialización de la construcción (entendida como el aumento del uso de prefabricados reduciendo al mínimo el trabajo in situ e incrementando las actividades de montaje), conlleva a mejorar la calidad de los materiales, lograr un mejor control de los acabados de las estructuras y a optimizar el tiempo en obra al requerir de solo la colocación o montaje de las piezas prefabricadas (Escrig, 2010).

2.2.3.2. PRELOSAS PREFABRICADAS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD

Dado que el sistema de prelosas tiene un rendimiento de instalación aproximado de 150m² por hora (5 minutos por colocación de prelosa) permite lograr un porcentaje de cumplimiento de actividades mayor, en comparación con otros sistemas constructivos. Asimismo, al requerir de una cuadrilla reducida para su instalación (solo 2 operarios preloseros, los riggers y el operador de la grúa), es factible controlar mejor los niveles de producción de los trabajadores. Se puede colegir también que, pese a la variabilidad presente en la mano de obra, al tener una menor cuadrilla, los tiempos contributivos y no contributivos se reducirán de manera directa.

Figura 32

Despacho de prelosa en camión



Nota. Se observa que la prelosa llega a obra con los casetones de poliestireno adosados a ella. Además, el acero positivo de las viguetas ya viene colocado, requiriendo de la colocación en obra de solo el acero negativo.

Adicionalmente, el sistema de prelosas no requiere de la colocación de ladrillos ni de bovedillas de forma manual dado que los casetones de poliestireno se colocan cuando la prelosa es fabricada en planta, lo que elimina esta partida, así como la logística de la compra de este material, generando que el vaciado de concreto pueda lograrse con una confiabilidad mayor al tener una actividad predecesora menos.

2.2.4. SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

2.2.4.1. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La construcción sostenible, referida a la construcción de edificios concebidos con criterios de eficiencia hídrica y energética, ha tenido una asimilación gradual en nuestro país. Gracias a los esfuerzos realizados por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (a través del Bono Mivivienda Verde), y los incentivos en cuanto a incrementos de áreas techadas (en particulares distritos), el número de edificios de vivienda con criterios de sostenibilidad en su diseño y construcción se ha incrementado.

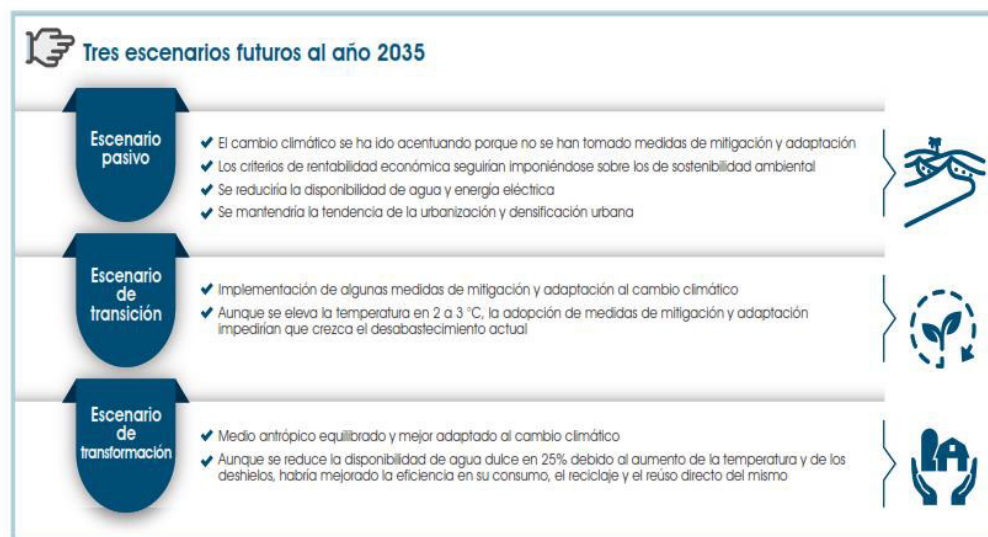
Du Pleiss (2002, como se citó en Miranda et ál., 2018) define a la construcción sostenible como un proceso integral cuyo fin es “restaurar y mantener la armonía entre el ambiente natural y el sistema construido, y crear asentamientos que afirman la dignidad humana y fortalecen la economía con equidad”. Este enfoque de concebir la construcción le da preponderancia al rol de los arquitectos y constructores, al ser ellos los encargados de diseñar las edificaciones y ejecutarlas, respectivamente. Esta concepción apunta a que los proyectos de edificación deben ser diseñados tomando en cuenta las características climáticas y los materiales nativos de cada lugar. De igual forma, los procedimientos constructivos con los que se ejecutan los proyectos de edificación deben ser concebidos incluyendo alternativas tecnológicas ecoamigables, así como la utilización de materiales eficientes en materia ambiental.

Dado que toda implementación de nuevas técnicas, procedimientos y materiales se realiza de manera progresiva, es posible rescatar las proyecciones realizadas por la Dirección

Nacional de Construcción (ente perteneciente al MVCS) en función al grado de implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Los escenarios que se plantean son: escenario pasivo (en el que las consecuencias del cambio climático se acentúan), escenario de transición (etapa intermedia) y escenario de transformación (en el que las medidas asimiladas logran un entorno más adaptado al cambio climático).

Figura 33

Escenarios futuros en base al grado de aplicación de medidas ecoamigables.



Nota: Tomado de Escenarios futuros al año 2035, por Miranda et ál., 2018.

El informe *La construcción sostenible en el Perú* (2018) recopila estas proyecciones utilizando indicadores. Es así que, de concretarse un escenario pasivo en nuestro país, se estima que para el año 2035 se tendría un ratio de producción de residuos sólidos de construcción de 0.4 m³ RCD / m² construido, lo que es aproximadamente el 40% del área construida, representada en volumen.

2.2.4.2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Según el Reglamento para la gestión y manejo de los residuos sólidos de construcción y demolición, se define a los residuos de construcción y demolición como aquellos subproductos en estado sólido o semisólido que han sido originados durante el proceso de

construcción de edificaciones e infraestructura. De acuerdo al tratamiento que reciben, el Reglamento los clasifica en residuos peligrosos, y no peligrosos. Además, en caso se traten de residuos no reaprovechables, se enfatiza en la minimización de estos, así como de su nivel de peligrosidad.

Según la Ley de Gestión Integral de residuos sólidos, el generador de residuos sólidos está obligado a realizar una serie de procedimientos relacionados a reducir el impacto que tienen los RCD en la salud y el medio ambiente. Entre estos procedimientos se incluyen:

1. Segregar los residuos sólidos
2. Habilitar áreas de almacenamiento de residuos sólidos
3. Asegurar la valorización de los residuos
4. Asegurar una adecuada disposición final

Es importante mencionar que la aplicación de los lineamientos establecidos en el Reglamento en relación a la gestión y el manejo de residuos de construcción y demolición es de aplicabilidad obligatoria para la ejecución de proyectos de infraestructura dentro del territorio nacional.

2.2.5. TARGET VALUE DESIGN

El Target Value Design (TVD) surge como la adaptación del Target Costing, método empleado en las manufactureras japonesas para controlar el costo de nuevos productos o servicios a desarrollar, a la industria de la Construcción. El TVD data desde el inicio del siglo (año 2000) según reporta Nicolini de su aplicación en el Reino Unido, sin embargo, su mayor reconocimiento se logró en el año 2004, luego de que Ballard y Reiser lograran con éxito su implementación en los Estados Unidos (Orihuela et ál, 2015).

El Target Value Design es una metodología en la cual la etapa de diseño de un proyecto de construcción se enfoca en maximizar el agente que le genera mayor valor al cliente (sea este el costo, criterios de diseño, constructibilidad, plazo, etc), siendo el alcance del proyecto también susceptible a variaciones para lograr tal fin (Zimina et ál, 2012). Al priorizarse usualmente el beneficio o rentabilidad económica que puede generar el cliente a partir del proyecto, el TVD se entiende como la metodología que maximiza la funcionalidad del proyecto (o le añade valor al mismo) manteniendo como restricción el costo máximo que el cliente está dispuesto a invertir.

Según Orihuela et ál (2015), el TVD gestiona un proyecto de construcción para generar Valor o Valor agregado, estableciendo el costo asociado del proyecto de manera fija, sin que la funcionalidad del proyecto se vea reducida.

Figura 34

Diferentes opciones para generar valor, valor agregado y TVD.

	1	2	3	4	5	6
Function	=	=	+	+	++	-
Cost	=	-	=	-	+	--
Value	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Added Value	✗	✗	✓	✓	✓	✗
TVD	✓	✓	✓	✓	✗	✗

Nota: Tomado de Communication protocol for implementation of Target Value Design (TVD) in building projects, por Orihuela et ál., 2015.

Bajo esta metodología, el inversionista define un costo permitido para el proyecto (allowable cost) durante o al término de la etapa de viabilidad, y de manera posterior, establece un costo meta (target cost) a fin de promover la innovación en la etapa de diseño. Debe verificarse que el costo permitido sea razonable mediante un costeo de mercado referencial (market price), debiendo ser el costo permitido mayor o igual al costo de mercado para verificar que es coherente. En caso el costo de mercado sea considerablemente mayor al costo permitido, el cliente y su equipo deben retornar al estudio de viabilidad del proyecto y evaluar si la diferencia es revertible (mediante alguna modificación del proyecto) que le permita fundar el proyecto, o sino desistir del mismo.

La relación que se genera entre los costos asociados al proyecto es la siguiente (Do et ál, 2014):

$$\text{Costo permitido} \geq \text{Costo de mercado} \geq \text{Costo meta}$$

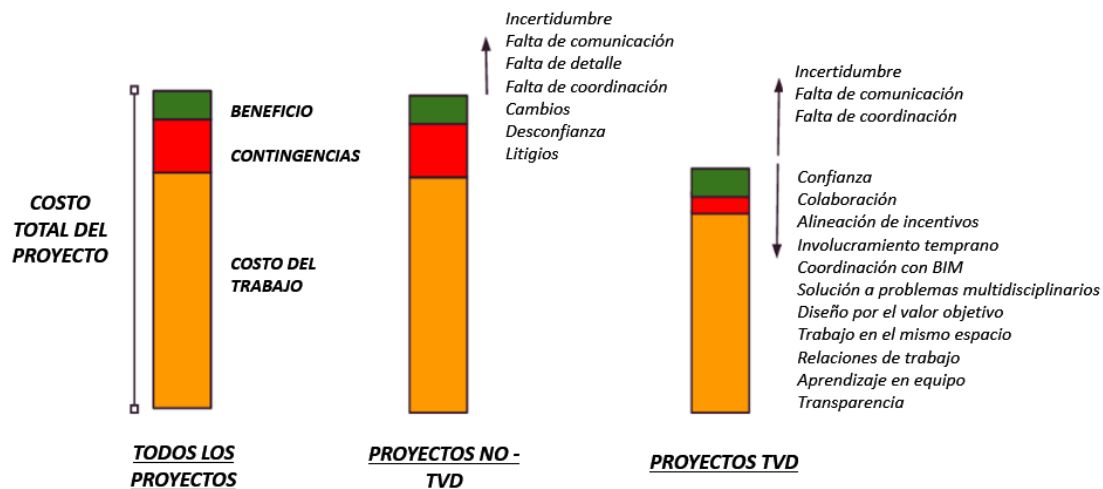
El TVD es de ideal aplicación en las fases de definición del proyecto y de diseño del proyecto dado promueve la participación temprana de los involucrados de las fases de diseño, construcción, procura, costeo, área comercial, así como la participación activa del propietario del proyecto (cliente). En otras palabras, los proyectos TVD reúnen a las partes interesadas desde etapas iniciales (Definición del proyecto y verificación de viabilidad) para que, mediante una relación

colaborativa, una política de incentivos adecuada y de riesgos compartidos, logren controlar el diseño del proyecto bajo la restricción del costo establecido por el cliente (allowable target cost).

Otro punto importante es que los proyectos TVD habitualmente emplean las herramientas y técnicas del Lean Construction dentro del desarrollo del proyecto. Do et ál (2015) propone que las técnicas y comportamientos Lean son las fuerzas que contrarrestan que el costo del proyecto crezca fuera del costo meta (Figura 35). Entre las herramientas Lean se tienen: last planner system, los reportes A3, Set Based Design, Choosing by advantages, 5S, Value Stream Mapping, co-location, etc (Ballard, 2011).

Figura 35

Mecanismos de control del costo.



Nota: Adaptado de Target Value Design as a method for controlling Project cost overruns, por Do et ál., 2014.

En resumen, el Target Value Design cambia la secuencia metodológica del sistema tradicional de costeo de proyectos al desarrollar el proyecto a partir de un costo meta (target cost) y de las relaciones colaborativas de trabajo. Es así que Macomber y Barberio (2007), afirmaron las siguientes premisas en relación al sistema tradicional y al TVD:

- Más que estimar basándonos en un diseño detallado, diseñar basándonos en una estimación detallada.
- Más que evaluar la constructibilidad del diseño, diseñar para lo que es ejecutable.

- Más que diseñar independientemente y luego efectuar revisiones en grupo, trabajar en equipo para definir los problemas y tomar decisiones frente a estos, para luego diseñar a partir de estas decisiones conjuntas.
- Más que reducir las alternativas para proseguir con el diseño, considerar un conjunto de soluciones para el proceso de diseño.
- Más que trabajar aisladamente en ambientes separados, trabajar en grupo en un área común, frente a frente.

Adicionalmente, los mismos autores señalan 9 principios base del Target Value Design:

1. Involucramiento profundo del cliente para establecer el valor objetivo (target value)
2. Liderar los esfuerzos de diseño hacia el aprendizaje e innovación
3. Diseñar de acuerdo a un costeo detallado
4. Planificar y re-planificar el proyecto colaborativamente
5. Diseñar simultáneamente las partes del proyecto.
6. Diseñar y detallar en función a la secuencia que el cliente final lo utilizará.
7. Trabajar en pequeños y variados grupos.
8. Trabajar en un espacio compartido (Big room)
9. Realizar reflexiones e identificar las lecciones aprendidas del proceso.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Acero de continuidad:** Es el acero requerido a colocarse en obra para las losas macizas y losas aligeradas bidireccionales dada la no continuidad de las prelosas en todo el paño. También, es requerido para otorgarle continuidad a las vigas chatas, en su encuentro con vigas principales.
- **Acero de costura:** Se refiere al acero colocado en obra cuya función es evitar las fisuras post-vaciado de losa previniendo así problemas de post-venta. Este acero se habilita en forma de “grampas en U” y se coloca en los tralichos ubicados a los extremos de las prelosas.

- **Análisis de precios unitarios (APU):** Consiste en descomponer una actividad considerando los recursos y cantidades de estos que se va requerir para llevarse a cabo. Una vez determinados los recursos y sus cantidades en el análisis, se procede con la asignación de precios unitarios, obteniendo así una suma parcial que viene a ser el costo de la partida por cada unidad de medida de referencia.
- **Casco estructural:** Se refiere a las estructuras de concreto armado que conforman el armazón estructural de la edificación, diseñado para soportar las cargas de gravedad y solicitaciones sísmicas.
- **Costo directo:** Costo asociado directamente a las cantidades de ejecución de las partidas de un proyecto, que quedan consumidas en la obra. Se subdividen en las categorías de Mano de obra, Material, Equipos y herramientas, y Subcontratos. Generalmente es resultado de los metrados y costos unitarios.
- **Costo indirecto:** Costo que no dependen directamente de la ejecución física de las partidas sino al conjunto del proyecto, pueden (o no) estar asociados al tiempo. Se subdividen en Gastos generales y Utilidad.
- **Cronograma de obra:** Se refiere a la consolidación de los plazos estimados del total de actividades que contiene un proyecto dentro de un solo documento y formato. Es útil para el seguimiento y control de plazos, así como de las fechas importantes (hitos).
- **Cronograma del casco:** Se refiere a la consolidación de los plazos de las actividades que solo involucran la construcción de la estructura principal del edificio. Incorpora a las partidas de concreto armado. Para efectos de la presente investigación, se considerarán los plazos a partir del primer techo a ejecutar.
- **Ficha técnica:** Documento que registra las especificaciones técnicas de materiales, equipos y maquinarias. Incluyen información referente a sus propiedades físicas, composición o materia prima, rendimientos del producto, recomendaciones de aplicación o uso, entre otras.

- **Juicio de expertos:** Se define como el juicio que se brinda sobre la base de la experiencia en un área de aplicación, área de conocimiento o disciplina, según resulte apropiado para la actividad que se está realizando. (PMBOK Sexta Edición, 2017, p.79)
- **Limpieza de rebabas:** Se refiere a la actividad posterior al vaciado de la losa en la cual se eliminan los excedentes de concreto que han sobresalido de los encuentros entre las prelosas y el encofrado de vigas.
- **Metrado:** Consiste en la cuantificación de volumen, área, unidades o elementos de los materiales necesarios que se requieren para la ejecución de una actividad. El metrado se realiza tomando en cuenta la unidad de medida de cada partida, la cual debe concordar con la unidad de análisis en el Análisis de precios unitarios.
- **Porcentaje de cumplimiento:** Es un indicador porcentual referido al cumplimiento de las actividades programadas en un cronograma inicial. En la presente investigación es utilizado para la estimación de desfases en tiempo de los plazos iniciales programados.
- **Prelosa:** Elemento prefabricado de concreto de dimensiones máximas en planta de 2.50m x 12m, cuyo espesor es de 5cm. Cuenta con el acero positivo embebido en la misma, así como, con viguetas tralichos habilitadas desde la planta de fabricación. El espaciamiento de los tralichos depende del procedimiento constructivo de cada proveedor de prelosas.
- **Rendimiento:** Es la cantidad de trabajo realizado de una actividad durante un periodo de tiempo (generalmente por día). Este parámetro es útil para la realización de los análisis de precios unitarios (APU) para cada actividad, así como, para la asignación de recursos por etapa y elaboración del cronograma de obra.
- **Sectorización:** Proceso que consiste en dividir el trabajo total de una o más partidas en sectores (o bloques de trabajo) con el fin de lograr una cantidad de trabajo homogénea que permita lograr un ritmo constante de producción al rotar el personal por los diferentes sectores.
- **Sellado de juntas:** Actividad a realizarse con el fin de sellar la unión entre prelosa y prelosa. Incluye un primer relleno de la junta con pegamento flexible blanco y posteriormente, un sello con malla drywall 3M.

- **Sistema de viguetas pretensadas:** Consiste en la ejecución de losas mediante la colocación de viguetas pretensadas y bovedillas de arcilla , concreto o poliestireno, incluyendo actividades complementarias para lograr el vaciado de la losa (colocación de acero negativo, habilitación de instalaciones).
- **Sistema prefabricado de prelosas:** Consiste en la ejecución de losas que incluye procesos realizados en una fábrica (prelosas prefabricadas con los bloques de poliestireno expandido instalados) y procesos realizados in situ (habilitación e instalación de acero negativo, de instalaciones y vaciado de la losa de concreto superior).
- **Tarrajeo de cielorraso:** Consiste en la nivelación de la superficie del cielorraso utilizando mortero a base de cemento, arena fina y agua; generalmente de un espesor de 1.5cm. Luego del tarrajeo, la superficie queda lista para tratarse con los procedimientos de pintura u otro.
- **Vigas chatas:** Hacen referencia a las vigas que tienen el mismo peralte que la losa. Pueden ser realizadas in situ, o pueden ser ejecutadas de manera parcial junto con la prelosa hasta un espesor de 5cm, llegando a obra con su acero longitudinal y estribos embebidos en la prelosa.
- **Volumen de residuos de concreto armado:** Cuantificación en volumen de los desperdicios generados posterior al vaciado de los elementos estructurales que se componen de concreto armado. No incluye obras de concreto simple.
- **Residuos de construcción y demolición (RCD):** Subproductos en estado sólido o semisólido, originados dentro de las etapas del proceso constructivo de edificaciones u otro tipo de infraestructura.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La implementación del sistema de prelosas prefabricadas optimiza económica y técnicamente el sistema de viguetas prefabricadas inicial del Edificio Multifamiliar Sente.

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El monto del presupuesto de obra del Edificio Multifamiliar Sente se reduce al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.
- El plazo de ejecución del casco estructural del Edificio Multifamiliar Sente se reduce al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.
- La cantidad de residuos de construcción producidos durante la ejecución de losas del Edificio Multifamiliar Sente se reduce al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.

3.2. VARIABLES

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

Sistema de viguetas prefabricadas y prelosas prefabricadas: Los sistemas de viguetas prefabricadas y prelosas prefabricadas engloban un conjunto de técnicas y procedimientos empleados para la ejecución de losas aligeradas o macizas, que incluye la utilización de recursos (mano de obra, materiales, equipos y maquinarias, subcontratos) para llevarse a cabo. Dependiendo del sistema, incluyen procesos realizados en una planta de producción; sin embargo, ambos implican procesos realizados in situ (en obra).

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

Optimización del costo, plazo de obra y nivel de sostenibilidad: La optimización del costo, plazo y nivel de sostenibilidad de un proyecto multifamiliar abarca el conjunto de mejoras originadas por el manejo de la constructabilidad en la gestión del proyecto, la asimilación de

nuevas técnicas constructivas y el mejor aprovechamiento de los recursos. Estas mejoras, visibilizadas a nivel de costos, plazos y reducción del volumen de residuos producidos, benefician de forma directa e indirectamente: el empresario inmobiliario, a los usuarios finales y al medio ambiente.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. SISTEMA DE VIGUETAS PREFABRICADAS

Se refiere a la ejecución de losas aligeradas empleando el sistema de viguetas pretensadas Firth aprobado por la Resolución Ministerial N° 331-2005-VIVIENDA. Comprende la ejecución de losas aligeradas utilizando viguetas prefabricadas @0.50m, sobre las cuales se apoyan los elementos aligerantes (bovedillas de concreto, arcilla o poliestireno). De manera posterior a la colocación de bovedillas, se colocan las instalaciones sanitarias, eléctricas y gas, las varillas de acero negativo y temperatura, culminando con el vaciado de la losa según el peralte de diseño. Las viguetas prefabricadas son elementos de concreto, fabricados con acero pretensado de diámetros de 3mm, 4mm y 5mm (según la tipología de vigueta), y resistencia del concreto ($f'c$) de 350, 420 y 500 kg/cm² (según la tipología de vigueta). El acero pretensado utilizado tiene resistencia de fluencia última (f_y) de 18000 kg/cm² o 18900 kg/cm², de acuerdo al tipo de vigueta empleada.

3.3.2. SISTEMA PREFABRICADO DE PRELOSAS

Se refiere a la ejecución de losas aligeradas y macizas empleando el sistema de prelosas Beton Decken aprobado por la Resolución Ministerial N° 069-2018-VIVIENDA. Comprende la ejecución de losas compuestas por prelosas prefabricadas, tuberías para instalaciones (sanitarias, eléctricas y gas), varillas de acero corrugado negativo y temperatura f_y 4200 kg/cm² y el vaciado in situ de concreto hasta el espesor requerido según diseño, obteniéndose una losa terminada. Las prelosas prefabricadas son elementos prefabricados de concreto de un espesor de 5cm, de resistencia a la compresión de $f'c$ 280 kg/cm², que incluyen las varillas de acero positivo f_y 4200 kg/cm² embebidas. Complementariamente, este sistema permite la habilitación de pases y salidas de instalaciones hechas desde fábrica y la ejecución parcial de vigas chatas (vigas de peralte igual al espesor de losa). La ejecución parcial de vigas chatas incluye el vaciado de 5cm de concreto de la viga más la habilitación de su refuerzo longitudinal y transversal. Este vaciado de 5cm viene “embebido” dentro de los paños de prelosa.

3.3.3. OPTIMIZACIÓN DEL COSTO, PLAZO Y NIVEL DE SOSTENIBILIDAD

La optimización del costo apunta a la utilización de menores recursos económicos para obtener un mismo producto consiguiendo ahorros monetarios. Esta reducción del costo no implica una merma en la calidad del producto ni en la funcionalidad de este. Por otro lado, la optimización del plazo alude a la utilización de menos horas hombre para la ejecución de las mismas actividades, logrando acortar plazos de ejecución gracias a la confiabilidad que otorga un sistema constructivo. Por último, la optimización a nivel de sostenibilidad consiste en reducir el volumen de residuos de construcción (a nivel de concreto armado) producidos durante la ejecución de un proyecto multifamiliar.

Tabla 5

Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
SISTEMA DE VIGUETAS PREFABRICADAS Y SISTEMA DE PRELOSAS PREFABRICADAS	SISTEMA DE VIGUETAS PREFABRICADAS	Costo por m2 de losa	Soles (S/ x m2)	Cuantitativa	Escala de razón
		Desfase del cronograma base	Mes	Cuantitativa	Escala de razón
		Residuos de construcción	m3	Cuantitativa	Escala de razón
	SISTEMA DE PRELOSAS PREFABRICADAS	Costo por m2 de losa	Soles (S/ x m2)	Cuantitativa	Escala de razón
		Desfase del cronograma base	Días	Cuantitativa	Escala de razón
		Residuos de construcción	m3	Cuantitativa	Escala de razón
OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA Y TÉCNICA	PRESUPUESTO DE OBRA	Monto del presupuesto de obra	Soles (S/)	Cuantitativa	Escala de razón
				Cuantitativa	Escala de razón
	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL CASCO	Plazo de ejecución del casco	Mes	Cuantitativa	Escala de razón
	VOLUMEN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN	Residuos de construcción	Metros cúbicos (m3)	Cuantitativa	Escala de razón
				Cuantitativa	Escala de razón

Tabla 6

Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN
¿En qué medida la implementación del sistema de prelosas prefabricadas optimiza económica y técnicamente el sistema viguetas prefabricadas, aplicado en el Edificio Multifamiliar Sente?	Evaluar las optimizaciones económicas y técnicas al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante el sistema de prelosas prefabricadas en el Edificio Multifamiliar Sente.	La implementación del sistema de prelosas prefabricadas optimiza económica y técnicamente el sistema de viguetas prefabricadas inicial del Edificio Multifamiliar Sente.	SISTEMA DE VIGUETAS PREFABRICADAS Y SISTEMA DE PRELOSAS PREFABRICADAS	SISTEMA DE VIGUETAS PREFABRICADAS	Costo por m2 de losa	Soles (S/ x m2)
					Desfase del cronograma base	Mes
					Residuos de construcción	m3
				SISTEMA DE PRELOSAS PREFABRICADAS	Costo por m2 de losa	Soles (S/ x m2)
					Desfase del cronograma base	Mes
					Residuos de construcción	m3
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	V. DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	UND. MED.
¿En qué medida se reduce el monto del presupuesto de obra del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas?	Determinar la reducción del monto del presupuesto de obra del Edificio Multifamiliar Sente lograda al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.	El monto del presupuesto de obra del Edificio Multifamiliar Sente se reduce al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.		PRESUPUESTO DE OBRA	Monto del presupuesto de obra	Soles (S/)
¿En qué medida se reduce el plazo de ejecución del casco estructural del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas?	Determinar la reducción del plazo de ejecución del casco estructural del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.	El plazo de ejecución del casco estructural del Edificio Multifamiliar Sente se reduce al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.	OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA Y TÉCNICA	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL CASCO	Plazo de ejecución del casco	Mes
¿En qué medida se reduce la cantidad de residuos de construcción producidos durante la ejecución de las losas del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas?	Determinar la reducción de la cantidad de residuos de construcción producidos durante la ejecución de las losas del Edificio Multifamiliar Sente al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.	La cantidad de residuos de construcción producidos durante la ejecución de las losas del Edificio Multifamiliar Sente se reduce al optimizar el sistema de viguetas prefabricadas mediante la implementación del sistema de prelosas prefabricadas.		VOLUMEN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN	Residuos de construcción	Metros cúbicos (m3)

La modalidad de manipulación de la variable independiente de la presente investigación consiste en asignarle una tipología particular de esta; es decir, un primer escenario utilizando el sistema de viguetas prefabricadas, y un segundo escenario, el sistema de prelosas prefabricadas.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Bisquerra (2009) define a la población como el conjunto de individuos sobre quienes se pretende generalizar los resultados de la investigación o sobre los que desea estudiar un determinado fenómeno. El mismo autor considera a la muestra como un subconjunto o partición representativa de la población, obtenida mediante una técnica de muestreo.

Las muestras, según su modo de selección, pueden ser: probabilísticas y no probabilísticas. Las muestras probabilísticas son aquellas que siguen un proceso de selección en las que todos los elementos de una población tienen la misma probabilidad de ser escogidos. En cambio, las muestras no probabilísticas (o dirigidas) son seleccionadas en función a los objetivos de la investigación y según los propósitos del investigador. (Hernández, 2014)

La presente investigación tiene como población a las edificaciones multifamiliares del distrito de Breña, siendo la muestra de tipo no probabilística, el Edificio Multifamiliar Sente, ubicado en este distrito.

4.4. PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

4.4.1. PROCEDIMIENTO

Etapas 1: Recopilación y estudio del expediente del proyecto.

Se recopilan los expedientes de cada especialidad del proyecto (Arquitectura, Estructuras, Instalaciones Eléctricas, Sanitarias, Agua contra incendio, CCTV, DADI, Gas y Mecánicas). Estos servirán para el entendimiento del alcance del proyecto, de su presupuesto y plazo de obra.

Etapas 2: Elaboración de metrados y análisis de precios unitarios de las partidas de análisis.

Se elaboran los metrados de los 2 escenarios de análisis (i. sistema de viguetas prefabricadas, y ii. sistema de prelosas prefabricadas). Se consideran las partidas que involucran a cada sistema en las especialidades de Estructuras y Arquitectura (se incluyen las partidas de concreto premezclado,

encofrado, acero y tarrajeo). Posteriormente, se elaboran los análisis de precios unitarios considerando la forma de ejecución y contratación de las partidas en el sector construcción.

Etapas 3: Elaboración de presupuestos a nivel de Costo directo.

Se elaboran los presupuestos de Estructuras y Arquitectura en base a los metrados y análisis de precios unitarios para cada escenario. Se obtienen las primeras variaciones entre ambos escenarios a nivel de Costo directo.

Etapas 4: Elaboración del cronograma de ejecución del casco.

Como primer paso, se realiza la sectorización en base a las áreas techadas de las plantas de sótanos, primer piso y planta típica y los metrados calculados. Luego, se elabora un cronograma base para la ejecución del casco que se utilizará para ambos escenarios.

Etapas 5: Determinación de desfases (o atrasos) del cronograma base.

Mediante la herramienta juicio de expertos, se realizan entrevistas a ingenieros expertos en los sistemas de análisis, quienes estiman porcentajes de cumplimiento de las partidas de cada sistema en función a su experiencia. Con el porcentaje promedio resultante, se calculan los desfases en tiempo (meses) que tendría cada cronograma real frente al cronograma base.

Etapas 6: Elaboración de presupuestos a nivel de Costo indirecto.

Se elaboran los presupuestos de Obras provisionales y Gastos generales considerando las partidas y profesionales intervinientes en el casco y que están supeditadas al tiempo. Se calculan los presupuestos encontrándose las variaciones entre ambos escenarios.

Etapas 7: Análisis de resultados e hipótesis.

Comprende la extracción de resultados y su análisis, así como, la contrastación de las hipótesis planteadas. Se señalan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

4.4.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para Ñaupas (2018) las técnicas de recolección de datos son un conjunto de normas y procedimientos establecidos con el fin de orientar un proceso de investigación y así alcanzar los objetivos planteados.

Existen diversas técnicas de recolección de datos, que pueden ser agrupadas en función del tipo de estudio que se realiza (cualitativo o cuantitativo). Las técnicas empleadas en el presente estudio son fundamentalmente: revisión de investigaciones previas referentes al tema de estudio (datos secundarios), las entrevistas a expertos, y procedimientos propios de control de producción en la construcción de un edificio multifamiliar.

4.4.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para Ñaupas (2018), los instrumentos de recolección de información son aquellos en los que se recoge y documenta los datos recopilados durante la investigación.

En el presente estudio, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Cotizaciones de insumos y maquinaria
- Análisis de precios unitarios (de las partidas de análisis)
- Fichas técnicas y Manual de procedimiento de los sistemas constructivos.
- Entrevistas a expertos.

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La presente investigación tiene por fin evaluar dos alternativas para la ejecución de losas en el Edificio Multifamiliar Sente. Este análisis se basa en los análisis de precios unitarios por partida, utilizando precios de mercado de mano de obra, materiales y maquinarias. En este sentido, luego de obtener los resultados, es posible extrapolarlos y homologarlos para edificaciones de características, restricciones y requerimientos similares.

Las variables de análisis (presupuesto de obra, plazo de ejecución del casco y volumen de residuos de construcción) son de tipo cuantitativas, con una escala de medición de tipo escala de razón.

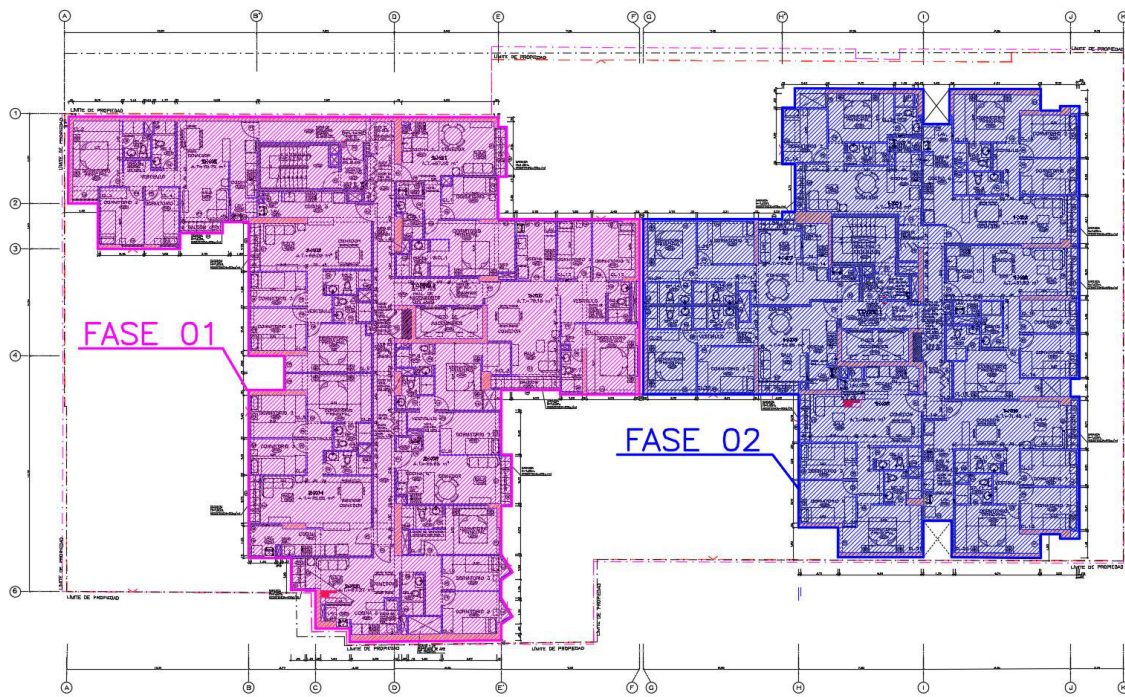
V. RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El Edificio Multifamiliar Sente se constituye como un edificio de departamentos (204 en total) de 02 sótanos, 15 niveles y azotea, proyectado sobre un área de terreno de 1,726.01m². Ha sido diseñado en 2 fases por conveniencia en cuanto a su ejecución.

Figura 37

Segmentación en fases del proyecto.



5.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

Se encuentra ubicado en Jr. Centenario 165-175, distrito Breña, urbanización Garden City, provincia y departamento Lima. Asimismo, colinda en sus laterales con edificaciones multifamiliares de tres, catorce y veintiocho pisos, y con una quinta de 2 pisos por el lado posterior.

5.1.2. ÁREAS TECHADAS DEL PROYECTO.

El edificio contempla: 1 piso técnico, 2 sótanos y 15 niveles de departamentos y áreas comunes, reuniendo en total un área techada de 19,220.04 m². Estos se encuentran distribuidos 3,522.37 m² en los sótanos y 15,697.07 m² en los pisos superiores. La Tabla 2, presenta las áreas techadas por nivel.

Tabla 7

Tabla de distribución de áreas techadas por nivel del proyecto.

NIVEL	F1 (AT m2)	F2 (AT m2)	FUNCIONALIDAD
PISO TÉCNICO	259.34		Cuarto de bombas + Cisternas
SÓTANO 2	1625.4		Estacionamiento (vehículos, bicicletas)
SÓTANO 1	1637.63		Estacionamiento (vehículos, bicicletas)
AT SÓTANOS	3,522.37 m2		
NIVEL 1	541.29	492.07	Lobby, áreas comunes, 8 dptos.
NIVEL 2	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 3	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 4	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 5	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 6	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 7	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 8	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 9	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 10	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 11	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 12	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 13	540.61	488.07	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 14	523.75	489.14	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
NIVEL 15	507.91	468.96	Áreas privadas: 14 dptos en el nivel.
AZOTEA	162.50	167.89	Áreas comunes del edificio.
AT EDIFICIO	15,697.67 m2		

Nota. En la tabla 2, F1 hace referencia a la Fase 01, y F2, a la Fase 02 de ejecución. Con AT, se alude a las áreas techadas en metros cuadrados.

5.1.3. MARCO NORMATIVO DE DISEÑO

El proyecto ha sido diseñado considerando los criterios del Reglamento Nacional de Edificaciones y el D.S. 010-2018-VIVIENDA, que aprueba el Reglamento Especial de Edificación para viviendas de interés social. Según los parámetros del decreto en referencia, el número de estacionamientos para bicicletas debe ser por lo mínimo el 5% del área destinada a estacionamientos de vehículos, el proyecto ha destinado 7.72%, superando el requerimiento. Además, posee un área libre de 40.47% (mayor a la mínima requerida del 30%), así como, incluye áreas verdes del 30% en la azotea, retirándose 3m desde los límites de la fachada.

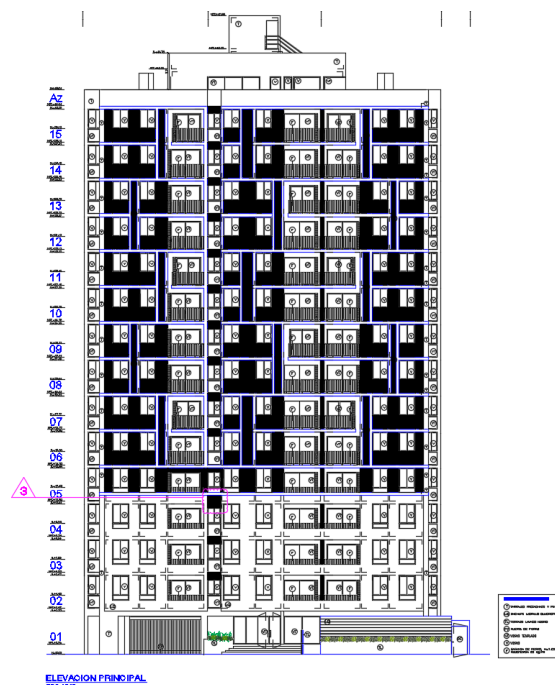
En el caso del diseño de las especialidades complementarias (Seguridad, Estructuras, Instalaciones sanitarias, mecánicas y eléctricas), aplican las normativas nacionales e internacionales relacionadas a la materia en referencia.

5.1.4. DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS COMUNES Y PRIVADAS

El edificio tiene una altura total de 40.84m (2.67m de piso a piso) albergando 15 niveles en total más azotea.

Figura 38

Elevación principal del edificio multifamiliar Sente.



SÓTANOS:

- A nivel de sótanos, el edificio consta de un piso técnico (sótano 03) para las cisternas y el cuarto de máquinas. Los sótanos 01 y 02 son destinados básicamente a estacionamientos de vehículos, bicicletas y depósitos. De manera global, el edificio cuenta con 89 estacionamientos para vehículos, 55 depósitos y 86 estacionamientos para bicicletas.
- De manera particular, en el sótano 02 se ha destinado un ambiente para la instalación de una estación acelerográfica según se señala en la norma E.030, para edificaciones de más de 10,000 m² de área techada.
- Además, el sótano 01 contempla ambientes para el cuarto del grupo electrógeno, 02 cuartos de acopio y la subestación eléctrica del edificio.

EDIFICIO:

- A nivel de pisos superiores, en el nivel 1 se encuentra el Lobby de ingreso, salas y patios de co-working, las salas chillout y de belleza, patio de la sala de eventos y un patio de niños. A su vez, dentro del nivel 1 se han distribuido 08 departamentos en total (05 en la fase 1, y 03 en la fase 2).
- En los niveles superiores (nivel 2 al nivel 15) se han proyectado catorce departamentos en cada piso (07 por torre).

Por último, la azotea incluye áreas comunes adicionales a las del nivel 1, siendo estas: el salón de baile, barra sushi y saludable, crossfit, sala y terraza de uso múltiple, boulevard, sala Spiderman, sala de té, zonas de parrillas, karaoke.

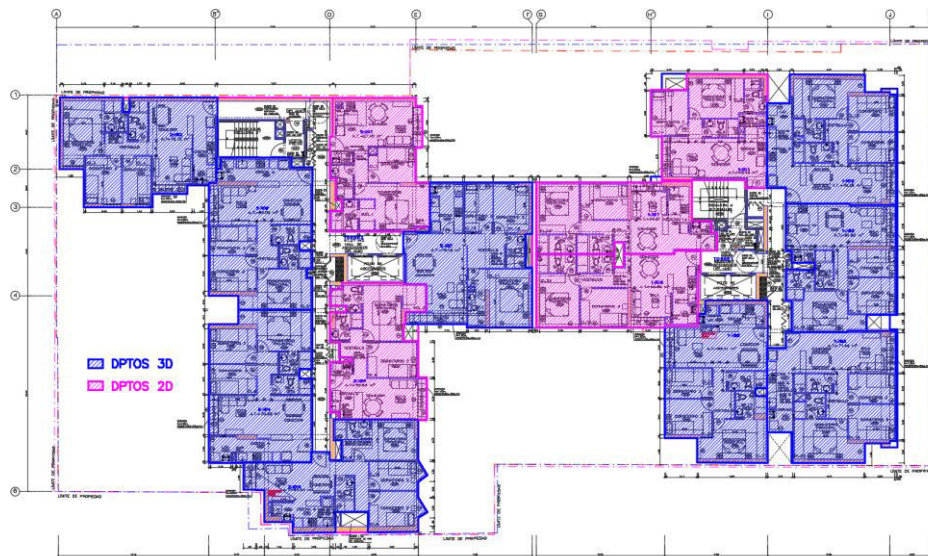
Para resolver la circulación vertical en la edificación, cada torre cuenta con un núcleo de circulación vertical conformado por 02 ascensores y una escalera de evacuación con sistema de inyección y extracción de aire.

5.1.5. TIPOLOGÍAS DE DEPARTAMENTOS

El proyecto presenta en su totalidad departamentos con la tipología flat (de un solo nivel) de variadas áreas techadas que albergan uno, dos o tres dormitorios. Del número total de departamentos, 130 poseen tres dormitorios; 72, dos dormitorios; y 2, un solo dormitorio (ubicados en el piso 14 y piso 15).

Figura 39

Distribución de tipologías 3D y 2D en la planta típica (nivel 2-13).



Las áreas promedio de los departamentos 3D, 2D y 1D son respectivamente: 69.34 m², 55.26 m², 36.01 m², a nivel de las 2 fases.

5.1.6. EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

El proyecto cuenta con Certificación de Proyecto Sostenible Grado 01, cumpliendo con los requisitos de elegibilidad establecidos en el Procedimiento de Certificación de Proyectos del Programa Bono Mi Vivienda Sostenible. En este sentido, el proyecto del edificio contempla los requerimientos establecidos por el Fondo MiVivienda para cada categoría de evaluación (Agua, Energía, Bioclimática, Residuos y Educación).

Categoría: AGUA

- Instalación de griferías de lavatorios de bajo consumo.
- Instalación de griferías de duchas de bajo consumo.
- Instalación de inodoros de bajo consumo.
- Instalación de tanque de reserva, cisterna o elevado.
- Instalación de medidores o contómetros independientes.
- Instalación de sistema de riego tecnificado para áreas verdes en caso no haya aprovechamiento de aguas residuales.

Categoría: ENERGÍA

- Instalación de iluminación de bajo consumo en áreas comunes y en las unidades de vivienda
- Instalación de red de gas (01 punto mínimo para calentador).
- Instalación de calentador de agua eficiente.

Categoría: BIOCLIMÁTICA

- Capacitación en análisis y diseño arquitectónico bioclimático

Categoría: RESIDUOS

- Realización y ejecución de un plan de manejo de residuos sólidos

Categoría: EDUCACIÓN

- Realización y ejecución de un plan de comunicación, concientización y capacitación para usuarios

5.2. EXPEDIENTE DE ESTRUCTURAS

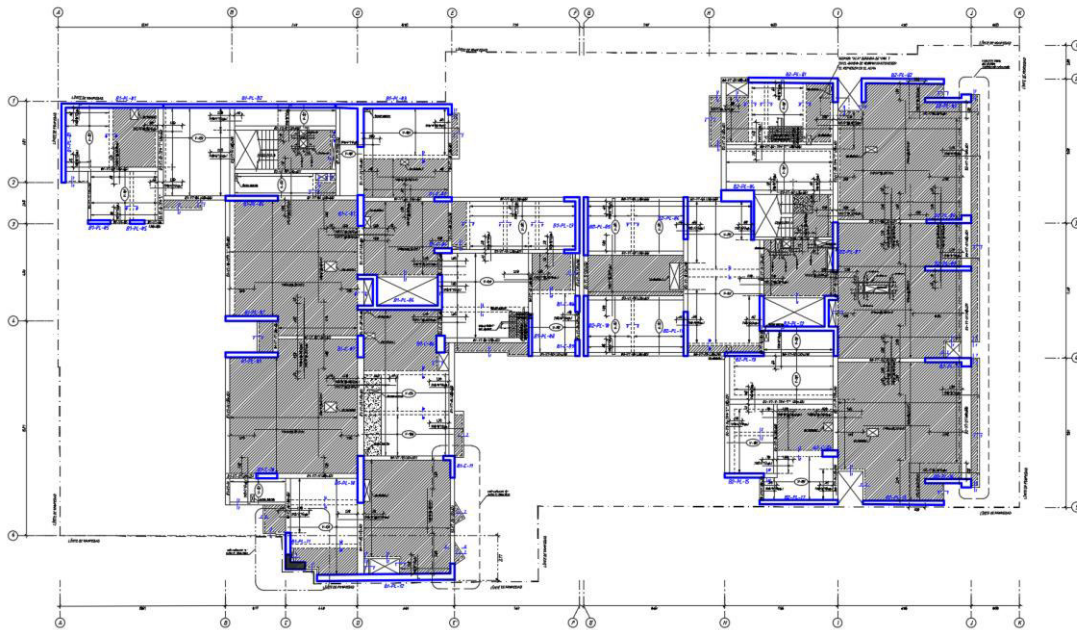
5.2.1. SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

El edificio multifamiliar Sente cuenta con una distribución significativa de placas en ambas direcciones de análisis (X e Y), correspondiéndole así el sistema de Muros Estructurales para ambas direcciones. Los coeficientes utilizados para el análisis sísmico son:

- Factor de zona (Z): 0.45
- Factor de uso (U): 1.0
- Factor de suelo (S): 1.0
- Coeficiente de reducción sísmica, inc. irregularidades (R): $R_x = 4.50$ y $R_y = 4.50$

Figura 40

Distribución de placas y columnas en la planta típica de encofrado.



5.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

Las resistencias a la compresión del concreto (f'_c) utilizadas en los elementos estructurales conformantes del edificio son las siguientes:

- Zapatas aisladas y/ corridas de columnas y placas: 280 kg/cm²
- Muros de contención: 280 kg/cm²
- Vigas de cimentación: 280 kg/cm²
- Placas y columnas: 350 kg/cm² (cimentación al 4to piso), 280 kg/cm² (5to – 8avo piso), 210 kg/cm² (9no – azotea).

- Vigas y losas de encofrados de techo: 210 kg/cm²
- Losas de cisterna: 280 kg/cm²
- Columnas de arriostre en tabiquería: 175 kg/cm²

Asimismo, las varillas de acero empleadas en la estructura deben cumplir con una resistencia a la fluencia $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

5.2.3. SISTEMA DE LOSAS

El proyecto fue contemplado inicialmente con el sistema de viguetas pretensadas Firth, el cual fue reemplazado por el sistema de prelosas, con el propósito de lograr mejoras en relación al costo del proyecto. El sistema de prelosas del rediseño fue el de Beton Decken, empresa que se encargó de la adaptación de los planos iniciales al sistema con elementos prefabricados.

Beton Decken efectuó la adaptación a su sistema modulando los paños a conformarse por prelosas, y diferenciando el acero a colocarse en su planta (acero positivo), del acero a colocarse en obra (acero de continuidad, acero de costura y acero negativo).

Los planos que se elaboran para la ejecución de la prelosa en fábrica y en obra son los siguientes:

- a) Plano de acero positivo embebido en las prelosas

El acero colocado en la planta de Beton Decken, se conforma por varillas transversales y longitudinales espaciadas según el tipo de losa y su requerimiento.

- b) Plano de acero de continuidad colocado en obra.

El acero de continuidad es que se colocará entre las prelosas macizas o bidireccionales en un paño común.

- c) Plano de acero de negativo colocado en obra.

Hace referencia a la colocación de bastones, balancines y el acero de temperatura.

Las tipologías de prelosas obtenidas luego del proceso de adaptación son las siguientes: Prelosas aligeradas de 0.20m y 0.25m de peralte; y Prelosas macizas de 0.20m de peralte (en su mayoría) y de 0.25m de peralte.

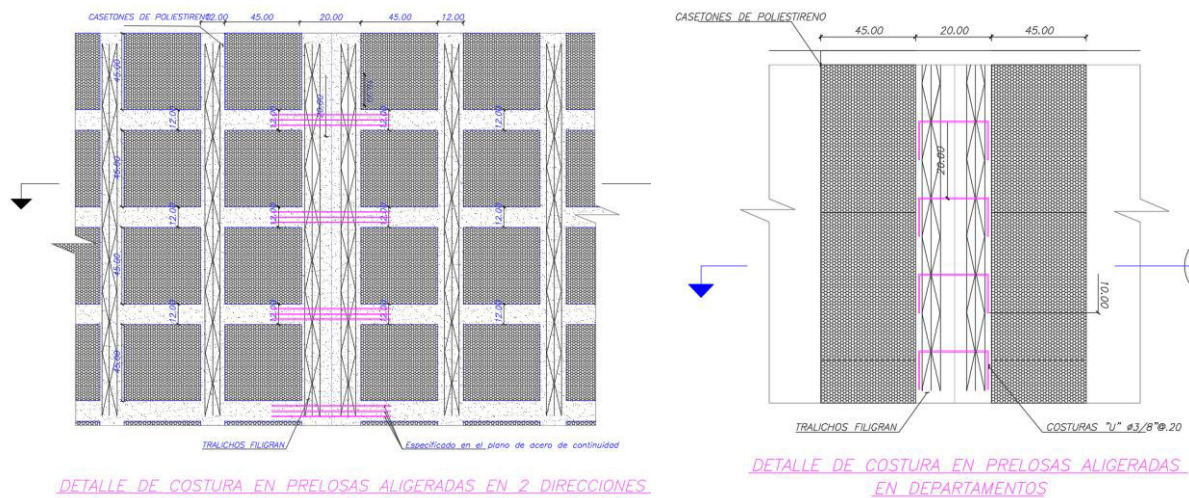
Es importante mencionar que un input importante para el proveedor es informarle la capacidad de carga en punta de la torre grúa contratada, así como el layout de su ubicación en la obra. Esta información le es útil para la modulación y definición de los tamaños de las prelosas. De manera

adicional, se le debe enviar la sectorización de las plantas de techo que deberá utilizar para programar la fabricación y despachos de prelosas.

Adicionalmente, Beton Decken recomienda la utilización de grampas en U fabricadas con varillas de $\varnothing 3/8'' @ 0.20m$ en las uniones entre prelosa y prelosa a fin de evitar fisuraciones en las juntas post-vaciado. Estas grampas se colocan en los tralichos extremos de las prelosas aligeradas.

Figura 41

Detalle del acero de continuidad (izquierda) y acero de costura (derecha).



5.3. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El edificio contempla el desarrollo del sistema de alumbrado, tomacorrientes, fuerza y canalizaciones auxiliares para todos los ambientes del edificio multifamiliar.

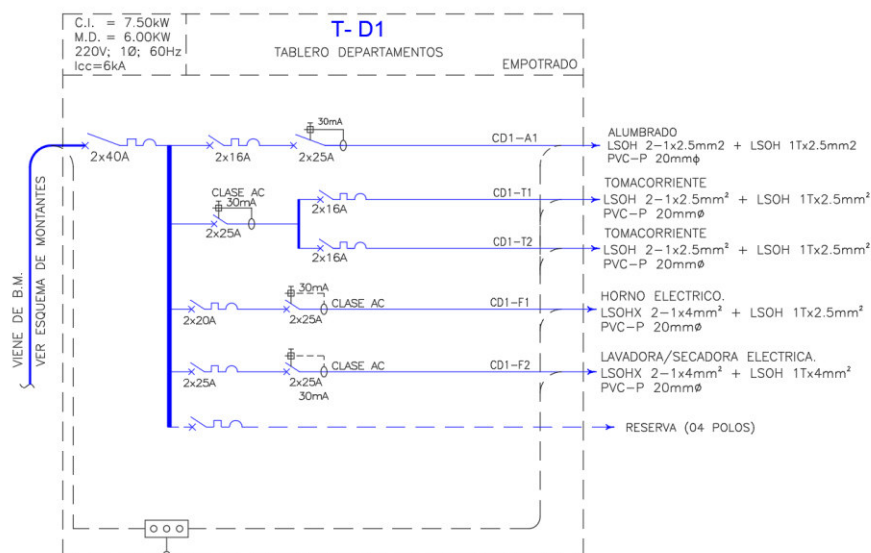
Se han proyectado 06 bancos de medidores para departamentos, 01 banco de medidor que abastece a los tableros BACI y Servicios y generales y 01 banco adicional para los Servicios generales de las torres A y B.

5.3.1. SISTEMA DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES

Se han proyectado 03 montantes eléctricas en total: 02 para la fase 1 y 01 para la fase 2. A partir de estas montantes se ramifican, en cada nivel, los alimentadores hacia cada tablero departamento. El tablero de departamento típico (T-D1) abastece las siguientes cargas: red de alumbrado, tomacorrientes, horno eléctrico y lavadora o secadora eléctrica.

Figura 42

Diagrama unifilar: Tablero de departamento típico T-D1



5.3.2. SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES

El edificio cuenta con redes internas habilitadas para Televisión, teléfono externo y sistema de intercomunicadores (teleporteros en cocina) para cada departamento. Asimismo, se han instalado puntos de televisión e internet en los ambientes comunes según el requerimiento de los mismos:

- Puntos de TV: Sala de coworking, sala de niños, salón de baile, sala de uso múltiple, sala Spiderman y Karaoke.
- Puntos de Internet: Patio de coworking.

5.3.3. SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMAS

Se han proyectado las canalizaciones para el sistema de detección y alarmas contra incendio en función a las ubicaciones de los elementos conformantes del mismo. Entre estos se encuentran: detectores de humo, sirenas de emergencia con luz estroboscópica, estaciones manuales, estaciones de monitoreo, unidad de control del sistema de alarma contra incendios, entre otros.

El edificio cuenta con un sistema de detectores de humo direccionable en los pisos superiores, y convencional en los sótanos (a excepción de los detectores que ponen en funcionamiento la lógica de los ascensores).

5.4. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES SANITARIAS Y AGUA CONTRAINCENDIO

5.4.1. SISTEMA DE AGUA POTABLE

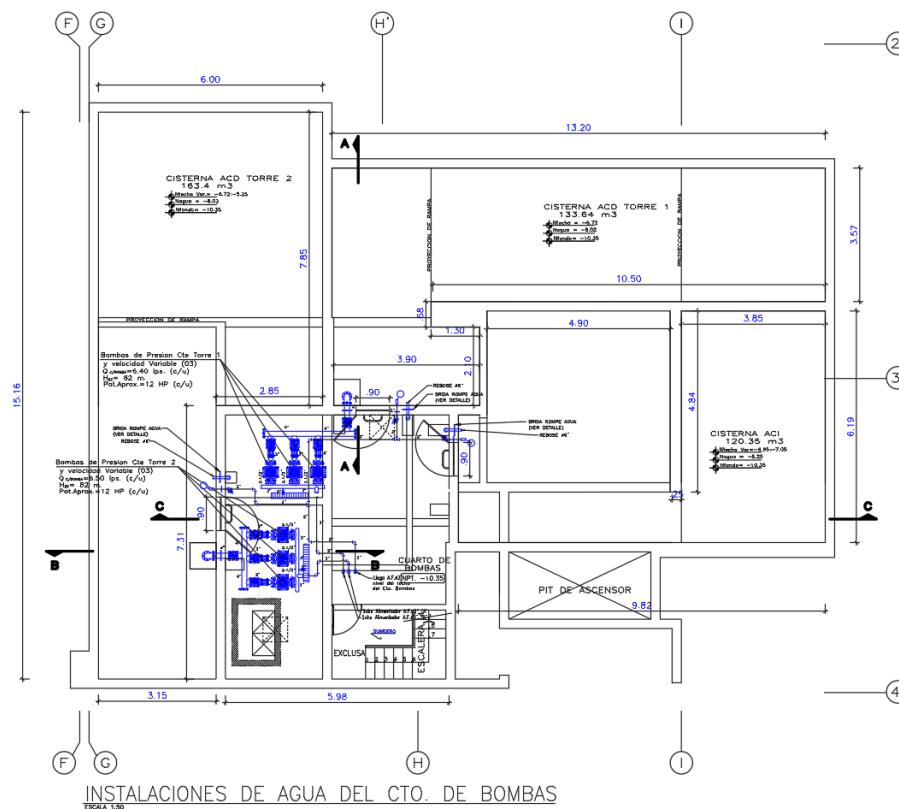
El edificio ha sido diseñado para abastecer su requerimiento de agua potable mediante la utilización de las cisternas del edificio, y su posterior distribución a los departamentos y áreas comunes mediante bombas de presión constante.

Cuenta con un cuarto de máquinas (piso técnico) habilitado para el funcionamiento de 02 cisternas de consumo doméstico y 01 cisterna de agua contra incendios. Cada cisterna de agua para consumo está destinada para cada torre independiente del edificio siendo sus volúmenes de 163.40 m³ para la fase 1 y 120.35 m³ para la fase 2.

Cada cisterna posee, para la succión de sus aguas, 03 electrobombas de 12 HP cada una. Por medio de la utilización de un sistema de derivación mediante tuberías, se suministra de agua potable tanto a los departamentos como a las áreas comunes, siguiendo las especificaciones de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Figura 43

Planta del cuarto de bombas. Bombas de cisternas de consumo doméstico.



5.4.2. SISTEMA DE DESAGÜE

La evacuación de las aguas residuales de áreas privadas (baños, cocinas y lavanderías) y comunes se ha proyectado mediante 2 sistemas: direccionamiento por gravedad hacia la red pública, y mediante la utilización de bombas sumidero en los sótanos 01 y 02. Los pozos sumideros considerados reciben los desagües según lo siguiente:

- Cámara de bombeo 01 (NPT -9.50m), ubicada por debajo del sótano 02, recolecta las aguas residuales de los estacionamientos, así como las provenientes de lavanderías. Se encuentra equipada con 02 electrobombas de 2 HP cada una.
- Cámara de bombeo 02 (NPT -12.35m), ubicada por debajo del piso técnico, recolecta los drenajes del cuarto de bombas y estacionamientos. Se encuentra equipada con 02 electrobombas de 2.5 HP cada una.

La evacuación por gravedad se realiza mediante tuberías colgadas en el sótano 01 que recogen los drenajes de pisos superiores y descargan estas en 04 cajas de registro de 12''x 24'' ubicadas en la calle Centenario.

5.4.3. SISTEMA DE AGUA CONTRAINCENDIO

Contempla la utilización de una cisterna de agua contraincendios de 120.35 m³, que utiliza para la succión de sus aguas 01 electrobomba principal de 100 HP y una bomba Jockey de 3 HP para su funcionamiento.

Se proyecta un sistema de rociadores en el piso técnico y en los sótanos (01 y 02) a través de la utilización de rociadores de cobertura estándar y de cobertura extendida. Además, se ha colocado una válvula siamesa tipo poste de Ø100mm con 2 ingresos de Ø65mm en el piso 1.

En el interior de cada caja de escaleras se han posicionado: 01 válvula angular de Ø65mm y el pase de la montante de agua contraincendio de Ø100mm; en los pasillos de cada torre se han instalado gabinetes contraincendio tipo II (01 por torre).

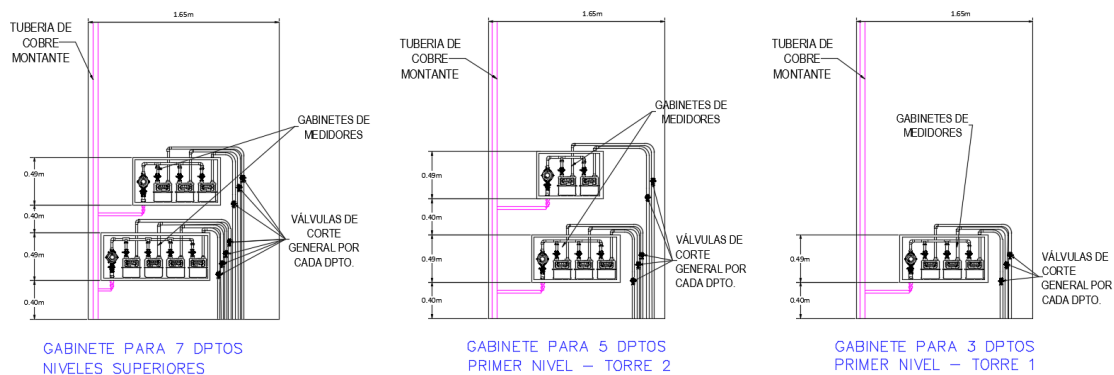
5.5. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES DE GAS

El abastecimiento de gas natural a los departamentos del edificio multifamiliar en estudio se realiza mediante la instalación de tuberías de cobre tipo L (para las etapas de regulación de presión) y de tuberías pealpe (para las redes internas de departamentos). Cada torre del proyecto cuenta con su propia montante de gas, que suministra a los departamentos de cada nivel.

La edificación cuenta con 02 reguladores de primera etapa (ubicados en Jr. Centenario), los cuales se encargan de reducir la presión de entrada de 4bar a una presión de salida de 340mbar. Posteriormente, para lograr aminorar la presión de 340mbar a 23mbar, se han distribuido 31 reguladores de segunda etapa, los cuales son instalados en cada tipología de gabinete de medidores. Según el número de medidores que alberga cada gabinete se diferencian los gabinetes dobles, triples y cuádruplos.

Figura 44

Detalle de los gabinetes dobles, triples y cuádruplos.



El diseño del proyecto de gas se ha realizado considerando las siguientes potencias máximas para los artefactos (cocina y calentado) de cada departamento:

- Cocina encimera de 04 hornillas Tipo A: 7 KW
- Terma de acumulación Tipo A, 23L: 4.2 KW

Las redes internas de gas de cada departamento han sido diseñadas a base de tuberías pealpe 1216. Asimismo, se ha provisto de una llave de corte antes de cada punto de salida de gas para cada artefacto.

5.6. EXPEDIENTE DE INSTALACIONES MECÁNICAS

El proyecto de instalaciones mecánicas comprende la ventilación mecánica de los siguientes ambientes:

5.6.1. EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO EN SÓTANOS

Se proyecta un sistema de ventilación forzada con el fin de evitar concentraciones de monóxido de carbono que puedan afectar la salud de las personas. El sistema (dispuesto en los sótanos de estacionamientos), contempla la implementación de equipos de impulsión, equipos de extracción y equipos de inyección de aire, sin omitir el suministro e instalación de ductos metálicos, rejillas metálicas y demás accesorios complementarios.

La activación del sistema de extracción de monóxido es realizada mediante sensores de monóxido de carbono calibrados para enviar una señal de arranque al sistema de ventilación y ponerlos en operación. La extracción de monóxidos se realizará mediante: Equipos de ventilación tuboaxial de impulsión (también conocido como jetfan), Equipos de extracción e inyección de aire tipo axial.

5.6.2. VENTILACIÓN DE CUARTO DE BOMBAS

Se proyecta un sistema de ventilación forzada en función al caudal de aire a extraer y el número de renovaciones de aire mínima que requiere el sistema (30 renovaciones por hora). Los equipos encargados de la ventilación del cuarto de bombas son: Equipos de extracción e inyección de aire tipo centrífugos.

5.6.3. VENTILACIÓN DE PASILLOS

Se proyecta un sistema de ventilación forzada en función al caudal de aire a extraer y el número de renovaciones de aire mínima que requiere el sistema (3 renovaciones por hora). La extracción en los pasillos se diseñó mediante la utilización de Equipos de extracción e inyección de aire tipo centrífugo.

5.6.4. VENTILACIÓN DE CUARTOS DE ACOPIO

Se proyecta un sistema de ventilación forzada en función al caudal de aire a extraer y el número de renovaciones de aire mínima que requiere el sistema (30 renovaciones por hora). Los equipos proyectados en los cuartos de acopio son Equipos de extracción de aire tipo axial.

5.6.5. VENTILACIÓN DE VESTÍBULOS.

Se proyecta un sistema de ventilación forzada en función al caudal de aire a extraer y el número de renovaciones de aire mínima que requiere el sistema (60 renovaciones por hora). Los equipos encargados de la ventilación de los vestíbulos de escaleras son los siguientes: Equipos de extracción e inyección de aire tipo axial.

Además, con el fin de mantener la presión positiva en las escaleras en caso de la ocurrencia de un siniestro, ambas escaleras constan de 01 inyector centrífugo IC -04 (4800 CFM, 3.0 HP) que trabaja en conjunto con un dámper de alivio, ubicados en los techos de las escaleras (techo de azotea).

5.6.6. VENTILACIÓN DE BAÑOS Y LAVANDERÍAS

Se proyecta un sistema de ventilación forzada en función al caudal de aire a extraer y el número de renovaciones de aire mínima que requiere el sistema (20 renovaciones por hora). Para este sistema, se han considerado Equipos de extracción tipo axial, colocados en los ambientes que sirven. Adicionalmente, se ha previsto el uso de equipos de extracción tipo centrífugo en la azotea los cuales extraerán los aires que arrojan los extractores que conforman el sistema a su montante.

5.6.7. VENTILACIÓN DE CUARTO DE MÁQUINA DE ASCENSORES:

Se proyecta un sistema de ventilación forzada en función al caudal de aire a extraer y el número de renovaciones de aire mínima que requiere el sistema (20 renovaciones por hora). Los equipos encargados de la ventilación en los cuartos de acopio son los siguientes: Equipo de extracción tipo axial EA – 09 (360 CFM, 38W)

5.7. OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRELOSAS

Se evaluarán los 02 sistemas constructivos a nivel económico y técnico.

- a) Primer escenario: Sistema de losas mediante viguetas prefabricadas.
- b) Segundo escenario: Sistema de losas mediante prelosas prefabricadas.

Para realizar la evaluación se cuantificó el ahorro a nivel de costo directo e indirecto. Los costos directos se estimaron mediante la elaboración de metrados y precios unitarios; los costos indirectos, mediante la utilización de un porcentaje de cumplimiento para cada sistema constructivo, los costos indirectos variables (ligados al tiempo), y el cronograma del casco estructural elaborado.

El porcentaje de cumplimiento o de confiabilidad de cada sistema se definió tomando en cuenta las entrevistas realizadas a tres ingenieros expertos que desempeñan cargos de: Jefe de producción, Ingeniero residente e Ingeniero Senior de control de costos, quienes han participado en proyectos en los que se emplearon los sistemas analizados.

El cronograma del casco se definió realizando la sectorización para los sótanos y el edificio, considerando los hitos de inicio de cada fase de ejecución del proyecto.

Los metrados se agruparon en: metrados bajo rasante (BR) y metrados sobre rasante (BR), correspondiente a los metrados de los sótanos, y metrados de los pisos superiores, respectivamente.

ANÁLISIS DEL COSTO DIRECTO

5.7.1. METRADOS DE LOSAS EN EL ESCENARIO 01

A nivel de Estructuras, se calcularon los metrados de concreto premezclado en losas, encofrado y desencofrado de losas, acero corrugado grado 60, viguetas pretensadas, y bovedillas de concreto según la disposición del plano. Los tipos de losas identificados en los planos de encofrados son: losas macizas, losas aligeradas de peralte 20cm, y losas aligeradas de peralte 25cm. Se elaboraron los metrados considerando las siguientes partidas y unidades de medición:

Listado de partidas para el Escenario 01

Es importante recalcar que, dependiendo del peralte total de la losa aligerada se considerarán bovedillas de 0.15m (para losas de peralte 0.20m), o bovedillas de 0.20m de altura (para losas de peralte 0.25m). A nivel de arquitectura, se ha considerado como partida de análisis: Tarrajeo en Cielo raso, con unidad de medición al metro cuadrado (m2).

Formato de metrado de losas – Escenario 01

Pág. 70

Figura 46

Resumen de metrados – Escenario 01

		ESC 01: SISTEMA CON VIGUETAS PREFABRICADAS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO BR	METRADO SR	METRADO TOTAL
1.00	ESTRUCTURAS				
1.01	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
1.01.01	LOSA ALIGERADA H=0.20M				
1.01.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	100.13	347.14	447.28
1.01.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	1,406.36	4,875.60	6,281.96
1.01.01.03	ACERO $f_y=4200$ kg/cm2 GRADO 60	kg	3,807.29	12,669.29	16,476.58
1.01.01.04	VIGUETA PRETENSADA 101	ml	1,568.72	7,473.25	9,041.97
1.01.01.05	VIGUETA PRETENSADA 102	ml	1,435.08	1,943.91	3,378.99
1.01.01.06	VIGUETA PRETENSADA 103	ml	-	738.13	738.13
1.01.01.07	VIGUETA PRETENSADA 104	ml	-	370.30	370.30
1.01.01.08	COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS	ml	3,003.80	10,525.59	13,529.39
1.01.01.09	SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	14,063.60	48,756.00	62,819.60
1.01.01.10	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	14,063.60	48,756.00	62,819.60
1.01.02	LOSA ALIGERADA H=0.25M				
1.01.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	42.61		42.61
1.01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	501.24		501.24
1.01.02.03	ACERO $f_y=4200$ kg/cm2 GRADO 60	kg	1,715.65		1,715.65
1.01.02.04	VIGUETA PRETENSADA 102	ml	516.60		516.60
1.01.02.05	VIGUETA PRETENSADA 103	ml	496.80		496.80
1.01.02.06	COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS	ml	1,013.40		1,013.40
1.01.02.07	SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	5,012.40		5,012.40
1.01.02.08	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	5,012.40		5,012.40
1.01.03	LOSA MACIZA H=0.20M				
1.01.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	163.37	1,559.05	1,722.42
1.01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	816.85	7,795.27	8,612.12
1.01.03.03	ACERO $f_y=4200$ kg/cm2 GRADO 60	kg	11,801.35	110,268.24	122,069.60
1.01.04	OTROS				
1.01.04.01	CURADO CON ADITIVO QUÍMICO	m2	2,724.45	12,670.87	15,395.32
2.00	ARQUITECTURA				
2.01	REVOQUES				
2.01.01	TARRAJEO DE CIELRASOS (MORTERO 1:4)	m2	2,724.45	12,670.87	15,395.32

5.7.2. METRADOS DE LOSAS EN EL ESCENARIO 02

A nivel de Estructuras, se calcularon los metrados de concreto premezclado en losas, apuntalamiento de losas, acero corrugado grado 60, suministro y colocación de prelosas.

Los tipos de losas identificados en los planos de encofrados fueron: losas macizas, losas aligeradas de peralte 20cm, y losas aligeradas de peralte 25cm.

Asimismo, dependiendo del peralte de la losa se utilizarán casetones de diferente altura, por ejemplo, para el caso de losas aligeradas de peralte de 0.20m, los casetones de poliestireno son de altura de 0.10m; si se trataran de las losas de peralte 0.25m, se consideran casetones de altura 0.15m.

Se elaboraron los metrados considerando las siguientes unidades de medición:

Tabla 9

Listado de partidas para el Escenario 02.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	SÍMBOLO
ESCENARIO 02: SISTEMA CON PRELOSAS PREFABRICADAS		
ESTRUCTURAS		
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2	Metro cúbico	m3
APUNTALAMIENTO DE PRELOSAS	Metro cuadrado	m2
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 (NEGATIVO)	Kilogramo	kg
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, PARA PRELOSA	Kilogramo	kg
SUMINISTRO DE PRELOSAS PREFABRICADAS*	Metro cuadrado	m2
COLOCACIÓN DE PRELOSAS	Metro cuadrado	m2
ARQUITECTURA		
SELLADO DE JUNTAS	Metro cuadrado	m2

A nivel de arquitectura, se ha considerado la partida: Sellado de juntas entre prelosas, con unidad de medición al metro cuadrado (m2).

Figura 47

Formato de metrado de losas – Escenario 02

Proyecto : SENTE										Propietario : Cosapi & Grupo Lar										Por : Lisseth Saavedra										Fecha : 8-Jun-22										Plano : MALLA INFERIOR EN PRELOSA ALIGERADA 20CM										0.35										0.30										0.45										0.55										0.75										Empalme vertical									
																																																		0.45										0.40										0.55										0.75										0.90										Empalme horizontal									
																																																		0.40										0.25										0.56										0.99										1.55																			
Datos		Concreto				Encofrado				Dimensiones										Resultados																																																																																									
ITEM	Descripción	Código	b ml	H ml	Área ml	U m	h ml	P ml	U m	n	Descripción	Ø	acero #	longitud s/emp	long. s/cma	Ref	empalme tipo	#	Concreto LA20	Encofrado E1	Encofrado E2	Encofrado E3	Encofrado E4	Encofrado E5	8mm ML	1/4 ML	3/8 ML	1/2 ML	5/8 ML																																																																																
TECHO SOT 02																																																																																																													
SOT 02	Losa aligerada 0.20m																																																																																																												
SOT 02	Eje 1-5/A	LA20	1.00	0.07	31.36	1	E1	1.00	1.00	31.36	1	1	Ref. vert.	8mm	10	7.00	7.70	1	-	2.32	31.36	-	-	-	-	-	70.00																																																																																		
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	9	7.00	7.70	1	-	-	-	-	-	-	-	63.00																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	3/8	35	4.90	5.32	1	-	-	-	-	-	-	-	-		171.50																																																																																
SOT 02	Eje 3-4/A	LA20	1.00	0.07	31.90	1	E1	1.00	1.00	31.90	1	1	Ref. vert.	8mm	10	7.05	7.71	1	-	2.36	31.90	-	-	-	-	-	70.50																																																																																		
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	9	7.05	7.71	1	-	-	-	-	-	-	-	63.45																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	3/8	36	4.90	5.32	1	-	-	-	-	-	-	-	-		176.40																																																																																
SOT 02	Eje 4-6/A	LA20	1.00	0.07	28.11	1	E1	1.00	1.00	28.11	1	1	Ref. vert.	8mm	10	6.20	6.89	1	-	2.08	28.11	-	-	-	-	-	62.00																																																																																		
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	9	6.20	6.89	1	-	-	-	-	-	-	-	55.80																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	3/8	31	4.85	5.30	1	-	-	-	-	-	-	-	-		150.35																																																																																
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	10	0.50	1.20	1	-	0.17	2.27	-	-	-	5.00																																																																																			
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	9	0.50	1.20	1	-	-	-	-	-	-	-	4.50																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	3/8	3	4.85	5.30	1	-	-	-	-	-	-	-	-		14.55																																																																																
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	10	4.80	5.52	1	-	1.60	21.68	-	-	-	48.00																																																																																			
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	9	4.80	5.52	1	-	-	-	-	-	-	-	43.20																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	1/2	18	4.85	5.28	1	-	-	-	-	-	-	-	-		87.30																																																																																
SOT 02	Eje 6/8-D	LA20	1.00	0.07	21.12	1	E1	1.00	1.00	21.12	1	1	Ref. vert.	3/8	23	3.65	4.10	1	-	1.56	21.12	-	-	-	-	-	44.10			89.95																																																																															
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	7	6.30	6.98	1	-	-	-	-	-	-	-	37.80																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	6	6.30	6.98	1	-	-	-	-	-	-	-	-		11.10																																																																																
SOT 02													1	Ref. vert.	3/8	3	3.70	4.13	1	-	0.16	2.22	-	-	-	4.20																																																																																			
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	7	0.60	1.25	1	-	-	-	-	-	-	3.60																																																																																			
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	6	0.60	1.25	1	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																		
SOT 02													1	Ref. vert.	3/8	4	3.70	4.13	1	-	0.23	3.17	-	-	-	6.65			14.80																																																																																
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	7	0.95	1.64	1	-	-	-	-	-	-	5.70																																																																																			
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	6	0.95	1.64	1	-	1.23	16.66	-	-	-	34.30			11.10																																																																																
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	7	4.90	5.60	1	-	-	-	-	-	-	29.40																																																																																			
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	6	4.90	5.60	1	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																		
SOT 02	Eje 1-2/D-E	LA20	1.00	0.07	29.61	1	E1	1.00	1.00	29.61	1	1	Ref. vert.	8mm	11	5.55	6.30	1	-	2.19	29.61	-	-	-	-	-	61.05																																																																																		
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	10	5.55	6.30	1	-	-	-	-	-	-	55.50																																																																																			
SOT 02													1	Ref. horiz.	1/2	32	5.70	6.10	1	-	-	-	-	-	-	-	-		182.40																																																																																
SOT 02	Eje 2-3/D-E	LA20	1.00	0.07	15.64	1	E1	1.00	1.00	15.64	1	1	Ref. vert.	3/8	16	3.25	3.65	1	-	1.16	15.64	-	-	-	-	-	32.10			52.00																																																																															
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	6	5.35	6.05	1	-	-	-	-	-	-	-	26.75																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	5	5.35	6.05	1	-	-	-	-	-	-	-	21.60																																																																																		
SOT 02	Eje 4-6/D-E	LA20	1.00	0.07	11.90	1	E1	1.00	1.00	11.90	1	1	Ref. vert.	8mm	16	2.60	3.32	1	-	0.88	11.90	-	-	-	-	-	41.60																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	6	4.75	5.41	1	-	-	-	-	-	-	-	28.50																																																																																		
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	5	4.75	5.41	1	-	2.56	34.62	-	-	-	170.10																																																																																			
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	28	6.30	7.00	1	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																		
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	27	6.30	7.00	1	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	3/8	13	5.80	6.19	1	-	1.82	24.79	-	-	-	50.60			75.40																																																																																
SOT 02													1	Ref. horiz.	8mm	11	4.60	5.32	1	-	1.83	24.79	-	-	-	46.00																																																																																			
SOT 02													1	Ref. vert.	8mm	10	4.60	5.32	1	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																		
SOT 02													1	Ref. horiz.	1/2	19	5.80	6.19	1	-	-	-	-	-	-	-	-			110.20																																																																															
SOT 02	Eje E-F	LA20	1.00	0.07	35.32	1	E1	1.00	1.00	35.32	1	1	Ref. vert.	8mm	39	4.60	5.30	1	-	2.61	35.32	-	-	-	-	-	179.40																																																																																		
PALIG 20cm																																																																																																													
PALIG 20cm (2)																																																																																																													
PALIG 25cm																																																																																																													
PALIG 25cm (2)																																																																																																													
PMAC 20cm																																																																																																													
PMAC 20cm (2)																																																																																																													

Figura 48

Resumen de metrados – Escenario 02

		ESC 02: SISTEMA CON PRELOSAS PREFABRICADAS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO BR	METRADO SR	METRADO TOTAL
1.00	ESTRUCTURAS				
1.01	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
1.01.01	LOSA ALIGERADA H=0.20M				
1.01.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	104.08	360.79	464.87
1.01.01.02	APUNTALAMIENTO DE PRELOSA ALIGERADA	m2	1,406.46	4,875.60	6,282.06
1.01.01.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 (NEGATIVO)	kg	3,623.13	10,809.51	14,432.64
1.01.01.04	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, PARA PRELOSA	kg	6,943.46	21,896.49	28,839.95
1.01.01.05	SUMINISTRO DE PRELOSA PREFABRICADA ALIGERADA	m2	1,406.46	4,875.60	6,282.06
1.01.01.06	COLOCACIÓN DE PRELOSAS	m2	1,406.46	4,875.60	6,282.06
1.01.02	LOSA ALIGERADA H=0.25M				
1.01.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	44.00		44.00
1.01.02.02	APUNTALAMIENTO DE PRELOSA ALIGERADA	m2	501.24		501.24
1.01.02.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 (NEGATIVO)	kg	1,837.23		1,837.23
1.01.02.04	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, PARA PRELOSA	kg	2,767.50		2,767.50
1.01.02.05	SUMINISTRO DE PRELOSA PREFABRICADA ALIGERADA	m2	501.24		501.24
1.01.02.06	COLOCACIÓN DE PRELOSAS	m2	501.24		501.24
1.01.03	LOSA MACIZA H=0.20M				
1.01.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	122.66	1,169.29	1,291.95
1.01.03.02	APUNTALAMIENTO DE PRELOSA MACIZA	m2	817.72	7,795.27	8,612.99
1.01.03.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 (NEGATIVO)	kg	5,832.31	54,357.15	60,189.46
1.01.03.04	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, PARA PRELOSA	kg	6,037.35	60,447.88	66,485.23
1.01.03.05	SUMINISTRO DE PRELOSA PREFABRICADA MACIZA	m2	817.72	7,795.27	8,612.99
1.01.03.06	COLOCACIÓN DE PRELOSAS	m2	817.72	7,795.27	8,612.99
1.01.04	OTROS				
1.01.04.01	CURADO CON ADITIVO QUÍMICO	m2	2,725.42	12,670.87	15,396.29
2.00	ARQUITECTURA				
2.01	REVOQUES				
2.01.01	SELLADO DE JUNTAS ENTRE PRELOSAS	m2	2,725.42	12,670.87	15,396.29

Para efectos de verificación de metrados, como buena práctica, se compararon los ratios de acero negativo (kg x m2 de losa) en el caso de losas aligeradas, y el ratio de acero total en losas macizas, encontrándose las siguientes cuantías por cada tipo de losa:

Tabla 10

Ratios de acero negativo x m2 de losa para cada escenario. Verificación de metrados.

TIPO DE LOSA	SIST. VIGUETAS	SIST. PRELOSAS
Losa aligerada H=0.20m	2.62	2.30
Losa aligerada H=0.25m	3.42	3.67
Losa maciza H=0.20m	14.17	14.71

Se concluye que la conversión del sistema de viguetas al sistema de prelosas no altera las cuantías de diseño originales del proyecto.

5.7.3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LAS PARTIDAS DE ANÁLISIS

Se elaboraron los Análisis de precios unitarios (APU) de las partidas requeridas para cada sistema de losas en las especialidades de Estructuras y Arquitectura. Estos se estimaron en función a las especificaciones técnicas para cada partida y según la forma de contratación usual en el sector inmobiliario para cada partida.

- **APUNTALAMIENTO DE LOSAS PARA VIGUETAS PRETENSADAS**

El encofrado comprende el suministro y colocación de puntales metálicos y soleras de madera para el sostenimiento de viguetas pretensadas y bovedillas del sistema. Los puntales estarán espaciados como máximo a cada 1.50m según la recomendación del proveedor de viguetas.

Como desencofrado se considera el retiro de los puntales y vigas soleras de manera posterior a que la losa alcance la resistencia requerida de diseño.

- Unidad de medición: metro cuadrado (m2)

Figura 49

APU de la partida Apuntalamiento de losa maciza, sistema de viguetas pretensadas.

01.01.01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METÁLICO DE LOSA MACIZA (CONVENCIONAL)						
m2/DIA	MO.	24.0000	EQ.	24.0000	Costo unitario directo por : m2 Parcial soles	
						47.90
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ		hh	0.1000	0.0333	31.46	1.05
OPERARIO		hh	1.0000	0.3333	24.20	8.07
OFICIAL		hh	1.0000	0.3333	19.11	6.37
						15.49
Materiales						
DESMOLDANTE SIKA SEPAROL		lt		0.2500	8.69	2.17
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #8		kg		0.2178	5.60	1.22
ALQUILER DE PUNTALES METÁLICOS PARA LOSA		und		1.2346	8.40	10.37
ALQUILER DE VIGAS H20 PARA LOSA		mI		0.5500	23.63	12.99
PLANCHA FENOLICO DE 1.20m X 2.40m X 18 mm		m2		0.1031	34.16	3.52
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2", 2 1/2", 3" Y 4"		kg		0.1000	6.69	0.67
						30.95
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	15.49	0.46
						0.46
Subpartidas						
SEPARADORES DE MALLAS 0.02M		m2		1	1	1.00
						1.00

Figura 50

APU de la partida Apuntalamiento de losa aligerada, sistema de viguetas pretensadas.

01.01.01	APUNTALAMIENTO METÁLICO DE LOSA ALIGERADA (VIGUETA PRETENSADA)								
m2/DIA	MO.	27.0000	EQ.	27.0000	Costo unitario directo por : m2	Parcial soles	37.50		
Descripción Recurso					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ					hh	0.1000	0.0296	31.46	0.93
OPERARIO					hh	1.0000	0.2963	24.20	7.17
OFICIAL					hh	1.0000	0.2963	19.11	5.66
									13.76
Materiales									
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #8					kg		0.27225	5.60	1.52
ALQUILER DE PUNTALES METÁLICOS PARA LOSA					und		0.3333	8.40	2.80
ALQUILER DE VIGAS H20 PARA LOSA					ml		0.7333	23.63	17.33
CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2", 2 1/2", 3" Y 4"					kg		0.1000	6.69	0.67
									22.32
Equipos									
HERRAMIENTAS MANUALES					%MO		3.0000	13.76	0.41
									0.41
Subpartidas									
SEPARADORES DE MALLAS 0.02M					m2		1.0000	1.00	1.00
									1.00

- CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210 KG/CM2 EN LOSAS**

Se refiere al vaciado de concreto premezclado en obra, que incluye tanto la mano de obra, el suministro de concreto de resistencia a la compresión de 210 kg/cm2, la bomba concretera para su impulsión, herramientas manuales y equipos portátiles entre los que se incluye a la vibradora de concreto. El concreto considerado es de piedra de huso 57 (de tamaño predominante de ½"), con slump de 4" a 6".

- Unidad de medición: metro cúbico (m3)

Figura 51

APU de la partida Concreto premezclado en losas.

01.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC= 210 KG/CM2 LOSAS ALIGERADAS Y MACIZAS								
m3/DIA	MO.	25.0000	EQ.	25.0000	Costo unitario directo por : m3		Parcial soles	S/ 322.49	
Descripción Recurso					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ					hh	0.1000	0.0320	31.46	1.01
OPERARIO					hh	1.0000	0.3200	24.20	7.75
OFICIAL					hh	1.0000	0.3200	19.11	6.11
PEON					hh	4.0000	1.2800	17.27	22.11
									36.97
Materiales									
CONCRETO PREMEZCLADO F'C 210KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"					m3		1.0500	233.00	244.65
SERVICIO DE BOMBEO DE CONCRETO					m3		1.0500	35.00	36.75
GASOLINA					gln		0.0400	15.10	0.60
									282.00
Equipos									
HERRAMIENTAS MANUALES					%MO		3.0000	36.97	1.11
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"					hm	1.0000	0.3200	7.50	2.40
									3.51

- **APUNTALAMIENTO DE LOSAS PARA PRELOSAS PREFABRICADAS**

Comprende el suministro y colocación de puntales telescópicos y vigas H de madera para el sostenimiento de las prelosas. La separación máxima entre puntales recomendada por el proveedor es de 1.80m.

Se incluye dentro de la partida, el retiro de los puntales y soleras luego del tiempo de fraguado de la losa terminada.

- Unidad de medición: metro cuadrado (m2)

Figura 52

APU de la partida Apuntalamiento de prelosas.

01.01.01	APUNTALAMIENTO DE PRELOSAS (ALIGERADAS Y MACIZAS)				
MO.	EQ.	Costo unitario directo por : m2			Parcial soles S/ 20.50
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontrato					
SC APUNTALAMIENTO DE PRELOSAS	m2		1.0000	20.50	20.50

- **ACERO DE REFUERZO DE FY= 4,200 KG/CM2 (HABILITADO EN OBRA)**

Comprende el suministro, habilitación y colocación de acero corrugado en los elementos estructurales. Se incluye dentro de esta partida la mano de obra requerida, el material (acero y alambre), y las herramientas manuales para su habilitación.

Tanto como para el sistema de viguetas como para el sistema de prelosas, el metrado abarca la cuantificación del acero negativo (conformado por bastones, balancines, y acero de temperatura) que será colocado en obra.

- Unidad de medición: kg

Figura 53

APU de la partida Acero de refuerzo, habilitado en obra.

01.01.01	ACERO DE REFUERZO DE FY= 4,200 KG/CM2 (EN VARILLAS)				
kg/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : kg		
				Parcial soles S/ 5.74	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales					
ACERO FY 4200KG/CM2, GRADO 60, EN VARILLAS	kg		1.1000	3.93	4.32
					4.32
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #16	kg		0.0400	5.60	0.22
					0.22
Subcontratos					
SC MANO DE OBRA ACERO EN VARILLAS	kg		1.0000	1.20	1.20
					1.20

- **ACERO DE REFUERZO DE FY= 4,200 KG/CM2 PARA PRELOSAS**

En el caso del sistema de prelosas, el acero es entregado en varillas (o dimensionado) al proveedor de prelosas, encargándose este de su habilitación y la utilización de alambres para el amarre. Por tanto, solo se incluye dentro de esta partida el costo neto del material, dado que la mano de obra y los consumibles se incluyen dentro del precio unitario de las prelosas.

- Unidad de medición: kg

Figura 54

APU de la partida Acero de refuerzo, habilitado Beton Decken.

01.01.01	ACERO DE REFUERZO DE FY= 4,200 KG/CM2 (EN VARILLAS) PARA PRELOSAS				
kg/DIA	MO.	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : kg
					Parcial soles S/ 4.12
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Materiales					Parcial S/.
ACERO FY 4200KG/CM2, GRADO 60, EN VARILLAS		kg		1.0500	3.93
					4.12
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO #16		kg		0.0000	5.45
					-
Subcontratos					
SC MANO DE OBRA ACERO EN VARILLAS		kg		0.0000	1.20
					-

- **SUMINISTRO DE VIGUETAS PRETENSADAS**

Se refiere al suministro de viguetas pretensadas fabricadas de concreto con una sección transversal con forma de T invertida, cuyas alas sirven de soporte para los elementos aligerantes. Llevan embebido su refuerzo positivo, el cual se conforma por alambres de acero pretensado de alta resistencia (fpu entre 18000 kg/cm2 y 19600 kg/cm2). Se clasifican en 5 tipos, dependiendo de la cuantía requerida en el diseño estructural.

- Unidad de medición: metro lineal (ml)

Figura 55

APU de la partida Suministro de viguetas pretensadas V-101, V-102, V-103, V-104.

01.01.01	SUMINISTRO DE VIGUETAS V-101				
	MO.		EQ.		Costo unitario directo por : ml
					Parcial soles S/ 11.95
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Subcontrato					Parcial S/.
SUM VIGUETA PRETENSADA 101		ml		1.0300	11.60
					11.95

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE VIGUETAS V-102	EQ.	Costo unitario directo por : ml	Parcial soles	S/	13.12
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Subcontrato							Parcial S/.
SUM VIGUETA PRETENSADA 102				ml		1.0300	12.74
							13.12

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE VIGUETAS V-103	EQ.	Costo unitario directo por : ml	Parcial soles	S/	13.91
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Subcontrato							Parcial S/.
SUM VIGUETA PRETENSADA 103				ml		1.0300	13.50
							13.91

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE VIGUETAS V-104	EQ.	Costo unitario directo por : ml	Parcial soles	S/	14.96
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Subcontrato							Parcial S/.
SUM VIGUETA PRETENSADA 104				ml		1.0300	14.52
							14.96

- SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO**

Se refiere al suministro de bovedillas prefabricadas de concreto en obra, cuya función es la de ser elementos aligerantes en las losas. Generalmente son suministradas por el mismo proveedor de viguetas por compatibilidad del sistema. Dependiendo del peralte total de la losa aligerada, se considerarán bovedillas de alturas 0.15m o 0.20m.

- Unidad de medición: und

Figura 56

APU de la partida Suministro de bovedillas de concreto h=0.15m y h=0.20m.

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO H=0.15M	EQ.	Costo unitario directo por : und	Parcial soles	S/	3.46
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Subcontrato							Parcial S/.
SUM BOVEDILLA DE CONCRETO 15CM@0.50M				und		1.0300	3.36
							3.46

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO H=0.20M	EQ.	Costo unitario directo por : und	Parcial soles	S/	4.60
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
Subcontrato							Parcial S/.
SUM BOVEDILLA DE CONCRETO 20CM@0.50M				und		1.0300	4.47
							4.60

- COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS / COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO**

Se refiere a la colocación de las viguetas pretensadas o bovedillas de concreto (según corresponda), sobre el encofrado previamente ejecutado.

- Unidad de medición (viguetas pretensadas): ml
- Unidad de medición (bovedillas de concreto): und

Figura 57

APU de la partida Colocación de viguetas pretensadas.

01.01.01	MO.	COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS	EQ.	Costo unitario directo por : ml			Parcial soles	S/	5.50
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontrato									
COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS				ml		1.0000	5.50	5.50	

Figura 58

APU de la partida Colocación de bovedillas de concreto.

01.01.01	MO.	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	EQ.	Costo unitario directo por : und			Parcial soles	S/	1.30
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontrato									
COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO				und		1.0000	1.30	1.30	

- SUMINISTRO DE PRELOSAS Y CASETONES DE POLIESTIRENO**

Se refiere al suministro de prelosas prefabricadas en obra según la modulación para cada planta de techo. Dentro de esta partida se incluye la colocación de casetones de poliestireno (si se tratase de losas aligeradas), la cual es realizada por el proveedor de prelosas en sus plantas de producción.

- Unidad de medición: metro cuadrado (m2)

Figura 59

APU de la partida Suministro de prelosas aligeradas y macizas.

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE PRELOSAS ALIGERADAS H=0.20M	EQ.	Costo unitario directo por : m2			Parcial soles	S/	61.80
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontrato									
SC SUMINISTRO DE PRELOSAS ALIGERADAS H=0.20M				m2		1.0000	61.80	61.80	

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE PRELOSAS ALIGERADAS H=0.25M	EQ.	Costo unitario directo por : m2			Parcial soles	S/	69.83
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontrato									
SC SUMINISTRO DE PRELOSAS ALIGERADAS H=0.25M				m2		1.0000	69.83	69.83	

01.01.01	MO.	SUMINISTRO DE PRELOSAS MACIZAS H=0.20M	EQ.	Costo unitario directo por : m2			Parcial soles	S/	47.80
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontrato									
SC SUMINISTRO DE PRELOSAS MACIZAS H=0.20M				m2		1.0000	47.80	47.80	

- **COLOCACIÓN DE PRELOSAS PREFABRICADAS**

Se refiere a la colocación de las prelosas según la modulación preestablecida para cada planta de techo. Usualmente se requiere solo de dos personas preloseras para esta actividad.

- Unidad de medición: metro cuadrado (m2)

Figura 60

APU de la partida Colocación de prelosas aligeradas y macizas.

01.01.01	COLOCACIÓN DE PRELOSAS (ALIGERADAS Y MACIZAS)						
	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : m2		Parcial soles	S/	6.50
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontrato							
SC COLOCACIÓN DE PRELOSAS			m2		1.0000	6.50	6.50

- **SELLADO DE JUNTAS DE PRELOSAS**

Consiste en la aplicación de un sello colocado entre las juntas de prelosas para darle una terminación uniforme a los cielos de una edificación. Se incluyen tanto los materiales y los costos por la instalación de esta mezcla preparada a base de pegamento blanco flexible (en dos capas), más el recubrimiento con malla drywall 3M.

- Unidad de medición: metro cuadrado (m2)

Figura 61

APU de la partida Sellado de juntas de prelosas.

01.01.01	SELLADO DE JUNTAS DE PRELOSAS						
und/DIA	MO.	150 EQ.	150	Costo unitario directo por : m2		Parcial soles	S/
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontratos							
SC SELLADO DE JUNTAS			m2		1	2.9	2.90

- **CURADO MEDIANTE ADITIVO QUÍMICO**

Consiste en la aplicación de un curador en solución química cuya propiedad es evitar la evaporación del agua del concreto de la losa vaciada contribuyendo así al desarrollo de resistencia (f°c) requerida.

- Unidad de medición: metro cuadrado (m2)

Figura 62

APU de la partida Curado con aditivo químico.

01.01.01	CURADO CON ADITIVO QUÍMICO							
und/DIA	MO.	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : m2	Parcial soles	S/	2.20	
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontratos								
SC CURADO CON ADITIVO QUÍMICO				m2		1.0000	2.20	2.20

- **TARRAJEO DE CIELORASOS (MORTERO 1:4)**

Consiste en la aplicación de una capa fina de mortero de 1.5cm de espesor, preparado a base de agregado fino, cemento y agua, cuya función es cubrir las variaciones dimensionales y defectos del encofrado post-vaciado, con la finalidad de preparar la estructura para la aplicación de pintura. Se considera una proporción de cemento: agregado fino de 1:4.

- Unidad de medición: metro cuadrado (m2)

Figura 63

APU de la partida Tarrrajeo de cielorraso.

01.01.01	TARRAJEO DE CIELO RASO (C:A 1:4)							
m2/DIA	MO.	16.0000	EQ.	16.0000	Costo unitario directo por : m2	Parcial soles	S/	30.62
Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
CAPATAZ				hh	0.1000	0.0500	31.46	1.57
OPERARIO				hh	1.0000	0.5000	24.20	12.10
PEON				hh	1.0000	0.5000	17.27	8.64
								22.31
Materiales								
ARENA FINA				m3		0.0132	46.61	0.62
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG)				bol		0.1210	21.69	2.63
AGUA PARA MEZCLA				GL		0.0050	12.50	0.06
ANDAMIO DE MADERA				p2		0.8500	5.10	4.34
								7.64
Equipos								
HERRAMIENTAS MANUALES				%MO		3.0000	22.31	0.67
								0.67

5.7.4. RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS

A partir de los metrados y los análisis de precios unitarios se determinaron los costos asociados a cada sistema de losas, teniéndose los siguientes resultados en el análisis de costos directos.

ESCENARIO 01

A nivel de costo directo, trabajar con el sistema de viguetas prefabricadas (primer escenario de análisis) en el proyecto implicará un costo de S/2,810,237.96 soles en Estructuras, y un costo de S/ 471,374.33 soles en Arquitectura, esto hace un total de S/3,281,612.29 soles antes de impuestos.

Figura 64

Resumen del Costo directo del Escenario: Viguetas prefabricadas.

ESC 01: SISTEMA CON VIGUETAS PREFABRICADAS					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO TOT	PU (S/)	PARCIAL (S/)
1.00	ESTRUCTURAS				S/ 2,810,237.96
1.01	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
1.01.01	LOSA ALIGERADA H=0.20M				S/ 1,016,078.91
1.01.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	447.28	322.49	S/ 144,240.70
1.01.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	6,281.96	37.50	S/ 235,546.65
1.01.01.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	16,476.58	5.74	S/ 94,633.37
1.01.01.04	VIGUETA PRETENSADA 101	ml	9,041.97	11.95	S/ 108,033.46
1.01.01.05	VIGUETA PRETENSADA 102	ml	3,378.99	13.12	S/ 44,339.78
1.01.01.06	VIGUETA PRETENSADA 103	ml	738.13	13.91	S/ 10,263.70
1.01.01.07	VIGUETA PRETENSADA 104	ml	370.30	14.96	S/ 5,538.06
1.01.01.08	COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS	ml	13,529.39	5.50	S/ 74,411.65
1.01.01.09	SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO H=0.15M	und	62,819.60	3.46	S/ 217,406.07
1.01.01.10	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	62,819.60	1.30	S/ 81,665.48
1.01.02	LOSA ALIGERADA H=0.25M				S/ 91,236.07
1.01.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	42.61	322.49	S/ 13,739.70
1.01.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	501.24	37.50	S/ 18,794.36
1.01.02.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,715.65	5.74	S/ 9,853.86
1.01.02.04	VIGUETA PRETENSADA 102	ml	516.60	13.12	S/ 6,778.93
1.01.02.05	VIGUETA PRETENSADA 103	ml	496.80	13.91	S/ 6,908.00
1.01.02.06	COLOCACIÓN DE VIGUETAS PRETENSADAS	ml	1,013.40	5.50	S/ 5,573.70
1.01.02.07	SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO H=0.20M	und	5,012.40	4.60	S/ 23,071.40
1.01.02.08	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	5,012.40	1.30	S/ 6,516.12
1.01.03	LOSA MACIZA H=0.20M				S/ 1,669,053.28
1.01.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	1,722.42	322.49	S/ 555,459.91
1.01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	8,612.12	47.90	S/ 412,485.64
1.01.03.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	122,069.60	5.74	S/ 701,107.73
1.01.04	OTROS				S/ 33,869.70
1.01.04.01	CURADO CON ADITIVO QUÍMICO	m2	15,395.32	2.20	S/ 33,869.70
2.00	ARQUITECTURA				S/ 471,374.33
2.01	REVOQUES				
2.01.01	TARRAJEO DE CIELORASOS (MORTERO 1:4)	m2	15,395.32	30.62	S/ 471,374.33
	COSTO TOTAL				S/ 3,281,612.29

ESCENARIO 02

Por otro lado, al implementar el sistema de prelosas prefabricadas en el proyecto generaría un costo de S/2,708,865.21 soles en Estructuras, y un costo de S/ 152,423.27 soles en Arquitectura, lo que en total asciende a S/2,861,288.49 soles antes de impuestos.

Figura 65

Resumen del Costo directo del Escenario: Prelosas prefabricadas.

ESC 02: SISTEMA CON PRELOSAS PREFABRICADAS					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO TOT	PU (S/)	PARCIAL (S/)
1.00	ESTRUCTURAS				S/ 2,708,865.21
1.01	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
1.01.01	LOSA ALIGERADA H=0.20M				S/ 909,573.62
1.01.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	464.87	322.49	S/ 149,915.47
1.01.01.02	APUNTALAMIENTO DE PRELOSA ALIGERADA	m2	6,282.06	20.50	S/ 128,782.23
1.01.01.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 (NEGATIVO)	kg	14,432.64	5.74	S/ 82,894.00
1.01.01.04	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, PARA PRELOSA	kg	28,839.95	4.12	S/ 118,917.22
1.01.01.05	SUMINISTRO DE PRELOSA PREFABRICADA ALIGERADA	m2	6,282.06	61.80	S/ 388,231.31
1.01.01.06	COLOCACIÓN DE PRELOSAS	m2	6,282.06	6.50	S/ 40,833.39
1.01.02	LOSA ALIGERADA H=0.25M				S/ 84,690.55
1.01.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	44.00	322.49	S/ 14,190.00
1.01.02.02	APUNTALAMIENTO DE PRELOSA ALIGERADA	m2	501.24	20.50	S/ 10,275.42
1.01.02.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 (NEGATIVO)	kg	1,837.23	5.74	S/ 10,552.13
1.01.02.04	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, PARA PRELOSA	kg	2,767.50	4.12	S/ 11,411.35
1.01.02.05	SUMINISTRO DE PRELOSA PREFABRICADA ALIGERADA	m2	501.24	69.83	S/ 35,003.59
1.01.02.06	COLOCACIÓN DE PRELOSAS	m2	501.24	6.50	S/ 3,258.06
1.01.03	LOSA MACIZA H=0.20M				S/ 1,680,729.20
1.01.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P57, SLUMP 4-6"	m3	1,291.95	322.49	S/ 416,637.01
1.01.03.02	APUNTALAMIENTO DE PRELOSA MACIZA	m2	8,612.99	20.50	S/ 176,566.30
1.01.03.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 (NEGATIVO)	kg	60,189.46	5.74	S/ 345,698.66
1.01.03.04	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60, PARA PRELOSA	kg	66,485.23	4.12	S/ 274,141.88
1.01.03.05	SUMINISTRO DE PRELOSA PREFABRICADA MACIZA	m2	8,612.99	47.80	S/ 411,700.92
1.01.03.06	COLOCACIÓN DE PRELOSAS	m2	8,612.99	6.50	S/ 55,984.44
1.01.04	OTROS				S/ 33,871.84
1.01.04.01	CURADO CON ADITIVO QUÍMICO	m2	15,396.29	2.20	S/ 33,871.84
2.00	ARQUITECTURA				S/ 152,423.27
2.01	REVOQUES				
2.01.01	SELLADO DE JUNTAS + LIMPIEZA DE REBABAS	m2	15,396.29	9.90	S/ 152,423.27
					S/ 2,861,288.49

De la comparación de ambos escenarios se observa que al ejecutar el sistema de prelosas prefabricadas en el edificio multifamiliar en estudio es posible obtener un ahorro de S/ 420,323.80 soles, solo al considerar el costo de mano de obra, materiales y herramientas (costo directo).

ANÁLISIS DEL COSTO INDIRECTO

El análisis de costos indirectos se realizó según las siguientes actividades:

- Elaboración de la sectorización según las fases de ejecución del edificio.
- Elaboración del cronograma maestro del casco (para ambos escenarios).
- Determinación de los costos indirectos variables en base al plazo de obra.
- Determinación del porcentaje de confiabilidad del cronograma con ambos escenarios (a partir del juicio de expertos)
- Estimación del ahorro a nivel de costo indirecto.

5.7.5. SECTORIZACIÓN DEL EDIFICIO.

Como primer paso, se sectorizaron los sótanos y los pisos superiores utilizando como criterio el de homogenizar o equiparar los metrados (acero a habilitar, área a encofrar, volúmenes a vaciar, de manera principal) en cada sector. Adicionalmente, se utilizó como criterio el dividir los paños de losa a cada tercio de viga como consideración constructiva.

Dado que la ejecución del edificio se dividió en dos fases abarcando así la fase 01 la construcción de los sótanos y el piso 01; y la fase 02, desde el nivel 02 a la azotea. Se elaboró la programación en base a la sectorización del sótano 02 (típico), del piso 01, y del piso 02 (típico).

• *Sectorización del sótano 02:*

Se consideran 08 sectores en el sótano 02 (al igual que en el sótano 01), teniendo así un área promedio por sector de 205.55 m².

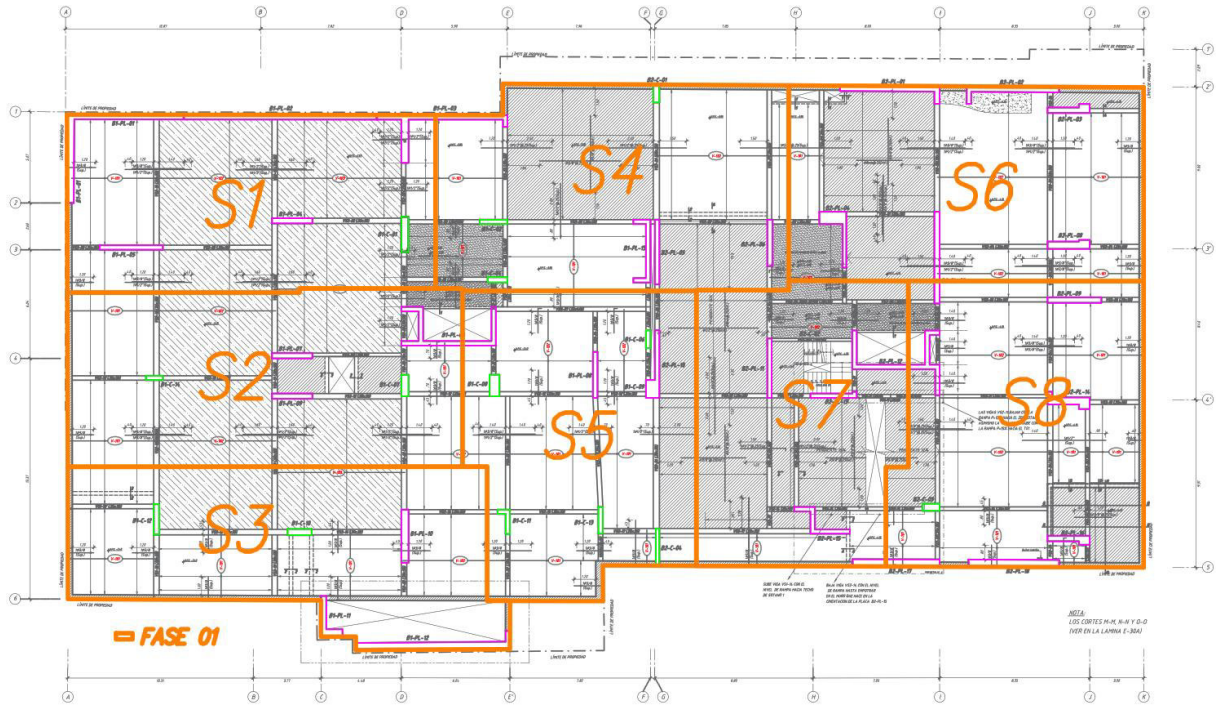
Figura 66

Metrados de partidas por sector para los sótanos 02 y 01 del edificio.

	ACTIVIDAD	UND	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8
	SÓTANOS									
VERT	ACERO EN VERTICALES	kg	1,339.64	1,477.66	1,863.31	1,615.68	2,395.11	1,976.98	1,558.85	2,058.17
	ENCOFRADO EN VERTICALES	m ²	81.12	101.77	114.90	119.00	172.02	115.82	115.40	129.09
	CONCRETO EN VERTICALES	m ³	11.65	12.85	16.20	14.05	20.83	17.19	13.56	17.90
HORIZ	ENCOFRADO DE VIGAS	m ²	38.46	40.85	37.72	43.51	59.98	40.58	48.42	58.21
	APUNTALAMIENTO DE VIGUETAS	m ²	178.34	190.97	177.87	194.35	181.07	189.81	157.86	191.06
	COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS	kg	1,346.73	1,413.28	1,311.64	1,422.96	1,985.61	1,349.15	1,474.99	1,812.58
	COLOCACIÓN DE VIGUETAS	ml	401.27	429.68	400.21	437.28	407.41	427.07	355.18	429.88
	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS	und	1,783.43	1,909.71	1,778.72	1,943.48	1,810.71	1,898.07	1,578.58	1,910.60
	ACERO EN LOSAS	kg	1,515.91	1,623.25	1,511.91	1,651.96	1,539.10	1,613.36	1,341.80	1,624.01
	HABILITACIÓN DE IISS/IIIEE/IIIGG	glb	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m ³	25.74	27.43	25.53	27.85	28.94	27.02	38.28	46.45

Figura 67

Sectorización de la planta del sótano 02.



- **Sectorización del piso 01:**

Se consideran 08 sectores en el piso 01, teniendo así un área promedio de 111.96 m².

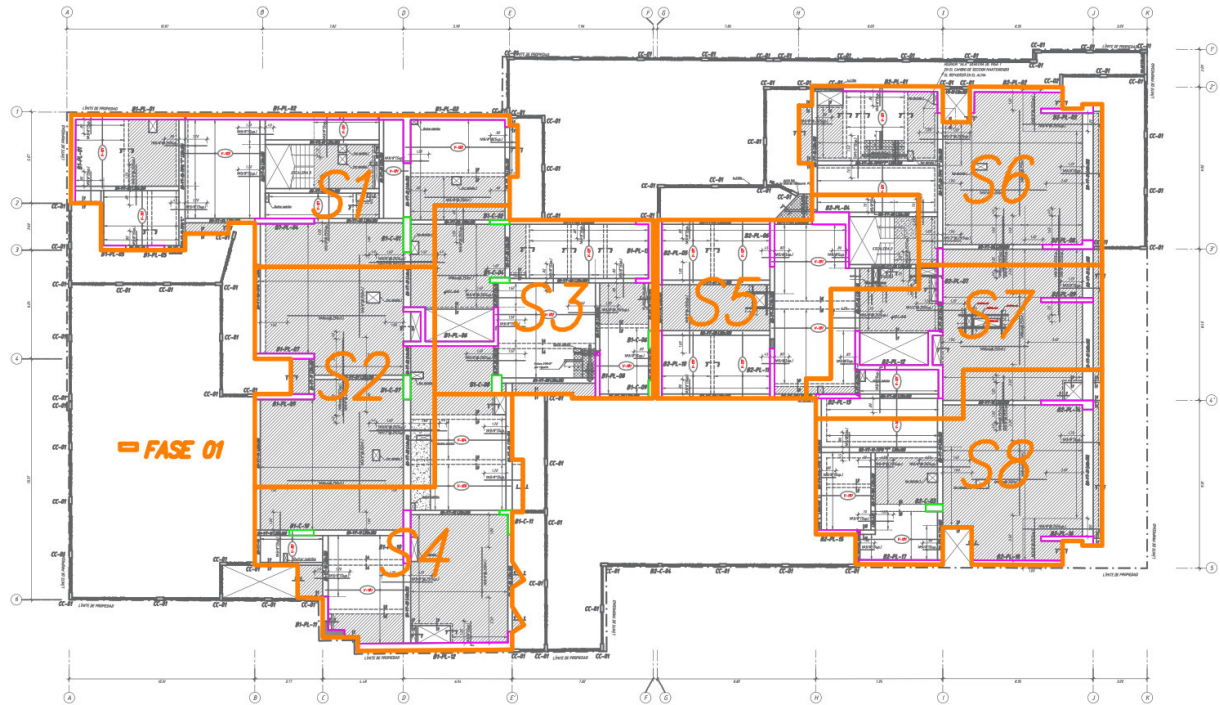
Figura 68

Metrados de partidas por sector para el piso 01 del edificio.

	ACTIVIDAD	UND	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8
PISO 01										
VERT	ACERO EN VERTICALES	kg	4,436.15	1,528.70	2,041.05	2,778.32	2,111.86	2,432.59	1,953.57	2,170.17
	ENCOFRADO EN VERTICALES	m ²	293.20	97.46	144.62	141.91	133.47	152.35	137.46	150.03
	CONCRETO EN VERTICALES	m ³	37.59	12.96	17.30	23.55	17.90	20.62	16.56	18.39
HORIZ	ENCOFRADO DE VIGAS	m ²	60.00	26.50	44.91	37.86	41.61	36.70	21.28	41.63
	APUNTALAMIENTO DE VIGUETAS		151.02	102.48	105.42	119.45	104.79	115.97	89.73	121.56
	COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS	kg	2,055.79	1,111.99	1,425.38	1,384.24	1,315.27	1,460.47	819.17	1,657.70
	COLOCACIÓN DE VIGUETAS	ml	339.80	230.57	237.19	268.75	235.78	260.93	201.90	273.51
	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS	und	1,510.22	1,024.78	1,054.17	1,194.46	1,047.93	1,159.69	897.32	1,215.62
	ACERO EN LOSAS	kg	1,132.67	768.58	790.63	895.84	785.94	869.77	672.99	911.71
	HABILITACIÓN DE IIS/IIIE/IIGG	glb	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m ³	25.96	16.33	18.07	19.43	17.51	19.40	21.67	31.85

Figura 69

Sectorización de la planta del piso 01.



- Sectorización del piso típico:**

La sectorización de la planta típica se dividió en dos fases de ejecución (según la información real del proyecto). Así, se consideran 05 sectores para cada fase.

En el caso de los sectores de la fase 01, estos tienen un área promedio de 94.78m²; en el caso de la fase 02, el promedio por sector es de 86.66 m².

Figura 70

Metrados de partidas por sector para el piso 02 (típico) del edificio – Fase 01

	ACTIVIDAD	UND	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5
PISOS SUPERIORES - FASE 01							
VERT	ACERO EN VERTICALES	kg	1,787.09	1,444.06	998.67	1,153.59	1,778.80
	ENCOFRADO EN VERTICALES	m2	130.86	97.17	66.99	86.72	94.58
	CONCRETO EN VERTICALES	m3	15.96	12.89	8.92	10.30	15.88
HORIZ	ENCOFRADO DE VIGAS	m2	47.70	41.80	33.31	43.77	35.67
	APUNTALAMIENTO DE VIGUETAS	m2	93.20	90.13	97.63	99.20	93.31
	COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS	kg	1,118.15	993.80	925.87	1,090.98	887.21
	COLOCACIÓN DE VIGUETAS	m	209.69	202.80	219.67	223.20	209.94
	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS	und	931.96	901.34	976.33	991.99	933.08
	ACERO EN LOSAS	kg	512.58	495.74	536.98	545.59	513.20
	HABILITACIÓN DE IISS/IIIE/IIIGG	glb	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m3	16.14	15.15	15.61	16.65	14.93

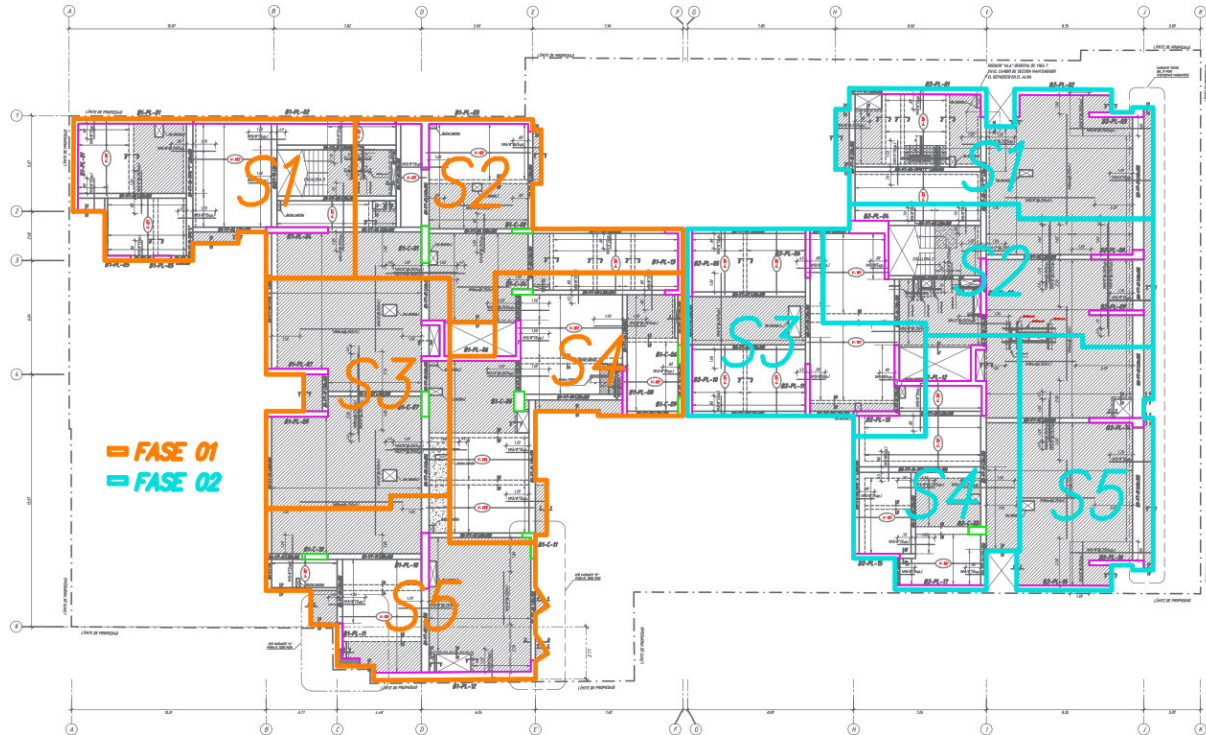
Figura 71

Metrados de partidas por sector para el piso 02 (típico) del edificio – Fase 02.

	ACTIVIDAD	UND	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5
PISOS SUPERIORES - FASE 02							
VERT	ACERO EN VERTICALES	kg	1,302.97	1,214.45	1,294.68	1,114.86	832.69
	ENCOFRADO EN VERTICALES	m2	84.20	74.17	99.81	82.45	59.77
	CONCRETO EN VERTICALES	m3	11.63	10.84	11.56	9.95	7.43
HORIZ	ENCOFRADO DE VIGAS	m2	32.29	34.54	44.18	37.07	23.27
	APUNTALAMIENTO DE VIGUETAS	m2	87.78	98.57	88.91	79.21	78.83
	COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS	kg	838.09	995.89	1,009.47	948.86	771.21
	COLOCACIÓN DE VIGUETAS	ml	197.51	221.78	200.06	178.22	177.36
	COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS	und	877.83	985.67	889.14	792.09	788.26
	ACERO EN LOSAS	kg	482.81	542.12	489.03	435.65	433.54
	HABILITACIÓN DE IISS/IIIE/IIIGG	glb	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	CONCRETO EN LOSA Y VIGAS	m3	14.07	16.08	15.09	13.71	12.73

Figura 72

Sectorización de la planta del piso 02 (típico), según las fases de ejecución (fase 01, 02).



5.7.6. CRONOGRAMA MAESTRO DEL CASCO (ESCENARIO 01)

Teniendo en cuenta las sectorizaciones anteriores, se elaboró el cronograma base del casco estructural. Asimismo, se consideraron como referencia el intervalo de tiempo entre el inicio de la fase 01 y la fase 02 en el planeamiento elaborado.

- **ESCENARIO 01**

Para el escenario con viguetas prefabricadas se consideraron las siguientes partidas en el tren de actividades:

Tabla 11

Partidas del tren de actividades del casco estructural – escenario 01

Elementos verticales	i.	Acero en verticales
	ii.	Encofrado en verticales
	iii.	Concreto en verticales
Elementos horizontales	i.	Encofrado de vigas
	ii.	Apuntalamiento de viguetas
	iii.	Colocación de acero en vigas
	iv.	Colocación de viguetas
	v.	Colocación de bovedillas
	vi.	Acero en losas
	vii.	Habilitación de IISS / IIEE / IIGG
	viii.	Concreto en losa y vigas

Figura 73

Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 01: Fases 01 y 02. (Parte 01)

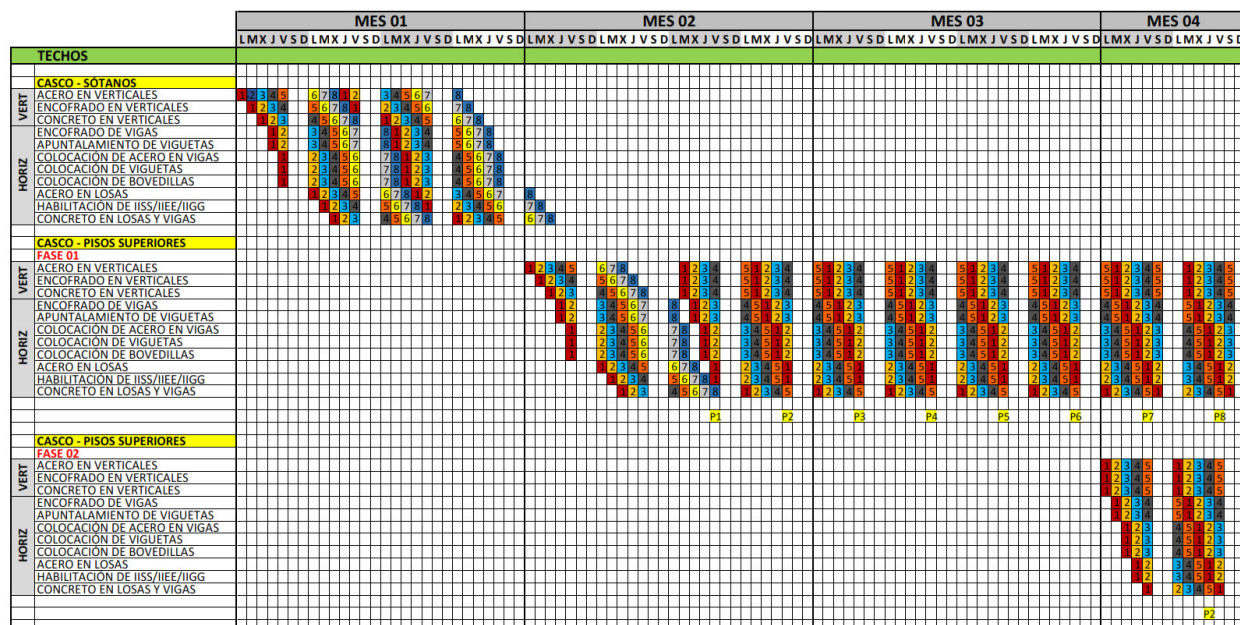
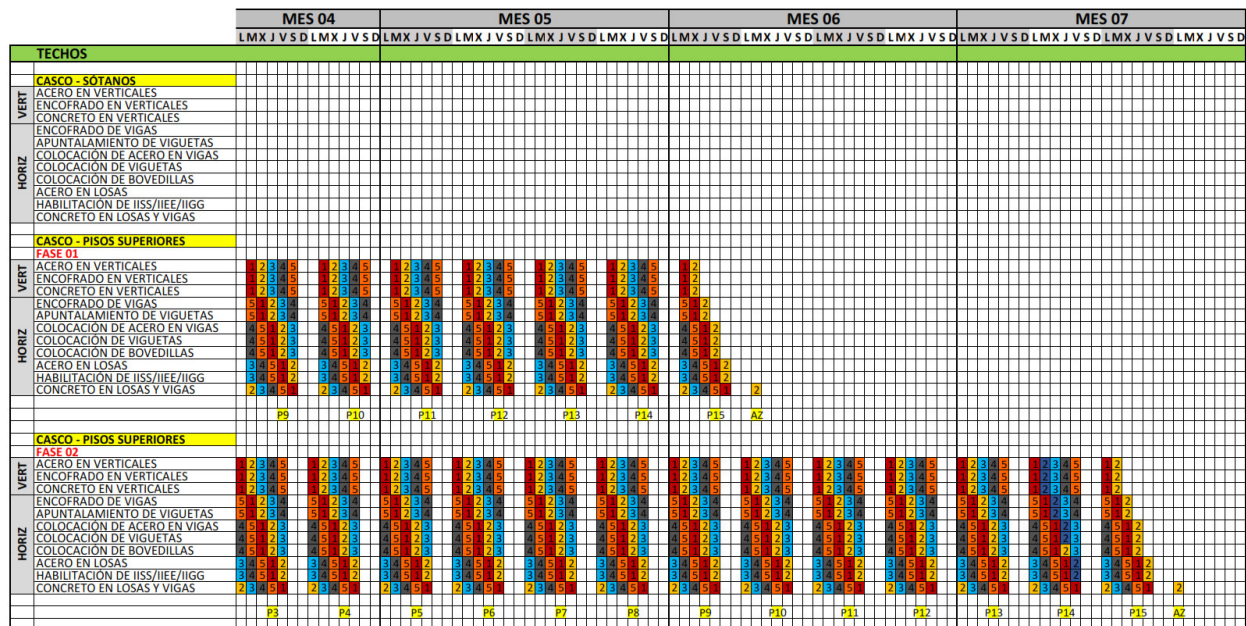


Figura 73

Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 01: Fases 01 y 02. (Parte 02)



- **ESCENARIO 02**

Para el escenario con prelosas prefabricadas se consideraron las siguientes partidas en el tren de actividades:

Tabla 12

Partidas del tren de actividades del casco estructural – escenario 02

Elementos verticales	i.	Acero en verticales
	ii.	Encofrado en verticales
	iii.	Concreto en verticales
Elementos horizontales	i.	Encofrado de vigas
	ii.	Apuntalamiento de prelosas
	iii.	Colocación de acero en vigas
	iv.	Colocación de prelosas
	v.	Acero en losas
	vi.	Habilitación de IISS / IIEE / IIGG
	vii.	Concreto en losa y vigas

Figura 74

Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 02: Fases 01 y 02. (Parte 01)

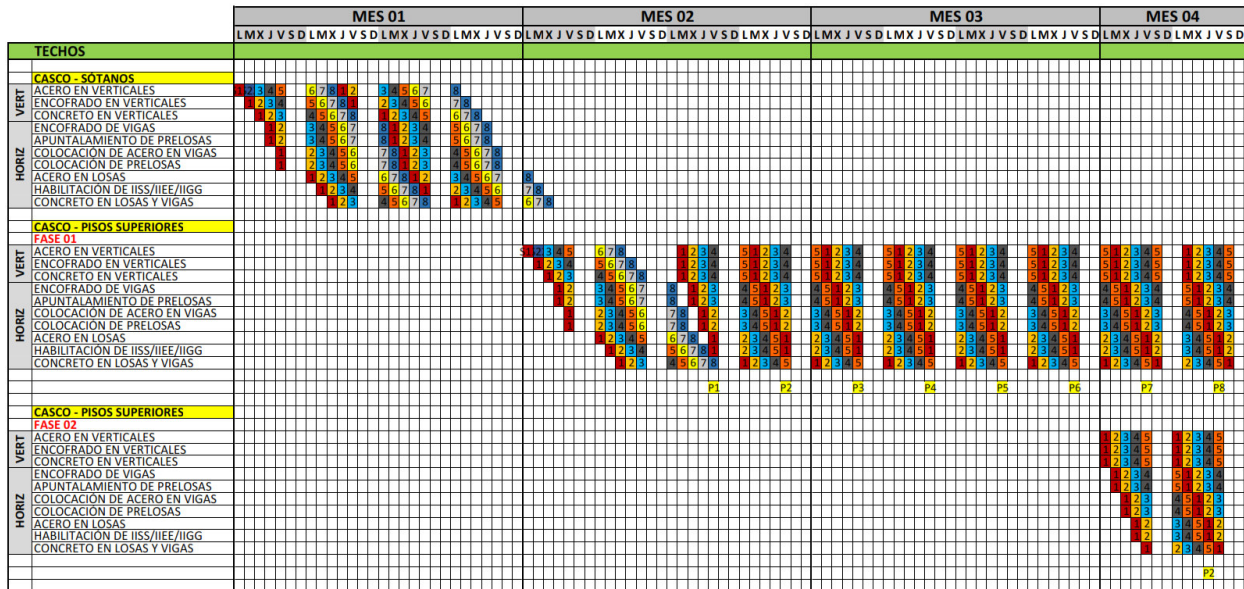
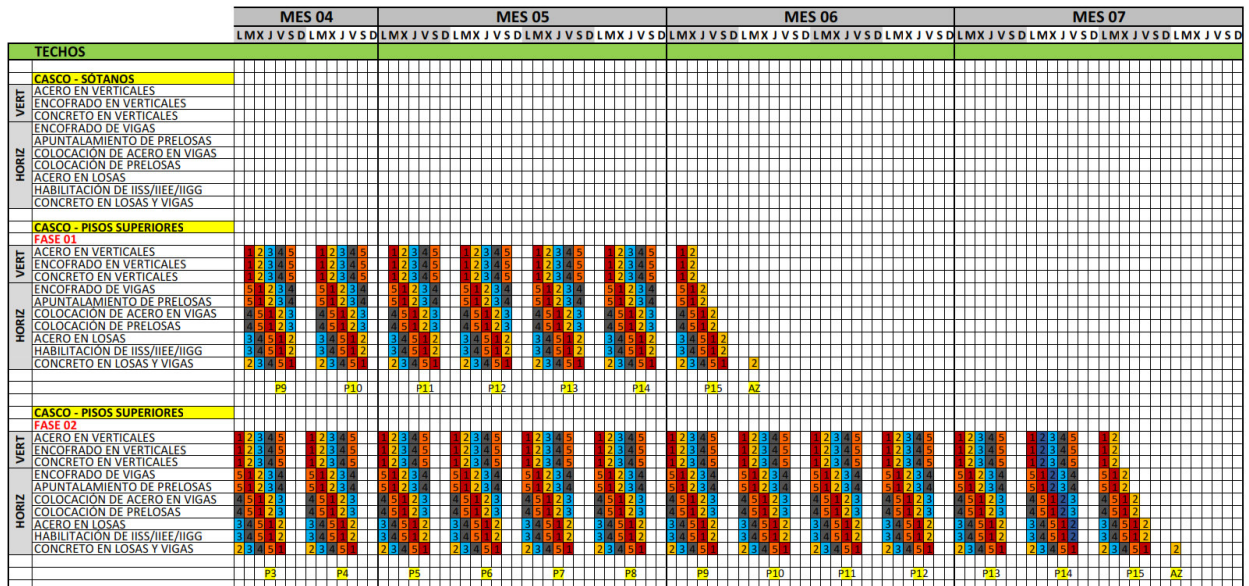


Figura 74

Cronograma maestro del casco estructural, Esc. 02: Fases 01 y 02. (Parte 02)



5.7.7. CONFIABILIDAD DE EJECUCIÓN DEL CRONOGRAMA

La confiabilidad para cada escenario de análisis se utilizó para estimar las duraciones reales y el desfase del cronograma base inicial. Dado que la sectorización es la misma en ambos sistemas, la duración base de la ejecución del casco es la misma, diferenciándose en el desfase que cada sistema constructivo presenta durante su ejecución.

El porcentaje de confiabilidad de ejecución de cada cronograma se determinó mediante la realización de entrevistas a ingenieros expertos en la industria de los edificios multifamiliares en Lima. Los ingenieros seleccionados fueron tres, quienes se desempeñan en los siguientes cargos: Jefe de producción, Ingeniero residente e Ingeniero Senior de control de costos, los mismos que han formado parte de los proyectos multifamiliares:

Tabla 13

Listado resumen de los edificios en los que participaron los expertos.

ID	EDIFICIO	USO	UBICACIÓN	PROPIETARIO
1	Edificio Brescia	Multifamiliar	Magdalena del Mar	Grupo Brazil
2	Edificio Vielha	Multifamiliar	Magdalena del Mar	Grupo Brazil
3	Edificio Eres	Multifamiliar	Surquillo	Grupo Lar
4	Edificio Elant	Multifamiliar	La Victoria	Grupo Lar
5	Edificio Hara	Multifamiliar	La Victoria	Grupo Lar
6	Edificio Alto Huaraz	Multifamiliar	Breña	Inversiones Cesia
7	Edificio Mar Adentro	Multifamiliar	Punta Hermosa	Milenio Asociados
8	Edificio Ital San Felipe	Multifamiliar	Jesús María	Italcasa

Cada entrevista estuvo conformada por cuatro preguntas (las mismas para cada experto), de las cuales se obtuvo información acerca de: las ventajas de cada sistema constructivo, las actividades que agilizan o retrasan el vaciado de losas, y por último, qué porcentaje cumplimiento del cronograma planificado se logra con cada sistema a partir de su experiencia. El detallado de cada entrevista se presenta en los Anexos 06, 07 y 08.

La siguiente tabla presenta los porcentajes brindados por los ingenieros entrevistados y el promedio por cada sistema.

Tabla 14

Porcentajes de cumplimiento de actividades estimados a juicio de expertos.

	VIGUETAS PRETENSADAS	PRELOSAS PREFABRICADAS
Jefe de producción	65.00%	87.50%
Ing. Senior de control de costos	82.50%	92.50%
Ing. Residente	75.00%	90.00%
PROMEDIO	74.17%	90.00%

A partir de la programación base se tiene que la duración de la fase 01 es de 5.25 meses, y la de la fase 02 es de 3.75 meses.

Considerando los porcentajes de cumplimiento, se obtienen las siguientes duraciones reales y tiempos de desfase o retraso para los dos escenarios:

Tabla 15

Cálculo de duraciones reales y desfases en base a los porcentajes de cumplimiento.

ETAPA	UND	DURACIÓN	% CUMPL	DURAC REAL	DESFASE (mes)
ESCENARIO: PRELOSAS PREFABRICADAS					
CASCO FASE 01	mes	5.25	90.0%	5.83	0.58
CASCO FASE 02	mes	3.75	90.0%	4.17	0.42
ESCENARIO: VIGUETAS PREFABRICADAS					
CASCO FASE 01	mes	5.25	74.2%	7.08	1.83
CASCO FASE 02	mes	3.75	74.2%	5.06	1.31

5.7.8. RESUMEN DE COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos variables que formaron parte del análisis se desprenden de las partidas de Obras provisionales y Gastos generales. Se analizaron estas partidas considerando los porcentajes de desfase obtenidos para cada sistema de losas.

En la especialidad de Obras provisionales se obtuvo un ahorro estimado de S/173,730.89, mientras que en Gastos generales se estimó un ahorro de S/ S/227,002.67, haciendo un total de S/400,733.56.

Figura 75

Presupuesto de Obras provisionales considerando desfases por Escenario.

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESC 01: SISTEMA CON VIGUETAS PREFABRICADAS				ESC 02: SISTEMA CON PRELOSAS PREFABRICADAS			
		UND	CANT	PU (S/)	PARCIAL (S/)	UND	CANT	PU (S/)	PARCIAL (S/)
01	OBRAS PROVISIONALES				S/ 255,130.89				S/ 81,400.00
	FASE 01								
01.01	OBRAS PRELIMINARES								
01.01.01	GUARDIANIA DE SEGURIDAD - 24 HORAS	mes	1.83	6,100.00	11,152.83	mes	0.58	6,100.00	3,558.33
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES								
01.02.01	SERVICIOS HIGIENICOS PARA OBREROS	mes	1.83	3,400.00	6,216.33	mes	0.58	3,400.00	1,983.33
01.02.02	SERVICIOS HIGIENICOS PARA STAFF TECNICO	mes	1.83	600.00	1,097.00	mes	0.58	600.00	350.00
01.02.03	TOPOGRAFIA PERMANENTE DE OBRA C1	mes	1.83	11,200.00	20,477.34	mes	0.58	11,200.00	6,533.33
01.02.04	TOPOGRAFIA PERMANENTE DE OBRA C2	mes	1.83	10,500.00	19,197.50	mes	0.58	10,500.00	6,125.00
01.02.05	SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	mes	1.83	2,500.00	4,570.83	mes	0.58	2,500.00	1,458.33
01.02.06	SERVICIO DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA	mes	1.83	3,500.00	6,399.17	mes	0.58	3,500.00	2,041.67
01.02.07	LIMPIEZA DURANTE LA EJECUCION DEL CASCO DE OBRA	mes	1.83	5,000.00	9,141.67	mes	0.58	5,000.00	2,916.67
01.03	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL								
01.03.01	TRANSPORTE VERTICAL CON TORRE GRUA	mes	1.83	28,500.00	52,107.51	mes	0.58	28,500.00	16,625.00
01.03.02	TRASLADO Y ACARREO HORIZONTAL	mes	1.83	10,100.00	18,466.17	mes	0.58	10,100.00	5,891.67
	FASE 02								
01.01	OBRAS PRELIMINARES								
01.01.01	GUARDIANIA DE SEGURIDAD - 24 HORAS	mes	1.31	6,100.00	7,966.31	mes	0.42	6,100.00	2,541.67
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES								
01.02.01	SERVICIOS HIGIENICOS PARA OBREROS	mes	1.31	3,400.00	4,440.24	mes	0.42	3,400.00	1,416.67
01.02.02	SERVICIOS HIGIENICOS PARA STAFF TECNICO	mes	1.31	600.00	783.57	mes	0.42	600.00	250.00
01.02.03	TOPOGRAFIA PERMANENTE DE OBRA C1	mes	1.31	11,200.00	14,626.67	mes	0.42	11,200.00	4,666.67
01.02.04	TOPOGRAFIA PERMANENTE DE OBRA C2	mes	1.31	10,500.00	13,712.50	mes	0.42	10,500.00	4,375.00
01.02.05	SERVICIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	mes	1.31	2,500.00	3,264.88	mes	0.42	2,500.00	1,041.67
01.02.06	SERVICIO DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA	mes	1.31	3,500.00	4,570.83	mes	0.42	3,500.00	1,458.33
01.02.07	LIMPIEZA DURANTE LA EJECUCION DEL CASCO DE OBRA	mes	1.31	5,000.00	6,529.76	mes	0.42	5,000.00	2,083.33
01.03	TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL								
01.03.01	TRANSPORTE VERTICAL CON TORRE GRUA	mes	1.31	28,500.00	37,219.65	mes	0.42	28,500.00	11,875.00
01.03.02	TRASLADO Y ACARREO HORIZONTAL	mes	1.31	10,100.00	13,190.12	mes	0.42	10,100.00	4,208.33

Figura 76

Presupuesto de Gastos generales considerando desfases por Escenario.

ITEM	DESCRIPCIÓN	ESC 01: SISTEMA CON VIGUETAS PREFABRICADAS				ESC 02: SISTEMA CON PRELOSAS PREFABRICADAS			
		UND	CANT	PU (S/)	PARCIAL (S/)	UND	CANT	PU (S/)	PARCIAL (S/)
02	GASTOS GENERALES				S/ 333,362.67				S/ 106,360.00
	FASE 01								
02.01	Remuneraciones de Staff Profesional								
02.01.01	Ingeniero Residente de Obra	mes	1.83	17,500.00	31,995.84	mes	0.58	17,500.00	10,208.33
02.01.02	Ingeniero de campo	mes	1.83	9,500.00	17,369.17	mes	0.58	9,500.00	5,541.67
02.01.03	Ingeniero de Instalaciones	mes	1.83	7,250.00	13,255.42	mes	0.58	7,250.00	4,229.17
02.01.04	Asistente de ingeniero de campo	mes	1.83	5,500.00	10,055.83	mes	0.58	5,500.00	3,208.33
02.01.05	Ingeniero de Oficina técnica	mes	1.83	9,000.00	16,455.00	mes	0.58	9,000.00	5,250.00
02.01.06	Asistente de Ingeniero de Oficina técnica	mes	1.83	5,500.00	10,055.83	mes	0.58	5,500.00	3,208.33
02.01.07	Ingeniero de Calidad	mes	1.83	7,500.00	13,712.50	mes	0.58	7,500.00	4,375.00
02.01.08	Gerente de Proyectos	mes	0.37	20,000.00	7,313.33	mes	0.12	20,000.00	2,333.33
02.01.09	Prevencionista 1	mes	1.83	5,000.00	9,141.67	mes	0.58	5,000.00	2,916.67
02.01.10	Monitor 1	mes	1.83	3,000.00	5,485.00	mes	0.58	3,000.00	1,750.00
02.01.11	Monitor 2	mes	1.83	3,000.00	5,485.00	mes	0.58	3,000.00	1,750.00
02.02	Remuneraciones de Staff Técnico y administrativo								
02.02.01	Maestro de obra	mes	1.83	4,500.00	8,227.50	mes	0.58	4,500.00	2,625.00
02.02.02	Administrador de obra	mes	1.83	4,500.00	8,227.50	mes	0.58	4,500.00	2,625.00
02.02.03	Almacenero	mes	1.83	3,780.00	6,911.10	mes	0.58	3,780.00	2,205.00
02.02.04	Asistente de almacén	mes	1.83	2,850.00	5,210.75	mes	0.58	2,850.00	1,662.50
02.02.05	Capataz de obra	mes	1.83	4,500.00	8,227.50	mes	0.58	4,500.00	2,625.00
02.02.06	Electricista de mantenimiento	mes	1.83	3,780.00	6,911.10	mes	0.58	3,780.00	2,205.00
02.02.07	Vigias	mes	1.83	5,700.00	10,421.50	mes	0.58	5,700.00	3,325.00
	FASE 02								
02.01	Remuneraciones de Staff Profesional								
02.01.01	Ingeniero Residente de Obra	mes	1.31	17,500.00	22,854.17	mes	0.42	17,500.00	7,291.67
02.01.02	Ingeniero de campo	mes	1.31	9,500.00	12,406.55	mes	0.42	9,500.00	3,958.33
02.01.03	Ingeniero de Instalaciones	mes	1.31	7,250.00	9,468.16	mes	0.42	7,250.00	3,020.83
02.01.04	Asistente de ingeniero de campo	mes	1.31	5,500.00	7,182.74	mes	0.42	5,500.00	2,291.67
02.01.05	Ingeniero de Oficina técnica	mes	1.31	9,000.00	11,753.57	mes	0.42	9,000.00	3,750.00
02.01.06	Asistente de Ingeniero de Oficina técnica	mes	1.31	5,500.00	7,182.74	mes	0.42	5,500.00	2,291.67
02.01.07	Ingeniero de Calidad	mes	1.31	7,500.00	9,794.64	mes	0.42	7,500.00	3,125.00
02.01.08	Gerente de Proyectos	mes	0.26	20,000.00	5,223.81	mes	0.08	20,000.00	1,666.67
02.01.09	Prevencionista 1	mes	1.31	5,000.00	6,529.76	mes	0.42	5,000.00	2,083.33
02.01.10	Monitor 1	mes	1.31	3,000.00	3,917.86	mes	0.42	3,000.00	1,250.00
02.01.11	Monitor 2	mes	1.31	3,000.00	3,917.86	mes	0.42	3,000.00	1,250.00
02.02	Remuneraciones de Staff Técnico y administrativo								
02.02.01	Maestro de obra	mes	1.31	4,500.00	5,876.79	mes	0.42	4,500.00	1,875.00
02.02.02	Administrador de obra	mes	1.31	4,500.00	5,876.79	mes	0.42	4,500.00	1,875.00
02.02.03	Almacenero	mes	1.31	3,780.00	4,936.50	mes	0.42	3,780.00	1,575.00
02.02.04	Asistente de almacén	mes	1.31	2,850.00	3,721.96	mes	0.42	2,850.00	1,187.50
02.02.05	Capataz de obra	mes	1.31	4,500.00	5,876.79	mes	0.42	4,500.00	1,875.00
02.02.06	Electricista de mantenimiento	mes	1.31	3,780.00	4,936.50	mes	0.42	3,780.00	1,575.00
02.02.07	Vigias	mes	1.31	5,700.00	7,443.93	mes	0.42	5,700.00	2,375.00

VI. DISCUSIÓN

6.1. ANÁLISIS ECONÓMICO - TÉCNICO DE ESCENARIOS

Luego del análisis de las partidas de Estructuras, Arquitectura, Obras provisionales y Gastos generales, se obtienen saldos positivos en estos cuatro grupos de partidas.

Como se observa en la Figura 77, a nivel de Arquitectura se obtiene el mayor ahorro (S/318,951.06) dado que la partida de tarrajeo de cielos se elimina completamente. Por otro lado, en las partidas de Estructuras, se obtiene un ahorro de S/101,372.74.

Además, se resalta que, gracias a que el sistema de prelosas permite ratios de colocación de 150m² en 2 horas y elimina la partida colocación de elementos aligerantes, se logra un porcentaje de cumplimiento mayor al sistema de viguetas lo que equivale a tener menores desfases del cronograma programado inicial. La equivalencia de esta reducción del desfase (o retraso) se traduce en menores Gastos generales y Costos de obras provisionales del tipo variable. El ahorro en este grupo de partidas fue de S/227,002.67 y S/173,730.89, respectivamente.

Siendo el ahorro económico en Estructuras y Arquitectura de S/ 420,323.80, este representa el 1.76% del presupuesto total del proyecto. En el caso de Obras provisionales y Gastos generales el ahorro logrado es de S/400,733.56, cantidad que representa el 1.68% del presupuesto total del proyecto.

Figura 77

Resumen de ahorro, análisis económico – técnico de los 02 escenarios.

ITEM	DESCRIPCIÓN	AHORRO - OPTIMIZACIÓN LOSAS			
		UND	CANT	PU (S/)	PARCIAL (S/)
01	OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE LOSAS				
	COSTO DIRECTO				S/ 420,323.80
1.01	ESTRUCTURAS	glb	1.00	101,372.74	S/ 101,372.74
1.02	ARQUITECTURA	glb	1.00	318,951.06	S/ 318,951.06
	COSTO INDIRECTO				S/ 400,733.56
1.03	OBRAS PROVISIONALES	glb	1.00	173,730.89	S/ 173,730.89
1.04	GASTOS GENERALES	glb	1.00	227,002.67	S/ 227,002.67
	TOTAL CD + CI				S/ 821,057.36
	PRESUPUESTO INICIAL				S/ 23,828,162.89
	% AHORRO - CD + CI				3.45%

Figura 78

Resumen del presupuesto del proyecto en estudio.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PU	PARCIAL
01.01	OBRAS PROVISIONALES	GLB	1.00	S/ 2,361,738.65	S/ 2,361,738.65
01.02	ESTRUCTURAS	GLB	1.00	S/ 8,056,268.95	S/ 8,056,268.95
01.03	ARQUITECTURA	GLB	1.00	S/ 8,921,798.65	S/ 8,921,798.65
01.04	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	GLB	1.00	S/ 1,894,307.36	S/ 1,894,307.36
01.05	INSTALACIONES SANITARIAS	GLB	1.00	S/ 1,281,550.15	S/ 1,281,550.15
01.06	INSTALACIONES MECÁNICAS	GLB	1.00	S/ 357,027.88	S/ 357,027.88
01.07	INSTALACIONES DE GAS NATURAL	GLB	1.00	S/ 214,000.00	S/ 214,000.00
01.08	INSTALACIONES ACI	GLB	1.00	S/ 253,088.11	S/ 253,088.11
01.09	INSTALACIONES DACI	GLB	1.00	S/ 158,434.63	S/ 158,434.63
01.10	INTERCOMUNICADORES	GLB	1.00	S/ 28,679.00	S/ 28,679.00
01.11	CCTV	GLB	1.00	S/ 8,804.67	S/ 8,804.67
01.12	ACELERÓGRAFO	GLB	1.00	S/ 42,330.00	S/ 42,330.00
01.13	BONO SOSTENIBLE	GLB	1.00	S/ 250,134.85	S/ 250,134.85
	COSTO DIRECTO				S/ 23,828,162.89

6.2. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

Al comparar el porcentaje de ahorro del costo directo obtenido de 1.76%, con porcentajes calculados en la investigación se denota que este porcentaje se encuentra en el rango de valores que fue obtenido en la investigación en referencia, siendo estos del 1.16 % y 1.77% en relación al presupuesto total de obra.

Los porcentajes calculados a nivel de costo indirecto no fueron calculados en la investigación aludida por lo que no es posible realizar la comparación.

Adicionalmente, es posible corroborar que el escenario de prelosas prefabricadas es más eficaz en términos económicos al comparar los costos por metro cuadrado de losas aligeradas y macizas con ambos sistemas. Se tienen los siguientes resultados:

Figura 79

Costo por m2 según el tipo de losa para cada escenario de análisis.

TIPO DE LOSA	UNIDAD	ESC 01	ESC 02	VARIAC (\$/)
LOSA ALIGERADA H=0.20	m2	S/ 161.77	S/ 144.97	S/ 16.80
LOSA ALIGERADA H=0.25	m2	S/ 189.46	S/ 174.75	S/ 14.70
LOSA MACIZA H=0.20	m2	S/ 193.78	S/ 195.15	-S/ 1.37

Los costos unitarios calculados se detallan en las siguientes imágenes:

Figura 80

Costo por m² – losa aligerada H=0.20m

DESCRIPCIÓN	UND	CANT x M2	PU (\$/)	PARCIAL (\$/)
LOSA ALIGERADA H=0.20M				S/ 161.77
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P67, SLUMP 4-6"	m3	0.07	322.49	S/ 22.96
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	1.00	37.50	S/ 37.50
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2.65	5.74	S/ 15.22
SUMINISTRO DE VIGUETAS	ml	2.15	12.40	S/ 26.66
COLOCACIÓN DE VIGUETAS	ml	2.15	5.50	S/ 11.83
SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	10.00	3.46	S/ 34.61
COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	10.00	1.30	S/ 13.00

DESCRIPCIÓN	UND	CANT x M2	PU (\$/)	PARCIAL (\$/)
PRELOSA ALIGERADA H=0.20M				S/ 144.97
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P67, SLUMP 4-6"	m3	0.07	322.49	S/ 23.86
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	1.00	20.50	S/ 20.50
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 - ACERO NEGATIVO	kg	2.25	5.74	S/ 12.92
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 - PARA PRELOSA	kg	4.70	4.12	S/ 19.38
SUMINISTRO DE PRELOSA ALIGERADA	m2	1.00	61.80	S/ 61.80
COLOCACIÓN DE PRELOSA ALIGERADA	m2	1.00	6.50	S/ 6.50

Figura 81

Costo por m² – losa aligerada H=0.25m

DESCRIPCIÓN	UND	CANT x M2	PU (\$/)	PARCIAL (\$/)
LOSA ALIGERADA H=0.25M				S/ 189.46
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P67, SLUMP 4-6"	m3	0.09	322.49	S/ 27.41
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	1.00	37.50	S/ 37.50
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	4.52	5.74	S/ 25.96
SUMINISTRO DE VIGUETAS	ml	2.15	12.90	S/ 27.74
COLOCACIÓN DE VIGUETAS	ml	2.15	5.50	S/ 11.83
SUMINISTRO DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	10.00	4.60	S/ 46.03
COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS DE CONCRETO	und	10.00	1.30	S/ 13.00

DESCRIPCIÓN	UND	CANT x M2	PU (\$/)	PARCIAL (\$/)
PRELOSA ALIGERADA H=0.25M				S/ 174.75
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P67, SLUMP 4-6"	m3	0.09	322.49	S/ 27.73
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	1.00	20.50	S/ 20.50
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 - ACERO NEGATIVO	kg	4.66	5.74	S/ 26.76
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 - PARA PRELOSA	kg	5.68	4.12	S/ 23.42
SUMINISTRO DE PRELOSA ALIGERADA	m2	1.00	69.83	S/ 69.83
COLOCACIÓN DE PRELOSA ALIGERADA	m2	1.00	6.50	S/ 6.50

Figura 80

Costo por m² – losa maciza H=0.20m

DESCRIPCIÓN	UND	CANT x M2	PU (\$/)	PARCIAL (\$/)
LOSA MACIZA H=0.20M				S/ 193.78
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P67, SLUMP 4-6"	m3	0.20	322.49	S/ 64.50
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	1.00	47.90	S/ 47.90
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	14.17	5.74	S/ 81.39

DESCRIPCIÓN	UND	CANT x M2	PU (\$/)	PARCIAL (\$/)
PRELOSA MACIZA H=0.20M				S/ 195.15
CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2, P67, SLUMP 4-6"	m3	0.15	322.49	S/ 48.37
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS	m2	1.00	20.50	S/ 20.50
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 - ACERO NEGATIVO	kg	6.99	5.74	S/ 40.14
ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60 - PARA PRELOSA	kg	7.72	4.12	S/ 31.84
SUMINISTRO DE PRELOSA MACIZA	m2	1.00	47.80	S/ 47.80
COLOCACIÓN DE PRELOSA MACIZA	m2	1.00	6.50	S/ 6.50

6.3. ANÁLISIS DE INDICADOR DE SOSTENIBILIDAD

Considerando que la cantidad de residuos de construcción (en específico, los de concreto armado) están relacionados al volumen total del concreto vaciado en obra, es posible colegir que a menor cantidad de concreto vaciado in situ, se tendrá una menor cantidad de residuos de concreto armado. En esta línea, el sistema de prelosas prefabricadas permite reducir el volumen de residuos de concreto al tener un menor cubicaje de concreto a vaciar in situ que el sistema de viguetas prefabricadas.

En la figura 83, se presentan las cantidades de concreto a vaciar in situ acorde a cada tipo de losa y escenario analizado.

Figura 83

Costo por m² – losa maciza H=0.20m

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESC 01	ESC 02	VARIAC (m3)
CONCRETO IN SITU (LOSA ALIG H=0.20)	m3	447.28	464.87	- 17.60
CONCRETO IN SITU (LOSA ALIG H=0.25)	m3	42.61	44.00	- 1.40
CONCRETO IN SITU (LOSA MAC H=0.20)	m3	1,722.42	1,291.95	430.48
CANTIDADES TOTALES	m3	2,212.30	1,800.82	411.48

Adicionalmente, al eliminar las partidas: Colocación de bovedillas (Estructuras) y Tarrajeo de cielo raso (Arquitectura) de su procedimiento constructivo, se anulan los residuos que se generarían de forma implícita por estas partidas.

Por último, se puede entender que a mayor industrialización de la construcción (es decir, mayor porcentaje de uso de prefabricados en obra), se tendrán mejores resultados relacionados a la minimización de volúmenes de residuos de construcción, siendo esta acción uno de los lineamientos de la Gestión integral de residuos sólidos.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

A partir de la investigación realizada se tienen a las siguientes conclusiones:

- Al implementar el sistema prefabricado de prelosas, el monto del presupuesto del Edificio multifamiliar Sente se reduce en 3.45% del costo total de la obra, siendo equivalente a un ahorro económico de S/ 821,057.36. Este resultado se explica mediante la comparación de precios por m² de losas aligeradas y macizas, la eliminación de la partida tarrajeo y el acortamiento del plazo de ejecución del casco logrado con el sistema de prelosas.
- Al utilizar el sistema de prelosas se elimina la partida “Colocación de bovedillas”; y además, la confiabilidad de este sistema es mayor al sistema de viguetas prefabricadas. En consecuencia, se logra la reducción del plazo de ejecución del casco en 2.13 meses (acumulado entre ambas torres), siendo el plazo de obra inicial de 21 meses.
- Al implementar el sistema prefabricado de prelosas, los residuos de concreto armado disminuyen de forma proporcional a la reducción del concreto a vaciar in situ logrado con el sistema de prelosas. Además, es importante resaltar que al eliminar las partidas “Colocación de bovedillas” y “Taraqueo de cielo raso”, se elimina un importante volumen de desperdicios de bovedillas, agregados finos y cemento.
- Al no requerir el sistema de prelosas de la partida “Taraqueo de cielo raso”, se logra eliminar el tiempo que requiere esta partida en el tren de actividades de las partidas de Acabados húmedos. Lo que beneficia en términos de tiempo a la ejecución del proyecto.
- La implementación de prefabricados en la industria es favorable para el control de tiempos y plazos de ejecución dado que permite la reducción de las actividades operativas en obra, intercambiándolas por actividades de montaje de elementos prefabricados.

7.2. RECOMENDACIONES

A partir de la investigación realizada se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda acotar el costo total del proyecto durante la etapa de diseño a fin de evitar reprocesos (modificaciones previa ejecución) para no perjudicar la utilidad del cliente inmobiliario.
- Se recomienda que durante la etapa de contratación del proveedor de torre grúa es importante considerar la longitud de la pluma y la carga máxima en punta que se requerirá para la colocación de las prelosas. Lo ideal es considerar una carga admisible para paños de dimensiones medias (2.4m de ancho x 6m de largo), para así evitar tiempos adicionales por el montaje de paños pequeños.
- De acuerdo a las entrevistas realizadas, se recomienda que el sistema de prelosas se emplee en edificios de altura mayor o igual a 6 niveles. Si se tratasen de edificios de menor altura, se debe evaluar si la planta típica de la edificación posee área techada considerablemente grande que permita asumir el costo de alquiler de la torre grúa para el montaje de las prelosas.
- Se recomienda la implementación del Target Value Design (Diseño del valor objetivo) con la finalidad de maximizar el valor para el cliente inmobiliario, logrando diseños sujetos a una estructura de costos detallada, que se encuentra dentro de los límites que el cliente ha planteado para invertir en el proyecto.
- La metodología del Target Value Design promueve la participación temprana de los involucrados en las etapas de diseño, procura y construcción del proyecto con la finalidad de reunir conocimientos de cada especialista y lograr el diseño más óptimo del proyecto. De esta forma se aprovecha la constructabilidad a partir de la experiencia de cada participante.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chang, M. A. (2020). *Propuesta y evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular* [tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5970>.

Carbajal, J. R., Luna, J. P. y Vega, J. C. (2019). *Uso de sistema constructivo de prelosas para optimizar tiempo, mejorar costos y margen de las empresas que se dedican a la construcción de edificios multifamiliares no mayores de 12 pisos, casos de estudio A y B* [tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/652498>

Calderón, A. (2020). *Estudio de la implementación de losas prefabricadas en la construcción de entresijos para la obra Floresta VI* [tesis de grado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional UP. <https://hdl.handle.net/11042/4511>

Suico, J. C., Sanz, J. O. y Samamé C. A. (2020). *Propuesta de mejora en el proceso constructivo de losas de entresijos para el edificio multifamiliar Breña 951 utilizando sistemas prefabricados para el aumento de la rentabilidad* [tesis de maestría, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio institucional UTP. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/3520>

Vilca, M. (2015). *Mejora de la productividad por medio de las cartas de balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar*. [tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/556447>

Paye, A. A., Peña, J. A. y Franco, J. L. (2014). *Propuesta para la utilización de losas de entresijos prefabricados y su evaluación costo – tiempo*. Sinergia e Innovación. <https://doi.org/10.19083/sinergia.2014.376>

Shen, L., Wing-yan y V., Yang, C. (2008). *Benefit analysis on replacing in situ concreting with precast slabs for temporary construction works in pursuing sustainable construction practice*. Resources, Conservation and Recycling, Volumen 53, Issue 3. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.11.001>

Solis, J., Marrero, M., Montes, M. V. y Ramírez, A., (2009). *A Spanish model for quantification and management of construction waste*. Waste Management, Volumen 29, Issue 9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>

Ghio, V. A. y Bascuñan, R. (1995). *INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA CONSTRUCCIÓN AHORA ES CUANDO*. Revista Ingeniería y Construcción. <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/360>

García, J. F. (2016). *GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA DEMOLICIÓN EN CHILE*. Fundación de la Industria de la Construcción. https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/chile_bp.pdf

Agudelo, M. y Rodríguez, J. P. (2014). *Estimación de generación y composición de residuos de construcción en la ciudad de Villavicencio*. V Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja. https://www.researchgate.net/publication/324686282_ESTIMACION_DE_GENERACION_Y_COMPOSICION_DE_RESIDUOS_DE_CONSTRUCCION_EN_LA_CIUDAD_DE_VILLAVICENCIO

Serpell, A. (1986). *Productividad en la construcción*. Revista Ingeniería y Construcción. <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/220>

Escrig, C. (2010). *EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADOS A BASE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN*. https://www.researchgate.net/publication/45359933_Evolucion_de_los_sistemas_de_construccion_industrializados_a_base_de_elementos_prefabricados_de_hormigon

Gerencia de Investigación y Normalización – SENCICO (2021). *Sistemas Constructivos no convencionales vigentes*. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887231-sistemas-constructivos-no-convencionales>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta Edición. Fondo Editorial McGraw-Hill.

Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J. y Romero, H. E. (2018). *Metodología de la investigación. Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis. 5ta edición*. Editorial Ediciones de la U.

Miranda, L., Neira, E., Torres, R. y Valdivia, R. (2018). *La construcción sostenible en el Perú*. CIES Consorcio de investigación económica y social.

Ghio, V. A. (2001). *Productividad en obras de construcción*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Bisquerra, R., Dorio, I., Gómez, J., Latorre, A., Martínez, F., Massot, I., Mateo, J., Sabariego, M., Sans, A., Torrado, M. y Vilá, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Fondo editorial La Muralla.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021). *Estadísticas del bicentenario*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1806/index.html#p=2

Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI. (2020). *Panorama de la economía peruana 1950-2019*, Base 2007. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1726/Libro.pdf

Sistemas que maximizan la eficiencia en las obras. (2017) Revista Costos. Edición 283.

Entrepiso Lima: Cartera de productos. (s.f.). *Prelosas macizas y prelosas aligeradas*.

Beton Decken (s.f.) *Sistema de Prelosas BetonDecken. Manual técnico*.

Ministerio de Construcción Vivienda y Saneamiento (2013) D.S. N° 003-2013-VIVIENDA. *Reglamento para la gestión y manejo de residuos de las actividades de construcción y demolición*. Diario Oficial El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-reglamento-para-la-gestion-y-manejo-de-los-residuos-decreto-supremo-n-003-2013-vivienda-899557-2/>

Servicio Nacional de Capacitación para la industria de la construcción – SENCICO (2020, diciembre). Norma E.060. Concreto armado. <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view>

Orihuela P., Orihuela J. y Pacheco S. (2015). Communication protocol for implementation of Target Value Design (TVD) in building projects. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.048>

Zimina D., Ballard G. y Pasquire C. (2012) Target value design: using collaboration and a lean approach to reduce construction cost. <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2012.676658>

Do, D., Chen, C., Ballard, G. y Tommelein, I. (2014) *Target Value Design as a Method for Controlling Project Cost Overruns*. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-60be4336-c264-487b-98f1-089e68aa8179.pdf>

Ballard, G. (2011) *Target Value Design: Current Benchmark*. Lean Construction Journal 2011. <https://www.cca-acc.com/wp-content/uploads/2021/08/Process-Benchmarks.pdf>

Macomber, H. y Barberio, J. (2007) *Target-Value Design: Nine Foundational Practices for Delivering Surprising Client Value*. <https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/09/08221302/3-Target-Value-Design-LPC.pdf>

IX. ANEXOS:

Anexo 01: Cotización de concreto premezclado, Mayo – 2022.

Proveedor: MIXERCON



MIXERCON S.A.
RUC 20380289360
Carr. Panamericana Sur Km 17.5 - Mz C Lt 4 - Asoc. La Concordia - Villa El Salvador, Lima

Cotización:
Villa El Salvador, 31-05-22

Señores:

Atención: LIZBETH SAAVEDRA

Proyecto:

Dirección:

Distrito:

Referencia :

Mail:

RUC: 20608216318

Celular:

Estimados Señores:
El motivo de la presente es para saludarla cordialmente y hacerle llegar nuestra cotización:

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VOLUMEN	233	TOTAL S/.
1	F'C = 210 KG/CM2 H57 4"- 6"	M3	1,231.0	233.00	286,823.00
2	F'C = 210 KG/CM2 H67 4"- 6"	M3	1,231.0	237.00	291,747.00
3	F'C = 280 KG/CM2 H57 4"- 6"	M3	821.0	268.00	220,028.00
4	F'C = 280 KG/CM2 H67 4"- 6"	M3	821.0	271.00	222,491.00
5	Bomba (mínimo 20m3)	M3	20.0	35.00	700.00
6	A partir del 6to tubo se cobra c/u	UND	0.0	20.00	0.00
7	CARGÍO	M3	0.0	15.00	0.00
SUBTOTAL					1,021,789.00
I.G.V. 18%					183,922.02
VALOR TOTAL					1,205,711.02

CONDICIONES

*TURNO NOCHE 18:00 A 23:30 y de 5:00 a 6:00 S/10.00 por M3.

*TURNO NOCHE 23:30 a 4:00 S/15.00 por M3.

*VACIADO de 5, 9 y 10 m3 S/15.00 por M3.

*VACIADO de 6,11,12 y 13 M3 S/7.00 por M3.

*Domingos y feriados S/20.00 por M3.

* Los precios contenidos en la presente orden de compra o cotización se encuentran sujetos a modificación sin previo aviso, los mismos que están expuestos a variaciones y fluctuaciones del mercado

* Duración de cotización 7 días calendario.

* La aceptación de esta cotización implica conformidad de las cláusulas y obligaciones contenidas en las condiciones generales de ventas (CGV) y condiciones generales del Servicio de Bombeo (anexas a la presente cotización) lo cual es validado con el envío de la orden de compra y/o pago correspondiente al suministro de concreto y/o servicio de bombeo.

*CUALQUIER ABONO O INGRESO DE ANTICIPO DEBE SER CONSUMIDO EN SU TOTALIDAD , NO SE EFECTURAN DEVOLUCIONES BAJO NINGUN MOTIVO.

*NOTA:

ANTE CUALQUIER INCIDENCIA QUE PRESENTE NUESTRO SERVICIO COMUNICARSE CON EL ÁREA DE SERVICIO AL CLIENTE: CORREO: SERVICIOALCLIENTE@MIXERCON.COM/ NUMEROS DE CONTACTO CEL: 989269605 TELF: 6169700 ANEX 704.

DURACION DE COTIZACION 7 DIAS CALENDARIO.

Volumen Total aproximado: 400m3

Tiempo aproximado de suministros: 3 meses

Fecha de Inicio de Suministros: MAYO, JUNIO, JULIO

Condiciones de Pago: CONTADO

Estructura: losa, placas, columnas

Los números de cuenta recaudadora de la empresa son:

Banco de Crédito: 191-1694349-0-34

Banco Continental BBVA: 0011-0139-01-00014064

Banco Interbank: 100-3000153185

Scotiabank: 000-1190105

BIF: 7000176512

Enviar su constancia de pago a los siguiente correo: depositos@mixe

Anexo 02: Cotización de acero corrugado, Mayo -2022

Proveedor: INKA FERRO



Cotización N°: 115-22 BP
 Fecha: 2/5/2022
 Cliente:
 Dirección: JR. MARISCAL DE LAS HERAS NRO. 437 INT. 101 LIMA - LIMA - LINCE
 R.U.C.:
 Proyecto:
 Destino: Av. Canada N° 1075, La Victoria, Lima

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (VER ANEXO E)	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO (VER VIGENCIAS/ ANEXO F)	COSTO DE FLETE POR TONELADA (VER ANEXO G)	TOTAL PRECIO DE VENTA
1	ACERO DE REFUERZO Fy = 4200 KG/CM2 - GRADO 60	374.579	TON	\$1,020.00		\$382,070.56
2	SERVICIO DE CORTE Y DOBLADO BELGO PRONTO	374.579	TON	\$85.00		\$31,839.22
3	ALAMBRE RECOCIDO N°S Y N° 16	16.856	TON	\$1,453.30		\$24,496.90
SUB TOTAL						\$438,406.70
IGV						\$78,913.21
TOTAL 1						\$517,319.91
4	SERVICIO DE COLOCACION	374.579	TON	S/ 900.00		S/ 337,121.10
IGV						S/ 60,681.80
TOTAL 2						\$577,802.90
ANEXOS A) FORMA DE PAGO: A TRATAR (SE NO CUMPLIR CON EL PAGO CORRESPONDIENTE EN LOS DIAS DE CREDITO, EL VALOR DE LA TONELADA DE ACERO TENDRA UN ADICIONAL DE (10% IGV) B) SER EN CASO QUE SEA AL CONTRARIO, EL MATERIAL SE PRODUCIRA CON LA VALUACION DEL PAGO. C) PRECIOS EXPRESADOS EN DOLARES AMERICANOS (TOTAL 1) Y SOLES (TOTAL 2) NO SE PODRA USAR OTRA MONEDA PARA EL PAGO RESPECTIVO. D) EL PRECIO DEL SERVICIO SE RESPETARA POR TODO EL PROYECTO, SALVO SE REALICEN MODIFICACIONES O NUEVAS ESTRUCTURAS, EN TAL CASO SE EVALUARA Y SE BRINDARA UN NUEVO COSTO. E) VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 DIAS CALENDARIO DESPUES DE LA EMISION DEL DOCUMENTO (DURACION DE LA PROPUESTA) PASADO ESTE TIEMPO LA PRESENTE COTIZACION NO TENDRA VALOR. F) PESO TOTAL REFERENCIAL (PROPUESTA EN BASE A COSTO UNITARIO / SEGUN CONSUMO) G) PESO UNITARIO DE ACERO POR TONELADA: (\$1020 + IGV (VIGENCIA DEL 01/05/2022 HASTA EL 30/06/22) H) PESO MINIMO POR FLETE: 5 TON (LIMA METROPOLITANA)						

NOTAS:

- Para hacer un pedido, el cliente deberá enviar planos de Estructuras (cad) y Arquitectura (cad), vía e-mail con el detalle del pedido. Además, adjuntará su metrado estimado.
- Los planos previos a la producción (despiece) serán enviados al cliente para su aprobación y/o observaciones, y será respondido por correo electrónico como validación de que todo está bien, lo cual no dará objeto a reclamo. Si no hay una respuesta del cliente, estos planos serán aprobados automáticamente a las 48 horas posteriores al envío.
- Es necesario establecer los cronogramas de avances para la planificación de entregas y provisionar stocks.
- Para el primer pedido, el tiempo de entrega es de 21 días hábiles, pudiéndose extender a 25 días según la complejidad o cambios por el cliente (luego se seguirá el cronograma pactado). El proceso será el siguiente: 10 días Ingeniería / 9 días de producción / 1 día de entrega. Cabe recalcar que estos trabajos inician después de tener la Orden de Compra.
- La entrega del acero será en los almacenes de obra o en un solo punto de acopio. El área de descarga debe ser proporcionada anticipadamente por el cliente y corroborada por nuestros representantes.
- Los horarios de entrega del material son de lunes a viernes de 9:00 am a 3:00 pm, y los sábados de 9:00 am a 11:00 am. Así mismo, las unidades de despacho pueden permanecer en obra un lapso de máximo de 3 horas (incluido descarga), caso contrario se facturará S/ 100 por hora adicional.
- De no cumplir con el peso mínimo por viaje, se considerará un costo de envío (promedio S/ 650 +IGV, para Lima Metropolitana).
- Respecto a los trabajos en campo, esta cotización solo asume costos por EPPS, SCTR, Examen médico; cualquier adicional a ello lo asumirá el cliente.
- En el caso necesario de realizar cortado y doblado en obra, se ejecutará teniendo en cuenta que toda merma será asumida por el cliente.
- Los trabajos nocturnos, horas extras o trabajos en días feriados, tendrán un costo Adicional de \$6 x hora o en su defecto un aumento del 20% en el valor por TN.
- El pago de la cuota sindical será asumido por el cliente.
- El consumo de alambre de la propuesta es referencial, se aplicarán los amarres solicitados teniendo en cuenta que no se regula la cantidad de suministro.
- El cliente nos proporcionará el horario de uso de la grúa para el montaje de Acero, de incumplir el horario el cliente asumirá los improductivos generados, en un valor aproximado de S/ 20 por hora Hombre.
- Escaleras y acero de temperatura se hará con barras de acero en campo, dicho acero será cuantificado y monitoreado (el desperdicio será asumido por el cliente).
- Se está incluyendo como parte de la estructura: "burrillos" para las losas y "separadores" para las placas. (Esto lo asumirá el Cliente)
- Improductivos, tiempos muertos o retrabajos, se cobrará aproximadamente S/ 20 por hora Hombre.
- Adicionales no contemplados en planos, se deberán agregar a la valorización quincenal.
- Nuestra propuesta no incluye Acarreo de Material.
- De incumplir el contrato, se aplicará una multa del 5%.

SE CONSIDERA:

- Trazabilidad de todo el acero en obra por estructura.
- Planos de Ingeniería por estructura.
- Responsable de obra para más de 600 Ton.
- Asesoría de Ingeniería (durante todo el proyecto) con visitas semanales a Obra.
- Capataz de acero perenne en obra (Sub contrato).
- Encargado de SSOMA por parte de nuestra Sub contratista (si es que existen más de 20 trabajadores activos en obra).
- Certificado de calidad y origen en cada despacho.
- Material codificado en cada entrega.
- Cero desperdicio para el cliente, considerando que se tendrá los planos definitivos del proyecto para su habilitación.
- Se brinda soporte y registro para los adicionales ejecutados en obra. Este será valorizado con su debido sustento.
- Las valorizaciones serán cada 15 días.

Anexo 03: Cotización de prelosas y vigas chatas, Junio -2022

Proveedor: **BETON DECKEN**



BETON DECKEN
PREFABRICADOS DE CONCRETO

Estimados Señores:

EMPRESA
ATENCIÓN
PROYECTO
PRODUCTO
DIRECCIÓN DEL PROYECTO
RUC

Atención:

LIZBETH SAAVEDRA

PRELOSAS
Jr. Huaraz 951, distrito Breña.
20522872602

Cotización

691-2022-S.A

Revisión 4

FECHA: 6/06/2022

POR LA PRESENTE SE DETALLA LA SIGUIENTE PROPUESTA ECONOMICA DE NUESTRO SISTEMA PARA EL PRESENTE PROYECTO:

- PRELOSAS:

PRECIO UNITARIO / M2 (S./)/SIN ACERO			
NIVEL	MACIZA	ALIGERADA 20cm	ALIGERADA 20cm 2 Direcciones
CISTERNA	47.80		
SÓTANOS	47.80	61.80	
PISOS	47.80	61.80	57.80

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	MACIZA	ALIGERADA 20cm	ALIGERADA 20cm 2 Direcciones	COSTO
SEMISÓTANO	18.40	310.44	0.00	S/ 20,064.71
PISO 1	20.44	159.11	80.09	S/ 15,720.03
PISO 2	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 3	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 4	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 5	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 6	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 7	20.44	193.55	30.99	S/ 15,363.24
PISO 8	20.44	190.44	30.99	S/ 15,171.05
PISO 9	28.73	177.61	30.99	S/ 14,487.61
PISO 10	20.44	173.23	30.99	S/ 14,107.47
PISO 11	20.44	170.59	30.99	S/ 13,944.32
PISO 12	20.44	166.67	30.99	S/ 13,702.06
PISO 13	33.68	189.64	0.00	S/ 13,329.66
PISO 14	30.03	149.02	0.00	S/ 10,931.67
AZOTEA	7.34	92.13	0.00	S/ 6,044.49
SubTotal	415.02	2,968.43	486.98	S/ 231,434.37
Total		3,870.43		S/ 41,958.19

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	VIGAS CHATAS (KG)	VIGAS CHATAS Y (KG)	COSTO
SEMISÓTANO	100.81	0.00	S/ 100.81
PISO 1	182.78	95.85	S/ 278.63
PISO 2	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 3	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 4	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 5	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 6	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 7	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 8	80.92	48.98	S/ 129.90
PISO 9	66.43	48.98	S/ 115.40
PISO 10	55.65	48.98	S/ 104.63
PISO 11	55.65	48.98	S/ 104.63
PISO 12	67.49	48.98	S/ 116.47
PISO 13	55.78	0.00	S/ 55.78
PISO 14	90.13	0.00	S/ 90.13
AZOTEA	93.19	0.00	S/ 93.19
SubTotal	1,184.26	634.60	S/ 1,818.86
Total		1,818.86	S/ 327.39

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	MACIZA	ALIGERADA 20cm	ALIGERADA 20cm 2 Direcciones	COSTO
SEMISÓTANO	18.40	310.44	0.00	S/ 20,064.71
PISO 1	20.44	159.11	80.09	S/ 15,720.03
PISO 2	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 3	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 4	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 5	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 6	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 7	20.44	193.55	30.99	S/ 15,363.24
PISO 8	20.44	190.44	30.99	S/ 15,171.05
PISO 9	28.73	177.61	30.99	S/ 14,487.61
PISO 10	20.44	173.23	30.99	S/ 14,107.47
PISO 11	20.44	170.59	30.99	S/ 13,944.32
PISO 12	20.44	166.67	30.99	S/ 13,702.06
PISO 13	33.68	189.64	0.00	S/ 13,329.66
PISO 14	30.03	149.02	0.00	S/ 10,931.67
AZOTEA	7.34	92.13	0.00	S/ 6,044.49
SubTotal	415.02	2,968.43	486.98	S/ 231,434.37
Total		3,870.43		S/ 41,958.19

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	VIGAS CHATAS (KG)	VIGAS CHATAS Y (KG)	COSTO
SEMISÓTANO	100.81	0.00	S/ 100.81
PISO 1	182.78	95.85	S/ 278.63
PISO 2	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 3	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 4	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 5	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 6	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 7	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 8	80.92	48.98	S/ 129.90
PISO 9	66.43	48.98	S/ 115.40
PISO 10	55.65	48.98	S/ 104.63
PISO 11	55.65	48.98	S/ 104.63
PISO 12	67.49	48.98	S/ 116.47
PISO 13	55.78	0.00	S/ 55.78
PISO 14	90.13	0.00	S/ 90.13
AZOTEA	93.19	0.00	S/ 93.19
SubTotal	1,184.26	634.60	S/ 1,818.86
Total		1,818.86	S/ 327.39

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	MACIZA	ALIGERADA 20cm	ALIGERADA 20cm 2 Direcciones	COSTO
SEMISÓTANO	18.40	310.44	0.00	S/ 20,064.71
PISO 1	20.44	159.11	80.09	S/ 15,720.03
PISO 2	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 3	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 4	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 5	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 6	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 7	20.44	193.55	30.99	S/ 15,363.24
PISO 8	20.44	190.44	30.99	S/ 15,171.05
PISO 9	28.73	177.61	30.99	S/ 14,487.61
PISO 10	20.44	173.23	30.99	S/ 14,107.47
PISO 11	20.44	170.59	30.99	S/ 13,944.32
PISO 12	20.44	166.67	30.99	S/ 13,702.06
PISO 13	33.68	189.64	0.00	S/ 13,329.66
PISO 14	30.03	149.02	0.00	S/ 10,931.67
AZOTEA	7.34	92.13	0.00	S/ 6,044.49
SubTotal	415.02	2,968.43	486.98	S/ 231,434.37
Total		3,870.43		S/ 41,958.19

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	VIGAS CHATAS (KG)	VIGAS CHATAS Y (KG)	COSTO
SEMISÓTANO	100.81	0.00	S/ 100.81
PISO 1	182.78	95.85	S/ 278.63
PISO 2	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 3	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 4	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 5	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 6	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 7	55.91	48.98	S/ 104.89
PISO 8	80.92	48.98	S/ 129.90
PISO 9	66.43	48.98	S/ 115.40
PISO 10	55.65	48.98	S/ 104.63
PISO 11	55.65	48.98	S/ 104.63
PISO 12	67.49	48.98	S/ 116.47
PISO 13	55.78	0.00	S/ 55.78
PISO 14	90.13	0.00	S/ 90.13
AZOTEA	93.19	0.00	S/ 93.19
SubTotal	1,184.26	634.60	S/ 1,818.86
Total		1,818.86	S/ 327.39

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	MACIZA	ALIGERADA 20cm	ALIGERADA 20cm 2 Direcciones	COSTO
SEMISÓTANO	18.40	310.44	0.00	S/ 20,064.71
PISO 1	20.44	159.11	80.09	S/ 15,720.03
PISO 2	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 3	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 4	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 5	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 6	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 7	20.44	193.55	30.99	S/ 15,363.24
PISO 8	20.44	190.44	30.99	S/ 15,171.05
PISO 9	28.73	177.61	30.99	S/ 14,487.61
PISO 10	20.44	173.23	30.99	S/ 14,107.47
PISO 11	20.44	170.59	30.99	S/ 13,944.32
PISO 12	20.44	166.67	30.99	S/ 13,702.06
PISO 13	33.68	189.64	0.00	S/ 13,329.66
PISO 14	30.03	149.02	0.00	S/ 10,931.67
AZOTEA	7.34	92.13	0.00	S/ 6,044.49
SubTotal	415.02	2,968.43	486.98	S/ 231,434.37
Total		3,870.43		S/ 41,958.19

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	MACIZA	ALIGERADA 20cm	ALIGERADA 20cm 2 Direcciones	COSTO
SEMISÓTANO	18.40	310.44	0.00	S/ 20,064.71
PISO 1	20.44	159.11	80.09	S/ 15,720.03
PISO 2	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 3	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 4	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 5	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 6	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 7	20.44	193.55	30.99	S/ 15,363.24
PISO 8	20.44	190.44	30.99	S/ 15,171.05
PISO 9	28.73	177.61	30.99	S/ 14,487.61
PISO 10	20.44	173.23	30.99	S/ 14,107.47
PISO 11	20.44	170.59	30.99	S/ 13,944.32
PISO 12	20.44	166.67	30.99	S/ 13,702.06
PISO 13	33.68	189.64	0.00	S/ 13,329.66
PISO 14	30.03	149.02	0.00	S/ 10,931.67
AZOTEA	7.34	92.13	0.00	S/ 6,044.49
SubTotal	415.02	2,968.43	486.98	S/ 231,434.37
Total		3,870.43		S/ 41,958.19

*Metrados aproximados

PRECIO UNITARIO / Kg (S./)			
PRECIO	VIGAS CHATAS		
	1.00		

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	MACIZA	ALIGERADA 20cm	ALIGERADA 20cm 2 Direcciones	COSTO
SEMISÓTANO	18.40	310.44	0.00	S/ 20,064.71
PISO 1	20.44	159.11	80.09	S/ 15,720.03
PISO 2	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 3	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 4	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 5	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 6	20.44	199.20	30.99	S/ 15,712.41
PISO 7	20.44	193.55	30.99	S/ 15,363.24
PISO 8	20.44	190.44	30.99	S/ 15,171.05
PISO 9	28.73	177.61	30.99	S/ 14,487.61
PISO 10	20.44	173.23	30.99	S/ 14,107.47
PISO 11	20.44	170.59	30.99	S/ 13,944.32
PISO 12	20.44	166.67	30.99	S/ 13,702.06
PISO 13	33.68	189.64	0.00	S/ 13,329.66
PISO 14	30.03	149.02	0.00	S/ 10,931.67
AZOTEA	7.34	92.13	0.00	S/ 6,044.49
SubTotal	415.02	2,968.43	486	

Anexo 04: Cotización por el servicio de sellado de juntas, Junio -2022

Proveedor: BETON DECKEN



PREFABRICADOS DE CONCRETO

Estimados Señores:

EMPRESA
ATENCION
PROYECTO
PRODUCTO
DIRECCION DEL PROY Jr. Huaraz 951, distrito Breña.
RUC 20522872602

LIZBETH SAAVEDRA

SELLADO DE JUNTAS

Cotización
693-2022-S.A

FECHA: 16/05/2022

Atencion:

POR LA PRESENTE SE DETALLA LA SIGUIENTE PROPUESTA ECONOMICA DE NUESTRO SISTEMA PARA EL PRESENTE PROYECTO:

PRECIO UNITARIO / M2 (S./.)

NIVEL	PRELOSAS
SELLADO DE JUNTAS	3.20

*Nota: Precios sin IGV

NIVEL	PRELOSAS (m2)	COSTO	
CISTERNA	70.49	S/	225.57
SEMISOTANO	328.84	S/	1 052.29
PISO 1	265.64	S/	850.05
PISO 2	262.63	S/	840.42
PISO 3	262.63	S/	840.42
PISO 4	262.63	S/	840.42
PISO 5	262.63	S/	840.42
PISO 6	262.63	S/	840.42
PISO 7	256.98	S/	822.34
PISO 8	253.87	S/	812.38
PISO 9	243.33	S/	778.66
PISO 10	236.66	S/	757.31
PISO 11	234.02	S/	748.86
PISO 12	230.10	S/	736.32
PISO 13	223.32	S/	714.62
PISO 14	185.05	S/	592.16
AZOTEA	99.47	S/	318.30
SubTotal	3940.92	S/	12 610.94
Total	3940.92	S/	2 269.97
		S/	14 880.91
			TOTAL

*Metrados aproximados

INCLUYE

- Mano de obra (solo sellado de juntas).
- Pegamento Blanco Flexible.
- Malla Drywall.

NO INCLUYE

- Corrección de la nivelación de prelosas.
- Cualquier trabajo de resane externo al sellado de juntas.

FORMA DE PAGO

- SEGÚN NEGOCIACIÓN

CONSIDERACIONES VARIAS

- Nos hacemos responsable unicamente del sellado de juntas.
- No incluye nivelación por error de encofrado.
- Garantía de la mano de obra realizada.
- Pintura, Nivelación y Reparación deberá ser acorde a nuestros procedimientos generales.

VALIDEZ DE OFERTA 15 días

NUMEROS DE CUENTA:

Banco de Crédito Cta. Cte. en Soles N°: 193-2240372-0-19 / CCI: 002-193002240372019-10
Banco de Continental Cta. Cte. en Soles N°: 0011-035001000-34534 / CCI: 011-35000010003453466
Banco de Scotiabank Cta. Cte. en Soles N°: 000-4005082 / CCI: 009-010-00000400508205
Banco de Interbank Cta. Cte. en Soles N°: 0413001646397 / CCI: 003-041-003001646397-15

Agradecemos de antemano su confirmación y la confianza por contar con nosotros para desarrollar nuestro proyecto.
Atentamente;

Anexo 05: Cotización de viguetas pretensadas y bovedillas, Junio -2022

Proveedor: CONCRREMAX

**COTIZACIÓN PRE - DISEÑO META S.A.C. -
PROYECTO ALTO HUARAZ - 2 / 2022 / 00365078**



FECHA: 13/06/2022
CLIENTE:
OBRA:
DIRECCIÓN: JIRÓN HUARAZ 951
TELÉFONO:
ATENCIÓN: LIZBETH SAAVEDRA
RUC / DNI:
DISTRITO: BREÑA
PROVINCIA: LIMA
DEPARTAMENTO: LIMA

Estimado Srta. SAAVEDRA

Agradecemos la confianza depositada en nosotros para trabajar juntos este proyecto. Nos es grato presentarle a continuación los precios para el suministro de viguetas pretensadas para la obra en referencia. Esta cotización contempla las series de viguetas y el tipo de complemento de acuerdo a lo determinado según los planos estructurales recibidos por parte del Cliente.

DESCRIPCIÓN	U.M.	CANTIDAD	PRECIO S/ (INC. FLETE SIN IGV)	TOTAL S/ (INC. FLETE SIN IGV)
BANDEJA @ 50CM	und	1.00	3.11	3.11
BOVEDILLA 15CM @ 50CM	und	23,664.00	3.36	79,511.04
MEDIA BOVEDILLA 15CMS @ 50CM	und	1.00	2.90	2.90
VIGUETA 101	mts	4,890.15	11.60	56,725.74
VIGUETA 102	mts	944.5	12.74	12,032.93
VIGUETA 103	mts	9.9	13.50	133.65
VIGUETA 104	mts	604.55	14.52	8,778.07
SUB TOTAL S/				157,187.44
IGV				28,293.74
TOTAL INC. IGV S/				185,481.17

CONDICIÓN DE PAGO

- Contado Adelantado

Anexo 06: Entrevista a 1er experto

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Facultad de Ingeniería Geológica, Metalúrgica, Minera y Geográfica ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FORMATO DE CUESTIONARIO: CONSULTA A EXPERTOS		Rev: 01
DATOS INICIALES:		
Investigadora:	Lizbeth Bretania Saavedra Salinas	Fecha: 31/01/2022
Lugar:	Ca. Ricardo Rey Basadre 299, Cercado de Lima	Pág.: 01 de 01
OBJETIVOS:		
El presente cuestionario de investigación tiene la siguiente finalidad:		
-Conocer las ventajas de cada sistema constructivo de losas: viguetas pretensadas y prelosas prefabricadas.		
-Conocer las actividades que agilizan o retrasan el vaciado de losas para cada sistema constructivo.		
-Identificar un porcentaje de confiabilidad de la ejecución del vaciado de losas para cada sistema constructivo.		
DATOS DEL ESPECIALISTA:		
Nombres y Apellidos:	Xamir Jorge Ponce	
CIP N°:	238647	
Área de trabajo:	Jefe de producción	
LISTADO DE PREGUNTAS:		
01 ¿Cuenta con experiencia en sistemas con viguetas pretensadas y prelosas prefabricadas?		
He trabajado anteriormente con ambos sistemas. Con el sistema de viguetas se requiere una mayor cantidad de mano de obra por la colocación: viguetas y bovedillas; en cambio, en prelosas ya tenemos el tecnopor los puntos colocados, además de requerir de menor mano de obra: solo el rigger y 2 personas preloseras para la instalación.		
02 A nivel de proceso constructivo, ¿qué ventajas resaltaría de un sistema en comparación con el otro?		
Con el sistema de prelosas tengo ventaja dado que ya vienen con los casetones colocados y los pases en la prelosa, en obra solo tengo que implementar las redes de instalaciones sanitarias, eléctricas y gas, y colocar el acero superior; en cambio, con viguetas, tengo que colocar las viguetas, la bovedillas, y posteriormente, colocar las instalaciones y el acero superior. Prácticamente, con el sistema de viguetas se añade una partida más.		
03 ¿Qué actividad considera más lenta dentro del proceso constructivo de cada sistema? ¿Qué recomendaciones brindaría para mejorarlo y optimizarlo?		
Muchas veces, la carpintería es la partida más crítica, dado que se requiere mayor personal, y por el tema del covid, se tuvo que restringir el número del personal en obra. A nivel de encofrado, podrían considerarse de similar ejecución en ambos sistemas. Para optimizar el sistema de prelosas, recomendaría la utilización de previgas, ya que tendría menos restricciones. Como con las previgas tengo los frisos listos y el acero embebido, solo requeriría apuntalar los fondos de vigas y losas, y luego, coloco directamente las previgas y las prelosas.		
04 En su punto de vista, ¿en qué porcentaje estimaría la confiabilidad del cumplimiento del vaciado de losas, y por ende, de la ejecución del casco estructural, utilizando el sistema de prelosas en comparación con el de viguetas pretensadas?		
Con viguetas prelosas estimaría un porcentaje de cumplimiento entre un 85 a 90%. En el caso de viguetas pretensadas, el porcentaje variaría entre un 60 a 70%. Con viguetas no podría tener mi programación en 2 o 3 sectores, tengo más restricción; con prelosas, sí. A veces en los proyectos siguen trabajando con viguetas por la restricción de la torre grúa, tanto en costes, o cuando se es complicado montar la grúa en la calle. Yo recomendaría la utilización de prelosas a partir del 6to piso; y a partir del 5to piso si se cuenta con una área techada grande.		

Anexo 07: Entrevista a 2do experto

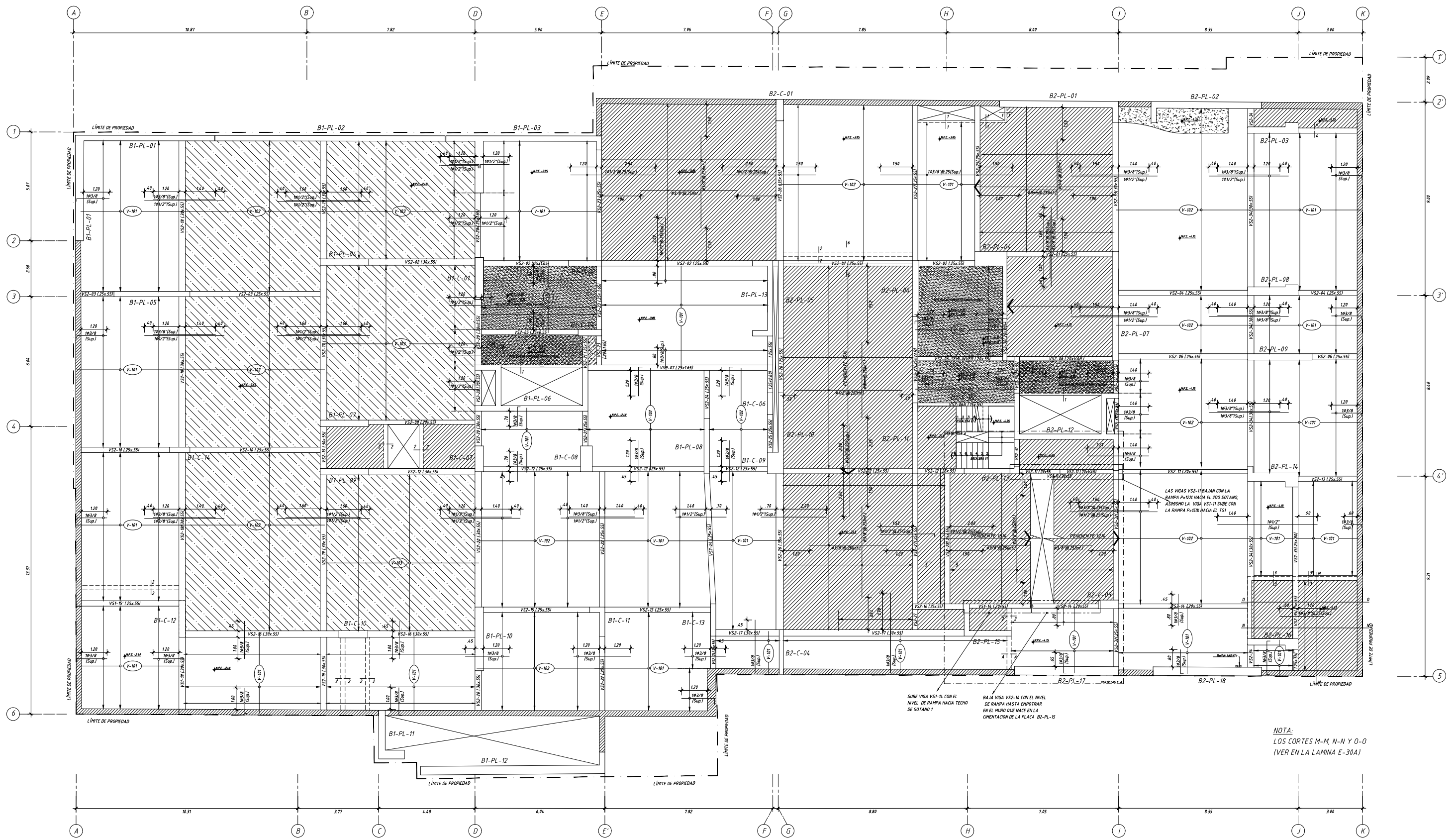
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Facultad de Ingeniería Geológica, Metalúrgica, Minera y Geográfica ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FORMATO DE CUESTIONARIO: CONSULTA A EXPERTOS		Rev: 01
DATOS INICIALES:		
Investigadora:	Lizbeth Bretania Saavedra Salinas	Fecha: 9/04/2022
Lugar:	Av. Andrés Reyes N° 338 - San Isidro	Pág.: 01 de 02
OBJETIVOS:		
El presente cuestionario de investigación tiene la siguiente finalidad:		
-Conocer las ventajas de cada sistema constructivo de losas: viguetas pretensadas y prelosas prefabricadas.		
-Conocer las actividades que agilizan o retrasan el vaciado de losas para cada sistema constructivo.		
-Identificar un porcentaje de confiabilidad de la ejecución del vaciado de losas para cada sistema constructivo.		
DATOS DEL ESPECIALISTA:		
Nombres y Apellidos:	Julio César Trujillo Minaya	
CIP N°:	113294	
Área de trabajo:	Ingeniero Senior de control de costos	
LISTADO DE PREGUNTAS:		
01	<i>¿Cuenta con experiencia en sistemas con viguetas pretensadas y prelosas prefabricadas?</i>	
	En los últimos 14 años, he estado trabajando con viguetas pretensadas y a partir del 2021, empezamos a usar las prelosas prefabricadas.	
02	<i>A nivel de proceso constructivo, ¿qué ventajas resaltaría de un sistema en comparación con el otro?</i>	
	El solo hecho de usar un sistema prefabricado ya da un aporte importante al proceso constructivo de las edificaciones; sin embargo, en el caso de la Prelosa prefabricada es un paso hacia adelante respecto a las vigas pretensadas por que nos ayudan a lograr una mayor confiabilidad en la programación de las obras. Asimismo haciendo un análisis comparativo de costos, el sistema de prelosas es más eficiente cuando se ve el proceso completo incluyendo los acabados (con este sistema no es necesario tener una partida de de revoques en los cielos).	
	Otra de las ventajas de los sistemas prefabricados es qué se utiliza menos personal obrero en la obra y por lo tanto se logra un mayor control y gestión de la seguridad.	
	Además, el sistema de prelosas requiere de menos personal que el de las Viguetas pretensadas. Tenemos menos personal para el apuntalamiento de las prelosas; y para la colocación de las prelosas se cuenta con la misma pareja de vaciado de concreto. En cambio, con las viguetas pretensadas se tiene un equipo más robusto: [se requiere personal] para colocar vigueta por vigueta y así como, para colocar las Bovedillas o los ladrillos. Es así que, cuando logramos que en un proceso constructivo se tenga menos personal, hacemos que el proceso sea más limpio y más seguro.	
03	<i>¿Qué actividad considera más lenta dentro del proceso constructivo de cada sistema? ¿Qué recomendaciones brindaría para mejorarlo y optimizarlo?</i>	
	Definitivamente ambos sistemas son beneficiosos para la construcción de un edificio. Considero que para el caso de las Viguetas pretensadas, su proceso más lento por las partidas: colocación de Viguetas y colocación de ladrillos o bovedillas.	
04	<i>En su punto de vista, ¿en qué porcentaje estimaría la confiabilidad del cumplimiento del vaciado de losas, y por ende, de la ejecución del casco estructural, utilizando el sistema de prelosas en comparación con el de viguetas pretensadas?</i>	
	Considero que el cumplimiento de un vaciado de techo (de acuerdo a la sectorización del planeamiento) se logra o es más confiable con un sistema de prelosas que con un sistema de viguetas pretensadas, asignándole a las prelosas un porcentaje entre 90 a 95%; y al de viguetas, entreun 80 y 85%. Nuevamente, esto es resultado de hacer un análisis de probabilidades. Es mucho más confiable el sistema prelosas porque los elementos [o involucrados] participantes son menores en comparación con el sistema de viguetas pretensadas.	

Anexo 07: Entrevista a 2do experto

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Facultad de Ingeniería Geológica, Metalúrgica, Minera y Geográfica ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FORMATO DE CUESTIONARIO: CONSULTA A EXPERTOS		Rev: 01
DATOS INICIALES:		
Investigadora:	Lizbeth Bretania Saavedra Salinas	Fecha: 9/04/2022
Lugar:	Av. Andrés Reyes N° 338 - San Isidro	Pág.: 02 de 02
OBJETIVOS:		
El presente cuestionario de investigación tiene la siguiente finalidad:		
-Conocer las ventajas de cada sistema constructivo de losas: viguetas pretensadas y prelosas prefabricadas. -Conocer las actividades que agilizan o retrasan el vaciado de losas para cada sistema constructivo. -Identificar un porcentaje de confiabilidad de la ejecución del vaciado de losas para cada sistema constructivo.		
DATOS DEL ESPECIALISTA:		
Nombres y Apellidos:	Julio César Trujillo Minaya	
CIP N°:	113294	
Área de trabajo:	Ingeniero Senior de control de costos	
LISTADO DE PREGUNTAS:		
04	<i>En su punto de vista, ¿qué porcentaje estimaría la confiabilidad del cumplimiento del vaciado de losas, y por ende, de la ejecución del casco estructural, utilizando el sistema de prelosas en comparación con el de viguetas pretensadas?</i> Si hacemos un análisis de la cantidad de personas (cuadrillas) que necesitamos para vaciar una losa de techo con un sistema de viguetas pretensadas versus el sistema de prelosas, podemos notar que con el sistema de prelosas requerimos al menos de un 40% menos de personas, haciendo que la probabilidad de cumplimiento con prelosas sea mayor. Por otro lado, si agregamos a la ecuación el tema logístico, con el sistema de viguetas pretensadas tenemos la fábrica que produce las viguetas (las embarca y las envía a la obra) y la industria de ladrillos o bovedillas que tiene que ser coordinado para que envíe el mismo día (o en el lapso de días) la cantidad requerida para lograr el vaciado de la losa. Por ejemplo, en una oportunidad tuvimos un inconveniente con las viguetas prefabricadas porque no se tenía stock de bovedillas y se tuvo que buscar alternativas para no afectar el plazo de la obra. Por último, es importante resaltar que un sistema de prelosas debe de tener como precedente un proyecto debidamente compatibilizado con las instalaciones eléctricas y las instalaciones sanitarias para que luego esto no se vuelva un reproceso durante la ejecución de la obra. Para tal fin, el proveedor de prelosas debe contar con los planos actualizados y compatibilizados. En el caso de las viguetas prefabricadas, los puntos sanitarios y eléctricos se colocan de acuerdo al último plano que se encuentra en obra, se dejan los centros de luz en el techo no generando mayor problema.	

Anexo 08: Entrevista a 3er experto

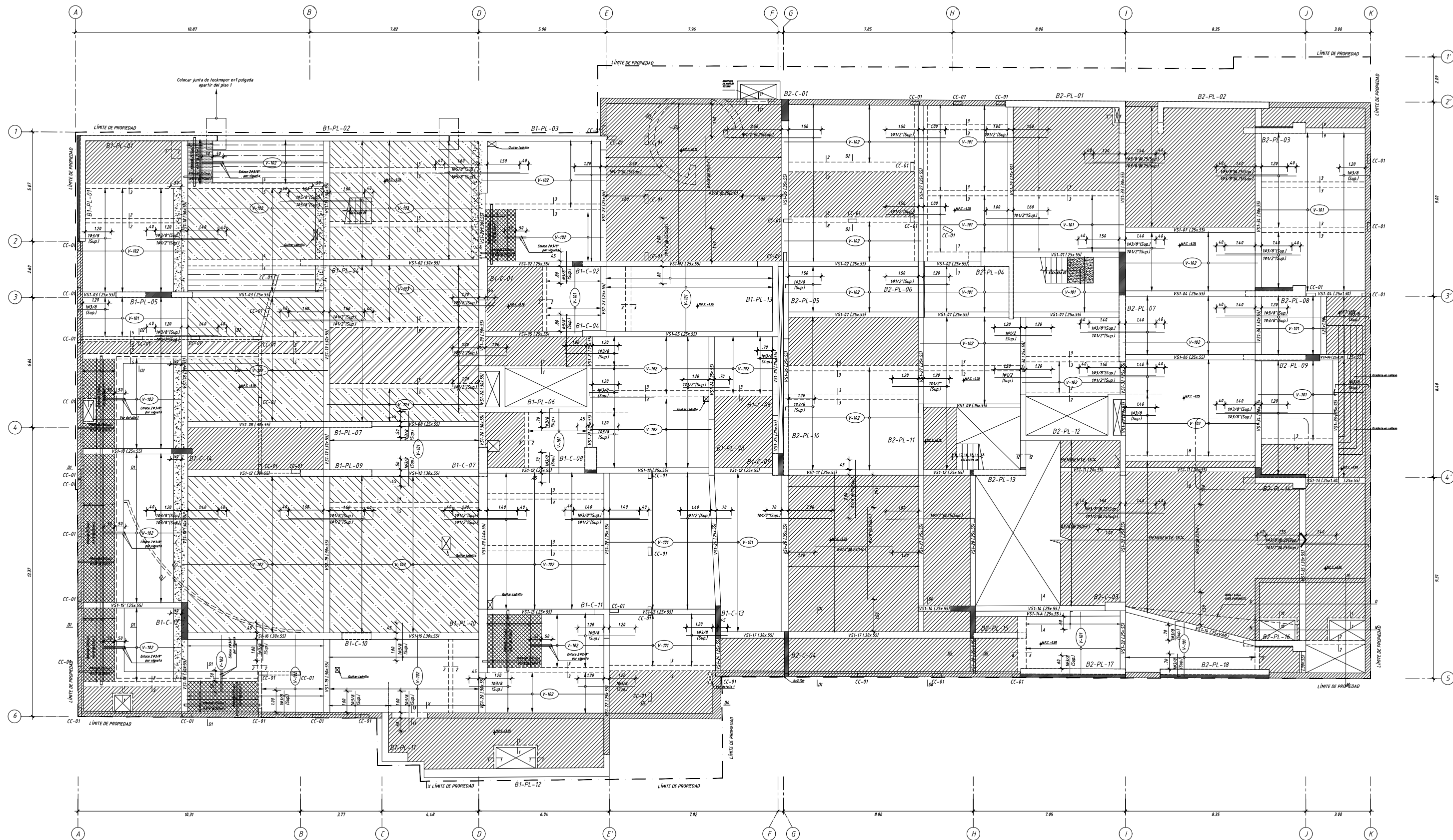
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS		
Facultad de Ingeniería Geológica, Metalúrgica, Minera y Geográfica		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
FORMATO DE CUESTIONARIO: CONSULTA A EXPERTOS		Rev: 01
DATOS INICIALES:		
Investigadora:	Lizbeth Bretania Saavedra Salinas	Fecha: 6/06/2022
Lugar:	Jr. Huaraz 951, Urb. Garden City, Breña.	Pág.: 01 de 01
OBJETIVOS:		
El presente cuestionario de investigación tiene la siguiente finalidad:		
-Conocer las ventajas de cada sistema constructivo de losas: viguetas pretensadas y prelosas prefabricadas.		
-Conocer las actividades que agilizan o retrasan el vaciado de losas para cada sistema constructivo.		
-Identificar un porcentaje de confiabilidad de la ejecución del vaciado de losas para cada sistema constructivo.		
DATOS DEL ESPECIALISTA:		
Nombres y Apellidos:	José Leonidas Sosa Yactayo	
CIP N°:	159001	
Área de trabajo:	Residente de obra	
LISTADO DE PREGUNTAS:		
01	¿Cuenta con experiencia en sistemas con viguetas pretensadas y prelosas prefabricadas?	
	Para comenzar en el sistema de viguetas pretensadas, permite avanzar con mayor rapidez en el tema del encofrado. Para el tema de los cortes al momento de sectorizar, tenemos ventaja con la prelosa dado que se puede determinar el corte con mayor facilidad, en cambio con las viguetas tengo que asegurar el apoyo de la vigueta, y no puedo cortar en cualquier ubicación la vigueta. De igual forma al momento de vaciar la losa, [con vigueta] debemos tener cuidado con la conexión mecánica de la vigueta o la cuña de esta, asegurando que tenga un buen vibrado.	
02	A nivel de proceso constructivo, ¿qué ventajas resaltaría de un sistema en comparación con el otro?	
	La ventaja que tendría con las viguetas sería que pueda izar el elemento con winche, plataforma o de manera manual. Además, en el caso de viguetas, puedo fondear solo hasta voy a colocar la vigueta; en el caso de las prelosas, tendría que fondear todo el paño de losa. Con las viguetas no me restrinjo a requerir de montar la grúa porque no convendría en proyectos pequeños, recomendaría las prelosas en proyectos con área techada mayor a 600 o 7mm m2 en planta, o en proyectos de mayor altura, a partir de los 6 o 7 pisos. Ahora también, a pesar de que las viguetas permiten alcanzar luces de mayores longitudes, pero a paños más grandes, se han presentado problemas de postventa dado que tienden a fisurarse en el sentido de las viguetas en los paños centrales.	
03	¿Qué actividad considera más lenta dentro del proceso constructivo de cada sistema? ¿Qué recomendaciones brindaría para mejorarlo y optimizarlo?	
	A nivel de vaciado, con las viguetas pretensadas el vaciado es más lento, por ejemplo, cuando utilizo viguetas y poliestireno, tengo que tener mayor cuidado que los poliestirenos no se mueven. En el caso de las prelosas, al tener los poliestirenos ya embebidos estos ya no se mueven durante el vaciado. Esa también constaría de una ventaja de la prelosa. Asimismo, en el caso de las instalaciones, con las prelosas solo tendría que utilizar el calentador para pasar las instalaciones; con las viguetas, tendría que hacer cortes en las bovedillas o en algunos casos generar encofrados en las zonas sanitarias.	
04	En su punto de vista, ¿en qué porcentaje estimaría la confiabilidad del cumplimiento del vaciado de losas, y por ende, de la ejecución del casco estructural, utilizando el sistema de prelosas en comparación con el de viguetas pretensadas?	
	Lograr el 100% es muy difícil, sin embargo, asignándole un 90% de cumplimiento con el sistema de prelosas, con las viguetas estaría alcanzando entre un 70 a un 80% (como máximo). Que el sistema de viguetas iguale al de prelosas es muy poco probable. Incluso [con las prelosas], si tengo un buen manejo de los procesos y los recursos, podría acercarme con mayor facilidad al 100%.	



ENCOFRADO DE TECHO DE 2DO. SOTANO

ESCALA: 1/75
(5/C=250 kg/m2)

	LOSA DE H=0.20m LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FIRTU ESPACIADAS @50 MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE #1/4" @ 25m (En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
	LOSA DE H=0.25m LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FIRTU ESPACIADAS @50 MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE #1/4" @ 25m (En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
	LOSA DE H=0.20m LOSA MACIZA MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR #4mm @ 25 MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #3/8" @ 25 (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)
	LOSA DE H=0.35m LOSA MACIZA MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR #4mm @ 25 MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #4mm @ 25 (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)



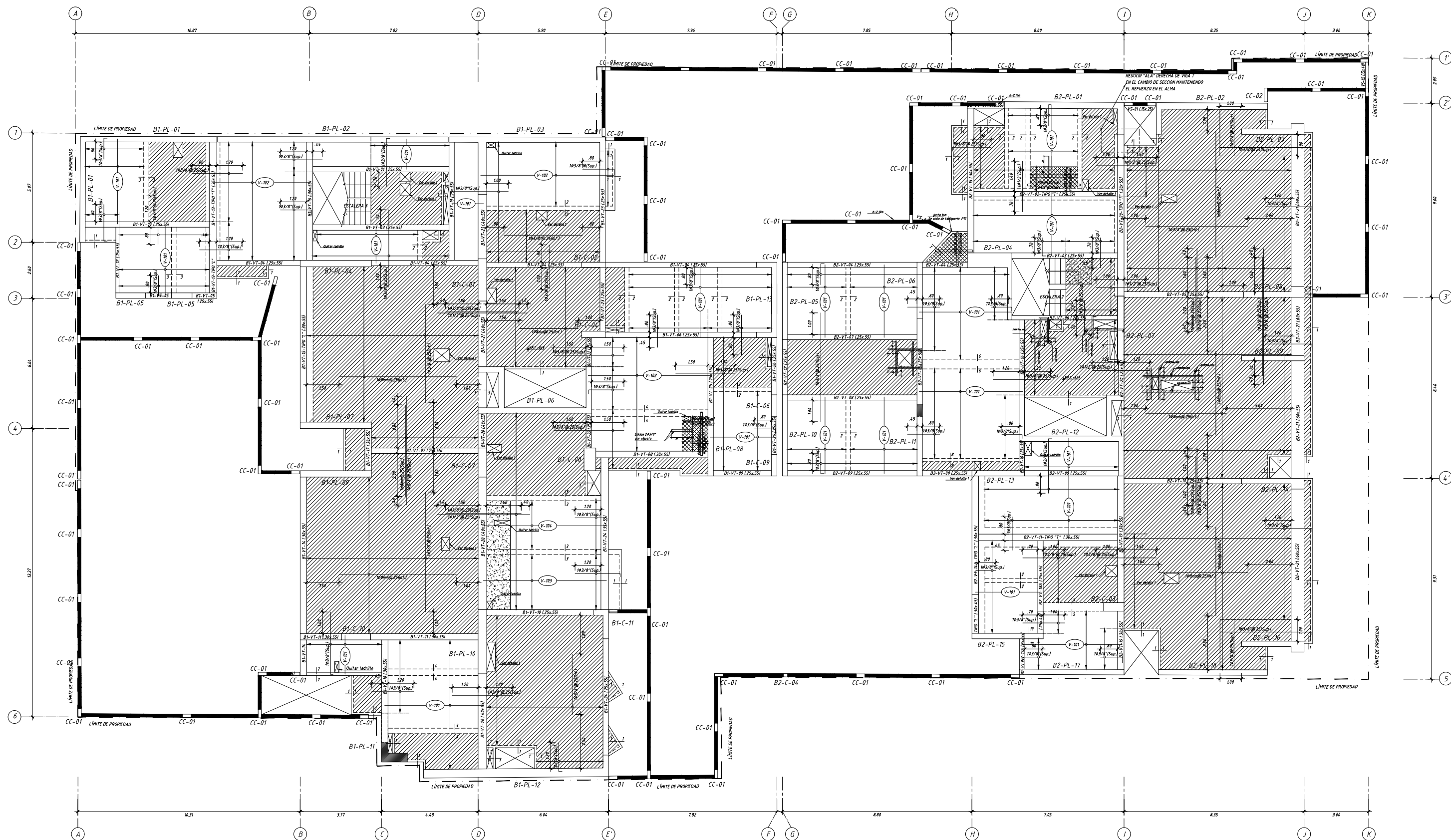
ENCOFRADO DE TECHO DE 1ER. SÓTANO

ESCALA 1/75
 (5/C=200, 250 kg/m2)

	LOSA DE H=0.20m LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FORTH ESPACIADAS @50 MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE #14 @ 25m (En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
	LOSA DE H=0.25m LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FORTH ESPACIADAS @50 MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE #14 @ 25m (En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
	LOSA DE H=0.20m LOSA MACIZA MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR @8m @25 MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #3/8 @25 (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)
	LOSA DE H=0.25m LOSA MACIZA MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR #3/8 @25 MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #3/8 @25 (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)
	LOSA DE H=0.20m LOSA MACIZA REFUERZO SE INDICA EN PLANTA
	LOSA DE H=0.25m LOSA MACIZA REFUERZO SE INDICA EN PLANTA
	ENSACHE ALTERNADO



A.MUÑOZ - D.QUIUN - M.TINMAN
 CIP. Nro. 27329 CIP. Nro. 28114 CIP. Nro. 34696



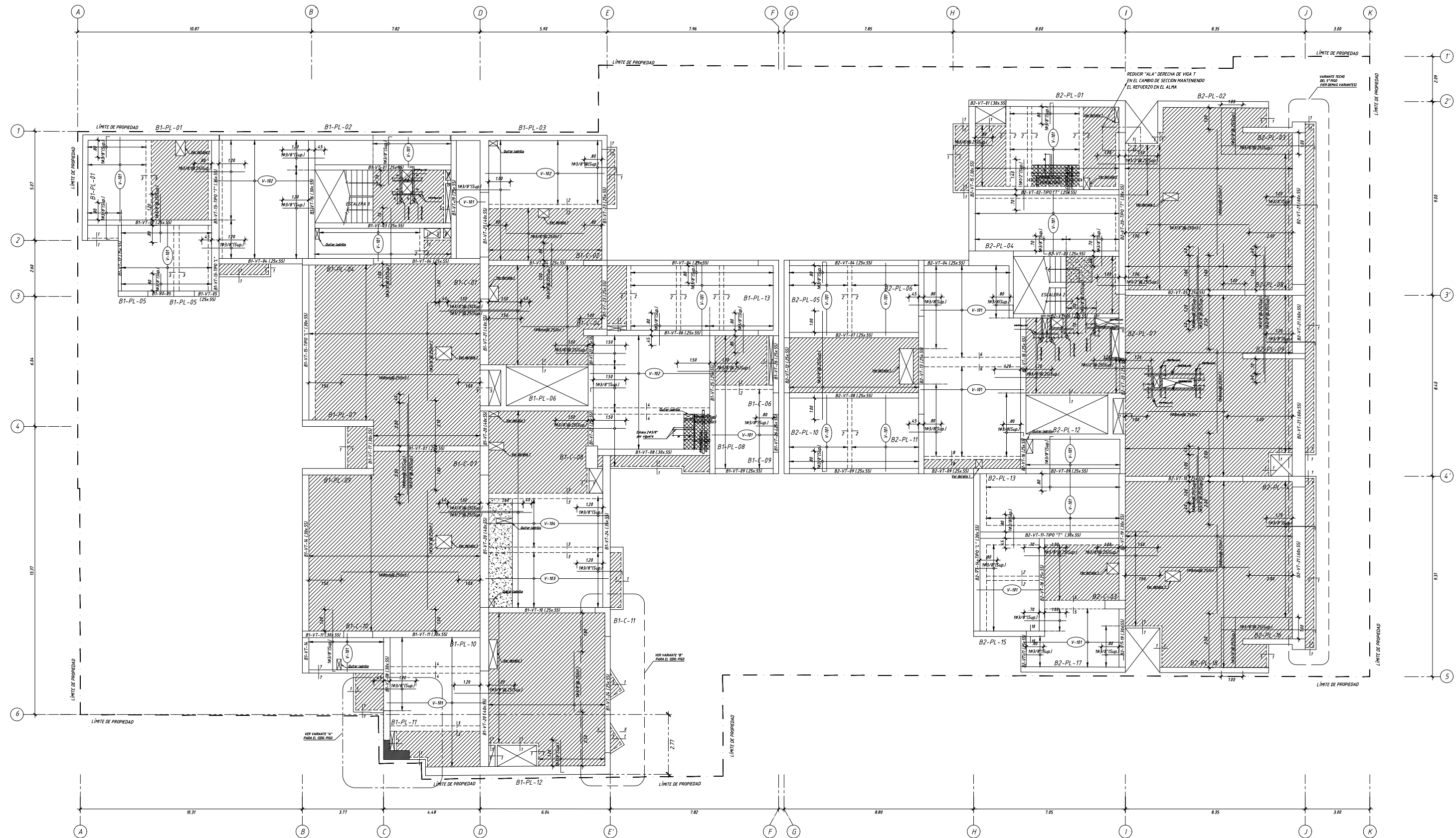
ENCOFRADO DE TECHO DEL 1ER. PISO

ESCALA 1/75
(5/C=200 kg/m2)

	LOSA DE H=0.20m LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FINTH ESPACIADAS @ 50 MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE #14 @ 25cm (En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estos losas)
	LOSA DE H=0.20m LOSA MACIZA MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR #8mm @ 25 MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #3/8" @ 25 (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)
	LOSA DE H=0.20m LOSA MACIZA REFUERZO SE INDICA EN PLANTA
	ENSACHE ALTERNADO



A.MUÑOZ - D.QUIJUN - M.TINMAN
CIP. Nro. 27329 CIP. Nro. 28114 CIP. Nro. 34696



ENCOFRADO DE TECHO DEL 2DO. AL 12DO. PISO

ESCALA: 1/75
(S/C=200 kg/m²)

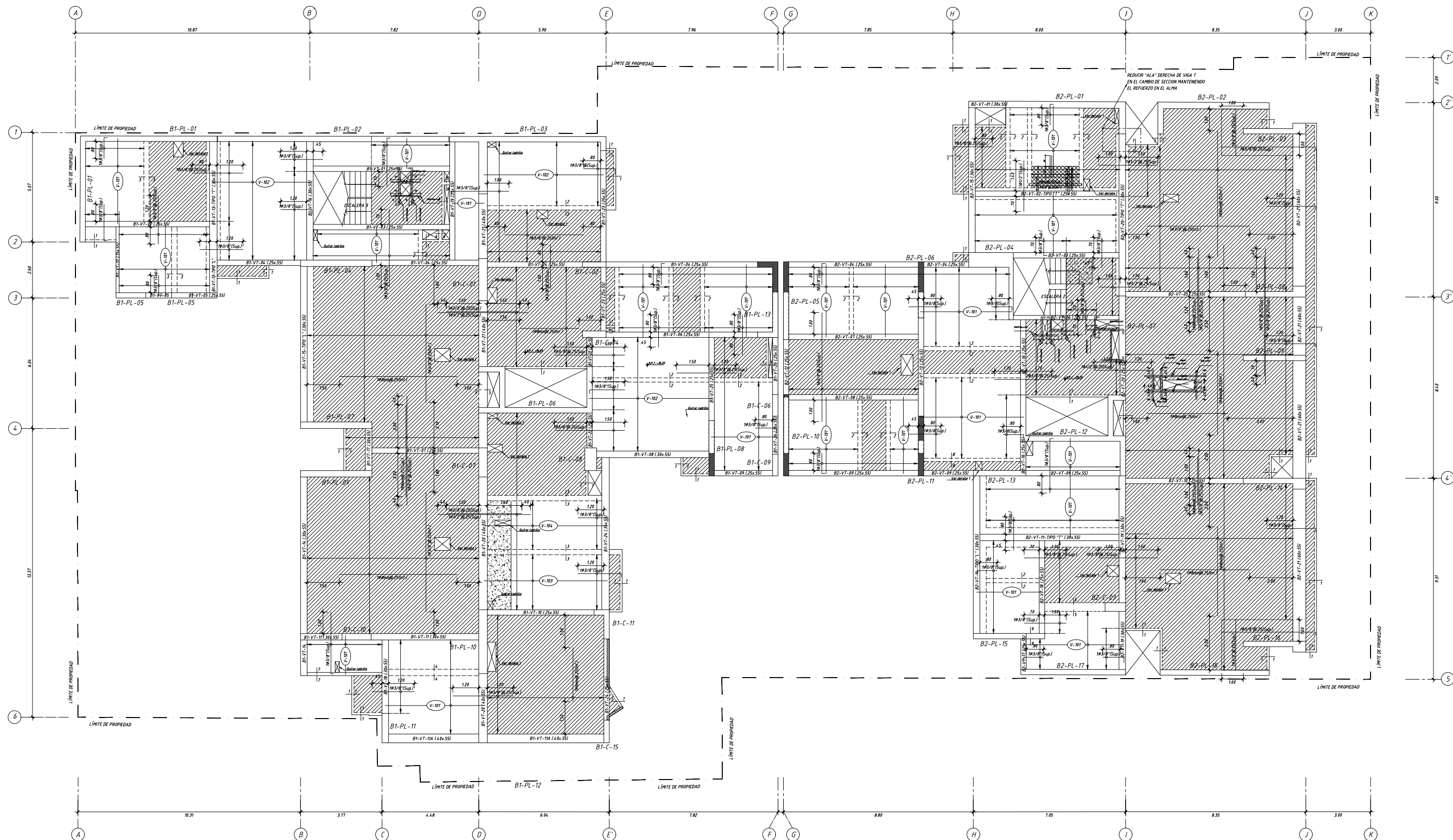
	LOSA DE H=0.20m: LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FIRTH ESPACIADAS @50 MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE Ø1/4" @25m. (En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
	LOSA DE H=0.20m: LOSA MACIZA MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR Ø8m @25 MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR Ø3/4" @25 (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)
	LOSA DE H=0.20m: LOSA MACIZA REFUERZO SE INDICA EN PLANTA
	ENSACHE ALTERNADO

NIVELES DE TECHO

PISO 2	NPT: +6.85	PISO 7	NPT: +9.38
PISO 3	NPT: +8.78	PISO 8	NPT: +11.95
PISO 4	NPT: +11.35	PISO 9	NPT: +14.61
PISO 5	NPT: +13.92	PISO 10	NPT: +17.25
PISO 6	NPT: +16.45	PISO 11	NPT: +19.90
		PISO 12	NPT: +22.55



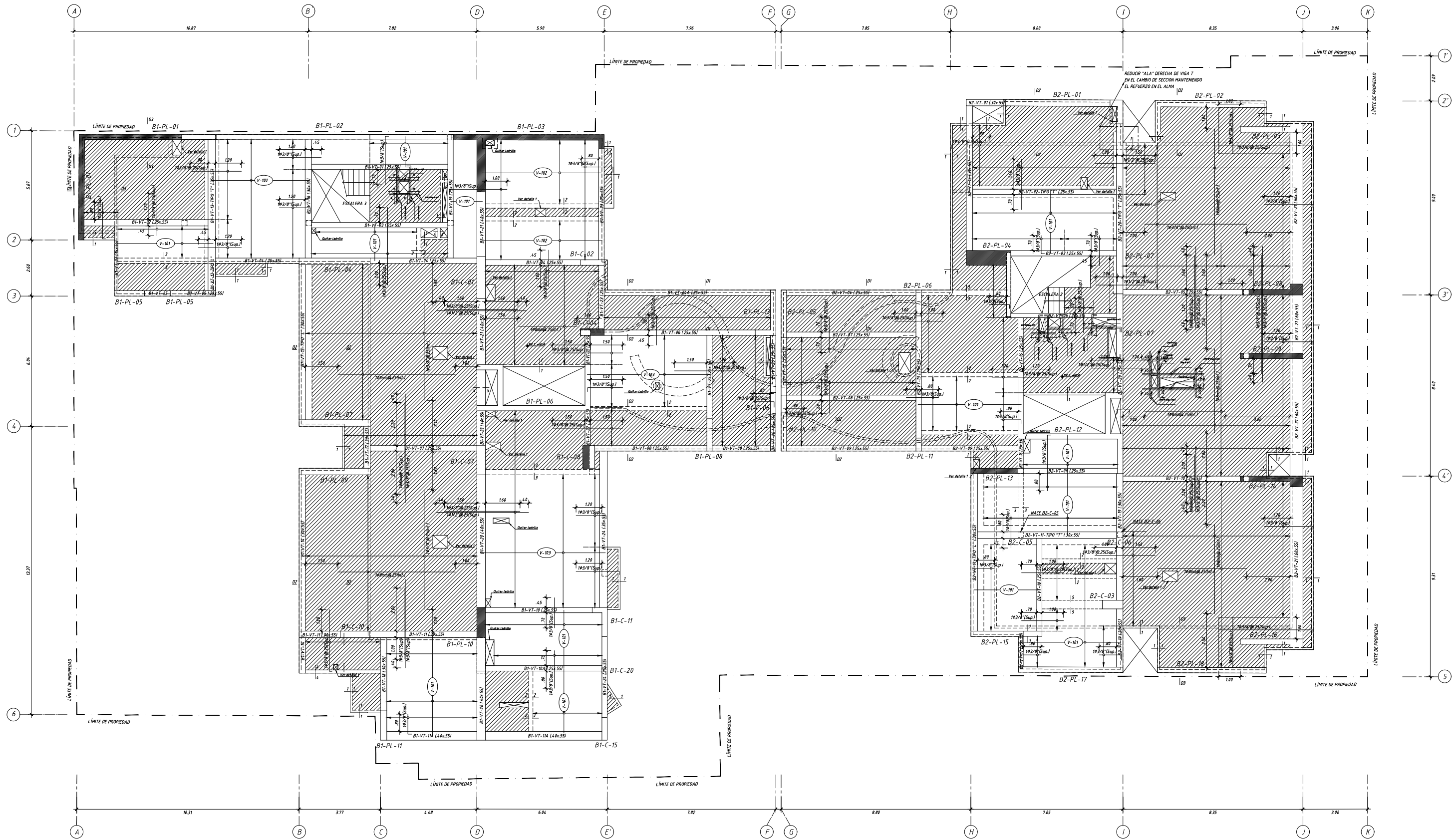
A.MUÑOZ - D.QUIJUN - M.TINMAN
CIP. Nro. 27329 CIP. Nro. 28114 CIP. Nro. 34696



ENCOFRADO DE TECHO DE 13ER. PISO

ESCALA 1/75
(5/c=200 kg/m2)

- LOSA DE H=0.20m
LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FINTH ESPACIADAS @50
MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE #14 @25m
(En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
- LOSA DE H=0.20m
LOSA MACIZA
MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR #8m @25
MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #3/8" @25
(En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)



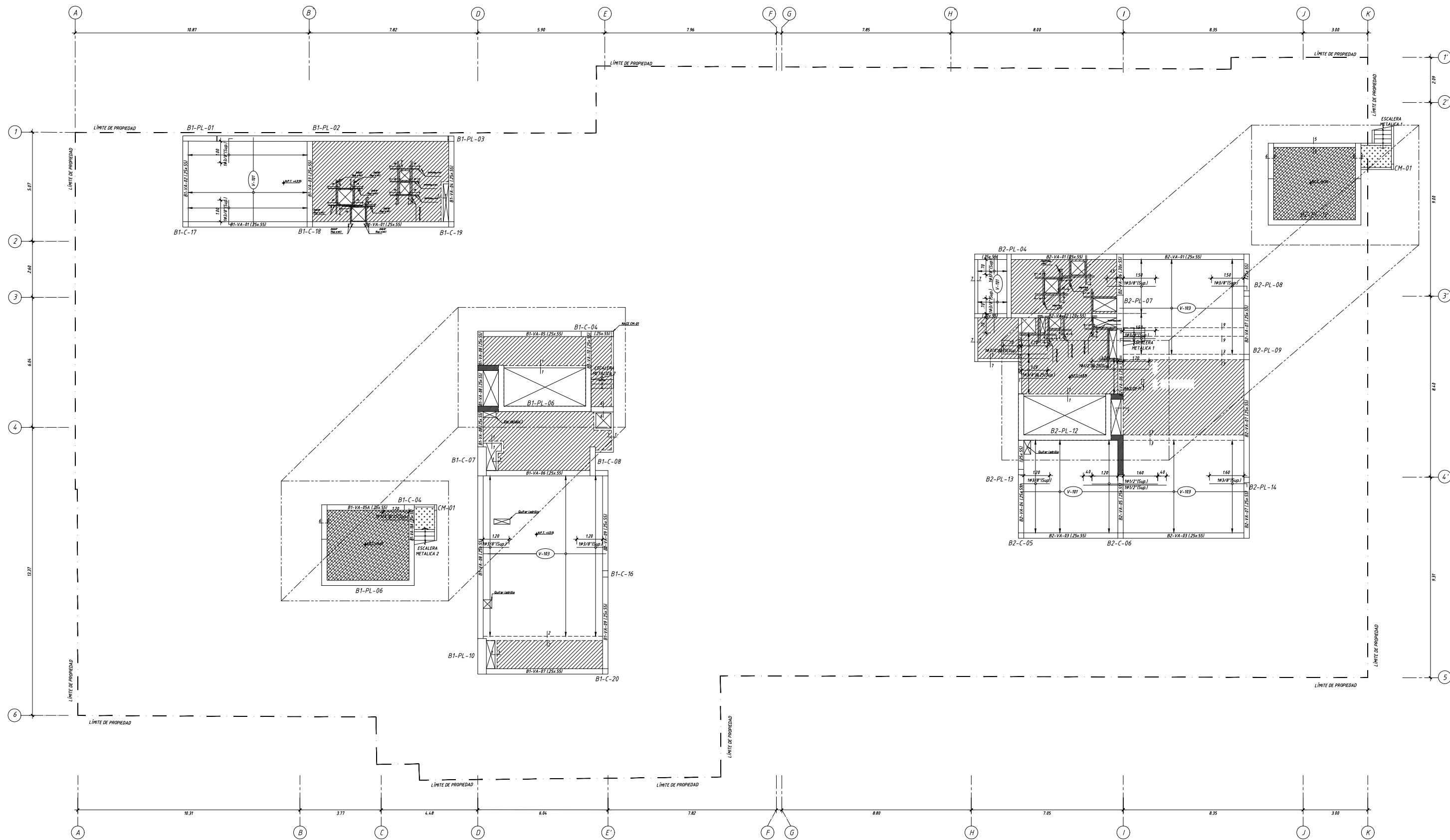
ENCOFRADO DE TECHO DE 15TO. PISO

ESCALA: 1/75
(5/C=200 kg/m2)

- LOSA DE H=200mm
LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FIRTU ESPACIADAS @ 50
MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE Ø1/4" @ 250.
(En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
- LOSA DE H=200mm
LOSA MACIZA
MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR Ø8mm @ 25
MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR Ø3/8" @ 25
(En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)

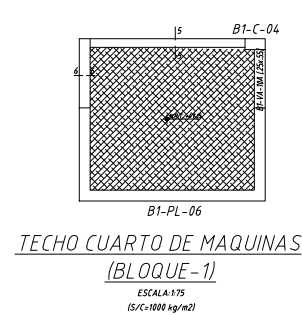


A.MUÑOZ - D.QUIUN - M.TINMAN
CIP. No. 27329 CIP. No. 28114 CIP. No. 34696

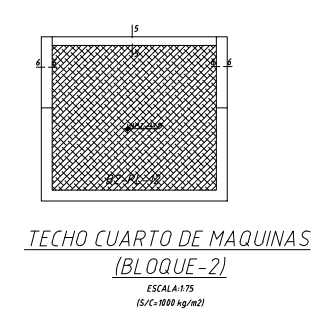


ENCOFRADO DE TECHO DE AZOTEA

- ESCALA 1/75
(5/C=100 kg/m²)
- LOSA DE H=0.20m: LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS FIRTH ESPACIADAS @.50. MALLA PERPENDICULAR A LAS VIGUETAS SUPERIOR DE #1/4" @.25m. (En las plantas sólo se muestran los refuerzos corridos y bastones para estas losas)
 - LOSA DE H=0.20m: LOSA MACIZA. MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR #8mm @.25. MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #3/8" @.25. (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)
 - LOSA DE H=0.20m: LOSA MACIZA. MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR #1/2" @.15. MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR #1/2" @.15. (En las plantas sólo se muestran los bastones adicionales a estas mallas corridas)



TECHO CUARTO DE MAQUINAS
(BLOQUE-1)



TECHO CUARTO DE MAQUINAS
(BLOQUE-2)



A.MUÑOZ - D.QUIUN - M.TINMAN
CIP. Nro. 27329 CIP. Nro. 28114 CIP. Nro. 34696