



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

**Análisis de la eficiencia del proceso
constructivo tradicional e industrializado
en la partida de estructuras del centro
comercial “Open Plaza Huancayo”**

Hatsel Luis Heredia Navarro

Huancayo, 2017

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR

Ing. Jaime Rupay Aguilar

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser nuestro padre y guía.

A mi madre y hermanas, que son mi estímulo poderoso para seguir adelante.

A mi asesor de tesis, el Ing. Jaime Rupay Aguilar, por su valiosa guía y asesoramiento en la realización de la misma. Sus ideas y sugerencias han hecho que este trabajo sea más claro y concreto.

A la Universidad Continental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por seguir apostando por la educación de nuestro país y a los profesores que durante toda la carrera profesional han aportado enseñanzas invaluableles a mi formación.

Un gran agradecimiento al Ing. Omar Alfaro Felix, y en general, a todos los colaboradores del Proyecto Open Plaza Huancayo, por permitirme desarrollar esta tesis en el entorno del proceso constructivo de la obra que dirigen.

DEDICATORIA

A mi madre Marleny Navarro Lujan y mis hermanas Kelly Heredia Navarro y Mey Rios Navarro, por ser el motor que guía mi vida.

ÍNDICE

PORTADA	i
ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE IMAGENES	ix
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I GENERALIDADES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN.....	1
1.1.2. EMPLEO DE PRE LOSAS PARA LOS ENTREPISOS DEL CENTRO COMERCIAL OPEN PLAZA HUANCAYO	2
1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.1.4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	5
1.1.5. JUSTIFICACIÓN Y FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
CAPÍTULO II MARCO CONCEPTUAL Y DE CONOCIMIENTOS REQUERIDOS	6
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	6
2.2. BASES TEÓRICAS EMPLEADAS	8
2.2.1. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	8
2.2.2. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	10
2.2.3. CONCRETO PREFABRICADO EN EL PERÚ	12
2.2.4. ESTRUCTURAS PRE ARMADAS DE ACERO	17
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	18
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SELECCIÓN DE LA PARTIDA A ANALIZAR	21
3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL.....	21
3.2. DATOS CONTRACTUALES DEL PROYECTO	24
3.3. SELECCIÓN DE LA PARTIDA A ANALIZAR	25
CAPÍTULO IV PROCESOS CONSTRUCTIVOS: TRADICIONAL E INDUSTRIALIZADO	27
4.1. PARTIDA DE ESTRUCTURAS.....	27
4.1.1. ACERO EN VERTICALES Y PRE ARMADOS	29
4.1.2. ENCOFRADO DE VERTICALES	32
4.1.3. CONCRETO DE VERTICALES	35
4.1.4. FONDO DE VIGA	38
4.1.5. ACERO DE VIGA	39

4.1.6.	COSTADO DE VIGA	41
4.1.7.	APUNTALAMIENTO Y FONDO DE LOSA	42
4.1.8.	COLOCACIÓN DE PRE LOSAS.....	44
4.1.9.	ACERO EN LOSA SUPERIOR	46
4.1.10.	INST. ELÉCTRICAS/ INST. SANITARIAS	49
4.1.11.	CONCRETO EN LOSA SUPERIOR	50
4.2.	PROCESO DE PRE ARMADO DE COLUMNAS.....	52
4.2.1.	HABILITACIÓN Y ARMADO DE COLUMNA	52
4.2.2.	CARGADO DE COLUMNA	53
4.3.	PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRE LOSAS	53
4.3.1.	HABILITACIÓN DEL MOLDE.....	53
4.3.2.	TRAZO Y ENCOFRADO DE LA PRELOSA	54
4.3.3.	INSTALACIÓN DEL ACERO.....	55
4.3.4.	COLOCACIÓN DE SEPARADORES.....	55
4.3.5.	VACIADO	56
4.3.6.	DESMOLDAJE	56
4.3.7.	APILADO	57
4.3.8.	CURADO	57
4.3.9.	CARGADO	58
CAPÍTULO V ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOSAS DE ENTREPISOS		61
5.1.	ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSA MACIZA BIDIRECCIONAL.....	61
5.1.1.	PREDIMENSIONAMIENTO Y METRADO	62
5.1.2.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	63
5.1.3.	DISEÑO POR FLEXIÓN Y CORTE	75
5.1.4.	CONTROL DE DEFLEXIONES.....	79
5.2.	MODULACIÓN Y DISEÑO DE UNA PRE LOSA MACIZA	82
5.2.1.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	82
5.2.2.	DIMENSIONAMIENTO.....	90
5.2.3.	DISEÑO DE PRE LOSAS	93
5.3.	DIFERENCIAS ESTRUCTURALES.....	97
CAPÍTULO VI ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA		98
6.1.	ANÁLISIS TÉCNICO	99
6.1.1.	LOSAS DE ENTREPISO.....	99
6.1.2.	ENCOFRADO.....	103
6.2.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	105
6.2.1.	LOSAS DE ENTREPISOS	105
6.2.2.	PRE ARMADO DE COLUMNAS.....	108

6.3.	ANÁLISIS SOBRE EL TIEMPO DE EJECUCIÓN	111
6.3.1.	PREFABRICADOS Y PREARMADOS.....	111
6.4.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD	119
6.4.1.	POR LA CALIDAD DE ACABADOS POR M ² DE FONDO DE LOSA.....	120
6.4.2.	POR EL PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	122
6.4.3.	POR LA CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	127
CAPÍTULO VII PARÁMETROS QUE DEFINEN LA EFICIENCIA EN UN PROCESO CONSTRUCTIVO.....		133
7.1.	EL MODELO DE PLANIFICACIÓN:.....	133
7.1.1.	MODELO TRADICIONAL.....	134
7.1.2.	MODELO LEAN.....	136
7.2.	LA MANO DE OBRA CALIFICADA.....	137
7.2.1.	IMPACTO DIRECTO EN LAS HORAS HOMBRE	138
7.2.2.	EFICIENCIA DE LA MANO DE OBRA.....	139
7.3.	LAS MAQUINARIAS EN LA CONSTRUCCIÓN	140
7.3.1.	GRÚAS TORRE Y OTROS.....	141
7.3.2.	BOMBAS DE CONCRETO	143
CONCLUSIONES.....		145
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		147
ANEXOS.....		150

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones para la innovación tecnológica	10
Tabla 2. Niveles de innovación tecnológica	11
Tabla 3. Sectorización Open Plaza Huancayo.....	23
Tabla 4. Longitudes de empalme traslapados	41
Tabla 5. Diámetros mínimos de doblado	47
Tabla 6. Recubrimientos mínimos.....	48
Tabla 7. Momentos obtenidos con el programa SAP2000	66
Tabla 8. Coeficientes para el cálculo de los momentos de diseño de losas apoyadas.....	67
Tabla 9. Momentos obtenidos con el método Joint Comitee	68
Tabla 10. Coeficientes para momentos negativos	71
Tabla 11. Coeficientes para momentos positivos debidos a la carga muerta	71
Tabla 12. Coeficientes para momentos positivos debidos a la carga viva	72
Tabla 13. Momentos obtenidos con el método de coeficientes	73
Tabla 14. Diseño de losa maciza en el eje “x”	75
Tabla 15. Diseño de losa maciza en el eje “y”	75
Tabla 16. Momentos en etapa de diseño y servicio.....	81
Tabla 17. Deflexiones obtenidas	81
Tabla 18. Capacidad de carga de la torre grúa Potain MD 310 C K12.....	91
Tabla 19. Dimensionamiento de pre losas	92
Tabla 20. Equivalencia de mallas vs fierro tradicional	93
Tabla 21. Tipos de mallas electrosoldadas	94
Tabla 22. Especificaciones del tralicho escogido.....	95
Tabla 23. Peso propio de losas por cada sistema	99
Tabla 24. Consumo de concreto por cada sistema.....	100
Tabla 25. Rendimiento de mano de obra por cada sistema	102
Tabla 26. Consumo de encofrado por m ² de losa por cada sistema	104
Tabla 27. Costos unitarios para las losas de entepiso	106
Tabla 28. Costo unitario de losas de entepiso por cada sistema	106
Tabla 29. Desperdicio de materiales en Prefabricados	108
Tabla 30. Costo unitario por partida	109
Tabla 31. Costo unitario de columnas por cada sistema	109
Tabla 32. Desperdicio de materiales en pre armados	111
Tabla 33. Comparativo de costos en alquiler de maquinarias	112
Tabla 34. Cantidad de elementos prefabricados	115
Tabla 35. Tiempos de izaje y colocado de prefabricados y prearmados.....	118
Tabla 36. Costo de acabado por m ² de fondo de losa por cada sistema	121
Tabla 37. Protocolo de verificación de armadura.....	122
Tabla 38. Protocolo de verificación de encofrados	123
Tabla 39. Protocolo de verificación de vaciado de concreto.....	124
Tabla 40. Plan de control de calidad para Pre losas.....	126
Tabla 41. Tipos de mallas electrosoldadas	128
Tabla 42. Consideración para el transporte y colocación de concreto premezclado	130
Tabla 43. Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra.....	139
Tabla 44. Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra.....	140
Tabla 45. Costo de alquiler en bombas de concreto.....	144

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Pre losa típica.....	2
Imagen 2. Montaje de pre losa.....	3
Imagen 3. Elementos verticales	4
Imagen 4. Sistema constructivo tradicional.....	9
Imagen 5. Sistema constructivo industrializado	10
Imagen 6. Pre losa	13
Imagen 7. Izaje en pre losa	14
Imagen 8. Puntos de anclaje en pre losa	15
Imagen 9. Idealización de pre losa en izaje	15
Imagen 10. Aparición de fisuras debido a la fuerza de rozamiento	16
Imagen 11. Apoyo de pre losas sobre viga	17
Imagen 12. Ubicación del Proyecto.....	21
Imagen 13. Fotografía aérea del terreno	22
Imagen 14. Sectorización del centro comercial	22
Imagen 15. Frentes de trabajo del centro comercial.....	23
Imagen 16. Franja N° 1, 2, 3 y 4 Open Plaza Huancayo	24
Imagen 17. Frente 6	25
Imagen 18. Sector IV.....	26
Imagen 19. Mapeo de procesos constructivos.....	28
Imagen 20. Habilitación de acero en obra	29
Imagen 21. Izaje de elemento vertical pre armado	30
Imagen 22. Armado de elementos verticales - placa	31
Imagen 23. Detalle de empalme de refuerzo vertical de columnas y muros	31
Imagen 24. Izaje de paneles - Encofrado para columna.....	33
Imagen 25. Encofrado de verticales - columna.....	33
Imagen 26. Encofrado de verticales - placa.....	34
Imagen 27. Desencofrado de verticales – placas	35
Imagen 28. Programación de camiones mixer en obra	35
Imagen 29. Vaciado de columna con bomba.....	37
Imagen 30. Vaciado de placa con bomba.....	37
Imagen 31. Fondo de viga.....	38
Imagen 32. Plataforma en parte inferior de viga	39
Imagen 33. Armado de acero en viga	39
Imagen 34. Armado de acero en viga	40
Imagen 35. Empalmes traslapados para vigas y losas	40
Imagen 36. Costado de viga	41
Imagen 37. Encofrado de viga	42
Imagen 38. Apuntalamiento de losas	43
Imagen 39. Fondo de losa.....	43
Imagen 40. Detalle de apuntalamiento de pre losa.....	44
Imagen 41. Colocación de pre losas	45
Imagen 42. Inclinación de pre losa.....	45
Imagen 43. Pre losa empotrada	46
Imagen 44. Acero en losa superior	48
Imagen 45. Instalación sanitaria en losa.....	49
Imagen 46. Instalaciones eléctricas en verticales.....	50
Imagen 47. Vaciado de losa con bomba.....	51
Imagen 48. Procedimiento de vaciado de losa	52

Imagen 49. Habilitación y armado de columna	52
Imagen 50. Cargado de columna	53
Imagen 51. Habilitación del molde	54
Imagen 52. Trazo y encofrado de pre losa	54
Imagen 53. Instalación de acero	55
Imagen 54. Colocación de separadores	55
Imagen 55. Vaciado de pre losa.....	56
Imagen 56. Desmoldaje de pre losa.....	56
Imagen 57. Apilado de pre losa.....	57
Imagen 58. Curado de pre losas	57
Imagen 59. Cargado de pre losas	58
Imagen 60. Mapeo de procesos en prefabricados y pre armados.....	59
Imagen 61. Paños escogidos para el diseño	62
Imagen 62. Losa maciza bidireccional e=20 cm	63
Imagen 63. Modelamiento de losa maciza en Sap2000	64
Imagen 64. Diagrama momento flector en X-X.....	65
Imagen 65. Diagrama momento flector en Y-Y.....	65
Imagen 66. Distribución de momentos.....	68
Imagen 67. Distribución de momentos.....	73
Imagen 68. Detalle de losa maciza bidireccional	76
Imagen 69. Área Tributaria de losa en el apoyo continuo	78
Imagen 70. Cortante a la cara del apoyo	78
Imagen 71. Diagrama de fuerzas	79
Imagen 72. Plano en planta bajo cargas de gravedad	83
Imagen 73. Idealización de pre losas sobre la estructura.....	83
Imagen 74. Diagrama fuerza cortante y momento flector en pre losa	84
Imagen 75. Idealización de losa con pre losas sobre la estructura	84
Imagen 76. Diagrama fuerza cortante y momento flector en losa con pre losa	85
Imagen 77. Acción bidireccional de losa con pre losa	86
Imagen 78. Armadura inferior embebida en pre losa	86
Imagen 79. Armadura inferior en el sentido longitudinal a la pre losa	87
Imagen 80. Bastonería de refuerzo en el sentido longitudinal a la pre losa	87
Imagen 81. Acero de refuerzo transversal a la pre losa	88
Imagen 82. Acero de refuerzo encima de pre losa	88
Imagen 83. Armadura en losa con pre losa	89
Imagen 84. Detalle transversal de losa con pre losa	89
Imagen 85. Ubicación de grúas dentro del proyecto.....	90
Imagen 86. Plano de dimensionamiento de Pre losas.....	92
Imagen 87. Detalle en planta de losa con pre losa	96
Imagen 88. Peso propio de losas por cada sistema	100
Imagen 89. Consumo de concreto por cada sistema.....	101
Imagen 90. Rendimiento de mano de obra por cada sistema	103
Imagen 91. Consumo de encofrado por m ² de losa por cada sistema	105
Imagen 92. Costo unitario de losas de entrepiso por cada sistema	107
Imagen 93. Costo unitario de columnas por cada sistema	110
Imagen 94. Frentes de trabajo	112
Imagen 95. Ruta de transporte de planta a obra	113
Imagen 96. Izaje de Prearmados con camión grúa	114
Imagen 97. Izaje de Prefabricados con torres grúa	114
Imagen 98. Mapeo de procesos entre planta y obra en prefabricados.....	117

Imagen 99. Tiempos de izaje y colocado de prefabricados y prearmados.....	118
Imagen 100. Acabado de Losa con pre losa - Limpieza.....	120
Imagen 101. Costo de acabado por m ² de fondo de losa por cada sistema	121
Imagen 102. Mallas electrosoldadas.....	128
Imagen 103. Detalle de tralichos.....	131
Imagen 104. Modelo de conversión de procesos	134
Imagen 105. Modelo de flujo de procesos (Modelo Lean)	136
Imagen 106. Torre Grúa Potain MD 310 C	142
Imagen 107. Bomba de concreto	143

RESUMEN

La industria de la construcción es una de las actividades económicas más importante del país, por lo que se encuentra en un constante cambio; muchos son los intentos que se hacen para mejorar la eficiencia dentro de un proyecto, pero en la actualidad el nivel tecnológico en nuestro país se encuentra retrasado frente a otras industrias, mostrando procesos ineficientes, pues la mayoría tienen problemas de tiempo, costo y calidad. Ya sea en obras de edificaciones como en obras en general, se tiene un amplio mercado el cual debe ser evaluado por todas las empresas constructoras como un desafío que sirva para mejorar y/o optimizar los sistemas constructivos en beneficio del país.

Ante este problema planteado, se ha realizado un estudio para determinar la eficiencia del proceso constructivo tradicional e industrializado, específicamente en las losas de entrepiso en el proyecto centro comercial “Open Plaza Huancayo”, en base a cuatro tipos de análisis que son: el análisis técnico, análisis económico, análisis del tiempo de ejecución y el análisis de la calidad. En este estudio, se señala que hacer uso de una alternativa que muestre un menor costo no siempre es la más óptima, se deberá tener en cuenta otros beneficios como: la calidad de materiales y del producto, rendimientos óptimos y el tiempo de ejecución.

Este sistema constructivo basado en pre losas, permite brindar nuevas opciones y mejoras en los procesos constructivos, desechando los viejos sistemas de construcción tradicional con una reducción del tiempo. Las losas con pre losas tienen un rendimiento netamente superior a los sistemas tradicionales, son además sistemas variables, que proveen al mismo tiempo cambios y mejoras en los procesos.

Por tanto, la presente tesis muestra que el sistema industrializado compuesto por losas con pre losas son ideales para la construcción en el país, ya que combina las cualidades técnicas, económicas, tiempo y calidad, integrándolos en un solo elemento. El resultado es una solución de menor costo, que integra la rapidez de ejecución y la fiabilidad de un producto industrializado, fabricado bajo normas y controles de calidad.

INTRODUCCIÓN

Imaginar y construir los edificios del mañana es un verdadero desafío para los diseñadores; para lograrlo, la eficiencia es sin duda una de las claves fundamentales dentro de un proyecto. Ante un mercado tan exigente y competitivo es necesario recurrir a nuevos procesos constructivos que se inspiran en la innovación tecnológica, considerando que ésta deja de lado los sistemas tradicionales cuando de obras de envergadura se trata.

Por ello, los procesos innovadores son aquellos procesos que generan una mejoría en la eficiencia de un determinado proceso constructivo mediante la reducción de costos, tiempos de construcción, y/o mejora en la calidad del producto terminado. Debido a esta necesidad, fijamos el objetivo de esta tesis, el cual es determinar la eficiencia en las losas de entrepiso cuyo modelo de estudio es el sistema de losas con pre losas frente a las losas macizas convencionales; así como los lineamientos que definen la eficiencia en un proceso constructivo.

La presente tesis se divide en siete capítulos, cuyo contenido es el siguiente:

Capítulo I – Generalidades: Se detalla el planteamiento y formulación del problema; los objetivos y la justificación de la investigación.

Capítulo II - Marco Conceptual y de conocimientos requeridos: Se exponen los antecedentes del problema, las bases teóricas empleadas y la definición de términos básicos.

Capítulo III – Descripción del proyecto y selección de la partida a analizar: Se expone una breve descripción del proyecto con sus características fundamentales y la selección de la partida a analizar.

Capítulo IV – Procesos constructivos, Tradicional e Industrializado: Se presentan los procesos constructivos para ambos sistemas, así como el proceso de fabricación de prefabricados y pre armados.

Capítulo V – Análisis y diseño estructural de losas de entrepiso: En este capítulo se evalúa el análisis estructural de una losa con pre losa (método industrializado), versus una losa maciza (método tradicional).

Capítulo VI – Análisis de la eficiencia: En este capítulo se toman en cuenta cuatro tipos de análisis para determinar la eficiencia de las losas de entrepiso en ambos sistemas.

Capítulo VII – Parámetro que definen la eficiencia de un proceso constructivo: Se refieren a los lineamientos que definirán la eficiencia en un proceso constructivo como son: el modelo de planificación, la mano de obra calificada y las maquinarias en la construcción.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN

En el transcurso de los años la productividad viene siendo investigada por las diversas empresas constructoras del país, principalmente en estos años en donde la gran cantidad de competencia hace que los estándares de producción sean altos y eficientes.

A ello le sumamos el desconocimiento de las diversas metodologías que se requieren para tener procesos más sencillos y seguros para su implementación.

Botero (2004) nos dice que en el sector de la construcción se tiene la percepción de que este es un sector de poca productividad y esto, generalmente, debido a la falta de planificación o un proceso constructivo que resulta ser ineficiente. Esto quiere decir que si el proceso constructivo es eficiente puede mejorar largamente la producción y el control de la obra.

El escenario real de la productividad en la construcción en el país se estudiará a partir de un diagnóstico de la productividad en las losas de entrepiso, el cual se enfoca en el empleo de los tiempos. Para ello es importante definir algunos conceptos de productividad como el utilizado por Andrea Díaz (2007) que lo define de la siguiente manera:

“La productividad es una medida del uso de los recursos destinados a una actividad. Es una relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla...”

Esta investigación se centra en detectar la eficiencia del uso de pre losas en los entrepisos frente a una de las tecnologías tradicionales, en este caso se elige como sistema de comparación la losa maciza.

1.1.2. EMPLEO DE PRE LOSAS PARA LOS ENTREPISOS DEL CENTRO COMERCIAL OPEN PLAZA HUANCAYO

Las pre losas tienen cerca de 15 años desde su introducción en nuestro país, su principal proveedor es Entrepisos Lima S.A.C. que trabajan conjuntamente con UNICON; estos últimos adquirieron el 50% de las acciones de la primera. A continuación se presenta la imagen N° 1 y N° 2.

Imagen 1.
Pre losa típica

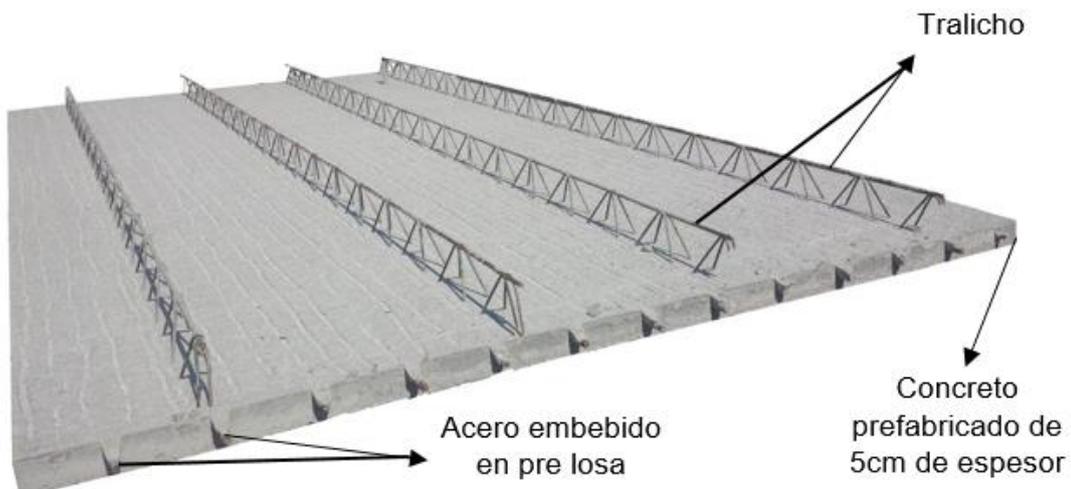


Imagen 2.
Montaje de pre losa



Recientemente, el C.C. Open Plaza Huancayo simboliza la obra con prefabricados de concreto más emblemática de Huancayo, siendo un total de 65,469.33 m² de producción. La obra inició en julio de 2015, sin embargo, al mes de inicio de obra, estas se paralizaron durante 2 semanas, seguido a ello en los meses de septiembre, octubre y noviembre, empezaron las fuertes lluvias que dificultaban los trabajos de producción e instalación de estas pre losas.

El proyecto de esta obra contempla la utilización del sistema de pre losas de concreto armado para los entrepisos; y vigas, columnas y placas vaciadas in situ con el sistema tradicional (Ver imagen N° 3).

Para este proyecto, UNICON despachaba diariamente 700 m³ de concreto. Una de ellas abastecía el concreto para los elementos estructurales como columnas, vigas, losas, escaleras, etc. y otra se encargaba de brindar concreto para las estructuras prefabricadas.

Imagen 3.
Elementos verticales



Esta obra se programó bajo un modelo de gestión lean, en el que utilizó un rendimiento y un metrado para determinar el tiempo de ejecución del proyecto. Asimismo, se olvidaron alguna de las restricciones encontradas durante el proceso de construcción como: la logística de despachos, mano de obra no calificada, cortes y medidas incorrectas, coordinaciones entre fabricante y constructor.

A pesar de todo esto se tuvo el riesgo de no cumplir con los hitos programados y con la entrega final, llevando así un gasto extra y tiempo adicional al cual estuvo sometido el proyecto.

1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a que en nuestro país la gran mayoría de construcciones utilizan un sistema tradicional para las losas de entrepiso en un mercado tan riguroso y competitivo, es conveniente realizar una evaluación de las tendencias y un análisis de la eficiencia basada en una evaluación técnica, de costo, de tiempo y de calidad comparándolas con el uso de un sistema industrializado específicamente con las losas con pre losas.

De esta manera, podemos optar por una mejor alternativa, para demostrar que no siempre se toma una elección por su menor costo, sino también por otras ventajas como la eficiencia en las losas de entrepiso.

1.1.4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

A) OBJETIVO GENERAL:

Determinar la eficiencia del proceso constructivo tradicional y el proceso constructivo industrializado en la partida de estructuras, específicamente en losas de entrepiso del centro comercial Open Plaza Huancayo.

B) OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Determinar la eficiencia del proceso constructivo tradicional en las losas macizas.
- Determinar la eficiencia del proceso constructivo industrializado en las losas con pre losas.
- Determinar los parámetros que definen la eficiencia de un proceso constructivo tradicional e industrializado.

1.1.5. JUSTIFICACIÓN Y FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El problema de la productividad descrita en el planteamiento del problema de esta investigación, motiva el presente tema de tesis con el propósito de contribuir con la implementación de una nueva forma de tecnología novedosa en Huancayo, mediante la eficiencia en la construcción de las losas.

En esta investigación se analizará la situación actual de una obra específica como es el centro comercial Open Plaza Huancayo y la aplicación de este nuevo sistema de solución compuesto por entresijos contruidos con el sistema de pre losas frente a las losas macizas, para luego analizar las ventajas y desventajas en ambos sistemas; y así evaluar su eficiencia frente al problema de la mayoría de obras, como problemas técnicos, de costo, de tiempo y de calidad.

El desarrollo de ésta investigación es factible porque se cuenta con el acceso a la información; se tienen las herramientas necesarias para el procedimiento requerido, para la obtención de datos de campo y oficina. Es propicio indicar que el suscrito laboró como asistente de campo en la Obra C.C. Open Plaza Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL Y DE CONOCIMIENTOS REQUERIDOS

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Percca Ragas, Antonio Rafael (2015). Estudio y análisis Costo – Beneficio de la aplicación de elementos Prefabricados de concreto en el casco estructural del Proyecto “Tottus Guipor”. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas. Perú; nos habla sobre la evolución de los servicios de construcción o industrialización de la misma que no van al ritmo del cambio; producto de las mismas necesidades del sector económico, la mano de obra verdaderamente calificada escasea y el boom inmobiliario hace a la construcción informal crecer y que el sector en general permanezca aún reacio a los cambios y nuevas tecnologías.

Esta investigación se centra en un sistema constructivo que marca la diferencia a nivel de industrialización: la aplicación de elementos prefabricados de concreto, cuyo objetivo general es realizar un análisis comparativo de la construcción del casco de un proyecto que fue realizado en más de un 70% con prefabricados de concreto: Tottus Los Olivos; frente al sistema convencional, vaciado in situ.

A continuación se presenta una breve síntesis de los puntos en los que se centró esta investigación: En su capítulo 1 refiere sobre la industria del concreto prefabricado en el Perú y otros países, con sus diferentes aportes a esta industria. En el capítulo 2 da a conocer los alcances estructurales básicos para este tipo de construcciones y brinda las principales características de los materiales empleados en el mismo. El capítulo 3 refiere sobre los principales alcances de la gestión de costos y de tiempo, para luego realizar el presupuesto y planeamiento de tres proyectos vaciados in situ; y finalmente, muestra el

costo y planeamiento del proyecto en estudio: "Tottus Guipor", con resultados de tiempo y de costo final, del proyecto.

Esta tesis de Antonio Percca colabora con la investigación, debido a que muestra las técnicas de optimización en los procesos de construcción, que apuntan a satisfacer la necesidad de asegurar el cumplimiento de los objetivos en cuanto a plazo, costo y calidad, esto con el fin de lograr el mayor control posible. Estas técnicas enfocan sus esfuerzos en lograr que la obra funcione como una fábrica.

Ramos Rugel, Maritza (2002). Análisis Técnico y Económico de Losas de Entrepiso. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad de Piura. Perú, refiere sobre las losas de entrepiso, se consideran como uno de los elementos más usados en la construcción. Se usan con la finalidad de conseguir estructuras más ligeras y económicas, lo que es beneficioso para disminuir las fuerzas originadas por la acción de los sismos, y se da a conocer los sistemas de construcción de losas de entrepiso usados en otras partes del mundo.

Las losas son responsables de soportar las cargas verticales y distribuir las fuerzas horizontales; por ello constituyen el medio principal de distribución de las fuerzas sísmicas, y si así fue considerado en el análisis y diseño estructural, así debe quedar reflejado en la construcción. Tanto el diseño estructural como el arquitectónico deben ajustarse a conceptos de seguridad y control de daños. En la selección del sistema de losas no sólo debe influir el factor económico, sino los criterios estructurales en conjunto.

Esta tesis da a conocer nuevos sistemas de losas de entrepiso, así como las consideraciones a tener en cuenta en el diseño. Con esto se tiene información acerca de su comportamiento estructural, procedimiento constructivo, así como sus ventajas y desventajas.

Novas Cabrera, Joel Alexander (2010). Sistemas constructivos prefabricados aplicables a las construcciones de edificaciones en países en desarrollo. Proyecto para optar Master en Ingeniería Civil. Escuela técnica de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. España. En su investigación sobre "Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas", propone una metodología de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas, las cuales reflejen diseños más justos y seguros.

Refiere que en la construcción, se ha tratado de optimizar en cuestiones de tiempo y economía, por lo que no es de extrañarse que la industria de prefabricados se haya convertido en una opción muy atractiva en las fechas actuales. Por esto, surge la necesidad

de tener los conocimientos básicos sobre los sistemas constructivos prefabricados que pueden ser aplicables en forma óptima a su diseño.

Por consiguiente, en esta investigación se tiene los diferentes sistemas constructivos prefabricados, con la intención no solo de proporcionar, sino de ampliar el conocimiento de las diversas opciones existentes en nuestro medio, a manera de que sirva como guía posible de soluciones arquitectónicas y estructurales.

Finalmente, refiere que la prefabricación es el único modo industrial de acelerar masivamente la construcción de edificaciones, para poder resolver un problema acumulado desde hace algunos años, pero la producción de materiales alternativos y el sistema de bajo costo son una opción en nuestras construcciones, para el incremento del fondo de edificaciones destinadas a viviendas y oficinas en países en desarrollo.

2.2. BASES TEÓRICAS EMPLEADAS

2.2.1. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

En nuestro país, al momento de planificar y ejecutar un proyecto se debe especificar y/o definir el proceso constructivo a utilizar, de acuerdo al grado de industrialización que se tiene tenemos el sistema tradicional y el sistema industrializado.

2.2.1.1. Sistema tradicional

La UVG (2001) señala que los sistemas constructivos tradicionales, son aquellos que tienen un grado de industrialización bajo, considerándoseles sistemas constructivos artesanales. Es el sistema de construcción más difundido y el más antiguo. Basa su éxito en la solidez, la nobleza y la durabilidad (dependiendo del material). Constituido por estructura de paredes portantes (ladrillos, piedra, o bloques etc.) u hormigón. Paredes de mampostería: ladrillos, bloques, piedra, o ladrillo portante, etc. revoques interiores, instalaciones sanitarias, eléctricas y techo de tejas cerámicas, mínimo a dos o más aguas, o losa plana. Es un sistema de "obra humedad". La producción se realiza con equipos simples (herramientas de mano) y mano de obra simple. La construcción húmeda es lenta, pesada, y por consiguiente, cara. Obliga a realizar marcha y contramarcha en los trabajos.

Imagen 4.
Sistema constructivo tradicional



2.2.1.2. Sistema industrializado

Hurtado (2012) explica sobre el sistema constructivo industrializado lo siguiente:

“La construcción industrializada es un sistema de construcción cuyo diseño de producción es mecanizado, en el que todos los subsistemas y componentes se han integrado en un proceso global de montaje y ejecución para acelerar su construcción”. Este sistema se basa en el diseño de producción mecanizado de componentes y subsistemas elaborados en serie que, tras una fase de montaje, conforman todo o una parte de un edificio o construcción.

La integración de todas las tareas requeridas en la construcción industrializada de un proyecto, conduce a una secuencia clara y ordenada de cada labor. Logrando procesos ordenados, rápidos y progresivos, mantiene inventarios más equilibrados, reduce la mano de obra, contribuye a una construcción limpia y ecológica, aumentando la productividad y rentabilidad del constructor.

A partir del año 2000, debido a la alta demanda de construcción de edificaciones se empiezan a utilizar los prefabricados de concreto, una solución con grandes beneficios y sobretodo construido en un corto tiempo.

Imagen 5.
Sistema constructivo industrializado



2.2.2. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

2.2.2.1. Condiciones para su uso

Paye, Peña y Franco (2014) refiere que en la actualidad se presentan diversas condiciones favorables para el desarrollo (Ver tabla N° 1), adaptación e introducción de tecnologías innovadoras en el sector construcción. Nuestro país está atravesando un periodo de crecimiento sostenido que se ha manifestado claramente en la construcción y se puede apreciar que esta industria enfrenta nuevos desafíos, como el incremento de la competitividad a través de la apertura de mercados internacionales.

Tabla 1.
Condiciones para la innovación tecnológica

El mercado en la construcción	Sin duda alguna, la innovación tecnológica requiere la presencia de un mercado en la construcción, ya que al contar con este ayudará a impulsar y mejorarán las condiciones de este entorno, incorporando así las innovaciones tecnológicas que ya cuentan otros países.
Potencial de innovación tecnológica	Para que produzca esta innovación tecnológica se requiere esta tecnológica, pero como sabemos otros sectores de la industria se encuentran más avanzados que la industria de la construcción, ya que hasta la fecha se utilizan materiales utilizados hace muchos años. Por lo que el desarrollo tecnológico en la construcción es demasiado lento.
El capital	Una de las principales condiciones que se requieren es la convencer a los empresarios peruanos invertir en nuevas tecnologías, como lo vienen haciendo algunas de las grandes empresas del país.

2.2.2.2. Etapas de innovación

Para entender mejor los niveles de innovación, a continuación se describen cada una de las etapas. (Ver tabla N° 2)

Tabla 2.
Niveles de innovación tecnológica

Niveles	Descripción
Construcción in situ tradicional	La construcción in situ tradicional muestra un nivel de innovación cero, aquí se trabaja con procesos tradicionales en donde se requiere una gran cantidad de personal y mano de obra calificada.
Construcción in situ optimizada	Este nivel refiere la optimización en los procesos constructivos, pero sus ventajas dependen de la productividad en obra, reduciendo los tiempos contributivos y no contributivos con ayuda de un buen modelo de planificación.
Construcción in situ tecnificada	Aquí se incorpora la tecnificación a los procesos constructivos con el fin de incrementar la productividad, minimizando los tiempos y costos del proyecto. Por lo que se hace uso de equipos y/o maquinarias livianas durante los procesos.
Construcción prefabricada parcialmente in situ	En este proceso constructivo se incluyen procedimientos basados en estructuras y/o elementos prefabricados, las cuales se realizan dentro de obra y demandan una inversión baja comparada al de una fábrica.
Técnicas de prefabricación efectuadas parcialmente en fábrica	En este nivel las estructuras y/o elementos prefabricados son elaborados parcialmente en una fábrica, es decir, gran parte de los componentes serán construidos dentro de obra y otra parte se encontrarán en una fábrica que luego serán transportados y montados en campo.
	Por lo general, se construyen elementos de poco peso como son las losas de entresijos o vigas prefabricadas con el fin de manejar mejor los costos de transporte y tener procesos más eficientes.
Técnicas de prefabricación efectuadas en fábrica	Finalmente, la prefabricación efectuada dentro de una fábrica requiere procedimientos con altos estándares de calidad, por lo que su producción es elevada, originando así, la reducción de tiempos utilizados dentro de una obra.
	Estos elementos y/o estructuras construidas son de gran peso, por lo que se deberá tener en cuenta la distancia a transportar y los refuerzos que se requerirán, asimismo, el nivel de inversión en este punto se va incrementando con respecto a los demás.

Fuente: Paye, Peña y Franco 2014

2.2.3. CONCRETO PREFABRICADO EN EL PERÚ

Percca (2015) señala que el Perú, como país naturalmente sísmico es receloso (si tenemos que generalizar la opinión de distintos profesionales) en la aplicación e innovación de nuevas formas de construcción de estructuras, distintas a la convencional (vaciado in situ), más aún cuando es casi permanente el temor al “ataque” de un sismo de gran magnitud, ya que hace solo poco más de 4 años Chile, nuestro vecino del sur, enfrentó un desastre natural de tales proporciones, del que si bien es cierto (según los indicadores estadísticos) ha sabido recuperarse rápidamente. Es pues inevitable, siguiendo esa lógica, aferrarse a lo “seguro”, o mejor dicho a lo conocido.

El escaso empleo de prefabricados de concreto es un claro ejemplo que nuestra industria constructiva no apunta por sistemas innovadores, así deja mucho que desear, pues países en nuestro mismo entorno como Chile, están mucho más adelantados que nosotros en la aplicación de nuevos sistemas constructivos como el de los prefabricados, que incluso frente a la gran magnitud del terremoto a la que se vieron expuestos, tuvieron un desempeño sobresaliente.

El mercado de los prefabricados tiene un uso bastante difundido en países como Estados Unidos y de Europa, de tal forma que han surgido numerosas empresas en cientos de localidades que se encargan de una o todas las etapas de esta industria. Una de estas empresas ha llegado a nuestro continente, y actualmente es la principal representante en el medio pues se encarga del diseño, fabricación, transporte y montaje de elementos prefabricados de concreto en obras, con la aplicación en más de un 70% del casco estructural: Prefabricados Andinos Perú S.A.C. o Preansa Perú.

Ahora, aún con esta empresa en nuestro país, el empleo del concreto prefabricado en el Perú está en muy lento ascenso. La principal disyuntiva de diferentes inversionistas a apostar por este sistema es la poca difusión o conocimiento que se tiene en nuestro medio respecto al mismo, y por tanto, genera inseguridad, principalmente en su desempeño frente a un eventual movimiento sísmico de gran magnitud. Sin embargo, no todo elemento estructural prefabricado de concreto es desconocido en el Perú, con el fin de incrementar la productividad surgieron elementos que igualmente tardaron en ganarse la confianza de los constructores peruanos, se habla específicamente de dos elementos: Las viguetas prefabricadas y las pre-losas. Su empleo fue bastante difundido, más aún con el “boom de la

construcción”; el principal impulsor: la búsqueda de generar mayores márgenes mediante la reducción del empleo de mano de obra en estas actividades.

2.2.3.1. Pre losas

La pre losa tiene una definición bastante sencilla, es un elemento prefabricado de concreto armado (mezcla de cemento, agregados, agua y algún posible aditivo) de 5 cm de espesor y forma geométrica variable que se encuentra reforzada con una malla de acero y viguetas longitudinales de acero estructural con alma abierta cada 62.5 cm equivalente al acero positivo de los planos estructurales de la losa maciza tradicional. Esta pre losa trabaja como encofrado convencional de techo, colocándose de forma modulada sobre un sistema simple de apuntalado y cuyos extremos descansan sobre los encofrados de las vigas del paño. (Ver imagen N° 6)

Imagen 6.
Pre losa



Este producto se viene usando en nuestro país cerca de 15 años y ya se encuentra regulado por la Norma Técnica de Edificaciones E060. “Concreto Armado” en su capítulo XVI Concreto Prefabricado dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones y por la Asociación Nacional de Prefuerzo y la Prefabricación A.C. de México.

De igual manera, empresas como Antonio Blanco Blasco Ingenieros E.I.R.L. y Prisma Ingenieros, han venido trabajando en el diseño estructural de este elemento y empresas como Graña y Montero y Cosapi ya vienen haciendo uso de este elemento prefabricado aplicable para obras de los siguientes tipos: centros comerciales, edificios de oficinas, estacionamientos, hoteles, centros educativos (colegios, universidades, institutos.), naves industriales, puentes, túneles y edificios inmobiliarios.

A continuación describiremos algunas de las características de este sistema de losas de entrepiso.

a) Transmisión de esfuerzos

Un punto que no se puede pasar por alto es la necesidad del izaje de este prefabricado, para ello se tendrá en cuenta los puntos de anclaje de este elemento al momento de fabricación y/o colocación final. (Ver imagen N° 7 y 8)

Imagen 7.
Izaje en pre losa

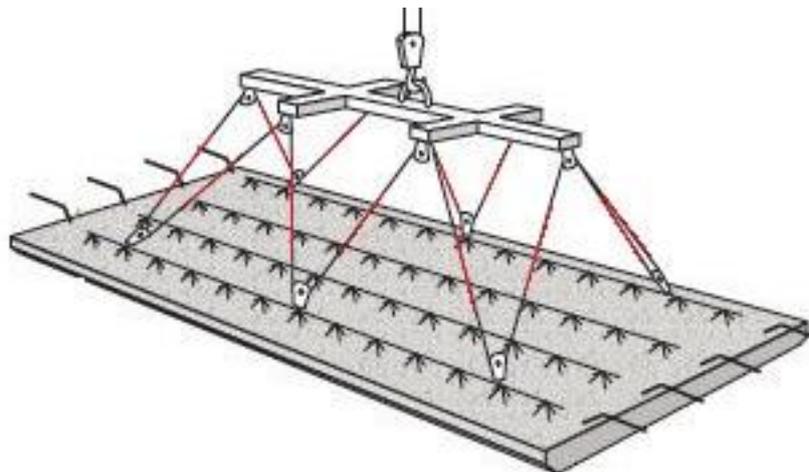
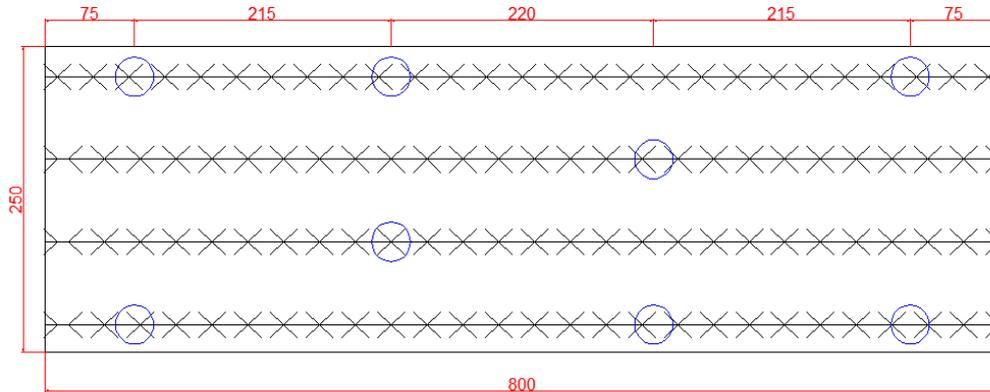
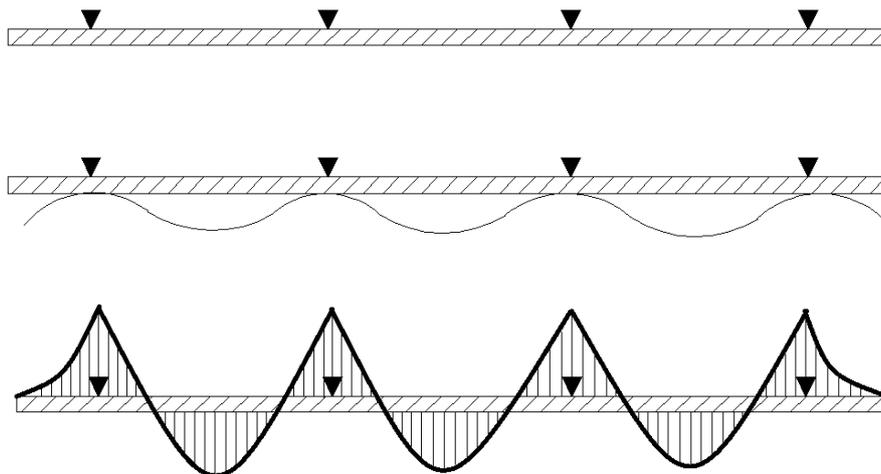


Imagen 8.
Puntos de anclaje en pre losa



Las pre losas tienen un comportamiento similar al de una viga apoyada, su deformación genera esfuerzos de tracción y compresión a lo largo de toda la pre losa, por el cual se colocan unos tralichos para darle rigidez y así evitar que se fracture debido a los esfuerzos mencionados anteriormente, esto son producidos por la flexión del elemento en el momento de izaje como lo muestra la imagen N° 9.

Imagen 9.
Idealización de pre losa en izaje

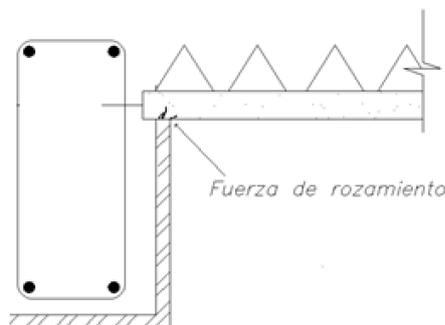


b) Cambios volumétricos y fuerza de rozamiento

En la planta de pre losas se elaboran todas las piezas necesarias para su montaje y conjuntamente con la losa superior forman parte de la estructura final conformando así un diafragma rígido, es por ello que se debe tener en cuenta los siguientes escenarios: los cambios volumétricos en alguno de los elementos o alguna fuerza lateral externa como la fuerza de rozamiento sería la única que se opondría al movimiento relativo entre elementos que se encuentren simplemente apoyados.

Los apoyos y el procedimiento de trabajo podrían ser la responsable de la generación de fisuras en estos elementos; otra posible causa de grietas o fisuras en los elementos es la deflexión que presente el elemento horizontal debido a su propio peso o a cargas de servicio, lo que causa “colisión” entre pequeñas regiones de ambos elementos, originando alguna fisura. (Ver imagen N° 10)

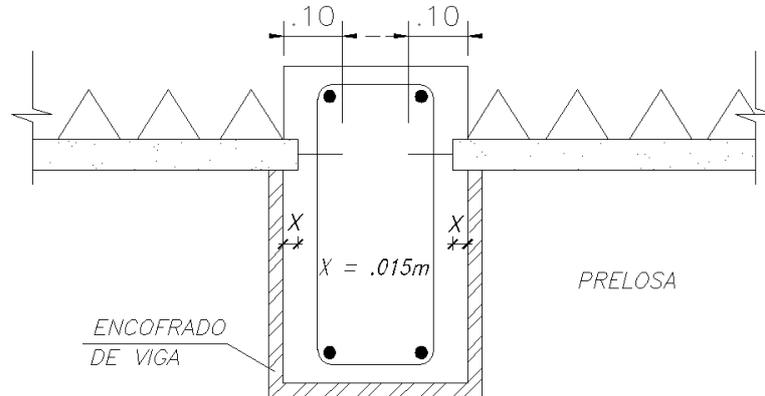
Imagen 10.
Aparición de fisuras debido a la fuerza de rozamiento



c) Apoyo de pre losa

Estas pre losas no necesitan apoyos elastomericos como la mayoría de prefabricados los solicita, al ser una pre losa maciza bidireccional de espesor delgado esta debe ser apoyada sobre las vigas en cualquiera de sus lados y no sobre placas; a ello la Norma Técnica de Edificaciones E060 en su capítulo XVI solicita por lo menos 50 mm de apoyo por un tema de seguridad. (Ver imagen N° 11)

Imagen 11.
Apoyo de pre losas sobre viga



2.2.4. ESTRUCTURAS PRE ARMADAS DE ACERO

El pre armado es un elemento listo para ser usados en obra, se construyen según especificaciones del proyecto; están formadas por barras de acero longitudinales y estribos soldados helicoidalmente en sus puntos de encuentro. Estas armaduras vienen listas para utilizar, solo hay que colocarlas dentro del encofrado. Estas varillas cumplen la norma peruana, y además, permiten agilizar los tiempos de obra y reducir costos.

Las ventajas que poseen son las siguientes:

- Mayor rapidez en la ejecución, listas para colocar.
- Elimina tareas de corte, doblado y atado en obra.
- Menor consumo de acero.
- Máxima calidad en obra, la soldadura de todas sus uniones asegura el exacto posicionamiento de los alambres y mejora las longitudes de empalme, disminuyendo la necesidad de controles.
- Fabricación de elementos según el diseño exacto que requiere el proyecto.
- Ahorro en el costo de mano de obra.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Acero:** Es una aleación entre hierro y carbono que adquiere por el temple y propiedades como alta resistencia, alto módulo de elasticidad, alta ductilidad, tienen una relación de esfuerzo – deformación unitaria en forma lineal.
- **Calidad:** Es el cumplimiento de los estándares propuestos para la satisfacción de los clientes realizados bien desde el principio.
- **Concreto:** Es un compuesto que es utilizado para elaborar la estructura principal de una edificación, se compone de cemento, arena, agregados y agua. Se puede fabricar de diferentes resistencias.
- **Desmoldante:** Aditivo usado para minimizar el riesgo de adhesión entre el producto moldeado y el molde.
- **Desperdicio:** Residuo de un material determinado, que no se puede aprovechar.
- **Eficiencia:** Capacidad para lograr el máximo resultado con el mínimo de recursos, energía y tiempo.
- **Eslinga:** Elementos longitudinales, por lo general sintéticos, que son usados para izar carga, tienen ojales en sus extremos y su característica principal es la flexibilidad.
- **Estrobos:** Son cables de acero que en sus extremos poseen ojales y sirven para izaje de carga. Son más rígidos que las eslingas, tienen límite de carga.
- **Ganchos:** Elementos de acero utilizados para el izaje de carga; están conectados a la pasteca en su parte superior, y mayormente a un grillete en su parte inferior. Deben tener pasador de seguridad.
- **Grillete:** Elemento de acero donde se colocan los ojales de los estrobos o de las eslingas.
- **In situ:** Expresión latina que significa “en el sitio” o “en el lugar”.
- **Hitos:** Un hito es una tarea de duración cero que simboliza el haber conseguido un logro importante en el proyecto. Los hitos son una forma de conocer el avance del proyecto y constituyen un trabajo de duración cero porque simbolizan un logro, un punto, un momento en el proyecto.
- **Lookahead:** Es un cronograma de ejecución a mediano plazo, que cubre el horizonte de tiempo más conveniente para el Proyecto, el cual suele ser de 3 a 6 semanas. Este horizonte se define en función de las características de cada Proyecto.

- **Mano de Obra:** Esfuerzo físico y mental que se pone al servicio de la fabricación de un bien.
- **Mixer:** Es el camión en donde viaja el concreto, el cual gira durante todo el tiempo que éste se encuentre dentro de él, con el fin de mantener el concreto en óptimas condiciones como es el de evitar que ocurra la segregación.
- **Optimización:** Acción de optimizar.
- **Optimizar:** Conseguir que algo llegue a la situación óptima o dé los mejores resultados posibles.
- **Parámetro:** Aquel dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.
- **Planeamiento:** Es el análisis a través el cual se determinan de manera integral las estrategias de gestión y ejecución del Proyecto.
- **Pre losa:** Elemento prefabricado de concreto armado.
- **Proceso:** Conjunto de operación a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla.
- **Producción:** Fabricación o elaboración de un producto mediante un trabajo.
- **Productividad:** Es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla.
- **Programación:** Es el proceso mediante el cual se protege el plan, asegurando su cumplimiento de acuerdo a lo previsto y a las metas establecidas de plazo y costo.
- **Protocolo:** Formulario utilizado para documentar las actividades de Aseguramiento y/o Control de un proceso constructivo.
- **Proyecto:** PMBOK (2013), define a los proyectos como esfuerzos temporales que se llevan a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos.
- **Rigger:** Persona entrenada y autorizado, encargada de hacer las señales de maniobras al operador de grúa y verificar que las condiciones de seguridad sean apropiadas durante el izaje. Se dedicará exclusivamente a esta actividad de seguridad hasta que culmine la operación.

- **Telehandler:** Es un equipo versátil utilizado para el transporte y elevación de materiales.
- **Tralichos:** Es una vigueta longitudinal de acero estructural con alma abierta conformado por 3 varillas corrugadas longitudinalmente unidas por 2 varillas lisas en forma de zigzag.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y SELECCIÓN DE LA PARTIDA A ANALIZAR

3.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

El proyecto Centro Comercial Open Plaza Huancayo, está ubicado entre la Av. Ferrocarril, la Av. Prolongación San Carlos y el Jr. Amazonas y adyacente al Río Shullcas en el distrito y provincia de Huancayo, en el departamento de Junín (Ver imagen N° 12). Tiene un área de terreno de 30,101.86 m², presenta forma irregular, y sus lados en general tienen las siguientes medidas: Frente a la Av. Ferrocarril tiene 198.60 m de longitud y la Av. Prolongación San Carlos con una longitud de 237.22 m. Por el este limita con el Río Shullcas y tiene 395.34 m. Posee una altura máxima de 20 m de piso a techo. (Ver imagen N° 13)

Imagen 12.
Ubicación del Proyecto

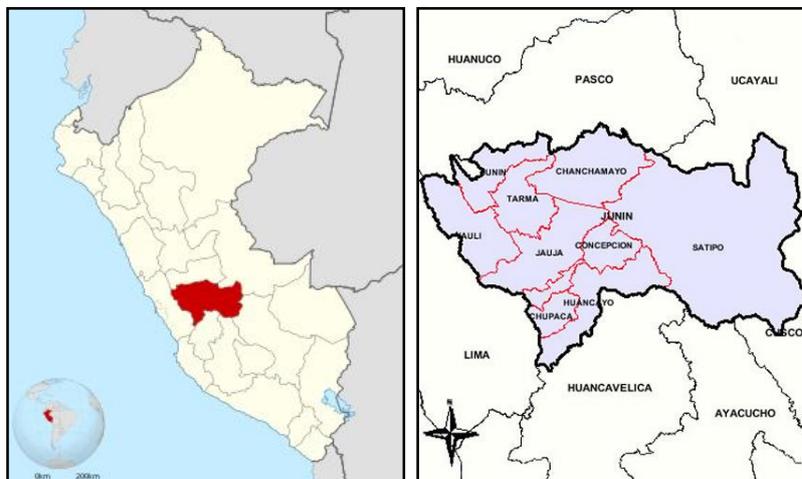


Imagen 13.
Fotografía aérea del terreno



Cuenta con sectores destinados a tiendas tales como Tottus, Sodimac, Patio del constructor, Cinemark, Saga Falabella, galerías y tiendas por departamento, además de locales bancarios, cuenta también con una zona de gimnasio y estacionamiento; a su vez esta área techada cuenta con 5 sótanos y 3 pisos en donde se ubican las distintas tiendas. Este centro comercial se encuentra sectorizado en 4 zonas y 6 frentes de trabajo, de acuerdo a las juntas ubicadas manteniendo la funcionalidad de la edificación, de esta forma se tiene: (Ver imagen N° 14 y 15)

Imagen 14.
Sectorización del centro comercial

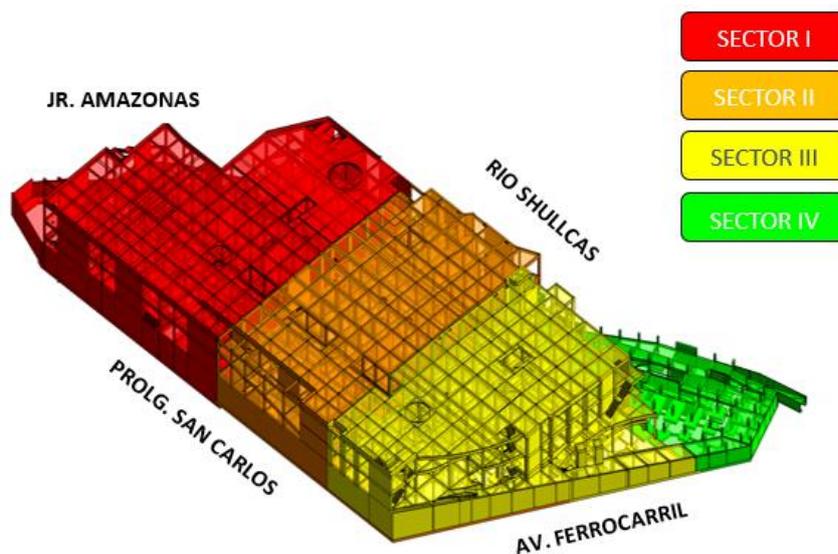


Imagen 15.
Frentes de trabajo del centro comercial

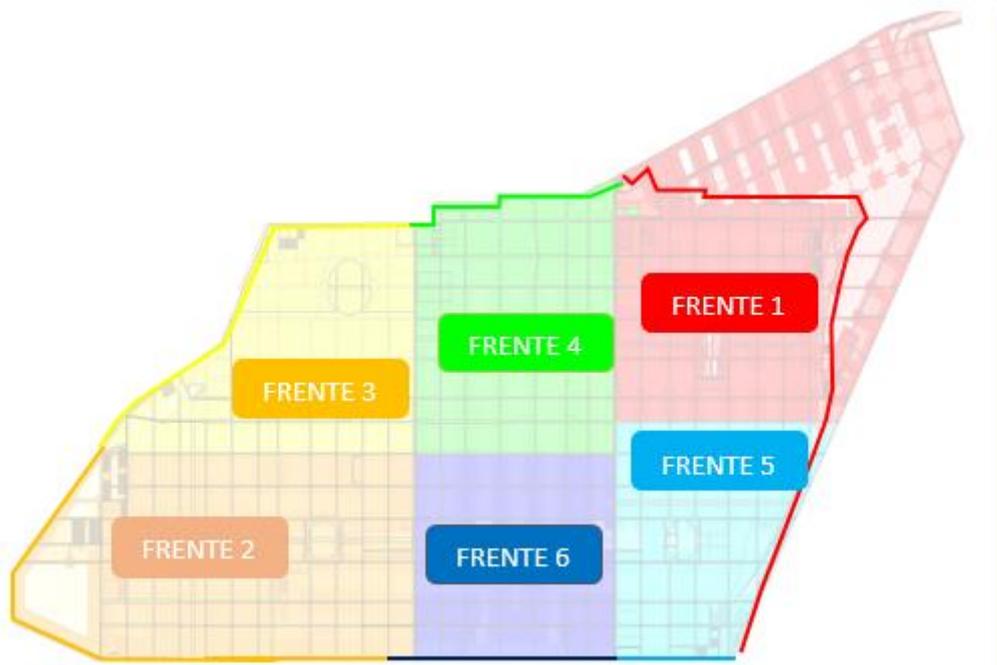
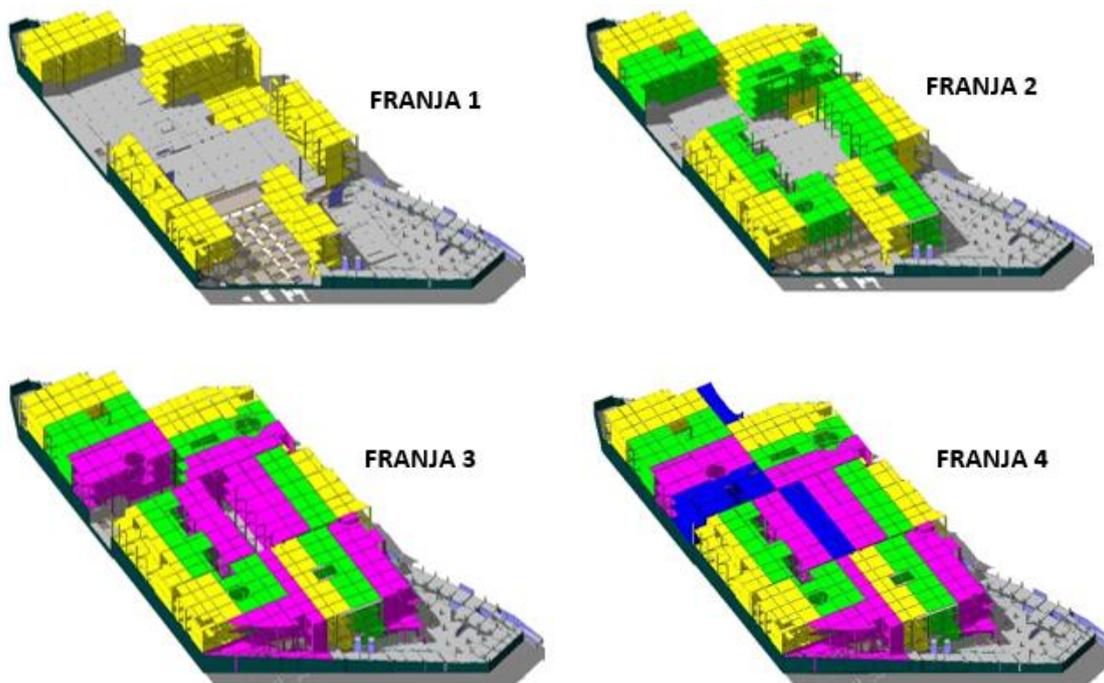


Tabla 3.
Sectorización Open Plaza Huancayo

Sector	Ejes	Frentes	N° Niveles	Tiendas por departamento
I	A - LL	2 y 3	5 Sótanos + 3 Pisos	Cisternas, cuarto de bombas, Tottus, estacionamientos, pasillos de evacuación, tiendas departamentales, patio de comidas y de equipos.
II	LL - R	4 y 6	1 Sótano + 3 Pisos	Patio constructor de Sodimac, Tottus, galerías, Cinemark y estacionamientos.
III	R - Y	1 y 5	1 Sótano + 3 Pisos	Sala de ventas Sodimac, Saga Falabella, tiendas departamentales, estacionamientos y patio de equipos.
IV	A1 - N1	-	3 Sótanos	Estacionamientos, pasillos de evacuación y rampas vehiculares.

Este proyecto fue construido de manera vertical, trabajando por franjas como lo muestra la imagen N ° 16.

Imagen 16.
Franja N° 1, 2, 3 y 4 Open Plaza Huancayo



3.2. DATOS CONTRACTUALES DEL PROYECTO

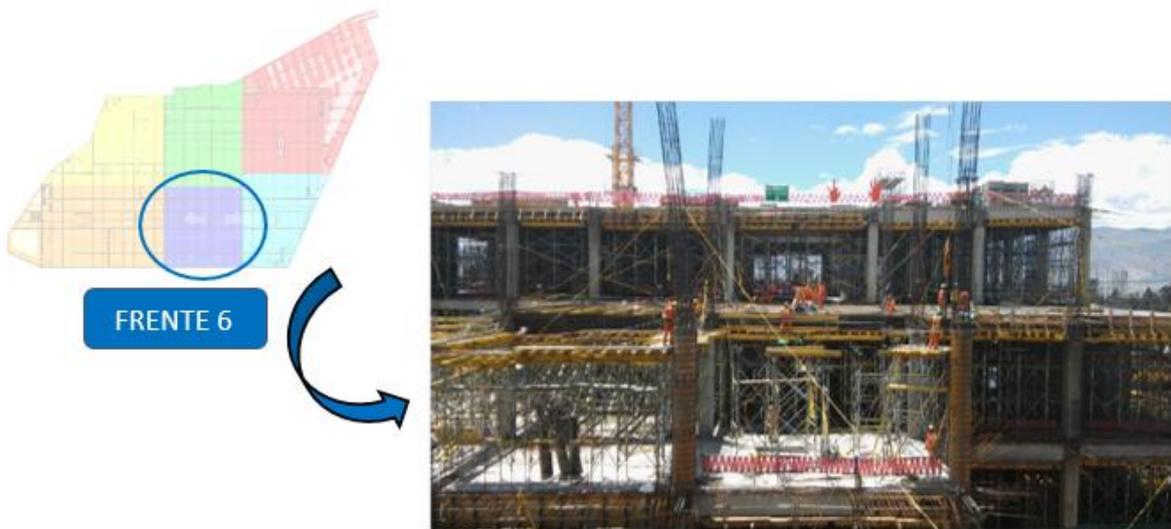
- Cliente : Open Plaza
- Supervisión : Proyecta Ingenieros Civiles S. A. C.
- Alcance CAM : Estructura de concreto, acabados en áreas comunes, fachadas, obras exteriores e instalación e equipamiento en áreas comunes.
- Tipo de contrato: Suma Alzada
- Monto Contrato : S/ 124'168,781 sin IGV
- Adelanto 30% : S/. 37'250,634 sin IGV
- Plazo contractual: 300 días (Del 24 de julio al 18 de mayo de 2016)
- Ampliación de plazo por adenda: 42 días (Del 24 de julio al 29 de junio de 2016)
- Garantías Contractuales:
 - Carta fianza de fiel cumplimiento 12 millones.
 - Carta fianza por adelanto (bancaria) 37 millones.

- Carta fianza bancaria de garantía por correcta ejecución de obra, 5% del monto de obra.
- Fondo de garantía, 5% del monto de obra.

3.3. SELECCIÓN DE LA PARTIDA A ANALIZAR

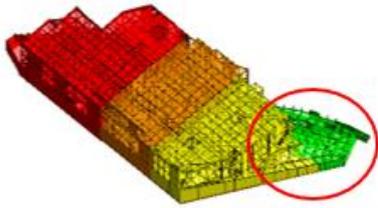
Se eligió como modelo de estudio al frente 6, ya que en esta área es donde se utilizó el sistema industrializado compuesto por prefabricados; la partida a analizar es de losas de entrepiso, específicamente las losas con pre losas. (Ver imagen N° 17)

Imagen 17.
Frente 6



El otro modelo es el sector IV, ya que esta es un área que se consideró como adicional al finalizar la obra; esta zona se ejecutó mediante un sistema tradicional; la partida a analizar es la de una losa maciza bidireccional. (Ver imagen N° 18)

Imagen 18.
Sector IV



SECTOR IV



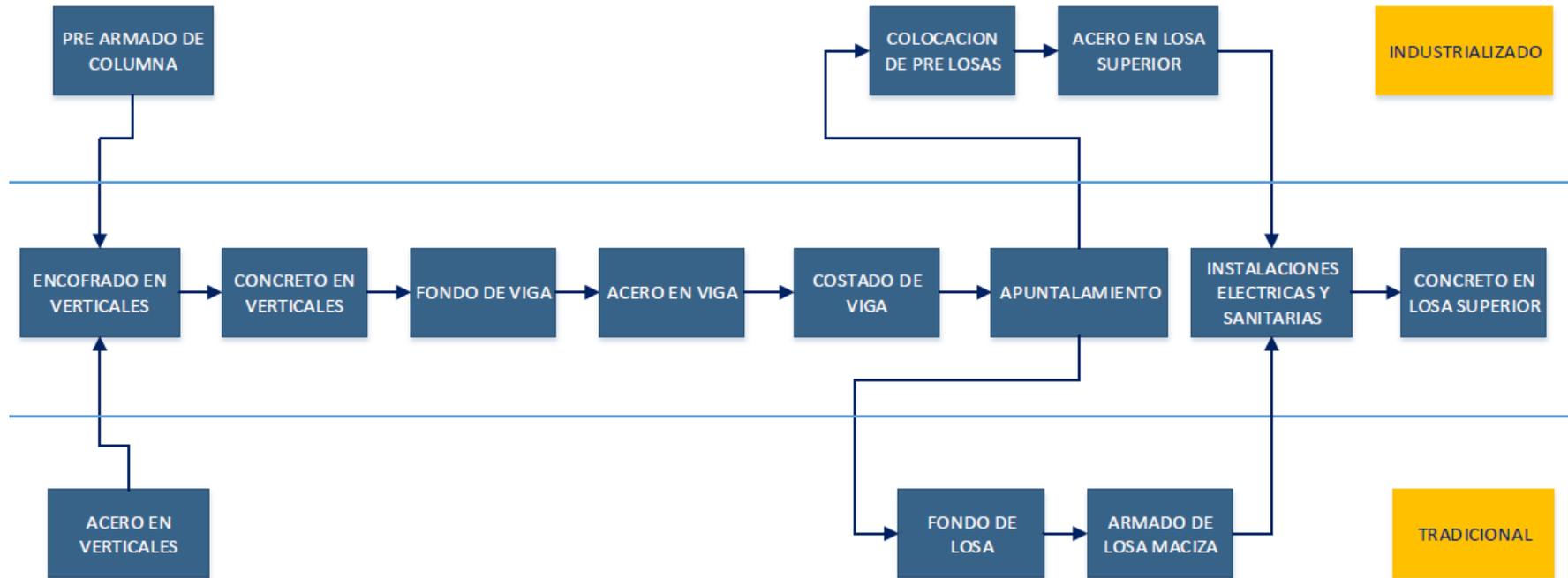
CAPÍTULO IV

PROCESOS CONSTRUCTIVOS: TRADICIONAL E INDUSTRIALIZADO

4.1. PARTIDA DE ESTRUCTURAS

A continuación se observa la imagen N° 19, muestra el mapeo de cada proceso constructivo; seguido se describe cada uno de los procesos (tradicional e industrializado) en la partida de estructuras, solo se tomaron en cuenta las siguientes sub partidas: Acero, concreto y encofrado de verticales; fondo, acero y costado de viga; apuntalamiento; Colocación de pre losas; Instalaciones eléctricas y sanitarias; Acero y concreto en losa superior.

Imagen 19.
Mapeo de procesos constructivos



Fuente: Propia

Las partidas que diferencian ambos procesos son: para el sistema industrializado se trabajó con pre armado para las columnas y prefabricado para las losas; mientras que en un sistema tradicional se hizo el acero de columnas, el fondo y armado de losa. Es preciso indicar que las demás partidas como encofrado, concreto de columnas y vigas que fueron iguales para ambos sistemas.

4.1.1. ACERO EN VERTICALES Y PRE ARMADOS

Antes de iniciar el proceso de colocación de acero se debe verificar que los trabajos de habilitado de acero se ejecuten según los planos y con las especificaciones técnicas del proyecto, los que deberán estar siempre en campo. (Ver imagen N° 20)

Imagen 20.
Habilitación de acero en obra



Una vez habilitado el acero, se procede a realizar el armado y/o colocación del elemento vertical (columnas y/o placas) de la siguiente manera:

- Se debe llenar el formato de aseguramiento de calidad como documento de control donde se verifica la conformidad de los trabajos previos al colocado de acero como son: topografía y correcto trazado de la ubicación de la estructura, que estén determinados en los planos aprobados para construcción.
- Los elementos verticales se colocaran de manera manual con la ayuda de andamios metálicos para trabajos en altura.

Este proyecto hizo uso de elementos verticales pre armados, estos fueron izados e instalados directamente con la grúa torre y el Camión Grúa; para este procedimiento se debe de coordinar con el rigger encargado, el cual debe realizar un control de las eslingas, cadenas y grilletes. Los ganchos de izaje serán de dimensiones acordes con los pesos a elevar. (Ver imagen N° 21)

Imagen 21.
Izaje de elemento vertical pre armado



- El acero de los elementos verticales y horizontales serán asegurados entre sí con alambre N° 16 utilizando un tortol, para lo cual, previamente el alambre se cortará en atados pequeños. (Ver imagen N° 22)
- Se debe colocar separadores de acero entre las mallas de los elementos verticales, estos separadores serán fabricados en obra de acero de construcción; para asegurar el recubrimiento en las diferentes estructuras se utilizarán separadores de concreto o PVC.
- Los elementos verticales serán apuntalados y arriostrados con diagonales de acero de construcción y estacas del mismo material, los cuales serán utilizados a lo largo de la obra, se colocará un arriostre (en diagonal) por cada lado.
- Para los empalmes, se contó con un sistema mixto, uso de conectores (conectores mecánicos de presión) y uso del empalme tradicional para columnas.
- Si la columna se coloca en un segundo piso, las barras longitudinales continuarán a las del primer piso, con una determinada longitud de traslape entre barra y barra, amarrándolas con alambre N° 16 o se hará uso del prensador.

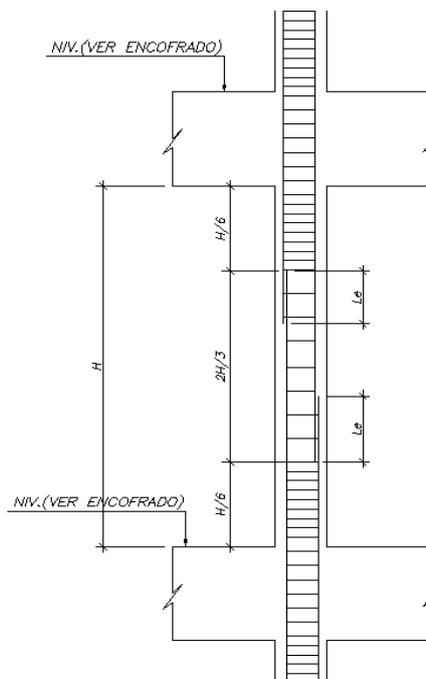
Imagen 22.
Armado de elementos verticales - placa



Tener en cuenta los empalmes traslapados de barras corrugadas sujetas a tracción: La longitud mínima del traslape en los empalmes traslapados en tracción será conforme a los requisitos de los empalmes denominados tipo B o tipo C, pero nunca menor a 30 cm. (Ver imagen N° 23)

- Empalme Tipo B: $l_e = 1,3 l_d$
- Empalme Tipo C: $l_e = 1,7 l_d$

Imagen 23.
Detalle de empalme de refuerzo vertical de columnas y muros



Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto

NOTA: Empalmar máximo el 50% del refuerzo en una misma sección. De ser necesario empalmar un porcentaje mayor del refuerzo, o fuera de las zonas indicadas, se deberá aumentar la longitud de empalme en un 30%.

(*) Donde: l_e = Es la longitud del empalme y l_d = Es la Longitud de desarrollo en tracción.

4.1.2. ENCOFRADO DE VERTICALES

Es importante mencionar que este Proyecto contó con 3 empresas que proporcionaron el alquiler de encofrados y andamios; tenemos a PERI, Doka y ULMA. El armado y/o instalación del encofrado vertical se realizó de la siguiente manera:

- Se inicia con el traslado y colocación de paneles armados para encofrar las columnas, placas y muros. Cuando se encuentran de esa manera en la fachada, el trabajador debe colocarse una línea de posicionamiento y arnés de cuerpo entero enganchado a una línea de vida.
- Cuando se encofre la parte inferior, debe utilizarse una escalera asegurada y los carpinteros estarán anclados a una línea de vida horizontal, cabe resaltar que la recepción de estos paneles será por los Riggers; el personal carpintero entrará al proceso cuando la carga ya esté en piso y el Rigger haya dado aprobación de acceder al área de trabajo.
- Si los paneles son izados e instalados directamente con grúa torre, se coordinará con el rigger encargado, el cual deberá haber realizado control de seguridad en las eslingas, cadenas y grilletes. Los ganchos de izaje serán de dimensiones acordes con los pesos a elevar. (Ver imagen N° 24 y N° 25)

Imagen 24.
Izaje de paneles - Encofrado para columna



Imagen 25.
Encofrado de verticales - columna



- Se deben revisar los trazos y niveles, los paneles y accesorios; estos deben estar limpios y se colocará un desmoldante para que ayude al mantenimiento del encofrado y un fácil desprendimiento.
- Se debe verificar los niveles, la verticalidad y horizontalidad; la hermeticidad del encofrado, y por último, la verificación de ventanas y pases para vaciados de mayor altura. (Ver imagen N° 26)

Imagen 26.
Encofrado de verticales - placa



Para el desencofrado de los elementos se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Señalizar el área de trabajo con malla o cinta de seguridad, tener en cuenta el orden de la zona a desencofrar, haciendo una planificación del acopio de los materiales en un lugar respectivo, habilitando zonas de tránsito, limpieza de encofrados.
- En ningún caso se debe dejar sin retirar soportes o elementos que ya hayan sido desajustados o inicialmente removidos; tener en cuenta que el desencofrado vertical será después de 24 horas de vaciado.
- Para el desencofrado se puede utilizar soga de nylon de 5/8" o 3/4" (paneles, rigidizadores, etc.), dependiendo del peso con la verificación y aprobación del ingeniero responsable. (Ver imagen N° 27)
- Para el desencofrado de elementos verticales (paneles metálicos) se realizará manualmente o con grúa bajo la supervisión directa del capataz o ingeniero de campo. Para el desencofrado manual, se utilizará las sogas anteriormente indicadas y andamios; para el desencofrado con grúa, se utilizará ganchos de izaje certificados por el proveedor del encofrado.

Imagen 27.
Desencofrado de verticales – placas



4.1.3. CONCRETO DE VERTICALES

Este proyecto utilizó concreto premezclado debido a los grandes volúmenes de concreto a vaciar en los diferentes elementos de la estructura, para ello se tuvo en cuenta que los camiones mixer sean los adecuados, que tengan acceso a la zona a vaciar y que el tiempo de transporte del concreto esté dentro de la tolerancia, según los tiempos indicados por el proveedor de concreto y/o las especificaciones del proyecto (Ver imagen N° 28). El tipo de concreto a usar en estos elementos será $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$.

El máximo tiempo de espera del concreto es de 1 ½ horas o antes de las 300 revoluciones, a menos que luego de sacar una muestra nuevamente, se corrobore que la mezcla aún es trabajable y la apruebe el cliente o la supervisión.

Imagen 28.
Programación de camiones mixer en obra



Antes de realizar el proceso de colocación del concreto, se debe verificar lo siguiente:

- Correcta ubicación del elemento vertical según los ejes y dimensiones, la topografía con cotas de fondo y el nivel de concreto.
- La armadura y encofrado según el control de calidad. (Que las varillas de refuerzo estén correctamente ubicadas)
- Si llevan instalaciones sanitarias como tendido de redes, ubicación de puntos de salida o pases para tubería; asimismo, si llevaran instalaciones eléctricas como redes y salidas (interruptores, tomacorrientes, etc.).
- La limpieza del fondo del encofrado y la humedad en toda la superficie de contacto deben estar libres de restos de mortero, concreto, óxidos, aceite, grasa, pintura o cualquier elemento perjudicial para el concreto.
- La preparación del sitio y condiciones de localización según las especificaciones técnicas y los requisitos indicados en los planos.

Durante el proceso de colocación del concreto se debe tener en cuenta lo siguiente:
(Ver imagen N° 29 y N° 30):

- El concreto debe ser colocado tan cerca de su ubicación final como sea posible, a fin de evitar segregación debido a remanipuleo o flujo.
- La colocación debe efectuarse en una operación continua o en capas de espesor tal que el concreto no sea depositado sobre otro ya endurecido para evitar la formación de juntas o planos de vaciado dentro de la sección.

Imagen 29.
Vaciado de columna con bomba



- El concreto contaminado por sustancias extrañas o endurecido parcialmente no deberá colocarse, igualmente no colocar concreto retemplado o el que haya sido premezclado después de iniciado el fraguado.
- Se debe verificar que el concreto llenó los espacios alrededor de las barras de refuerzo de elementos embebidos y en las esquinas de los encofrados con ayuda de los vibradores.
- Finalizado el proceso de colocación, el concreto deberá ser curado.

Imagen 30.
Vaciado de placa con bomba



4.1.4. FONDO DE VIGA

Se debe preparar accesos a superficie de encofrado, alturas superiores a las habituales que implican uso de elementos auxiliares (andamios y escaleras especiales).

- Realizar el acarreo de materiales de forma manual desplazándose por accesos libres de materiales y herramientas, teniendo en cuenta el peso de 25 kg por persona que es el límite.
- Se procede al armado de corte del fondo de viga, colocando una plataforma en el centro del andamio (parte inferior), cabe resaltar al realizar esta actividad en los bordes de losa se utilizará arnés de cuerpo entero y una línea de vida que restrinja la caída de los encofradores. (Ver imagen N° 31)

Imagen 31.
Fondo de viga



- Todas las vigas de apoyo que va a las fachadas deben de estar arriostradas en los extremos a los andamios interiores que ya están armados, evitando la caída o volteo de esta estructura o andamio. (Ver imagen N° 32)

Imagen 32.
Plataforma en parte inferior de viga



4.1.5. ACERO DE VIGA

Las estructuras horizontales se colocarán de manera manual con la ayuda de andamios metálicos para trabajos en altura.

Estos deben ser armados según el detalle y tipo de viga que se encuentren los planos del proyecto, asimismo, serán asegurados entre sí con alambre N° 16 utilizando un tortol, para lo cual, previamente el alambre se cortará en atados pequeños. (Ver imagen N° 33 y N° 34)

Imagen 33.
Armado de acero en viga



Finalmente, se debe realizar una verificación de colocación de la armadura con los siguientes puntos:

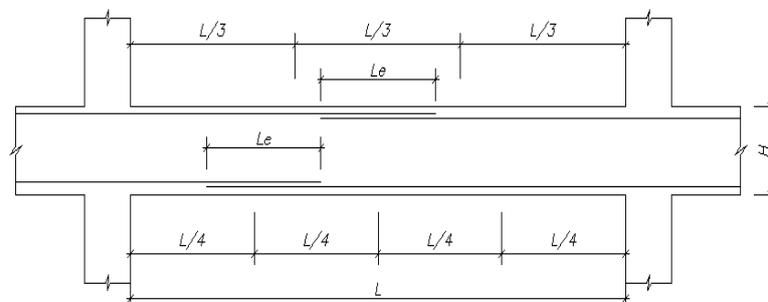
- Limpieza de la armadura (verificar que la armadura no presente corrosión). Las varillas de acero deberán tener los diámetros especificados según el plano del proyecto.
- Se verificarán los estribos (cantidad y espaciamiento) y las longitudes de traslape (con una tolerancia de ± 0 a 1 cm).

Imagen 34.
Armado de acero en viga



- Tener en cuenta los empalmes traslapados de barras corrugadas sujetas a tracción: la longitud mínima del traslape en los empalmes traslapados en tracción será conforme a los requisitos de los empalmes denominados tipo B o tipo C, pero nunca menor a 30 cm. (Ver imagen N° 35, tabla N° 4)

Imagen 35.
Empalmes traslapados para vigas y losas



Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto

NOTA: Empalmar máximo el 50% del refuerzo en una misma sección. En caso de no empalmarse en las zonas indicadas o con los porcentajes especificados aumentar la longitud en un 30% o consultar al proyectista. (*) Donde: l_e = Es la longitud del empalme.

Tabla 4.
Longitudes de empalme traslapados

LONGITUDES DE EMPALMES TRASLAPADOS " l_e " (cm)			
\varnothing	BARRAS SUPERIORES	OTRAS BARRAS	NOTAS:
1/4"	40	40	<p>1) LAS BARRAS SUPERIORES SON BARRAS HORIZONTALES COLOCADAS SOBRE 30cm Ó MÁS DE CONCRETO FRESCO. EL REFUERZO HORIZONTAL DE MUROS SE CONSIDERARÁ COMO "BARRAS SUPERIORES". EL REFUERZO VERTICAL PODRÁ SER CONSIDERADO COMO "OTRAS BARRAS".</p> <p>2) LOS VALORES MOSTRADOS CONSIDERAN CONCRETO $f'_c=210$ Kg/cm². PARA CONCRETO $f'_c=280$ Kg/cm² LAS LONGITUDES DE EMPALMES PARA BARRAS DE 3/4" Ó MAYORES PODRÁN MULTIPLICARSE POR UN FACTOR DE 0.9.</p> <p>3) EN CASO DE EMPALMAR MÁS DEL 50% DEL REFUERZO O DE NO EMPALMAR EN LAS ZONAS INDICADAS, SE DEBERÁ INCREMENTAR LA LONGITUD INDICADA EN UN 30%.</p>
3/8"	45	40	
1/2"	60	45	
5/8"	75	55	
3/4"	90	65	
1"	160	115	
1 3/8"	320	230	

Fuente: Especificaciones técnicas del proyecto

4.1.6. COSTADO DE VIGA

Se debe colocar las tapas del costado de la viga, pueden ser mediante fenólicos (tableros de madera) o encofrados. (Ver imagen N° 36 y N° 37)

Imagen 36.
Costado de viga



Tener en cuenta que a medida que se colocan las tapas se deben de colocar los separadores de acero para asegurar el recubrimiento en las diferentes estructuras, estos serán de concreto o PVC, de las dimensiones requeridas según especificaciones técnicas del proyecto.

Imagen 37.
Encofrado de viga



4.1.7. APUNTALAMIENTO Y FONDO DE LOSA

Se procede a realizar el apuntalamiento y colocar las vigas que sostendrán a las pre losas (proceso industrializado), las cuales estarán con sus respectivos trípodes en la parte inferior, para luego continuar colocando los postes que sostendrán a las vigas secundarias; cabe resaltar que los postes estarán con el usillo asegurado con clavos o alambres que eviten la caída de estos. (Ver imagen N° 38)

Imagen 38.
Apuntalamiento de losas



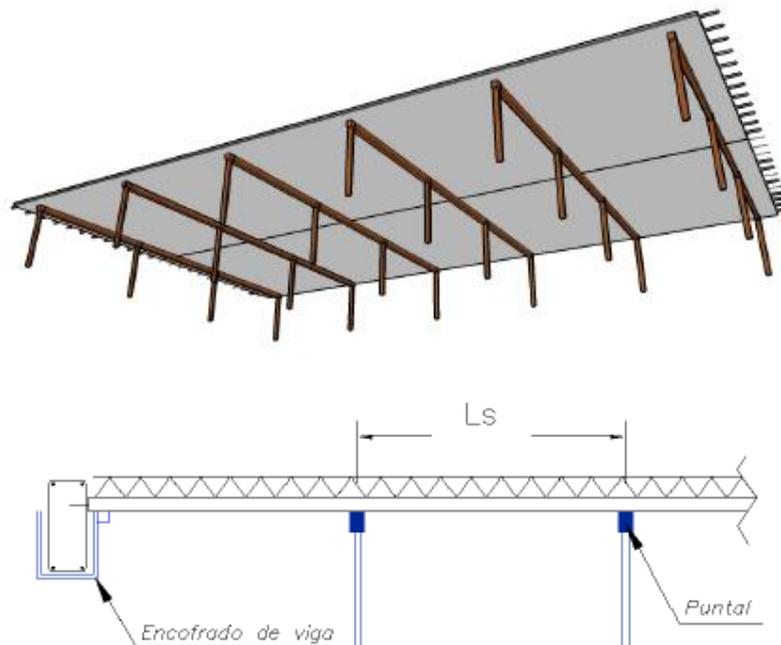
- En esta etapa de necesitarse colocar un fondo de losa con tableros de madera (proceso tradicional) por no utilizarse pre losas, se coloca los paneles sobre la viga secundaria de la losa, para esta actividad todo trabajador debe asegurar sus herramientas con drizas para evitar la caída de estas, y tendrá todo el sistema anticaída de altura, arnés y línea de vida horizontal. (Ver imagen N° 39)

Imagen 39.
Fondo de losa



- El sistema de apuntalamiento usado debe ser capaz de soportar las cargas que producen el concreto vaciado en obra, la pre losa, el personal y los equipos. El distanciamiento máximo entre apuntalamiento debe ser 3.00 m. (Ver imagen N° 40)

Imagen 40.
Detalle de apuntalamiento de pre losa



4.1.8. COLOCACIÓN DE PRE LOSAS

En un proceso industrializado se hace uso de pre losas, una vez que el transporte con los prefabricados llega a obra, deberá realizar lo siguiente:

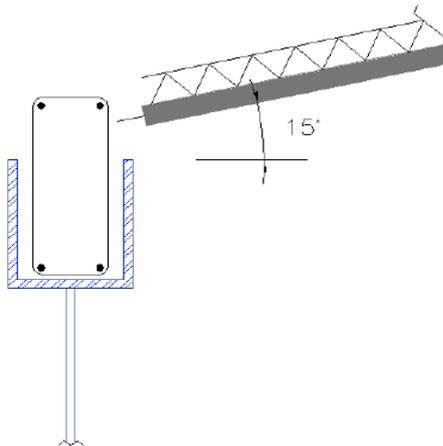
- Revisar la viga de izaje, los ganchos de seguridad, y cable con el que se realiza la maniobra. Siempre con apoyo de los riggers y el personal de campo.
- Con ayuda de la torre grúa, se procede a levantar las pre losas hasta su posición final (zona de colocación), se debe verificar la no interferencia con las armaduras verticales. (Ver imagen N° 41).

Imagen 41.
Colocación de pre losas



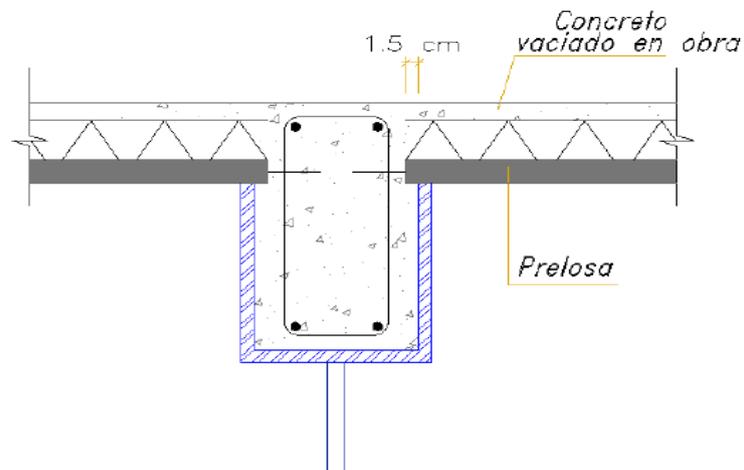
- Se debe orientar la pre losa correctamente según como indican los planos del proyecto; luego inclinar la pre losa aproximadamente 15 grados, acercando primero el lado de la pre losa que tiene las mechas e introducirlas en la viga ya armada. (Ver imagen N° 42)

Imagen 42.
Inclinación de pre losa



- Se debe ubicar la pre losa empotrando 1.5 cm del concreto de la pre losa en la sección de la viga, tanto en las partes horizontales como en las partes laterales. (Ver imagen N° 43)

Imagen 43.
Pre losa empotrada



- Se juntará la pre losa a las pre losas adyacentes, evitando vacío entre estas y verificar la correcta nivelación; terminado el proceso de montaje se retiran los puntos de izaje y se procede a enganchar la siguiente pre losa del camión de traslado.

4.1.9. ACERO EN LOSA SUPERIOR

Para un proceso tradicional, una vez acabado el fondo de losa, se realiza el armado de losa maciza, mientras que para un proceso industrializado se realiza el armado de la losa superior; para ambos casos se sigue el siguiente procedimiento:

- Para el habilitado de acero se procederá a realizar el corte y el doblado según indiquen los detalles en los planos. Tener en cuenta los refuerzos, gachos, barras longitudinales y estribos. (Ver tabla N° 5)

Tabla 5. Diámetros mínimos de doblado

DIÁMETRO MÍNIMO DE DOBLADO:	
<p>a) En barras Longitudinales: El diámetro del doblado medido a la cara interior de la barra no deberá ser menor a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Barras \varnothing 3/8 a 1": • Barras \varnothing 1 1/8" a \varnothing 1 3/8": 	<p>6 db</p> <p>8 db</p>
<p>b) En estribos: El diámetro del doblado medido a la cara interior de la barra no deberá ser menor a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Barras \varnothing 3/8 a 5/8": • Barras \varnothing 3/4" y mayores: 	<p>4 db</p> <p>6 db</p>
<p>c) En estribos de malla soldada (corrugada o lisa): El diámetro interior de los dobleces no deberá ser menor a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para alambre corrugado \varnothing 6 mm o mayor: • Para el resto: • A menos de 4 db de una intersección soldada: 	<p>4 db</p> <p>2 db</p> <p>8 db</p>
<p>Nota: db = Diámetro nominal de la barra</p>	

Fuente: RNE Capítulo 3, Art. 7, ítem 7.2. pág. 331

- Para la colocación del refuerzo se hará respetando los recubrimientos especificados en los planos. El refuerzo deberá asegurarse de manera que durante el vaciado no se produzcan desplazamientos que sobrepasan las tolerancias permisibles. El refuerzo se colocará en las posiciones especificadas dentro de las siguientes tolerancias. (Ver tabla N° 6)

Tabla 6.
Recubrimientos mínimos

CONCRETO VACIADO EN EL PROYECTO	Recubrimiento Mínimo
Concreto vaciado contra el suelo o en contacto con agua de mar.	7 cm
Concreto en contacto con el suelo o expuesto al ambiente: . Barras de \varnothing 5/8" o menores: . Barras de \varnothing 3/4 o mayores:	4 cm 5 cm
Concreto no expuesto al ambiente (Protegido por un revestimiento) ni en contacto con el suelo (Vaciado con encofrado y/o solado): . Losas o aligerados: . Muros o muros de corte: . Vigas y columnas: . Cascaras y láminas plegadas: (*) El recubrimiento deberá medirse al estribo.	2 cm 2 cm 4 cm (*) 2 cm

Fuente: RNE Capítulo 3, Art. 7, ítem 7.9.1, pág. 332

- Una vez revisado estos puntos deberá armarse según el detalle y tipo de losa que se encuentren los planos del proyecto, asimismo, serán asegurados entre sí con alambre N° 16 utilizando un tortol, para lo cual, previamente el alambre se cortará en atados pequeños. (Ver imagen N° 44)

Imagen 44.
Acero en losa superior



4.1.10. INST. ELÉCTRICAS/ INST. SANITARIAS

El procedimiento inicia de la siguiente manera:

- El habilitado de las tuberías y accesorios se realizará en la zona destinada para ello, y se presentará en campo antes de la instalación.
- Las uniones de accesorios a tuberías de PVC serán colocadas a presión o enroscadas. En el caso de tener uniones entre tuberías y/o accesorios de distinto material, se utilizarán otro tipo de transiciones recomendadas por el proveedor.
- Las uniones de accesorios a tuberías de polipropileno serán colocadas a presión o enroscadas. (Ver imagen N° 45)

Imagen 45.
Instalación sanitaria en losa



- Se montan y fijan las tuberías y las válvulas correspondientes en las losas, muros o techos.
- La distancia entre soportes está condicionada por el tipo de tubería y diámetro.
- Tener presente la construcción de las cajas de registro o buzones interiores (aplicable a la red de desagüe en el primer nivel).
- Asegurar verticalidad y fijación de los montantes de agua, desagüe y conductos de ventilación. (Ver imagen N° 46)

Imagen 46.
Instalaciones eléctricas en verticales



4.1.11. CONCRETO EN LOSA SUPERIOR

Debido a la altura del encofrado, este tipo de vaciado se realizará para todos los niveles con bomba de concreto o grúa torre. El tipo de concreto a usar en estos elementos será $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$. El procedimiento es el siguiente:

- La bomba será guiada por un vigía hasta el lugar previamente habilitado para su estacionamiento. Una vez estacionada se delimitará el acceso con mallas y conos de seguridad, a fin de restringir el paso a cualquier persona ajena a la actividad.
- Seguidamente la bomba iniciará el despliegue del brazo hidráulico hasta la posición de vaciado.
- Durante este proceso la bomba emitirá un sonido de alarma con el cual advierte la maniobra.
- Se deberá de retirar todo el personal de la zona hasta que el brazo hidráulico este posicionado. (Ver imagen N° 47)

Imagen 47.
Vaciado de losa con bomba



- Antes de iniciar el vaciado se debe de inspeccionar todos los equipos eléctricos a utilizar, verificando que se encuentren en óptimas condiciones de operación y de seguridad.
- Se debe de inspeccionar las rampas y andamios, que se encuentren bien asegurados, rígidos y con la tarjeta verde de inspección del día.
- El vaciado debe iniciar por la parte más alejada. Un operario guiará la manguera ayudado de una cuerda y coordinará con el operador de la bomba cuando deba de realizar una parada o cambiar de posición la manguera. (Ver imagen N° 48)
- Durante el vaciado debe irse compactando el concreto por medio de vibradores.
- Culminado el vaciado la bomba retraerá el brazo hidráulico emitiendo un sonido de alarma con el cual advierte la maniobra.
- Luego se iniciará el proceso de terminado o acabado de losa. Si se presentara una lluvia se extenderá el toldo de protección sobre el nivel vaciado.
- Finalizado el proceso de colocación, el concreto deberá ser curado. Este proceso se hará por vía húmeda o por sellado con membranas impermeables.

Imagen 48.
Procedimiento de vaciado de losa



4.2. PROCESO DE PRE ARMADO DE COLUMNAS

4.2.1. HABILITACIÓN Y ARMADO DE COLUMNA

Se debe realizar la selección de varillas de acero que se utilizarán. Con ayuda de una cizalla eléctrica se procederá a realizar el corte; seguido el doblado de varillas haciendo uso de una dobladora eléctrica. Terminado esto se debe realizar el armado según los planos y con las especificaciones técnicas del proyecto. (Ver imagen N° 49)

Imagen 49.
Habilitación y armado de columna



4.2.2. CARGADO DE COLUMNA

Para iniciar el cargado se requiere la ayuda de un camión grúa, esta deberá estar implementado con todos los requisitos de seguridad que se requieran para que después puedan ser llevados a obra. (Ver imagen N° 50)

Imagen 50.
Cargado de columna



4.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRE LOSAS

La fabricación se realiza en una planta fuera de la obra, la planta requiere tener sus propios recursos para poder realizar la fabricación de pre losas de forma adecuada. A continuación se describen los procesos que se realizan dentro de la planta que son los siguientes: Habilitación de molde, trazado y encofrado de pre losa, acero de refuerzo, vaciado de concreto, izaje, almacenamiento de pre losas, curado y despacho de pre losas.

4.3.1. HABILITACIÓN DEL MOLDE

Se eliminan todo tipo de partículas adheridas al molde de trabajo. Adicionalmente, se le aplica al molde una capa de desmoldante alrededor de toda la superficie. (Ver imagen N° 51)

Imagen 51.
Habilitación del molde



4.3.2. TRAZO Y ENCOFRADO DE LA PRELOSA

Con la aprobación del plano de pre losas se procede a marcar en el molde de trabajo la longitud y el ancho de las mismas. Una vez dimensionada se encofra el borde longitudinal y el transversal. Adicionalmente, se le aplica al molde una capa de desmoldante alrededor de toda la superficie. (Ver imagen N° 52)

Imagen 52.
Trazo y encofrado de pre losa



4.3.3. INSTALACIÓN DEL ACERO

Con la pre losa ya dimensionada en el molde de trabajo se procede a habilitar y colocar el acero en forma de malla electrosoldada, respetándose la cuantía de refuerzo en el sentido de la pre losas. De ser necesario, se colocará refuerzos adicionales en la zona central de la pre losa según las especificaciones de cada plano. (Ver imagen N° 53)

Imagen 53.
Instalación de acero



4.3.4. COLOCACIÓN DE SEPARADORES

Contando ya con la malla de acero instalada en el molde de trabajo, se procede a iniciar con la colocación de los separadores que sirven para darle el recubrimiento adecuado al acero. (Ver imagen N° 54)

Imagen 54.
Colocación de separadores



4.3.5. VACIADO

Estando colocados los separadores se procede a vaciar el concreto, vertiendo directamente el mixer en las mesas de prefabricado. Luego con el personal a cargo se procederá a esparcir el concreto en toda la pre losa y realizar el vibrado para evitar la formación de cangrejeras o segregaciones. Para la pre losa se dará la rugosidad a la cara superior. (Ver imagen N° 55)

Imagen 55.
Vaciado de pre losa



4.3.6. DESMOLDAJE

Una vez fraguada y con la ayuda de una viga de izaje se procede a ubicar en la pre losa los puntos para engancharla (Ver anexo N° 1) para ello se requiere que la pre losa posea una resistencia mayor a 35 kg/cm^2 . De esta manera, se evita la aparición de fisuras durante el izaje inicial. (Ver imagen N° 56)

Imagen 56.
Desmoldaje de pre losa



4.3.7. APILADO

Para su almacenamiento, se tiene la consideración que las pre losas pueden apilarse en un máximo de 14 pre losas por pila. Entre estas se colocaran tacos de madera nivelados para que la pre losa se encuentre horizontal. Se procederá a realizar el almacenamiento de las pre losas, verificando que estas se encuentren horizontales y con una buena cantidad de puntos de apoyo para evitar sobreesfuerzos. (Ver imagen N° 57)

Imagen 57.
Apilado de pre losa



4.3.8. CURADO

Estando las pre losas en la zona de almacén, se inicia el proceso de curado que dura 7 días. Este se realiza a base de agua. (Ver imagen N° 58)

Imagen 58.
Curado de pre losas



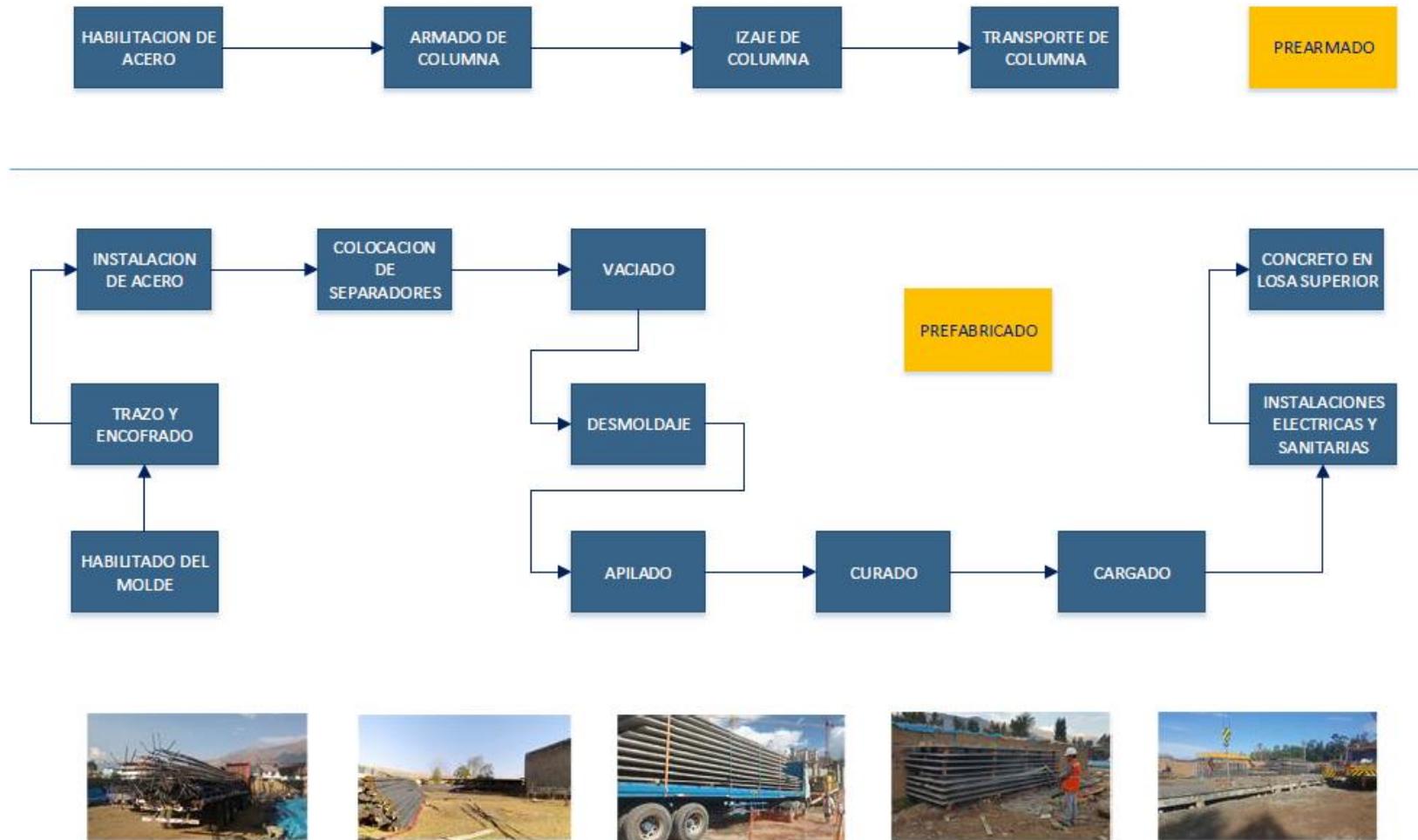
4.3.9. CARGADO

Pasado el proceso de curado, se procede a movilizarlas a un camión. Estas deben estar bien niveladas para evitar fisuras o rajaduras en el trayecto. Estas serán cargadas al camión apoyadas en tacos de madera y de forma horizontal. Durante el trayecto del camión, el camión recorrerá la ruta en forma lenta para cuidar las pre losas. (Ver imagen N° 59)

Imagen 59.
Cargado de pre losas



Imagen 60.
Mapeo de procesos en prefabricados y pre armados



Trabajar con prefabricados y prearmados implica tener una gestión adecuada necesaria para su producción a lo largo de toda la construcción, a continuación se describen las consideraciones necesarias a tener en cuenta cuando estas se fabrican:

- Compatibilizar el plano de pre losas y pre armados con la sectorización de la estructura para fabricar con las dimensiones que se requieren.
- Aumentar el horizonte de Lookahead (cronograma semanal) para que la producción se haga con anticipación y permita mejorar los despachos.
- Tener un reporte diario de la producción y de los despachos de cada día.
- Capacitar al personal para agilizar el izaje y descarga de pre losas y pre armados.
- Definir la cuadrilla a utilizar, la cantidad exacta de riggers y el apoyo que se requiere en el proceso de enganche desde el vehículo hasta la zona de colocación.
- Establecer un orden de cargado, (Según el formato de pedidos y la confirmación de los despachos con 12 horas de anticipación).
- Las pre losas deberán colocarse cerrando paños, para que inmediatamente se sigan con las actividades de habilitación de acero.
- Coordinaciones entre fabricante y constructor a la hora de fabricación.
- Tener una movilidad extra que sirva como reemplazo cuando otra no se encuentre operativa, realizar un nueva programación con las grúas que se tienen para que estas puedan cargar según la hora del despacho.
- Tener visitas a la planta para verificar stock que se tiene y garantizar que se posean los prefabricados y prearmados requeridas para los despachos de la semana. Esto nos ayudará a encontrar los defectos de fabricación de una manera temprana y corregirlos antes de la llegada a obra.

CAPÍTULO V

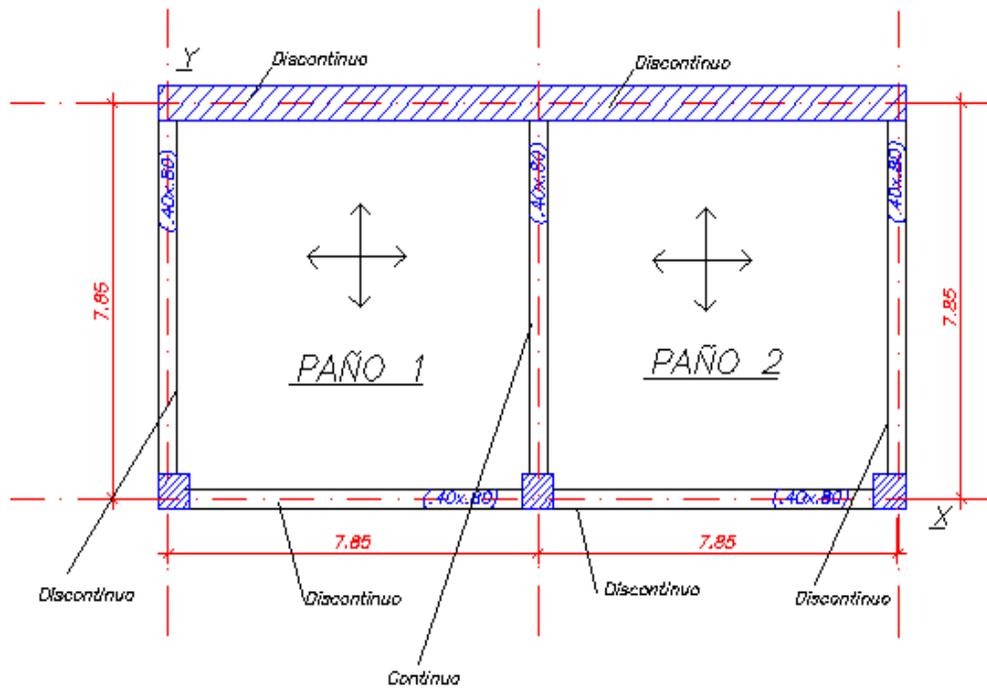
ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOSAS DE ENTREPISOS

5.1. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSA MACIZA BIDIRECCIONAL

Para realizar el siguiente análisis se tomó como muestra un tramo típico de 2 losas del sótano 2, paños de 7.85 m x 7.85 m. Este paño cuadrado cuenta con 4 apoyos en sus extremos, sus dimensiones son iguales, por lo que se deforman con igual curvatura en las dos direcciones.

Según lo mostrado en la imagen N° 61 se observa que el paño N° 1 está conformado por 3 extremos discontinuos y 1 extremo continuo, al igual que el paño 2 que posee las mismas características.

Imagen 61.
Paños escogidos para el diseño



5.1.1. PREDIMENSIONAMIENTO Y METRADO

a) Pre dimensionamiento:

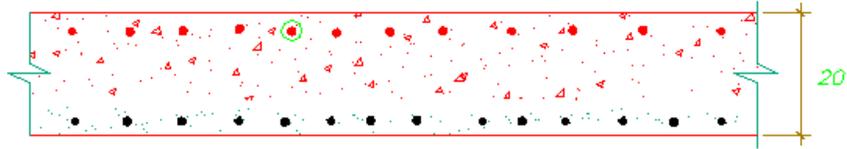
Para el pre dimensionamiento de losas de concreto se utilizó la mayor de las siguientes relaciones (el más desfavorable).

$$\text{Luz mayor}/36 \quad \text{o} \quad \text{Perímetro}/180$$

Por lo tanto:

$$7.85/36 = 0.20 \text{ m} \quad \text{o} \quad 785 \times 4 / 180 = 0.175 \text{ m}$$

Imagen 62.
Losa maciza bidireccional e=20 cm



b) **Metrado de cargas:**

Se consideró una sobrecarga de 250 kg/m² debido a que el uso era un estacionamiento.

Carga muerta:

Peso propio 480 kg/m²

Piso terminado 100 kg/m²

Carga muerta 580 kg/m²

Carga viva:

Sobrecarga 250 kg/m²

Carga viva 250 kg/m²

Carga última:

$$W_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$W_u = 1.4 \times 580 + 1.7 \times 250$$

$$W_u = 1237 \text{ kg/m}^2$$

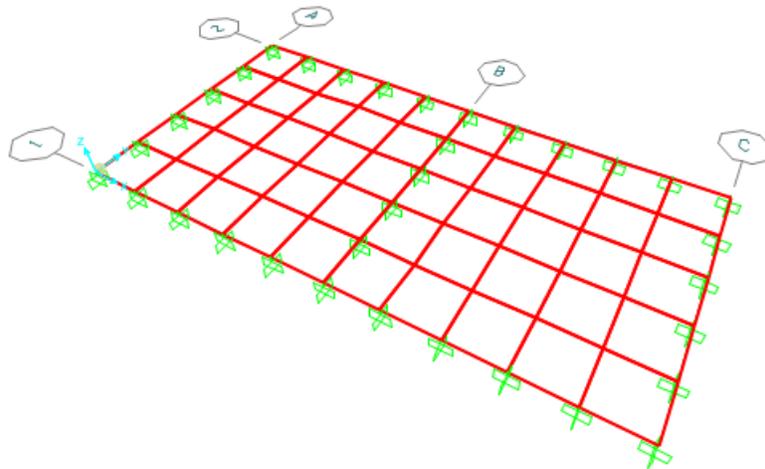
5.1.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

a) Según: PROGRAMA SAP2000

Las losas macizas, en nuestro ejemplo tienen espesores de 0.20 m (en la zona de los sótanos) y trabajan en una y dos direcciones. El análisis que se presentará a manera de muestra será de 2 paños escogidos del 2do sótano el cual tiene un uso de estacionamiento.

Para el análisis estructural (cálculo de momentos de la losa maciza) se utilizó el programa Sap2000, en donde de una manera sencilla se puede modelar este tipo de elementos teniendo en cuenta básicamente las condiciones de borde y las cargas actuantes sobre la losa, por lo que se tiene: (Ver figura N° 63)

Imagen 63.
Modelamiento de losa maciza en Sap2000



La imagen anterior muestra la modelación de la losa, en donde se puede apreciar que en todo el borde se han asignado apoyos empotrados representando de alguna manera las restricciones en estos bordes. Aplicando las cargas muertas ($CM=0.58 \text{ tn/m}$) y carga vivas ($CV=0.25 \text{ tn/m}$) actuantes sobre la losa se obtiene: (Ver imagen N° 64 y N° 65)

Imagen 64.
Diagrama momento flector en X-X

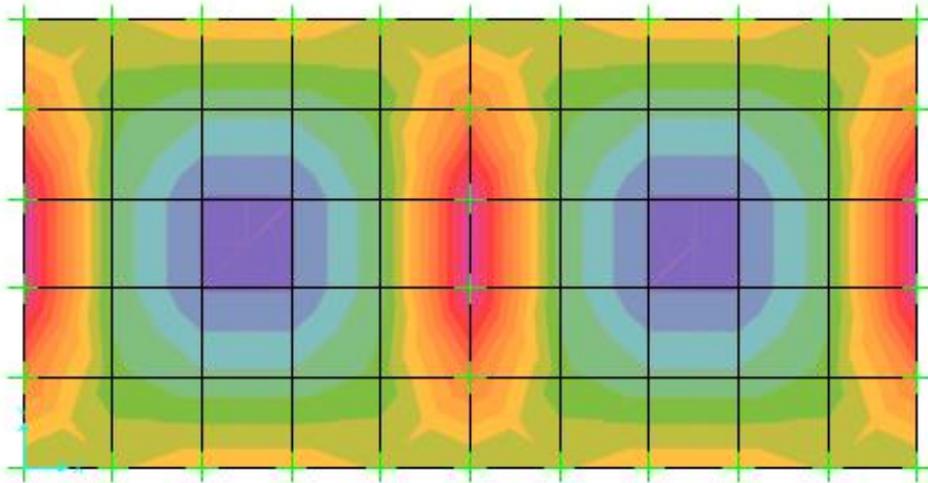
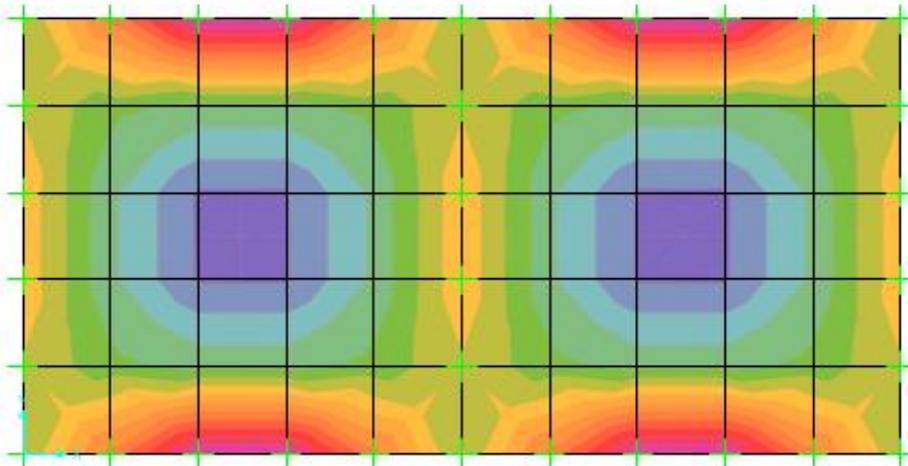


Imagen 65.
Diagrama momento flector en Y-Y



Como era previsible, los mayores esfuerzos negativos se producen en los apoyos límite entre al paño "1" y "2". Los mayores momentos positivos se presentan en el centro de los paños.

La siguiente tabla nos muestra los momentos obtenidos con el programa Sap2000:

Tabla 7.
Momentos obtenidos con el programa SAP2000

PAÑO 1	MOMENTOS DE FRANJA MEDIA		
M	Momento (+)	Momento (-)	
	M. Positivo	M. Discontinuo	M. Continuo
Mx	1636.73 kg.m	3400.17 kg.m	3400.17 kg.m
My	1636.73 kg.m	3400.17 kg.m	3400.17 kg.m
PAÑO 2	MOMENTOS DE FRANJA MEDIA		
M	Momento (+)	Momento (-)	
	M. Positivo	M. Discontinuo	M. Continuo
Mx	1636.73 kg.m	3400.17 kg.m	3400.17 kg.m
My	1636.73 kg.m	3400.17 kg.m	3400.17 kg.m

b) Según: JOINT COMITEE ASCE-ACI 1940

En este método la losa se considera dividida en franjas medias y franjas de columna. La sección crítica para el máximo momento negativo se ubica en la cara de las vigas y para el máximo positivo, en el centro de los paños. Los momentos, en la dirección mayor y menor, se calculan a través de la siguiente expresión:

Fórmula 1: Cálculo de momentos por el método de Joint Comitee

$$M = C \times Wu \times Ls^2$$

Fuente: Teodoro E. Harmsen (2005)

Donde:

C = Coeficiente que depende de las condiciones de apoyo (Según la tabla N° 8)

Wu = Carga amplificada uniforme por unidad de área (carga última)

Ls = Luz menor del paño analizado.

Tabla 8.
Coefficientes para el cálculo de los momentos de diseño de losas apoyadas

Momentos	Luz Corta						Luz larga para todo m
	Valor de m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	≤0.5	
Panel interior							
Momento negativo en:							
Extremo continuo	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
Extremo discontinuo	-	-	-	-	-	-	-
Momento positivo	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
Un extremo discontinuo							
Momento negativo en:							
Extremo continuo	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
Extremo discontinuo	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
Momento positivo	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
Dos extremos discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo continuo	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
Extremo discontinuo	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
Momento positivo	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037
Tres extremos discontinuos:							
Momento negativo en:							
Extremo continuo	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
Extremo discontinuo	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
Momento positivo	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
Cuatro extremos discontinuos							
Momento negativo en:							
Extremo continuo	-	-	-	-	-	-	-
Extremo discontinuo	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
Momento positivo	0.050	0.057	0.064	0.064	0.080	0.083	0.050

Fuente: Teodoro E. Harmsen (2005)

El valor de m será igual a:

$$m = \frac{L_s}{Ll} = \frac{\text{Luz menor}}{\text{Luz mayor}} = \frac{7.85}{7.85} = 1$$

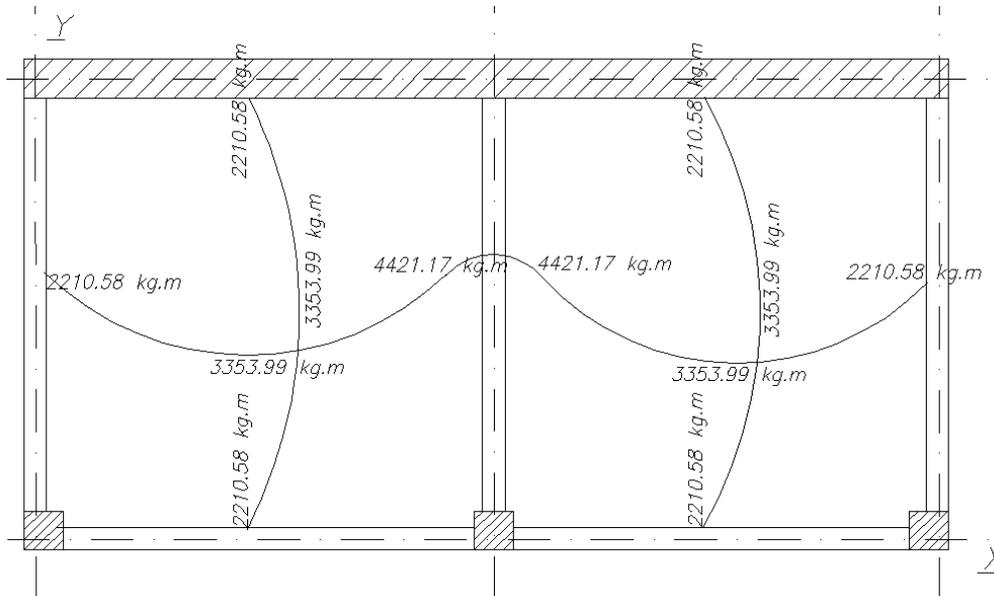
Una vez identificado los coeficientes con los que se trabajaran, se procede a realizar el cálculo de momentos como muestra la tabla N° 9.

Tabla 9.
Momentos obtenidos con el método Joint Comitee

PAÑO 1	MOMENTOS DE FRANJA MEDIA		
M	Momento (+)	Momento (-)	
	M. Positivo	M. Discontinuo	M. Continuo
Mx	3353.99 kg.m	2210.58 kg.m	4421.17 kg.m
My	3353.99 kg.m	2210.58 kg.m	2210.58 kg.m
PAÑO 2	MOMENTOS DE FRANJA MEDIA		
M	Momento (+)	Momento (-)	
	M. Positivo	M. Discontinuo	M. Continuo
Mx	3353.99 kg.m	2210.58 kg.m	4421.17 kg.m
My	3353.99 kg.m	2210.58 kg.m	2210.58 kg.m

La distribución de momentos será de la siguiente manera. (Ver imagen N° 66)

Imagen 66.
Distribución de momentos



c) Según: TABLA DE COEFICIENTES DE LA NTE E 060

Para este análisis de losas de concreto se utilizó el método de coeficientes permitido por la Norma Técnica de Edificaciones E.060 de Concreto Armado. Los momentos de flexión para las franjas centrales se calcularán de la siguiente manera:

Fórmula 2: Cálculo de momentos por el método de Coeficientes

$$M_a = C_a \times W_u \times A^2$$

$$M_b = C_b \times W_u \times B^2$$

Fuente: NTE E.060 Capítulo 13, ítem 7.3.2. pág. 129

Donde:

C_a = Coeficiente de momentos para la dirección corta. (Ver tabla 10, 11 y 12)

C_b = Coeficiente de momentos para la dirección larga. (Ver tabla 10, 11 y 12)

W_u = Carga última uniformemente repartida por unidad de área de losa.

A = Luz libre del tramo en la dirección corta.

B = Luz libre del tramo en la dirección larga.

En los bordes discontinuos la norma considera un momento negativo igual a un tercio del momento positivo, debido a la alta rigidez que poseen las vigas y el monolitismo generan momentos negativos. La fórmula para calcular los momentos negativos es la siguiente:

Fórmula 3: Cálculo de momentos negativos por el método de Coeficientes

$$M_{a \text{ neg}} = C_a \times W_u \times A^2$$

$$M_{b \text{ neg}} = C_b \times W_u \times B^2$$

Fuente: NTE E.060 Capítulo 13, ítem 1. pág. 130

La fórmula para calcular los momentos positivos será la siguiente: la suma de momentos de carga viva y carga muerta.

Fórmula 4: Cálculo de momentos positivos por el método de Coeficientes

$$M_{a \text{ pos}} = C_a \times W_u \text{ (CM)} \times A^2 + C_a \times W_u \text{ (CV)} \times A^2$$

$$M_{b \text{ pos}} = C_b \times W_u \text{ (CM)} \times B^2 + C_b \times W_u \text{ (CV)} \times B^2$$

Fuente: NTE E.060 Capítulo 13, ítem 2. pág. 132

Donde:

$W_u \text{ (CM)}$ = Carga muerta amplificada

$W_u \text{ (CV)}$ = Carga viva amplificada

Se ha definido que el Momento en el eje a se encuentra en la dirección "x", por lo que el Mb se encontrara en la dirección "y".

El valor de m será igual a:

$$m = \frac{L_s}{L_l} = \frac{\text{Luz menor}}{\text{Luz mayor}} = \frac{7.85}{7.85} = 1$$

Tabla 10.
Coefficientes para momentos negativos

Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
$m = \frac{A}{B}$									
1,00	C_a	0,045		0,050	0,075	0,071		0,033	0,061
	C_b	0,045	0,076	0,050			0,071	0,061	0,033
0,95	C_a	0,050		0,055	0,079	0,075		0,038	0,065
	C_b	0,041	0,072	0,045			0,067	0,056	0,029
0,90	C_a	0,055		0,060	0,080	0,079		0,043	0,068
	C_b	0,037	0,070	0,040			0,062	0,052	0,025
0,85	C_a	0,060		0,066	0,082	0,083		0,049	0,072
	C_b	0,031	0,065	0,034			0,057	0,046	0,021
0,80	C_a	0,065		0,071	0,083	0,086		0,055	0,075
	C_b	0,027	0,061	0,029			0,051	0,041	0,017

NTE E.060 Capítulo 13, ítem 1. pág. 130

Tabla 11.
Coefficientes para momentos positivos debidos a la carga muerta

Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
$m = \frac{A}{B}$										
1,00	C_a	0,036	0,018	0,018	0,027	0,027	0,033	0,027	0,020	0,023
	C_b	0,036	0,018	0,027	0,027	0,018	0,027	0,033	0,023	0,020
0,95	C_a	0,040	0,020	0,021	0,030	0,028	0,036	0,031	0,022	0,024
	C_b	0,033	0,016	0,025	0,024	0,015	0,024	0,031	0,021	0,017
0,90	C_a	0,045	0,022	0,025	0,033	0,029	0,039	0,035	0,025	0,026
	C_b	0,029	0,014	0,024	0,022	0,013	0,021	0,028	0,019	0,015
0,85	C_a	0,050	0,024	0,029	0,036	0,031	0,042	0,040	0,029	0,028
	C_b	0,026	0,012	0,022	0,019	0,011	0,017	0,025	0,017	0,013
0,80	C_a	0,056	0,026	0,034	0,039	0,032	0,045	0,045	0,032	0,029
	C_b	0,023	0,011	0,020	0,016	0,009	0,015	0,022	0,015	0,010

Fuente: NTE E.060 Capítulo 13, ítem 2. pág. 132

Tabla 12.
Coefficientes para momentos positivos debidos a la carga viva

Relación $m = \frac{A}{B}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
1,00	<i>Ca</i>	0,036	0,027	0,027	0,032	0,032	0,035	0,032	0,028	0,030
	<i>Cb</i>	0,036	0,027	0,032	0,032	0,027	0,032	0,035	0,030	0,028
0,95	<i>Ca</i>	0,040	0,030	0,031	0,035	0,034	0,038	0,036	0,031	0,032
	<i>Cb</i>	0,033	0,025	0,029	0,029	0,024	0,029	0,032	0,027	0,025
0,90	<i>Ca</i>	0,045	0,034	0,035	0,039	0,037	0,042	0,040	0,035	0,036
	<i>Cb</i>	0,029	0,022	0,027	0,026	0,021	0,025	0,029	0,024	0,022
0,85	<i>Ca</i>	0,050	0,037	0,040	0,043	0,041	0,046	0,045	0,040	0,039
	<i>Cb</i>	0,026	0,019	0,024	0,023	0,019	0,022	0,026	0,022	0,020
0,80	<i>Ca</i>	0,056	0,041	0,045	0,048	0,044	0,051	0,051	0,044	0,042
	<i>Cb</i>	0,023	0,017	0,022	0,020	0,016	0,019	0,023	0,019	0,017

Fuente: NTE E.060 Capítulo 13, ítem 2. pág. 132

Para la identificación de coeficientes en momentos positivos y negativos se tomó el caso N° 6 debido a que tiene un apoyo continuo. Una vez identificado los coeficientes a utilizar, se procede a calcular los momentos de la franja media con las fórmulas anteriores.

Amplificación de carga:

$$\text{Carga muerta: } 1.4 \times 580 = 812 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva: } 1.7 \times 250 = 425 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga total: } 1237 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momentos positivos:

$$M_x \text{ pos} = 0.033 \times 812 \times 7.85^2 + 0.035 \times 425 \times 7.85^2 = 2567.87 \text{ kg.m}$$

$$M_y \text{ pos} = 0.027 \times 812 \times 7.85^2 + 0.032 \times 425 \times 7.85^2 = 2189.08 \text{ kg.m}$$

Cálculo de momentos negativos continuos:

$$Mx \text{ neg} = 0.071 \times 1237 \times 7.85^2 = 5412.12 \text{ kg.m}$$

$$My \text{ neg} = 0$$

Cálculo de momentos negativos discontinuos: (1/3 del momento positivo)

$$Mx \text{ neg} = \frac{2567.87}{3} = 855.96 \text{ kg.m}$$

$$My \text{ neg} = \frac{2189.08}{3} = 729.69 \text{ kg.m}$$

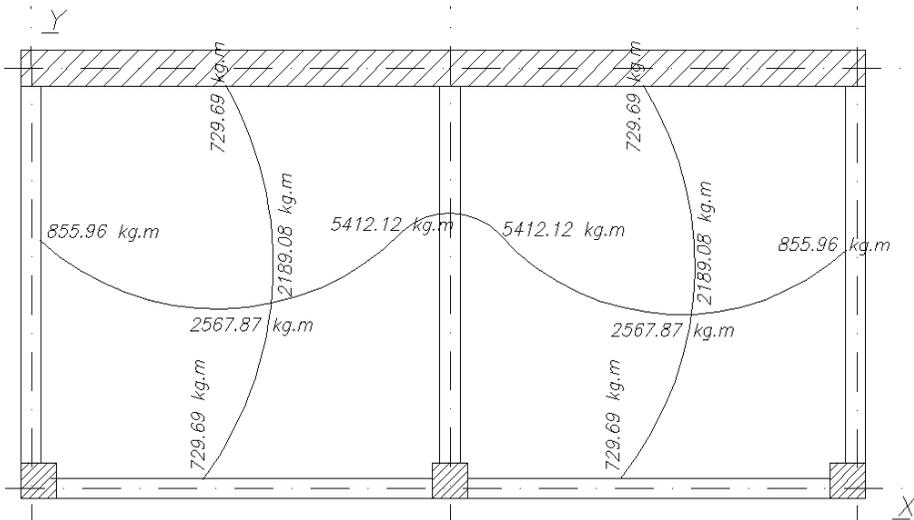
Una vez obtenido todos los momentos, se presenta la tabla N° 13

Tabla 13.
Momentos obtenidos con el método de coeficientes

PAÑOS	MOMENTOS DE FRANJA MEDIA		
	Momento (+)	Momento (-)	
M	M. Positivo	M. Discontinuo	M. Continuo
Mx	2567.87 kg.m	855.96 kg.m	5412.12 kg.m
My	2189.08 kg.m	729.69 kg.m	-

La distribución de momentos será de la siguiente manera (ver imagen N° 67)

Imagen 67.
Distribución de momentos



Realizando las comparaciones entre los 3 métodos, se tienen grandes diferencias en los momentos por más de 1000 kg.m, por lo cual se decidió trabajar con los momentos obtenidos por la NTE. 060. (métodos de coeficientes)

5.1.3. DISEÑO POR FLEXIÓN Y CORTE

a) Diseño por flexión

Para el diseño de losa se utilizó un concreto de $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, se realizó el procedimiento de diseño para secciones rectangulares, con un peralte efectivo "d" igual al espesor menos 3 cm y un ancho constante, $b = 100 \text{ cm}$. Para el cálculo de la cuantía "ρ" se utilizaron las tablas de diseño en flexión. (Ver tabla N° 14 y N° 15)

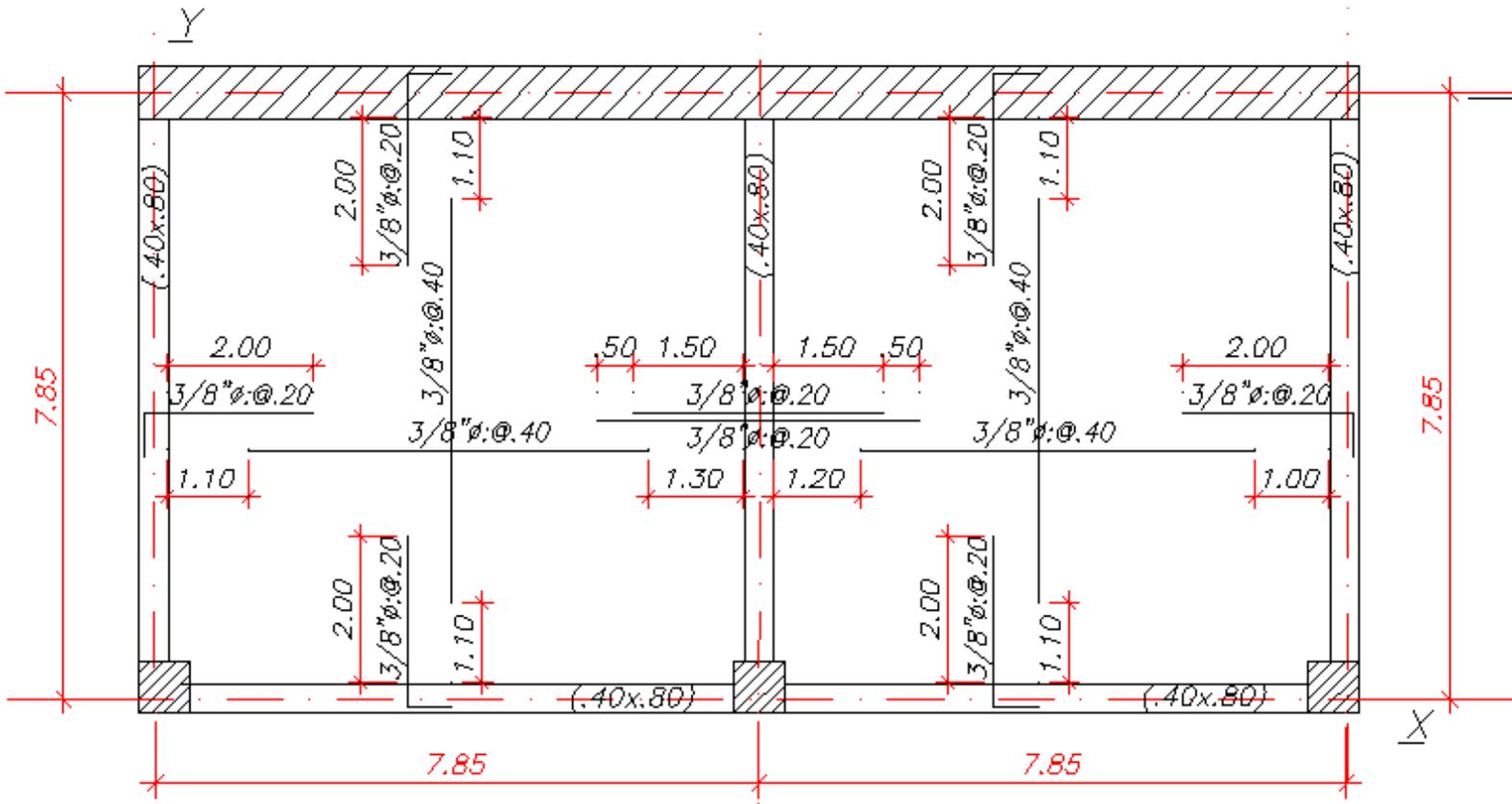
Tabla 14.
Diseño de losa maciza en el eje "x"

Tabla 15.
Diseño de losa maciza en el eje "y"

CÁLCULO DE MOMENTOS				CÁLCULO DE MOMENTOS								
(-)	Mu	=	855.96	Mu	=	5412.12	Mu	=	729.69	Mu	=	729.69
	b	=	100	b	=	100	b	=	100	b	=	100
	d	=	20 - 3 = 17	d	=	20 - 3 = 17	d	=	20 - 3 = 17	d	=	20 - 3 = 17
	Ku	=	3.06	Ku	=	18.73	Ku	=	3.06	Ku	=	3.06
	ρ	=	0.0024	ρ	=	0.0053	ρ	=	0.0024	ρ	=	0.0024
	As.			As.			As.			As.		
	Requerido	=	4.08	As. Requerido	=	9.01	Requerido	=	4.08	As. Requerido	=	4.08
	As. Colocado	=	3/8@20cm	As. Colocado	=	2φ3/8@20cm	As. Colocado	=	3/8@20cm	As. Colocado	=	3/8@20cm
(+)	Mu	=	2567.87	Mu	=	2189.08	Mu	=	2189.08	Mu	=	2189.08
	b	=	100	b	=	100	b	=	100	b	=	100
	d	=	20 - 3 = 17	d	=	20 - 3 = 17	d	=	20 - 3 = 17	d	=	20 - 3 = 17
	Ku	=	8.89	Ku	=	7.57	Ku	=	7.57	Ku	=	7.57
	ρ	=	0.0025	ρ	=	0.0021	ρ	=	0.0021	ρ	=	0.0021
	As.			As.			As.			As.		
	Requerido	=	4.25	Requerido	=	3.57	Requerido	=	3.57	Requerido	=	3.57
	As. Colocado	=	3/8@20cm	As. Colocado	=	3/8@20cm	As. Colocado	=	3/8@20cm	As. Colocado	=	3/8@20cm

Tener en cuenta que la cuenta mínima será: $A_{smin} (neg) = 0.0024 b h = 4.08 \text{ cm}^2$. Las áreas de acero colocadas son las siguientes, teniendo en cuenta que se tiene una malla inferior de $3/8" @ 0.20$, esto está indicado en la imagen N° 68.

Imagen 68.
Detalle de losa maciza bidireccional



b) Diseño por corte:

El diseño de secciones transversales sometidas a fuerza cortante debe estar basado en la siguiente fórmula:

Fórmula 5: Diseño por fuerza cortante

$$\phi V_n \geq V_u$$

Fuente: NTE E.060 Capítulo 11, ítem 1. pág. 87

Donde:

V_u = Fuerza cortante amplificada en la sección considerada.

V_n = Resistencia nominal

Para calcular la fuerza cortante que aporta el concreto se calculará mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 6: Diseño por fuerza cortante

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

Fuente: Recopilación de clases de concreto armado 2015 UC

Donde:

0.85 = Factor de reducción de resistencia – Cortante.

f'_c = Resistencia del concreto.

b = base de la sección.

d = peralte efectivo de sección.

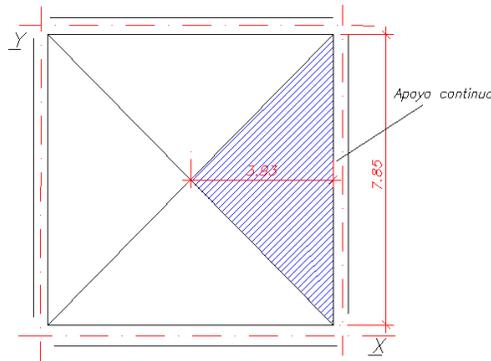
Reemplazando en la fórmula 6:

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{245} \times 100 \times 17$$

$$\phi V_c = 11.99 \text{ ton}$$

Para calcular la fuerza cortante se realizará por área tributaria en base a la carga última de la losa, de la siguiente manera: (Ver imagen N° 69)

Imagen 69.
Área Tributaria de losa en el apoyo continuo

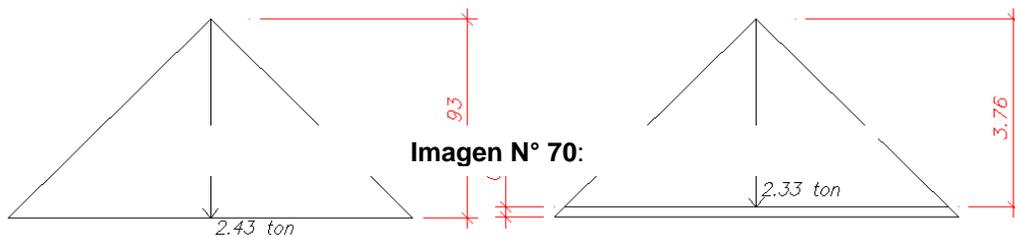


$$\text{Area tributaria} = \frac{b \times h}{2} = \frac{7.85 \times 3.93}{2} = 15.41 \text{ m}^2$$

Cortante a la cara del apoyo:

$$Vu \text{ cara del apoyo} = \frac{Wu \times At}{Ln} = \frac{1237 \times 15.41}{7.85} = 2428.30 \text{ kg} = 2.43 \text{ ton}$$

Imagen 70.
Cortante a la cara del apoyo



Para la cortante crítica por efecto de la carga uniformemente distribuida, la calculamos el VUd1 mediante proporciones de la siguiente manera: (d=20-3=17 cm)

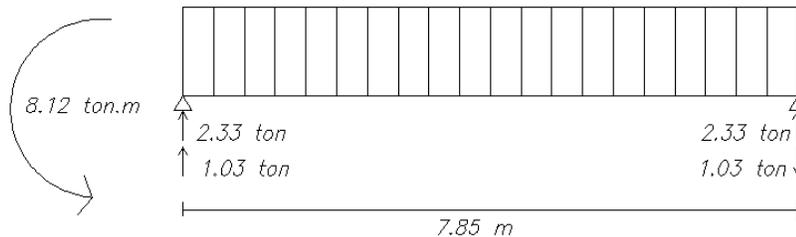
$$\frac{3.93}{2.43} = \frac{(3.93 - 0.17)}{Vud1 \text{ critico}} \quad ; \quad Vud1 \text{ critico} = 2.32 \text{ ton}$$

Para la cortante por efecto del borde continuo, calculamos el Vud2 mediante proporciones, de la siguiente manera:

$$\frac{M}{Ln} = \frac{8.12}{7.85} \quad ; \quad Vud2 \text{ continuo} = 1.03 \text{ ton}$$

Calculamos la cortante más desfavorable mediante la siguiente imagen:

Imagen 71.
Diagrama de fuerzas



$$Vud1 + Vud2 = 1.03 + 2.32 = 3.35$$

Por lo tanto, cumple con la siguiente condición establecido por la NTE E.060.:

$$\phi Vn \geq Vu$$

$$11.99 \geq 3.32$$

5.1.4. CONTROL DE DEFLEXIONES

Cálculo de las deflexiones en los bordes continuos de carga viva:

Fórmula 7: Deflexiones en bordes continuos por carga viva

$$\Delta cv = \frac{3 \times Mb \times L^2}{32 \times E \times I}$$

Fuente: Nilson. H Capítulo 12, ítem 3. pág. 386

Para el cálculo de las deflexiones en los bordes continuos de carga muerta:

Fórmula 8: Deflexiones en bordes discontinuos por carga viva

$$\Delta cm = \frac{1 \times Mb \times L^2}{16 \times E \times I}$$

Fuente: Nilson. H Capítulo 12, ítem 3. pág. 386

Para el cálculo de las deflexiones en los bordes discontinuos de carga muerta:

Fórmula 9: Deflexiones en bordes discontinuos por carga muerta

$$\Delta cm = \frac{5 \times Mb \times L^2}{48 \times E \times I}$$

Fuente: Nilson. H Capítulo 12, ítem 6. pág. 387

Donde:

E = Modulo de elasticidad del concreto

I = Momento de inercia efectiva de la viga

Mb = Momento de carga viva o muerta (Cargas en etapa de servicio)

L = Longitud del paño

Momentos en etapa de diseño y servicio: (Estos momentos fueron obtenidos por el método de coeficientes en el capítulo 5.1.2)

Tabla 16.
Momentos en etapa de diseño y servicio

En etapa de diseño			
Carga Viva		Carga Muerta	
Mx =	916.63	Mx continuo =	1651.24
My =	838.07	My discontinuo =	1351.01
En etapa de servicio			
Carga Viva		Carga Muerta	
Mx =	539.20	Mx continuo =	1179.45
My =	492.98	My discontinuo =	965.01

Momento de inercia: (para una franja de 1.05)

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{105 \times 40^3}{12} = 560000 \text{ cm}^4$$

Módulo de elasticidad del concreto:

$$E_{\text{concreto}} = 2.2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Las deflexiones obtenidas reemplazando las fórmulas 6, 7 y 8 son:

Tabla 17.
Deflexiones obtenidas

Deflexiones obtenidas			
Carga Viva		Carga Muerta	
$\Delta x =$	0.28 cm	Mx continuo =	0.50 cm
$\Delta y =$	0.25 cm	My discontinuo =	0.42 cm

Según la E.060 nos dice que la deflexión adicional en el tiempo, resultante del flujo plástico del concreto y de la retracción de los elementos en flexión, para más de 5 años se deberá utilizar un factor $\epsilon=3$.

Por lo tanto, la deflexión por carga muerta que puede causar daño es:

$$\Delta = \Delta_{cm} \times \varepsilon \times 0.5 = 0.50 \times 3 \times 0.5 = 0.75 \text{ cm}$$

La deflexión que produce el daño potencial es la suma del incremento de la deflexión ocasionada por el tiempo por la carga muerta y la deflexión inmediata que produce la carga viva es:

$$\Delta x = \Delta_{cm} + \Delta_{cv} = 0.75 + 0.28 = 1.03 \text{ cm}$$

De acuerdo a la norma E060 la deflexión máxima permitida es: $785/480 = 1.64 \text{ cm}$
> 1.03 cm cumple, por lo tanto, el diseño es correcto.

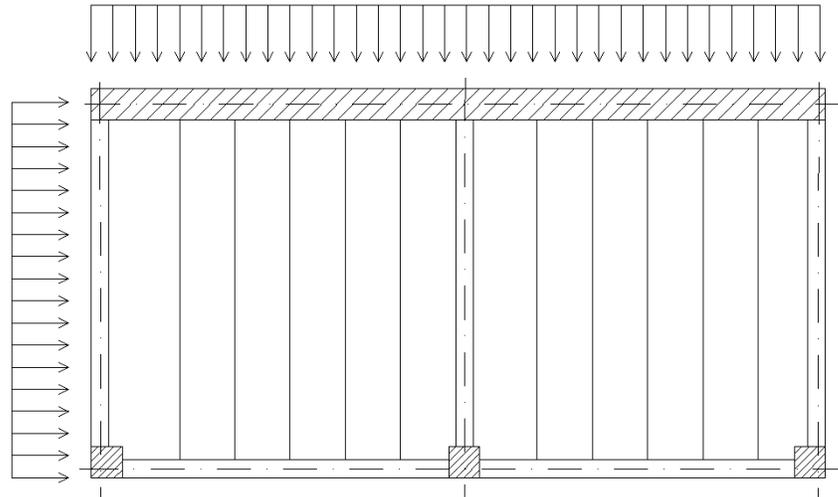
5.2. MODULACIÓN Y DISEÑO DE UNA PRE LOSA MACIZA

Una vez diseñada una losa maciza se procede a modular y diseñar con el plano ya obtenido en el ítem anterior; para ello, primero veremos el comportamiento estructural de este elemento prefabricado.

5.2.1. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

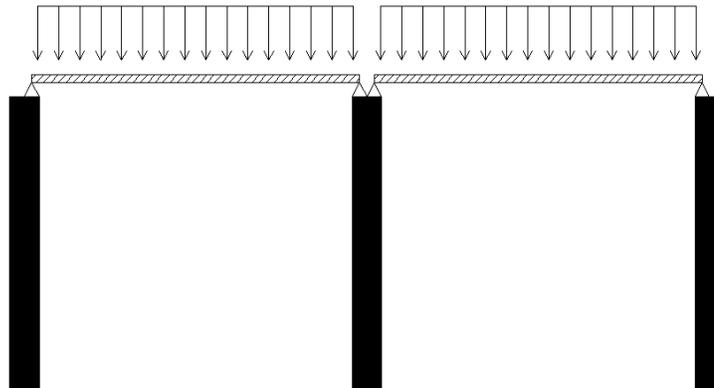
Una vez colocada la pre losa sobre los apoyos, la imagen N° 72 muestra la losa de entrepiso conformado por 1 muro, 3 vigas en el perímetro y una viga central en donde se apoyan las pre losas; la cual se encuentran sometidas a cargas producidas por el peso propio y los obreros que transitan sobre ella distribuida a lo largo de toda la pre losa.

Imagen 72.
Plano en planta bajo cargas de gravedad



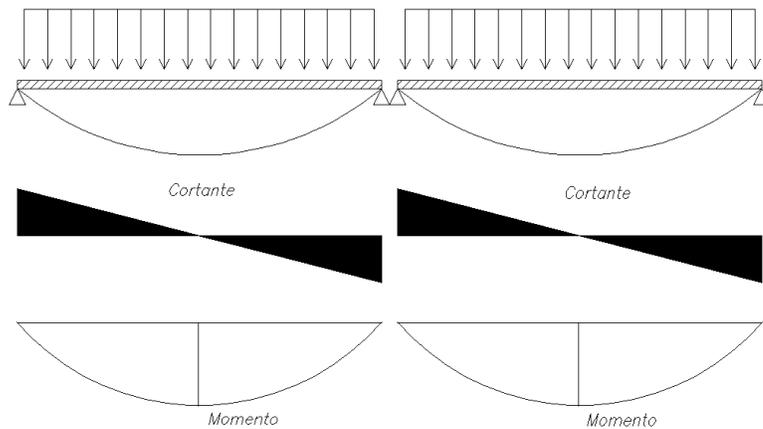
Cada pre losa se idealiza como una viga simplemente apoyada sometida a una carga uniformemente repartida. (Ver imagen N° 73)

Imagen 73.
Idealización de pre losas sobre la estructura



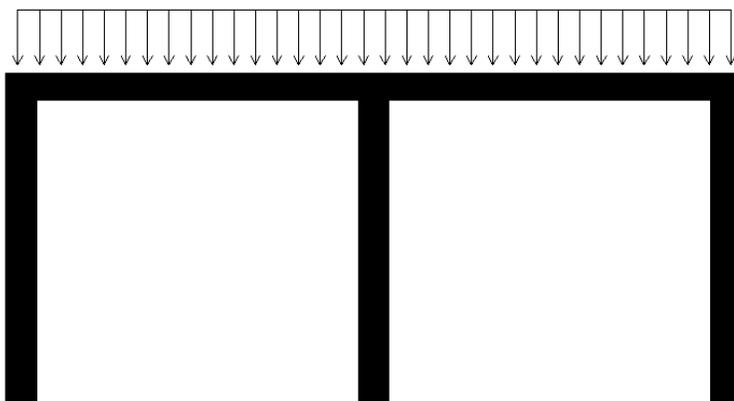
A lo largo de estos elementos sometidos por acción de cargas el comportamiento en flexión origina esfuerzos de tracción en la zona inferior y compresión en la zona superior; el momento actuante varía y se incrementa desde los apoyos hacia el centro de la luz. (Ver imagen N° 74)

Imagen 74.
Diagrama fuerza cortante y momento flector en pre losa



La utilización de pre losas es una buena opción para las losas de entrepiso, dado que con un vaciado *in situ* de losa superior se integra el diafragma evitando los problemas que se dan durante sollicitaciones de gravedad. Una losa fabricada con pre losas tendrá un comportamiento similar al de una losa maciza ya que asegurará el monolitismo de la estructura como se observa en la imagen N° 75.

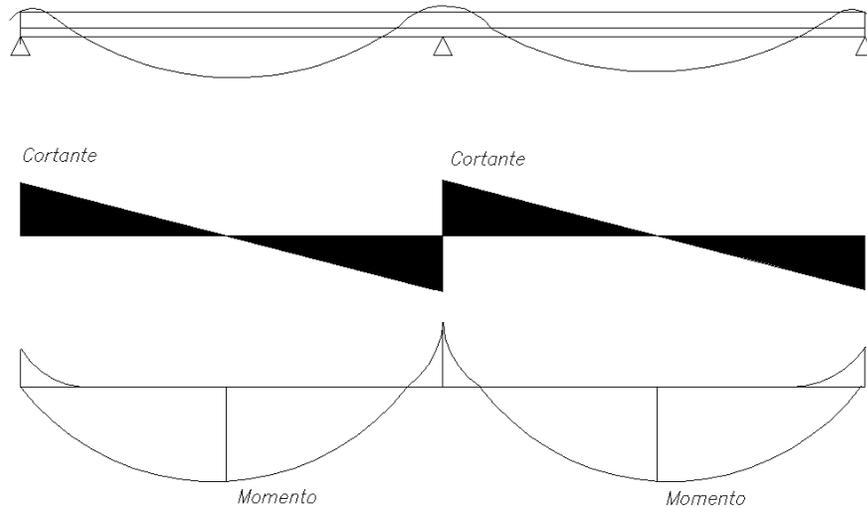
Imagen 75.
Idealización de losa con pre losas sobre la estructura



Una vez vaciado el concreto superior, los tralichos integran a los 2 concretos de edades diferentes y trabajan como una losa maciza pudiendo soportar las cargas para las que fue diseñada dicha losa. (Ver imagen N° 76)

Imagen 76.

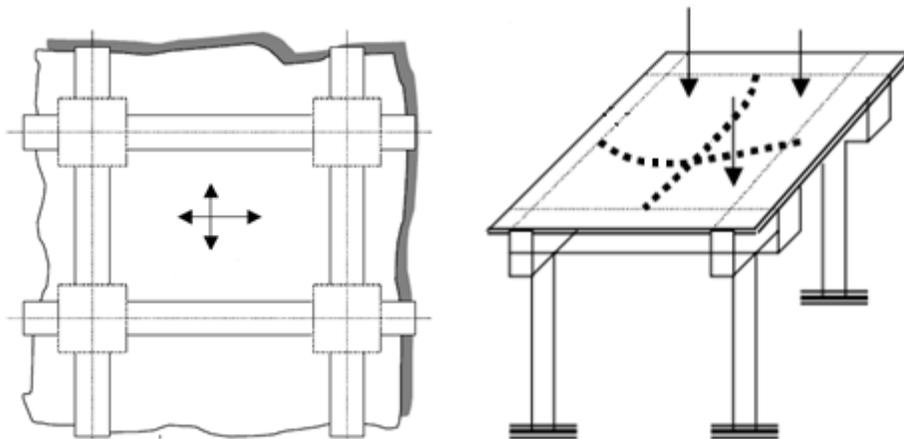
Diagrama fuerza cortante y momento flector en losa con pre losa



En esta idealización de losa con pre losa aparecen las fuerzas de tracción y compresión originadas por la flexión del elemento, además se muestra el diagrama de fuerzas cortantes y momentos flectores en distintos puntos de la losa.

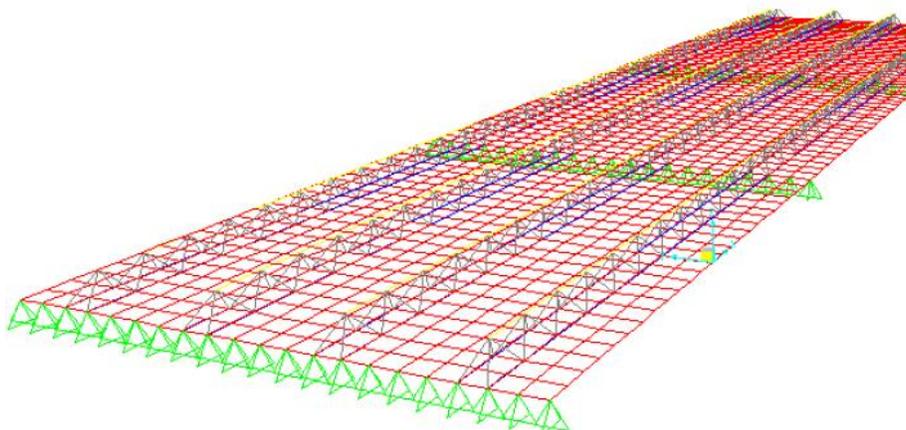
En la imagen anterior, la losa en conjunto (losa con pre losa) tiene las dimensiones y están apoyadas de tal forma que presenta una acción bidireccional, es decir, la superficie deformada está sometida a dos tipos de curvaturas indicando que existen momentos en las dos direcciones. Para resistir estos momentos la losa se debe reforzar en ambas direcciones, deberá llevar el acero de refuerzo correspondiente a los momentos calculados en las dos direcciones; cuyas cuantías aseguren una adecuada capacidad de carga cuando se someta a las diferentes sollicitaciones externas. (Ver imagen N° 77)

Imagen 77.
Acción bidireccional de losa con pre losa



La zona inferior de la losa llevará los esfuerzos de tracción por momentos positivos; por lo que la armadura se encontrará embebida en el espesor de la pre losa y por encima de esta. Se le agregarán unos tralichos triangulares que darán rigidez a la pre losa para soportar la flexión que se sufre en dicha zona debido a las cargas solicitadas en ese momento. (Ver imagen N° 78)

Imagen 78.
Armadura inferior embebida en pre losa



El refuerzo embebido en la pre losa se coloca en el sentido longitudinal a esta y está compuesta por mallas electrosoldadas, tralichos y/o barras corrugadas como lo muestran las imágenes N° 79 y 80.

Imagen 79.

Armadura inferior en el sentido longitudinal a la pre losa



Imagen 80.

Bastoneria de refuerzo en el sentido longitudinal a la pre losa



Para la otra dirección (sentido transversal a la pre losa), se colocará el acero de refuerzo encima de la pre losa, y por tanto, se recalcula teniendo en cuenta que el peralte efectivo en esa dirección es menor. (Ver imágenes N° 81 y 82)

Imagen 81.
Acero de refuerzo transversal a la pre losa

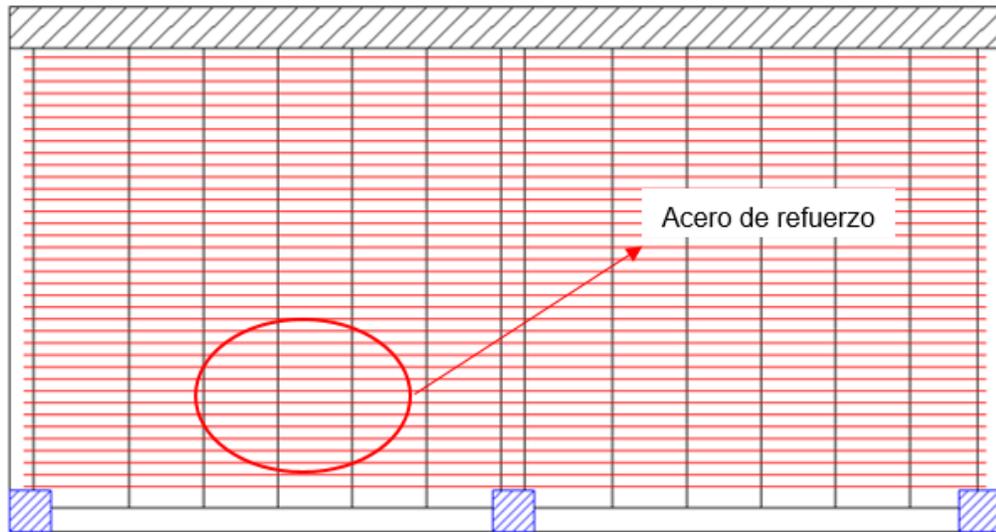


Imagen 82.
Acero de refuerzo encima de pre losa



Colocada la armadura inferior se procederá a colocar la superior. El refuerzo en la dirección de las pre losas será el indicado por el proyectista estructural, mientras que el refuerzo en la dirección transversal será recalculado teniendo en cuenta la reducción del peralte efectivo. (Ver imágenes N° 82 y 83)

Imagen 83.
Armadura en losa con pre losa

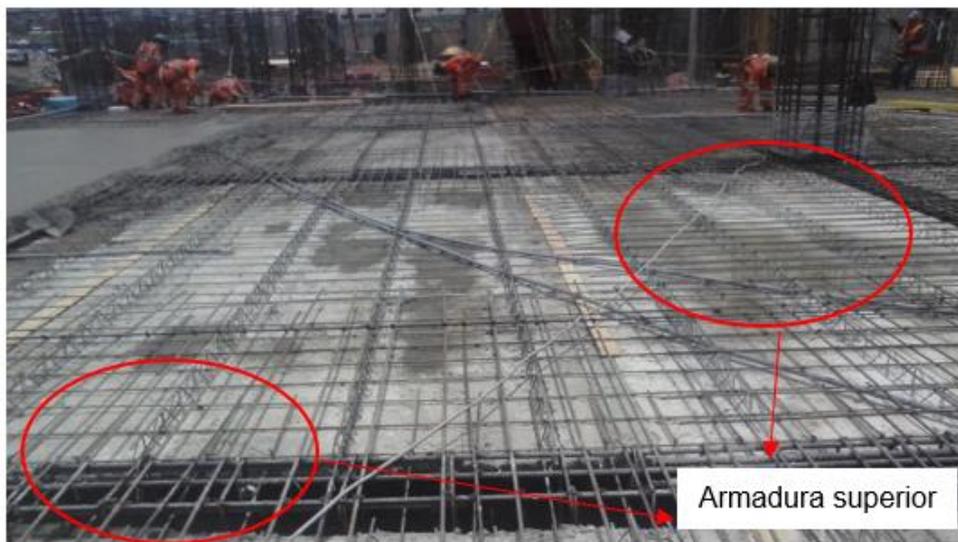
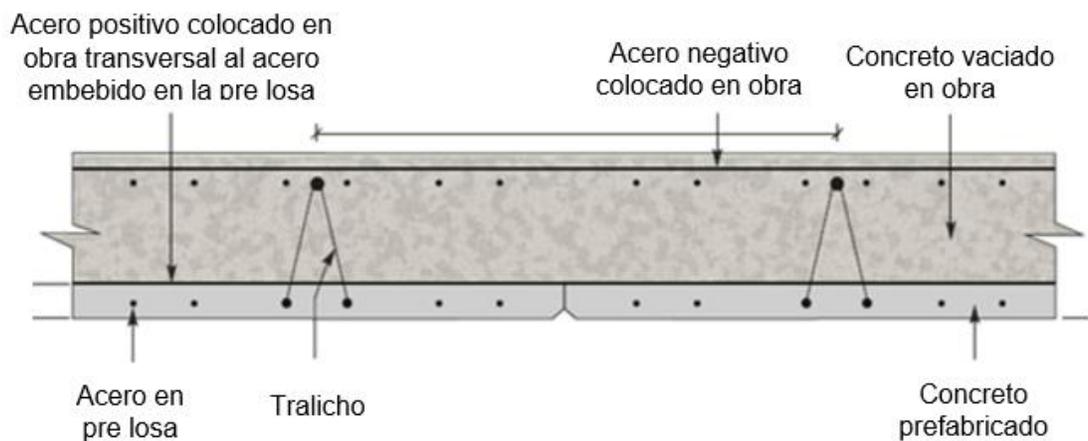


Imagen 84.
Detalle transversal de losa con pre losa



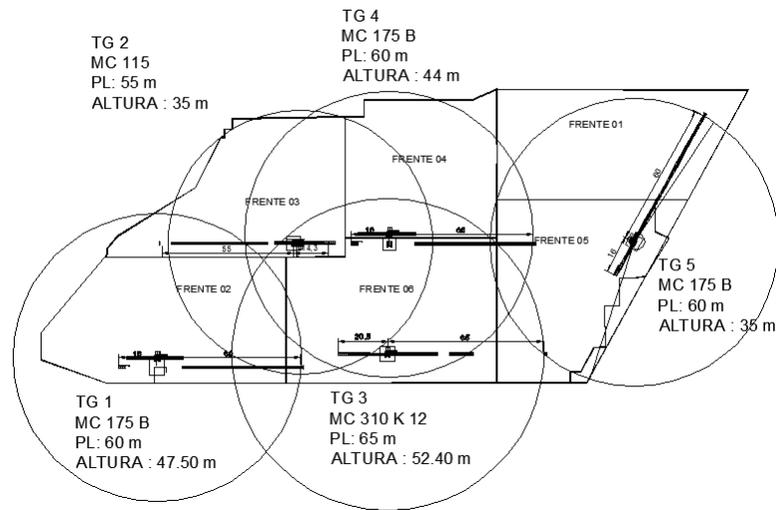
5.2.2. DIMENSIONAMIENTO

Esta etapa consiste en dividir la losa en tamaños pequeños, como máximo de 2.5 m de ancho a la luz menor, esto es porque es el ancho mínimo de la mesa de producción. Para dimensionarlas se debe tener en cuenta lo siguiente:

5.2.2.1. Ubicación de la grúa

Este proyecto contó con 5 torres grúas destinadas para los 6 frentes, estas torres tenían alturas mayores a los 50 m y tenían un radio de giro de 60 m. A continuación mostramos la ubicación de las grúas dentro del proyecto. (Ver imagen N° 85)

Imagen 85.
Ubicación de grúas dentro del proyecto



Para nuestra modulación la grúa del frente 6 se encuentra 52.60 m del paño a diseñar.

5.2.2.2. Capacidad de carga de grúas

La capacidad de carga está definida como la potencia máxima que tiene una grúa para izar una determinada carga. La pluma de la grúa torre actúa como una viga simplemente apoyada y cuando la carga se encuentra más lejos de la torre o tronco, la pluma de la grúa actúa como una viga en voladizo.

Las pre losas serán de menor dimensión para las zonas en las que las grúas manejan su menor capacidad de carga. Es decir, en las zonas más alejadas las pre losas tendrán una menor dimensión que las pre losas que se encuentren más cerca de la torre de la pluma.

Los datos de capacidad de carga que se mostrarán a continuación, es sin considerar el peso balancín, cuyo peso promedio es 200 kg. (Ver tabla N° 18)

Tabla 18.
Capacidad de carga de la torre grúa Potain MD 310 C K12

60 m	3,1	▶	13,6	15	17	20	22	24	26,1	27	30	32	35	37	40	42	45	47	50	52	55	57	60	m
▲▲▲▲			8	7,2	6,1	5	4,5	4	4	3,9	3,4	3,1	2,8	2,6	2,4	2,25	2,1	1,95	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	t
55 m	3,1	▶		15,6	17	20	22	25	27,5	29,9	31	32	35	37	40	42	45	47	50	52	55			m
▲▲▲▲				8	7,2	5,9	5,3	4,5	4	4	3,8	3,7	3,3	3,1	2,8	2,7	2,45	2,3	2,15	2,05	1,9			t
50 m	3,1	▶			18,6	20	22	25	27	30	32	33	36	37	40	42	45	47	50					m
▲▲▲▲					8	7,4	6,6	5,6	5,1	4,5	4,2	4	4	3,9	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7					t
45 m	3,1	▶				20,8	22	25	27	30	32	35	36,8	40,1	42	45								m
▲▲▲▲						8	7,5	6,4	6	5,2	4,8	4,3	4	4	3,8	3,5								t
40 m	3,1	▶					20,8	22	25	27	30	32	35	36,8	40									m
▲▲▲▲							8	7,5	6,4	6	5,2	4,8	4,3	4	4									t
35 m	3,1	▶						20,8	22	25	27	30	32	35										m
▲▲▲▲								8	7,5	6,4	6	5,2	4,8	4,3										t
30 m	3,1	▶							20,8	22	25	27	30											m
▲▲▲▲									8	7,5	6,4	6	5,2											t
25 m	3,1	▶								21,5	22	25												m
▲▲▲▲										8	7,8	6,7												t

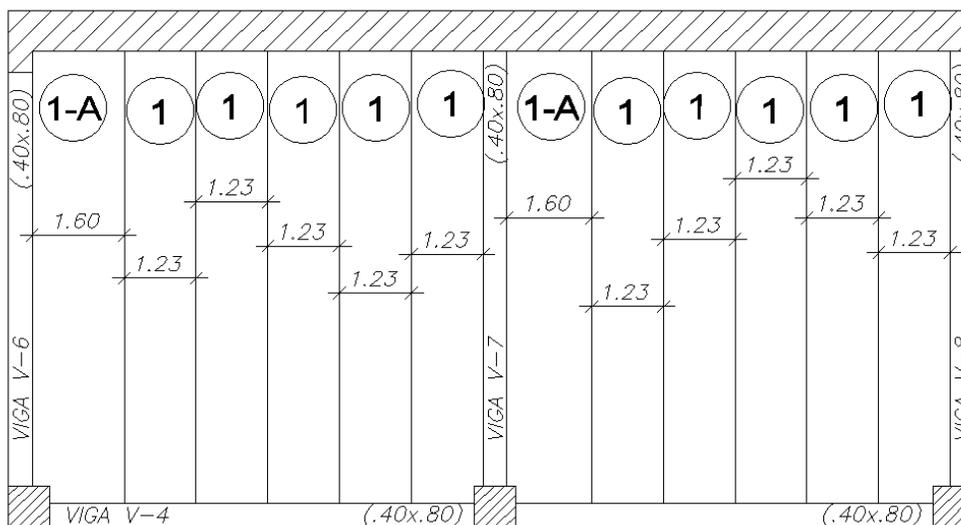
Para nuestra modulación la capacidad de carga para 52.60 m es de 1.7 ton como máximo. Para la división primero se deberá escoger el sentido de la pre losa, al ser maciza esta deberá estar apoyada hacia cualquiera de los sentidos, pero es indispensable hacia el lado que tenga apoyos en los extremos (como en las vigas y no en las placas) ya que así, esta podrá ser apoyada con 5 cm como mínimo como lo solicita la norma peruana. Seguido se procede a dimensionar las pre losas considerando el ancho de la mesa de producción que es de 2.5 m. El resultado es el siguiente: (Ver tabla N° 19 e imagen N° 86)

Tabla 19.
Dimensionamiento de pre losas

	CÓDIGO	LARGO	ANCHO	PESO	PESO DEL BALANCÍN	PESO TOTAL
PRE LOSA MACIZA	1	7.85 m	1.25 m	1.18 ton	0.2 ton	1.38 ton
	1	7.85 m	1.25 m	1.18 ton	0.2 ton	1.38 ton
	1	7.85 m	1.25 m	1.18 ton	0.2 ton	1.38 ton
	1	7.85 m	1.25 m	1.18 ton	0.2 ton	1.38 ton
	1	7.85 m	1.25 m	1.18 ton	0.2 ton	1.38 ton
	1A	7.85 m	1.60 m	1.5 ton	0.2 ton	1.7 ton

Fuente: Catálogo de maquinarias ETAC, 2016

Imagen 86.
Plano de dimensionamiento de Pre losas



La siguiente imagen nos muestra el dimensionamiento y código de cada pre losa que se empezará a fabricar.

5.2.3. DISEÑO DE PRE LOSAS

Las pre losas se diseñan en base a los planos de estructuras alcanzados por el proyectista estructural. Para el diseño de pre losas se toma en cuenta la cuantía colocada en la zona inferior y se reemplaza por un enmallado principal en un sentido y de acero de refuerzo en el otro sentido.

El proceso de diseño demora quince días una vez facilitado el plano del proyectista estructural a la obra. Luego de diseño del plano se debe validar el plano con el proyectista para que no existan incompatibilidades con el plano de estructuras. Aprobado el diseño se procede a realizar el requerimiento del enmallado de las pre losas para el refuerzo interno. La llegada del material toma otros quince días aproximadamente. Una vez tenido todos los materiales en la planta se procede a realizar la fabricación de las pre losas.

Para ello se deberá tener en cuenta la siguiente conversión cuya aprobación para el uso de estas mallas y aceros de refuerzo se encuentran en el anexo N° 2, a continuación mostramos la tabla N° 20.

Tabla 20.
Equivalencia de mallas vs fierro tradicional

TIPO DE ELEMENTOS	As (cm ² /m) Requerido	Alternativa 1: Malla	Alternativa 2: Var. Fy=5000 Kg/cm ²
PRELOSAS MACIZAS			
Armadura inferior de 3/8"@20	2.982	RE-295/65	Var de 8.7 mm @.20 (2.97)
Armadura inferior de 1/2"@25	4.267	RE-424/65	Var de 11.7 mm @.25 (4.27)
Armadura inferior de 1/2"@20	5.334	RE-534/65 o 541/65	Var de 11.7 mm @.20 (5.35)
BASTONERIA DE REFUERZO DE PRELOSAS MACIZAS			
Todo refuerzo de 1/2"	1.067		Var de 11.7mm (1.07)
Todo refuerzo de 3/8"	0.596		Var de 8.7mm (0.596)

BASTONERIA Y REFUERZO PERPENDICULAR ENCIMA DE PRE LOSAS MACIZAS			
Todo refuerzo de 1/2"	1.067		Var de 11.7mm (1.07)
Todo refuerzo de 3/8"	0.596		Var de 8.7mm (0.596)
ARMADURA SUPERIOR EN LOSAS MACIZAS			
Todo refuerzo de 1/2"	1.067		Var de 11.7 mm (1.07)
Todo refuerzo de 3/8"	0.596		Var de 8.7 mm (0.596)

Fuente: Antonio Blanco Blasco Ingenieros E.I.R.L., 2016

Según nuestro diseño en el ítem anterior, nuestra losa maciza tiene una malla inferior de 3/8@.20 m, por lo que para nuestra pre losa utilizaríamos una malla RE-295/65, pero en nuestro país tenemos 3 tipos de mallas. (Ver tabla N° 21)

Tabla 21.
Tipos de mallas electrosoldadas

# de Malla	Tipo de malla	Dimensiones	Kg/m ²	Peso por plancha
M1	RE-295/65	2.45 x 8.05	2.89	56.91
M2	RE-295/65	2.45 x 5.8	2.86	40.613
M3	RE-295/65	2.45 x 7.8	2.88	55.057

Fuente: Catálogo Prodac 2016

El número de malla escogido es el M1, el cual será cortado por tener el doble de ancho de nuestra pre losa, mientras que para la bastonería de refuerzo a la pre losa será con varillas de $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$ de 8.7 mm @.40 m (que en total serían 3 por el ancho de la pre losa), y finalmente, el tralicho será colocado cada 62.5 cm. (Ver tabla N° 22)

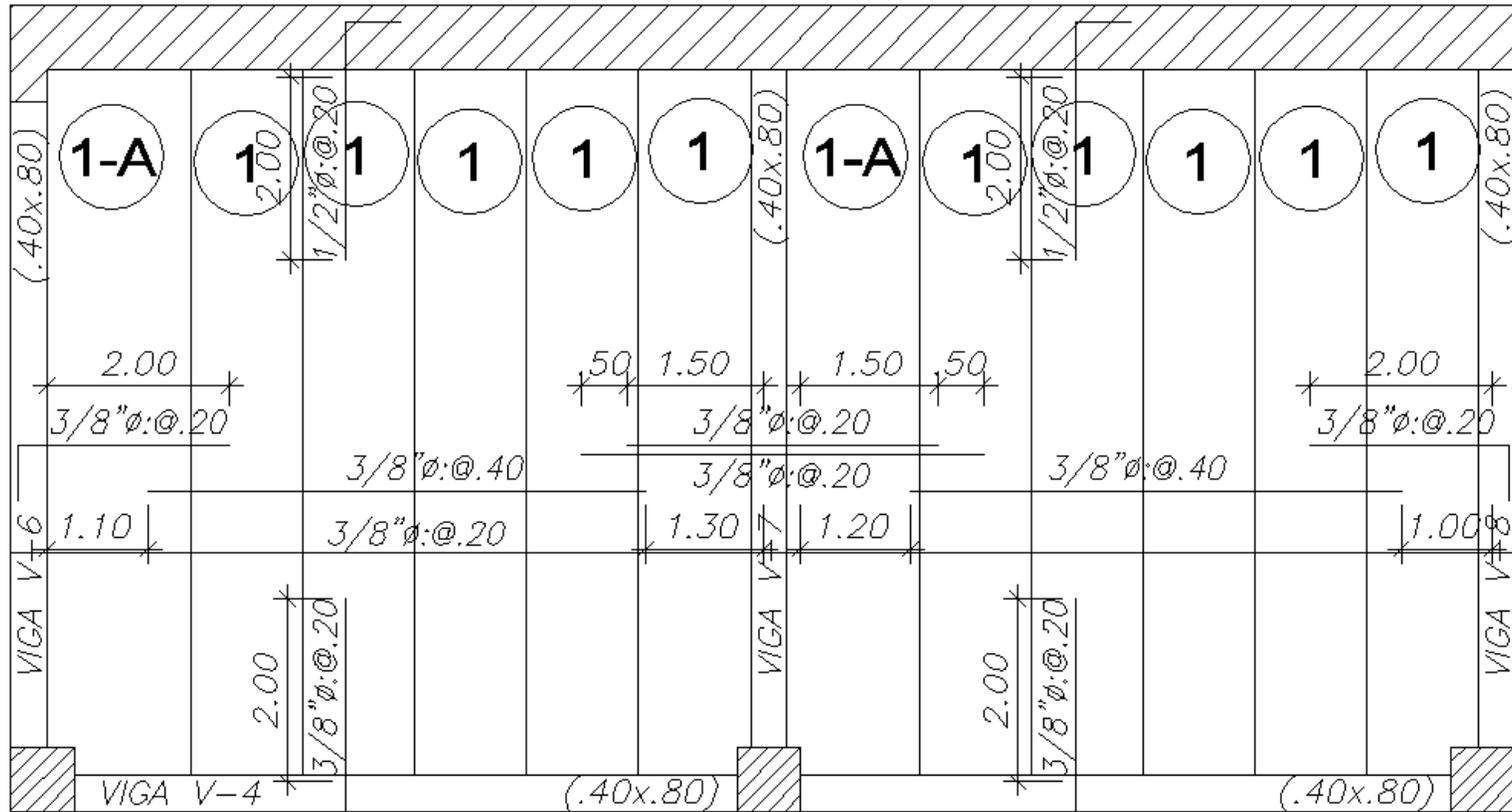
Tabla 22.
Especificaciones del tralicho escogido

TIPO	DIÁMETRO			DIMENSIONES		
V13E - 80/45/45	ALAMBRE SUPERIOR	ALAMBRE INFERIOR	ALAMBRE DE HILO	ALTURA	SEPARACIÓN	LONGITUD
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	8.00	4.50	4.50	0.13	200.00	7.60

Fuente: Catálogo Prodac, 2016

Al detalle de la losa maciza con pre losa se le agregará el refuerzo perpendicular a la pre losa cuyo diámetro es de 3/8@.20 m.
 (Ver imagen N° 87)

Imagen 87.
Detalle en planta de losa con pre losa



5.3. DIFERENCIAS ESTRUCTURALES

En el sistema tradicional dentro de una losa maciza van embebidos los aceros positivos y negativos, la losa final tiene una sección compuesta por acero y concreto, que permite formar un diafragma rígido. Estructuralmente tiene la función de sostener las cargas para la cual fue diseñada. Además de formar un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto.

El sistema industrializado compuesto de losas con pre losas funcionan como un diafragma rígido al igual que el sistema convencional, la armadura dentro de la pre losa proporciona la rigidez de flexión necesaria para el montaje, así como la resistencia a la tracción longitudinal y transversal requerida tanto para el montaje como para el acabado final.

Los tralichos que sobresalen y la superficie de concreto proporcionan las condiciones necesarias para el anclaje, así como para la unión y la adherencia entre el elemento prefabricado y el concreto aplicado en obra. Una vez aplicado el concreto in situ en obra, la pre losa se convierte en un forjado armado, monolítico y macizo. Ante lo expuesto, es propicio indicar que ambos sistemas cuentan con la misma cantidad de cuantía de acero, por lo que ambos son resistentes y poseen similar comportamiento estructural.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA

Guio (2006), señala la eficiencia está ligada a la innovación, tecnología y las diferentes interrelaciones que definen la manera como se realiza una determinada operación en la construcción. A ello, manifiesta que la innovación se define como el proceso de búsqueda, reconocimiento e implementación de una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de un determinado proceso.

Los procesos innovadores, son aquellos procesos que generan una mejoría en la eficiencia de un determinado proceso constructivo mediante las mejoras técnicas, la reducción de costos, tiempos de construcción, y/o mejora de la calidad de un proceso.

A su vez, reingeniería de procesos es el procedimiento mediante el cual repensamos nuestros procesos constructivos de modo de pasar de una situación en donde priman los sistemas constructivos tradicionales, a la utilización de procesos innovadores como los industrializados.

Por ello, en el presente capítulo se tomará en cuenta 4 tipos de análisis para determinar la eficiencia de ambos sistemas, empezaremos con un análisis técnico, un análisis económico, un análisis del tiempo de ejecución, y finalmente, un análisis de la calidad.

Considerando algunas características se realizaron el análisis de dos alternativas que son: sistema tradicional y el sistema industrializado.

6.1. ANÁLISIS TÉCNICO

En este análisis, se muestran algunas diferencias de cada proceso constructivo que se creen que son las más relevantes por la importancia que generan.

6.1.1. LOSAS DE ENTREPISO

Debido a la importancia de las losas de entrepiso, partiremos por nombrar algunas características que posee cada proceso constructivo. Se analizará una losa maciza (método tradicional) y una losa con pre losas (método industrializado), para que, finalmente, se pueda determinar la eficiencia en cada uno de estos sistemas. Para este análisis se está tomando como muestra un paño típico de losa de 7.85 m x 7.85 m al igual que en el capítulo anterior.

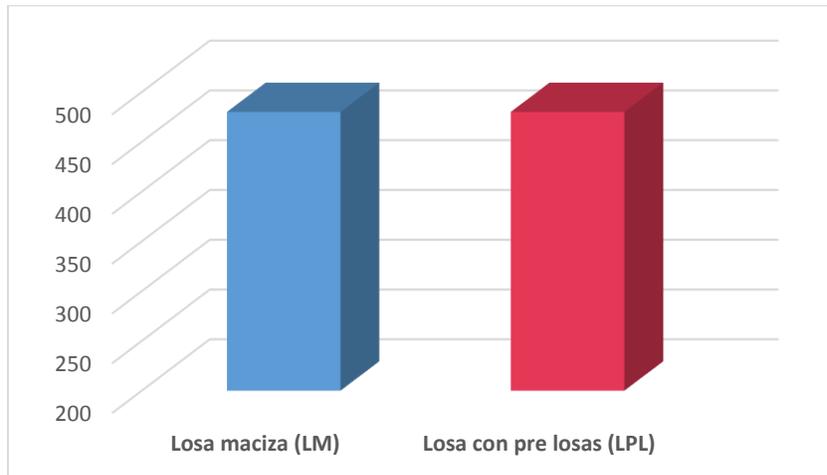
6.1.1.1. Por los pesos propios de las losas

Este análisis consiste en determinar cuál de los dos sistemas muestra un menor peso por metro cuadrado de losa, ya que esto generará un ahorro en la construcción, puesto que a menor peso, consecuentemente, se obtienen menor sección de columnas y menor cantidad de acero de refuerzo; es decir, se puede disminuir el peso de la estructura. Para la obtención de datos se recolecto del metrado de cargas del capítulo anterior. (Ver tabla N° 23)

Tabla 23.
Peso propio de losas por cada sistema

	Sistema tradicional	Sistema industrializado
	Losa maciza (LM)	Losa con pre losas (LPL)
1 m ²	480 kg/m ²	480 kg/m ²
1 paño	29.58 ton/ (7.85x7.85) m ²	29.58 ton/ (7.85x7.85) m ²

Imagen 88.
Peso propio de losas por cada sistema



Del Gráfico N° 88, encontramos que tanto el sistema de losas compuestas por losas macizas (método tradicional) con respecto a las losas con pre losas (método industrializado) poseen los mismo pesos, esto se da porque ambos sistemas son de concreto.

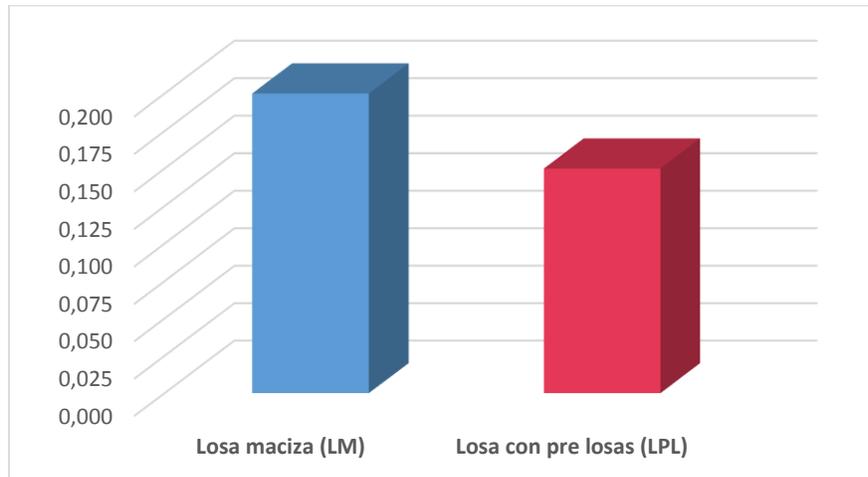
6.1.1.2. Por el consumo de concreto

Se ha calculado en cada sistema la cantidad de concreto que se requiere para un paño y para un metro cuadrado de losa, considerando que a menor cantidad de concreto menor costo de losa. La losa analizada es de 20 cm de espesor. (Ver tabla N° 24)

Tabla 24.
Consumo de concreto por cada sistema

	Sistema tradicional	Sistema industrializado
	Losa maciza (LM)	Losa con pre losas (LPL)
1 m ²	0.20 m ³ /m ²	0.15 m ³ /m ²
1 paño	12.32 m ³ / (7.85x7.85) m ²	9.24 m ³ / (7.85x7.85) m ²

Imagen 89.
Consumo de concreto por cada sistema



Del Gráfico N° 89, se tiene el consumo de concreto de las losas con pre losas (método industrializado) versus las losas macizas (método tradicional), la primera tiene consumos menores del 25%, esto se da porque en el sistema industrializado solo se necesita concreto para la losa superior que va encima de la pre losa, mientras que el sistema tradicional requiere concreto en toda la losa.

6.1.1.3. Por el rendimiento de mano de obra

La importancia de la mano radica en que es el factor de producción por excelencia, debido a que es el que desarrolla una serie de actividades y tareas, y ayudado por instrumentos, infraestructura, entre otros, produce bienes y servicios de una manera satisfactoria.

La utilización de una solución industrializada reduce el número de operaciones en obra, y por lo tanto, reduce los tiempos de coordinación, es decir, suprime algunas operaciones de control y verificación improductivas, por lo que la elección de proceso industrializado permite, por lo tanto, una obra más sencilla y más

rápida, suprimiendo numerosas etapas, comparada con un sistema tradicional.

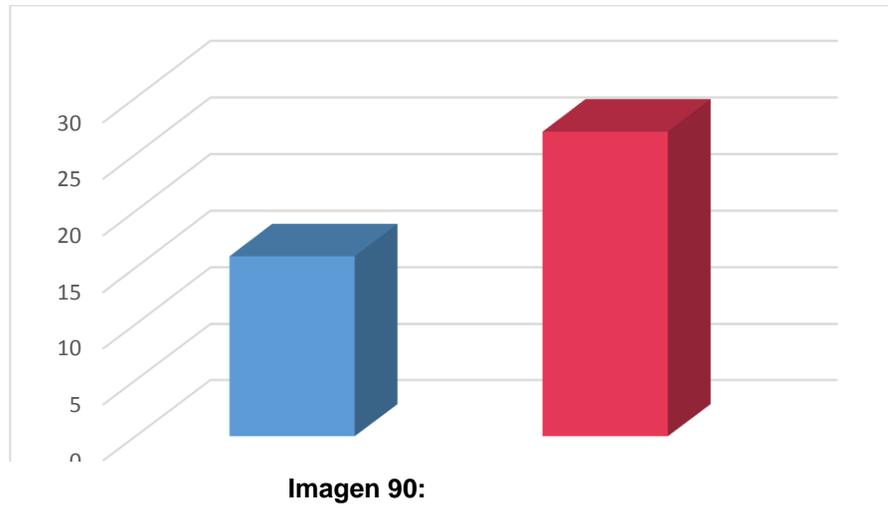
Por ello, la partida a analizar es la de colocación de pre losas (método industrializado) versus encofrado de losa (método tradicional). Para la obtención de rendimientos se utilizó el reporte de avance semanal, tareo diario del personal, la programación del Lookahead y el metrado de avance de 4 y 6 semanas de cada sistema propuesto (Ver anexo N° 3).

Estos rendimientos fueron considerados bajo las mismas condiciones de trabajado (similar número de cuadrillas, misma altura de nivel de losa y mismo clima) y fueron calculados con el metrado de cada semana y las horas hombre utilizadas. La obtención de resultados se encuentra en la tabla N° 25.

Tabla 25.
Rendimiento de mano de obra por cada sistema

Sistema tradicional	Sistema industrializado
Losa maciza (LM)	Losa con pre losas (LPL)
16 m ² /día	27 m ² /día

Imagen 90.
Rendimiento de mano de obra por cada sistema



Del Gráfico N° 90, se concluye que haciendo uso del sistema tradicional podemos lograr un incremento del rendimiento en un 40% con respecto a una losa maciza, esto es debido a que las pre losas funcionan como encofrados, minimizando así las horas hombre utilizadas en el encofrado de losa.

6.1.2. ENCOFRADO

Las pre losas se usan a modo de encofrado perdido para el vertido de hormigón in situ, de modo que una vez fraguado, éste forma una losa maciza junto con la pre losa. Es por ello su gran importancia en este sistema industrializado. Para este análisis se está tomando como muestra un paño típico de losa de 7.85 m x 7.85 m al igual que en el ítem anterior.

6.1.2.1. Por el consumo de encofrado por m² de losa

Se ha calculado la cantidad de encofrado que se requiere para la colocación y/o montaje de cada sistema propuesto (tradicional e industrializado), por cada metro cuadrado de losa y por un paño de

losa. Esto nos dará a conocer cuál de los sistemas se obtiene mayor cantidad de ahorro con el uso de encofrados (sean de madera o metálicos).

Mediante el proceso industrializado se tuvo en cuenta que la distancia de apuntalamiento típica para un paño de losa era de 2.5 m a 3.0 m, para el soporte de losa se utilizaron 2 castillos en sentido transversal a la pre losa, y por encima se colocaron vigas en los ejes de los soporte que en su totalidad fueron 4. Caso contrario para una losa con proceso tradicional se tuvo que fondear toda la losa y utilizar castillos para el apuntalamiento. (Ver anexo N° 4)

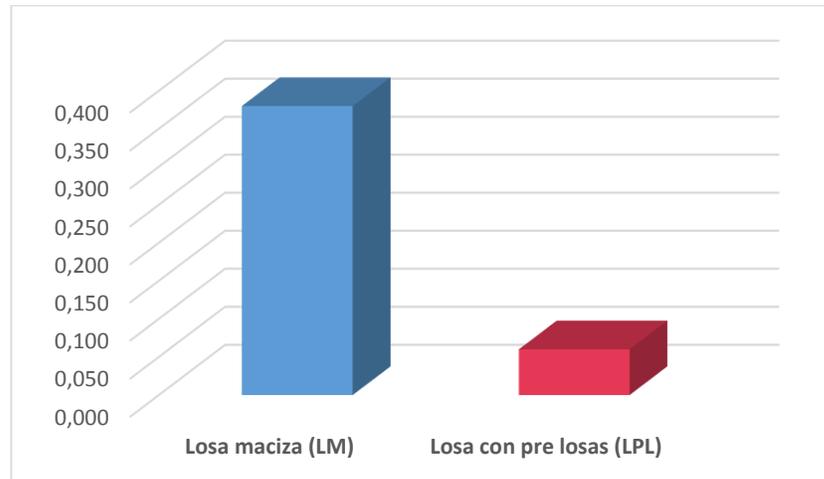
Para el proceso industrializado se utilizó una viga H20 de sección 0.08 m de ancho x 1 m de largo por metro cuadrado de losa, mientras que para el sistema tradicional se utilizaron fenólicos de madera como fondo de losa por lo que el metrado es por el área total de losa . (Ver tabla N° 26)

Tabla 26.
Consumo de encofrado por m² de losa por cada sistema

	Sistema tradicional	Sistema industrializado
	Losa maciza (LM)	Losa con pre losas (LPL)
1 m ²	1.0 m ² /m ²	0.08 m ² /m ²
1 paño	61.62 m ² / (7.85x7.85) m ²	4.93 m ² / (7.85x7.85) m ²

Imagen 91.

Consumo de encofrado por m² de losa por cada sistema



Del Gráfico N° 91, se concluye que se logra disminuir la cantidad de uso de encofrado, haciendo uso de un sistema industrializados logramos ahorros por más del 90% con respecto a un sistema tradicional.

6.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para este análisis, se ha determinado cuál de los dos sistemas (tradicional e industrializado) presenta un menor costo para que sea utilizada. Es importante mencionar que el sistema más económico, no necesariamente será la más apropiada, para ello se deberá tener en cuenta las evaluaciones en los capítulos anteriores.

6.2.1. LOSAS DE ENTREPISOS

6.2.1.1. Por los costos unitarios

Para este proyecto, se han obtenido el análisis de costos unitarios de cada sistema con el fin de decidir cuál de los sistemas es el más económico. Se ha considerado la partida de pre losas, acero y concreto (para el sistema industrializado) versus la partida de encofrado, acero y concreto (para el sistema tradicional). Los resultados se encuentran en la tabla N° 27.

Tabla 27.
Costos unitarios para las losas de entripiso

Descripción / Partidas	Análisis de precios unitarios (en soles S/.)		Metrado (para 2 paños)		Costo por m ² de losa (en soles S/.)	
	Losa Maciza	Losa con pre losa	Losa Maciza	Losa con pre losa	Losa Maciza	Losa con pre losa
Encofrado y desencofrado (m ²)	60.08	-	123.25	-	60.08	-
Pre losa (m ²)	-	54.88	-	123.25	-	54.88
Acero fy 4200 kg/cm ² (kg)	3.32	3.32	1110.73	1065.81	59.84	57.42
Concreto f'c 245 kg/cm ² (m ³)	362.62	362.62	24.65	18.49	72.52	54.39

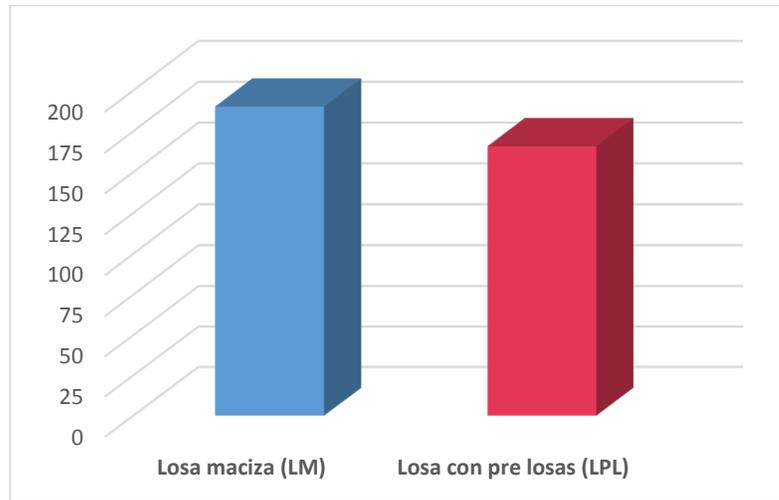
Para el cálculo de los metrados se tomó como modelo los dos paños analizados en el capítulo anterior (Ver anexo N° 5), la tabla siguiente muestra los costos para una losa maciza versus una losa con pre losas. (Ver tabla N° 28)

Tabla 28.
Costo unitario de losas de entripiso por cada sistema

	Sistema tradicional	Sistema industrializado
	Losa maciza (LM)	Losa con pre losas (LPL)
1 m ²	S/. 192.45 /m ²	S/. 166.70 /m ²
1 paño	S/. 11,859.00/ (7.85x7.85) m ²	S/. 10,272.17/ (7.85x7.85) m ²

Imagen 92.

Costo unitario de losas de entpiso por cada sistema



Del Gráfico N° 92, haciendo uso de una losa con pre losa tendremos un ahorro del 15% con respecto a una losa maciza. Por lo tanto, un sistema industrializado presenta un menor costo por lo que se estaría consiguiendo una disminución económica de S/. 25.00 por m² de losa.

6.2.1.2. Por el desperdicio de materiales

La definición de desperdicio es muy similar para diversos autores, por ejemplo Ghio (2001) lo detalla como “Toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no le agrega valor al producto final”. Por otro lado, Formoso (1996) amplía el concepto indicando que se refiere a “Toda ineficiencia que se refleja en el uso de equipos, mano de obra y materiales en cantidades mayores a aquellas necesarias para la construcción de una edificación”.

Se ha determinado en el desperdicio en el sistema industrializado para ver el consumo de la cantidad que se pierde de concreto, acero y mallas. Considerando que a menor desperdicio de materiales menor costo del proyecto. (Ver anexo N° 6). Los resultados del desperdicio obtenido por producir con prefabricados es el siguiente: (Ver tabla N° 29)

Tabla 29.
Desperdicio de materiales en Prefabricados

Material	Metrado teórico	Metrado real	Desperdicio
Acero	54711.54 kg	55304.22 kg	1.08 %
Malla electrosoldada	252821.13 kg	258775.71 kg	2.36 %
Concreto Premezclado	3273.46 m3	3252 m3	-0.66 %
Aditivo Sika Rapid 5	11100 lt	11260 lt	1.44 %

El siguiente cuadro nos muestra los desperdicios obtenidos en el proyecto, nos podemos dar cuenta de que los porcentajes de desperdicio son relativamente bajos, esto se da porque al trabajar con prefabricados existe un mayor control con el uso de los materiales.

6.2.2. PRE ARMADO DE COLUMNAS

6.2.2.1. Por los costos unitarios

Al igual que el ítem anterior se ha obtenido el análisis de costos unitarios del habilitado, armado y colocado para el sistema tradicional; versus el habilitado, pre armado y colocado para el sistema industrializado. (Ver anexo N° 7)

Para este análisis de precios unitarios no se tomó en cuenta el precio del material, debido a que en ambos sistemas, la empresa fue quien proporcionó el recurso utilizado. (Ver tabla N° 30)

Tabla 30.
Costo unitario por partida

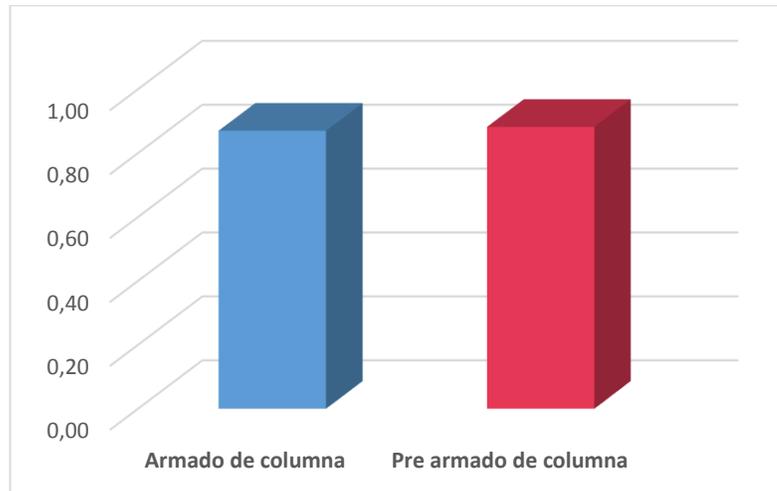
Descripción / Partidas	Análisis de precios unitarios (en soles S/.)		Metrado (kg)		Costo para una columna de 964.34 kg (en soles S/.)	
	Armado de columna	Pre armado de columna	Armado de columna	Pre armado de columna	Armado de columna	Pre armado de columna
Habilitado	0.87	0.22	964.34	964.34	838.98	212.15
Pre armado		0.57				549.67
Colocado		0.09				86.79

Para el cálculo de los metrados se tomó como muestra una columna del frente 6 (Ver anexo N° 7), la tabla siguiente muestra los costos para una columna armada versus una columna pre armada. (Ver tabla N° 31)

Tabla 31.
Costo unitario de columnas por cada sistema

	Sistema tradicional	Sistema industrializado
	Armado de columna (AC)	Pre armado de columna (PAC)
1 kg	S/. 0.87 /kg	S/. 0.882 /kg
1 columna	S/. 838.98 /965 kg	S/. 850 /965 kg

Imagen 93.
Costo unitario de columnas por cada sistema



Del Gráfico N° 93, si comparamos una columna armada en obra y un pre armado, podemos decir que ambos poseen costos similares, pero la principal ventaja de utilizar pre armados es que se maneja mejor la capacidad de respuesta en las entregas y mayor productividad.

6.2.2.2. Por el desperdicio de materiales

Galarza (2011), señala que la gran competitividad que existe en la actualidad en el rubro de la construcción civil obliga a las empresas pertenecientes a esta industria a buscar nuevos procesos constructivos y así optimizar al máximo sus procesos, logrando la mayor eficiencia en el uso de sus recursos como son los materiales, equipos o subcontratos. Pero pese a eso en nuestro país en su mayoría son tradicionales y repetitivos, debido a que el proceso de aprendizaje, a nivel obrero es empírico.

Por ello, se ha determinado el desperdicio en el sistema industrializado para ver la cantidad de acero que se pierde durante el proceso de armado. (Ver tabla N° 32)

Tabla 32.
Desperdicio de materiales en pre armados

MATERIAL	METRADO TEÓRICO	METRADO REAL	DESPERDICIO
Acero	2,325,544.60 kg	2,265,399.93 kg	2.65 %

El siguiente cuadro nos muestra el desperdicio de acero obtenido en el proyecto, nos podemos dar cuenta de que el porcentaje de desperdicio es relativamente bajo, por lo que trabajar con pre armados nos ayuda a controlar mejor el acero.

6.3. ANÁLISIS SOBRE EL TIEMPO DE EJECUCIÓN

Esta evaluación es una de las más significativas, debido a que con una menor cantidad de tiempo de ejecución se logrará obtener numerosos beneficios económicos en un determinado proyecto. Es preciso indicar que un sistema tradicional tiene una influencia despreciable sobre los sistemas industrializados, por lo que reducen considerablemente los tiempos de ejecución.

6.3.1. PREFABRICADOS Y PREARMADOS

De las evaluaciones anteriores, se concluye que un sistema de losas con pre losas posee un mayor rendimiento y tiene un costo más bajo por metro cuadrado frente al otro sistema.

Sin embargo, hacer uso de prefabricados y prearmados requiere la implementación forzosa de equipos y/o maquinarias de izaje para el montaje de elementos y una planificación centrada en obra le concierne (asumiendo un flujo constante y sin problemas en planta) a las fases de transporte y montaje.

Este sistema es beneficioso para empresas que cuenten con estos equipos de izaje, pero hablemos de las empresas que deseen implementar este sistema y no cuenten con ninguna de estas maquinarias. En nuestro país el alquiler de estos equipos poseen los siguientes costos: (Ver tabla N° 33)

Tabla 33.
Comparativo de costos en alquiler de maquinarias

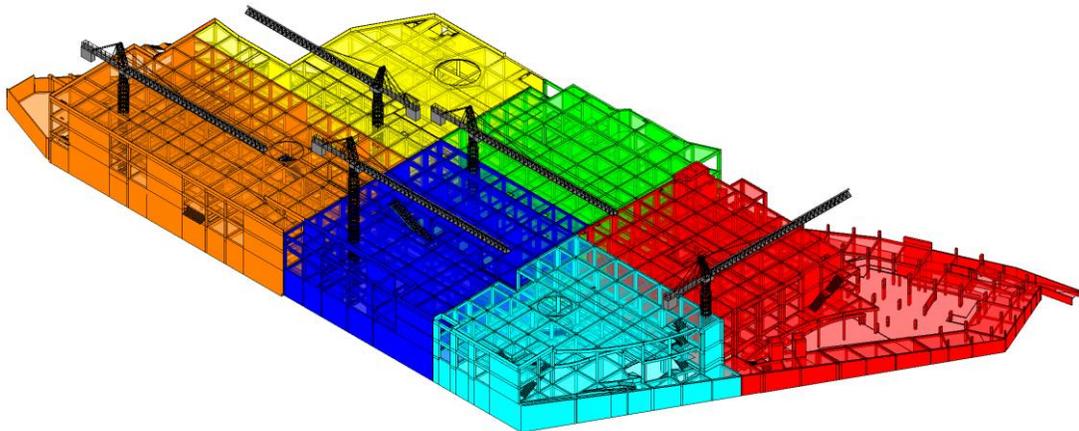
MAQUINARIA	PRECIO UNITARIO S./	HORAS MÁQUINA MENSUAL	PRECIO MENSUAL S./	CAPACIDAD DE CARGA ton
Torre Grúa Potain MD 310 C K12				
Alquiler de torre grúa	134.62	240	30000	12
Camion Grúa Terex Explorer 5600				
Alquiler de camión grúa	375	130	48750	160
Caterpillar TL642				
Alquiler de Telehandler	119.4	200	23880	3.5
Manitou MRT1840				
Alquiler de Telehandler	140	150	21000	5

Fuente: Catálogo de maquinarias de GyM

Estos costos no incluyen IGV, mantenimiento, transporte de la maquinaria, pago a los operadores y otros.

Asimismo, la sectorización y frentes de trabajo que realizó el proyecto, se tomaron en cuenta la geometría y la accesibilidad del terreno (se tiene presente que se necesita espacio para realizar las maniobras de la maquinaria para el montaje de las piezas con la menor dificultad posible y almacenaje de las piezas en obra). (Ver imagen N° 94)

Imagen 94.
Frentes de trabajo



En el transporte y montaje es interesante notar el traslado que se hace de la planta, de acuerdo a una vista satelital (ver figura N° 95), la distancia que separa ambos lugares es de aproximadamente 3 km, a una velocidad de 30 km/h, el recorrido dura aproximadamente media hora, es decir, los transportes llegan con una frecuencia de media hora y media con una capacidad de carga de hasta 8 toneladas por flete. El equipo que fue empleado para el traslado fueron las grúas torres y los camiones grúas, a continuación se ilustrará las formas de izaje de los principales elementos que conformaron el Proyecto Open Plaza Huancayo.

Imagen 95.
Ruta de transporte de planta a obra

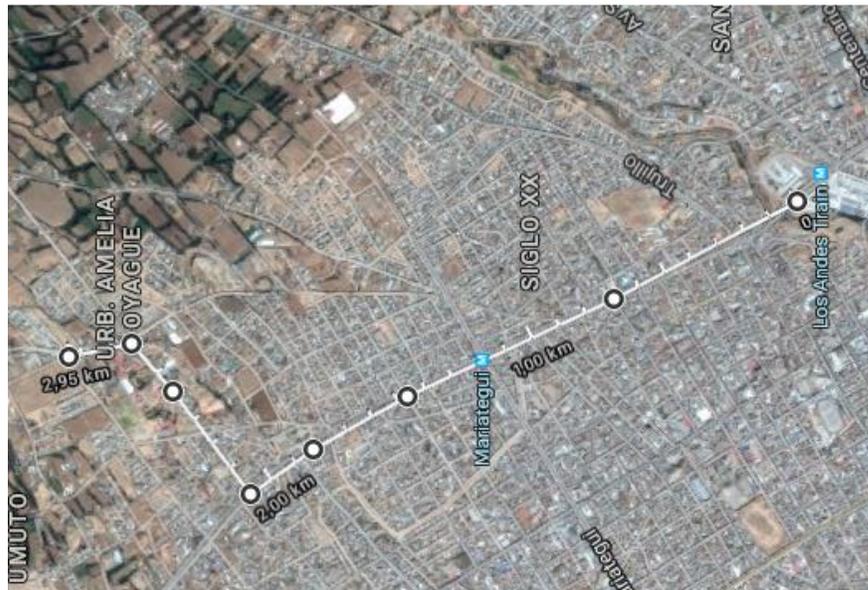


Imagen 96.
Izaje de Prearmados con camión grúa



Imagen 97.
Izaje de Prefabricados con torres grúa



De acuerdo a la distribución de frentes señalada anteriormente, se muestra en la siguiente tabla, las cantidades de elementos de concreto que fueron prefabricados, transportados y montados en obra. (Ver tabla N° 34)

Tabla 34.
Cantidad de elementos prefabricados

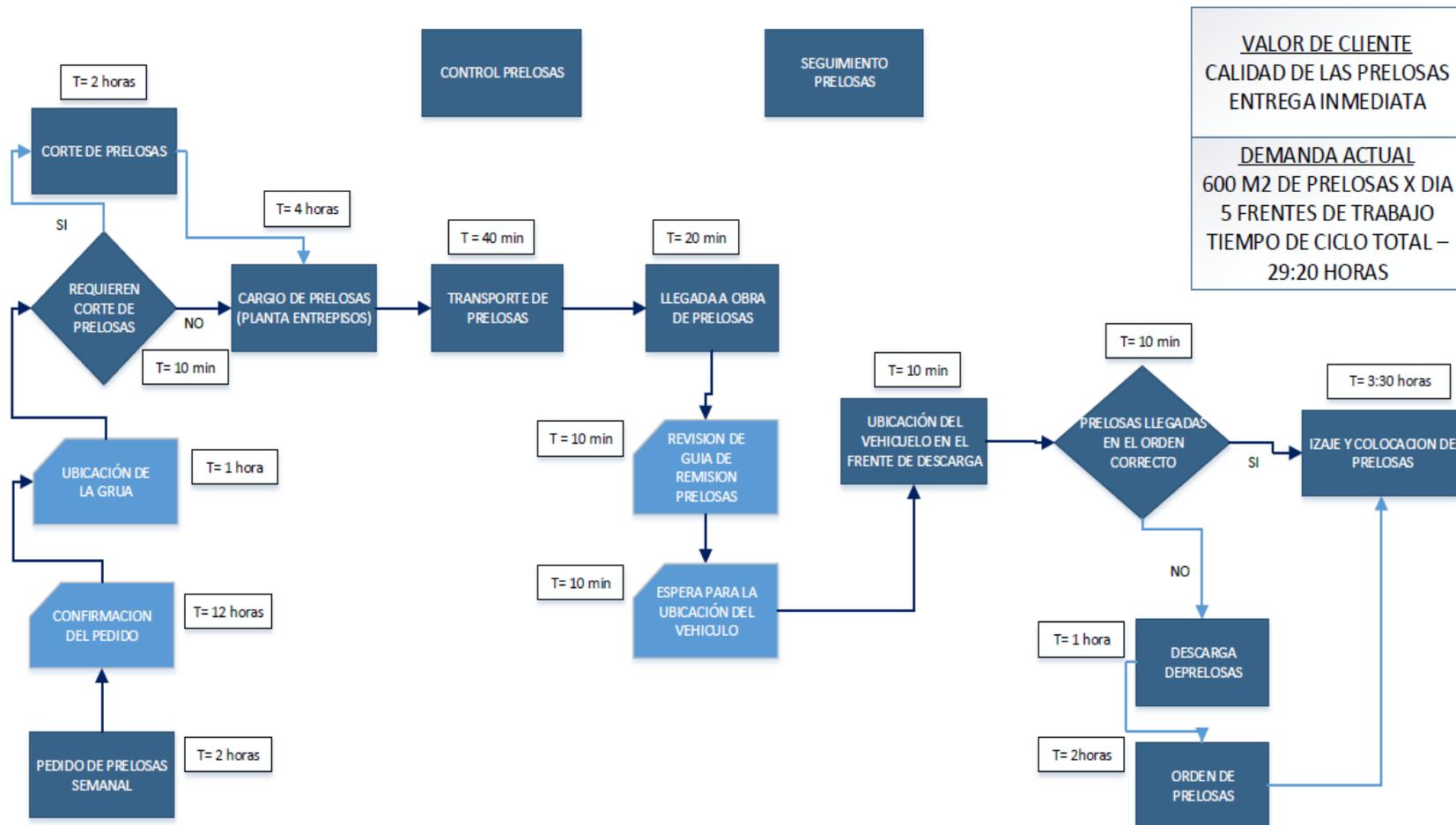
Cantidad de pre losas por frente y nivel						
Nivel	FRENTE 3	FRENTE 2	SECTOR 4	FRENTE 4 Y 6	FRENTE 1 Y 5	Total general
Sótano 5	65			26		91
Sótano 4	150			59		214
Sótano 3	120	133	146		26	427
Sótano 2	21	58		28	58	165
Sótano 1	151	198		425	528	1302
Piso 1	15	79		43	55	192
Piso 2		54		42	56	152
Total general	522	522	146	623	723	2543

Trabajar con pre losas, es mucho más eficiente ya que se trabaja un ambiente mucho más controlado, por tanto los riesgos son menores, lo que lleva a menos contingencias, pero principalmente una mayor confiabilidad del sistema. Y con el tiempo al estar un sistema ya bajo control, las posibles fallas que aparezcan van a servir de retroalimentación de manera que el número que simboliza la posibilidad de que aparezca un retraso o se manifieste un riesgo se siga reduciendo.

Teniendo en cuenta lo mencionado en las líneas anteriores, los despachos realizados en este proyecto no siempre fueron entregados a tiempo, ya que no todas las restricciones mencionadas en el capítulo IV fueron tomadas a tiempo. Sin embargo, no habría sido posible sin la relación estricta que se mantiene entre planta y obra; adecuándose a las necesidades del proyecto y retroalimentada según los avances diarios y semanales; en el siguiente flujo de procesos ilustrado

en la imagen N° 98, se puede identificar las relaciones entre planta y obra, así como algunas de las medidas de contingencia a emplear.

Imagen 98.
Mapeo de procesos entre planta y obra en prefabricados

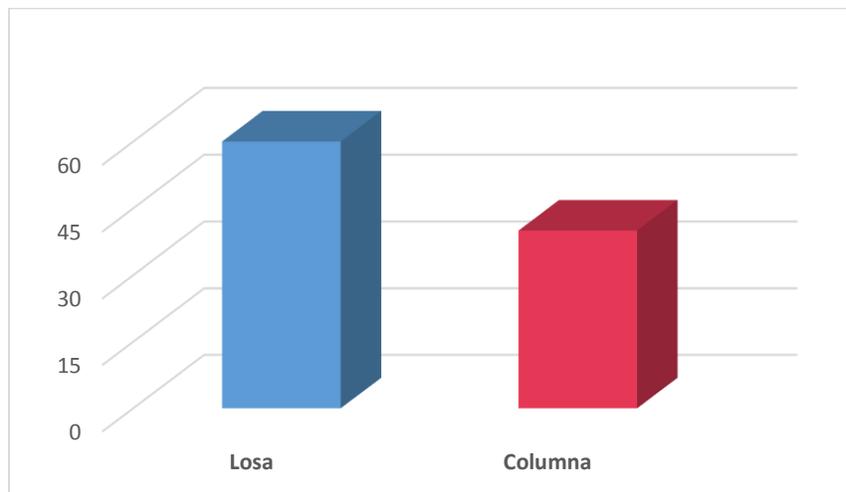


A ello, se ha estimado el tiempo de colocado de pre losas para un paño y el tiempo de colocado de una columna pre armada en la tabla N° 35)

Tabla 35.
Tiempos de izaje y colocado de prefabricados y prearmados

Prefabricado	Prearmado
Losa maciza con pre losa (LMP)	Pre armado de columna (PAC)
Para una losa (7.5 m x 7.5 m)	Para una columna (1 ton)
60 min	40 min

Imagen 99.
Tiempos de izaje y colocado de prefabricados y prearmados



Para el estimado de tiempo en ambos casos se ha considerado una cuadrilla compuesta por 2 riguers, 3 operarios y un operador de grúa para pre losas, mientras que para una columna por 2 riguers, 6 operarios y un operador de grúa para el arriostamiento que se le da.

La imagen anterior refleja una de las principales ventajas que poseen los prefabricados y prearmados, que es la de tenerla en campo en el momento que sea requerido, por lo que solo tomaría el tiempo para la maniobra del izaje y colocado final de esta. Mientras tanto, en un sistema tradicional nos limita en tiempo, es decir, su tiempo dependerá del rendimiento que tenga cada trabajador al realizar su actividad.

6.4. ANÁLISIS DE LA CALIDAD

Una de las ventajas competitivas del sistema de prefabricados de concreto es obtener resultados o productos terminados con calidad de fábrica, es decir, con mínima cantidad de errores. Los mismos que únicamente son algunas porosidades o burbujas dentro del concreto que con muy poca frecuencia ocurren, para lo cual, Entrepisos Lima asigna un mínimo tiempo del personal para resanar las pequeñas imperfecciones que no son uniformes, finalmente, entregando el producto sin observaciones.

Pero, hablar de calidad implica una mejora continua en la eficiencia de un producto o proceso de cualquier actividad, estar siempre muy atento a las grandes tendencias o nuevas tecnologías en la construcción que permitan la percepción de una ventaja competitiva en relación a otras. Si se planifica mejorar y controlar los procesos de cada trabajo, aumentaremos la capacidad de organización y mejora en rendimientos.

Empezaremos por nombrar que la calidad es un concepto dinámico ("adecuación constante") relacionado a los grandes cambios, por efecto de muchas cosas como el gran avance tecnológico que se tiene en estos tiempos. Por todo lo expuesto, se señala que la innovación constante es una característica necesaria de la calidad.

A ello, le sumamos el término "eficiencia", lo que refleja rotundamente que la calidad tiene que ser beneficiosa (rentable). Esta definición se relaciona con la mejora continua de cada sistema constructivo como un elemento esencial en la gestión de la calidad.

El tercer elemento que incluimos en la definición es la perspectiva del cliente a las grandes tendencias constructivas, en un mundo actualizado construir con prefabricados o prearmados implica grandes ventajas.

6.4.1. POR LA CALIDAD DE ACABADOS POR M² DE FONDO DE LOSA

La calidad del acabado de un sistema industrializado nos permite prescindir del falso techo, por ello, existen otras soluciones para tratar los problemas de los acabados, por lo que al mismo tiempo se ve cada vez más en los edificios modernos con soluciones ingeniosas y estéticas para resolver los fondos de losa.

Se ha determinado el costo de la calidad de acabado que nos brindan ambos sistemas, para el sistema industrializado el acabado final que se tiene después de haber vaciado una losa con pre losa es mucho mejor que comparándola con un sistema tradicional, ya que el fondo de losa no requiere un gran acabado por lo que una limpieza es más que suficiente, mientras tanto, el otro sistema muchas veces requiere trabajos de solaqueo. (Ver imagen N° 100)

Imagen 100.
Acabado de Losa con pre losa - Limpieza

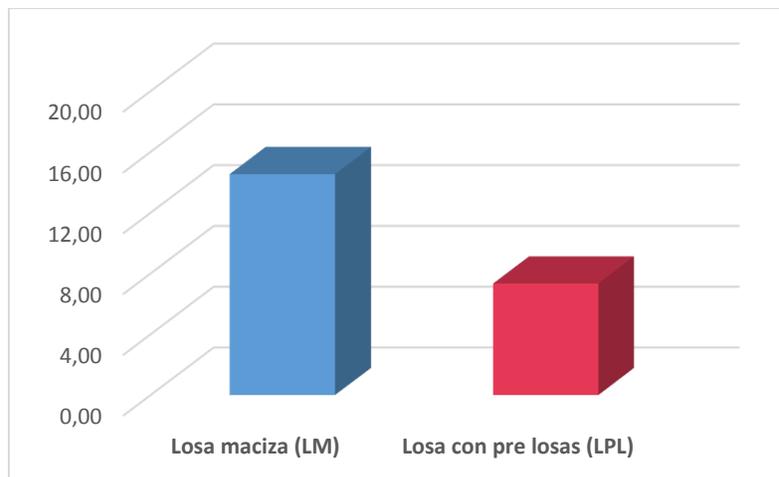


En el anexo N° 8, se presenta el análisis de costos unitarios de la partida de limpieza de cielo raso para un proceso industrializado y la partida de solaqueo para un proceso tradicional. Si hacemos una comparación de costos los resultados serán los siguientes. (Ver tabla N° 36)

Tabla 36.
Costo de acabado por m² de fondo de losa por cada sistema

	Sistema tradicional	Sistema industrializado
	Losa maciza (LM)	Losa con pre losas (LPL)
1 m ²	S/. 14.54 /m ²	S/. 7.34 /m ²
1 paño	S/. 896.1/ (7.85x7.85) m ²	S/. 452.36/ (7.85x7.85) m ²

Imagen 101.
Costo de acabado por m² de fondo de losa por cada sistema



Del Gráfico N° 101, podemos concluir que haciendo uso de un sistema industrializado podemos obtener una reducción de costos en más del 50% de acabado en el fondo de losa, esto se debe a que los elementos prefabricados se producen en una planta con condiciones exhaustivas y estrictos controles de calidad.

6.4.2. POR EL PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

Al realizar un diagnóstico de la calidad de un sistema tradicional e industrializado debemos de tener en cuenta que o cuáles son los controles que se tienen cuando se ejecuta dicho procedimiento. Para ambos procesos es importante:

- Garantizar el cumplimiento de los requisitos acordados con el cliente y de las normas aplicables según el Reglamento Nacional de Edificaciones y del Proyecto.
- Buscar continuamente la eficiencia en las operaciones a través de ambos procesos y del control de su variabilidad.
- Implementar y mantener vigente un modelo de gestión de calidad.

Por ello, mostraremos a continuación los protocolos de calidad que se utilizaron para el armado, de columnas, vigas y losas en ambos procesos. (Ver tabla N° 37)

Tabla 37.
Protocolo de verificación de armadura

VERIFICACIÓN DE COLOCACIÓN DE ARMADURA					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SI	NO	N/A	OBSERVACIÓN
1	Limpieza de armadura (Verificar que la armadura no presente corrosión)				
2	Diámetro Especificado: (Plg.)				
3	Verificación de Longitudes (Tolerancia ± 0 a 1 cm)				
4	Verificación de Estribos (cantidad y espaciamiento)				
5	Verificación de Longitudes de Traslape (Tolerancia ± 0 a 1 cm)				
6	Colocación de separadores (metálicos / doble malla)				
7	Conformidad de recubrimiento (dados de concreto en Losas / ruedas de plástico en muros)				
8	Colocación de refuerzos y amarres				
9	Otros				

Fuente: Área de Calidad de GyM

La liberación en campo es un proceso de verificación y contraste con los requisitos establecidos en las especificaciones y planos de un proyecto. Este proceso se va realizando durante la ejecución y está a cargo del Ingeniero de producción o de campo, mientras tanto, el ingeniero de calidad inspecciona de manera muestral los productos y asegurará el uso correcto de los procedimientos definidos.

La siguiente tabla muestra el protocolo de calidad que se utilizó para el encofrado de columnas, vigas y losas que se toman para ambos procesos. (Ver tabla N° 38)

Tabla 38.
Protocolo de verificación de encofrados

VERIFICACIÓN DE ENCOFRADOS					
PLANO DE REFERENCIA:					
TIPO DE ENCOFRADO					
Madera <input type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> Otros _____ Nombre de Desmoldante <input style="width: 150px; height: 20px;" type="text"/>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SI	NO	N/A	OBSERVACIÓN
1	Verificación de trazo y niveles				
2	Limpieza de paneles y accesorios (planchas metálicas / paneles de madera)				
3	Colocación de desmoldante / sellador (madera)				
4	Verificación de niveles, verticalidad y horizontalidad de encofrado				
5	Conformidad de recubrimientos (dados de concreto y/o separadores de plástico)				
6	Verificación de ochavos y/o biseles				
7	Verificación de hermeticidad de encofrado (colocación de yeso en aristas)				
8	Verificación de ventanas y pases				
9	Otros				

Fuente: Área de Calidad de GyM

La importancia de estos protocolos es establecer mecanismos que aseguren el control de la calidad de todas actividades que contempla el proyecto. El control se basa en realizar verificaciones y registrar los resultados de las inspecciones y pruebas en protocolos, de acuerdo a los criterios de aceptación de las especificaciones técnicas proporcionadas por el cliente y a las tolerancias de las normas aplicables. Por ello, mostraremos a continuación los protocolos de calidad para el vaciado de cualquier estructura de concreto armado que se tomaron para ambos procesos. (Ver tabla N° 39 y anexo N° 9)

Tabla 39.
Protocolo de verificación de vaciado de concreto

VERIFICACIÓN DE VACIADO DE CONCRETO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SI	NO	N/A	OBSERVACIÓN
1	Ubicación del elemento según ejes y dimensiones				
2	Topografía, cotas de fondo y nivel de concreto				
3	Verificación de la armadura según formato				
4	Verificación del encofrado según formato				
5	IISS: tendido de redes, ubicación de puntos de salida y pases para tuberías				
6	IIEE: redes y salidas (interruptores, tomacorrientes, TV, teléfono e intercomunicadores)				
7	Pernos de Anclaje y embebidos				
8	Limpieza del fondo del encofrado				
9	Humedad en toda la superficie de contacto				
10	Otros				

Fuente: Área de Calidad de GyM

Asimismo, trabajar con prefabricados implica realizar un control al proceso de fabricación, a continuación mostraremos el plan de control de calidad que requiere una pre losa. (Ver tabla N° 40)

Tabla 40.

Plan de control de calidad para Pre losas

Nº	Parámetro/ Característica	Instrucción de Trabajo	Método	Registro Control	Acción a realizar
1	Recepción de Malla Electro soldada, Tralicho y Acero Corrugado.	Cada entrega del proveedor identificar el producto y dar conformidad según la Guía de Remisión y comunicar al responsable de Producción su llegada de la mercadería.	Inspección Visual Medición Directa	ASTM A615-grado 60, y IITNTEC 341.078 más Guías de Remisión	Registrar incidencia.
2	Limpieza de plataforma o mesas:	Inicio de desmontaje de pre losas zona de almacenaje tomando las medidas del caso	Inspección Visual	Ficha de calidad y planos	Marcar pieza. Avisar Encargado de Producción y Calidad
3	Aplicación de desmoldante a toda la plataforma o mesa:	Esparcir desmoldante en la mesa con rodillo	Inspección Visual	Aditivos	Evaluación en 5 piezas.
4	Trazo y Replanteo de losas	Se trazara con tira línea sobre la plataforma las secciones de la pre losa según planos y detalles.	Medición Directa	Planos	Si se detectan 2 pieza no conformes entonces iniciar Acción Correctora.
5	Encofrado	Se coloca los separadores de Caucho o madera entre los trazos.	Medición Directa		
6	Ubicación de pases o ductos y/o corte de losa	Los pases o ductos se ejecutaran con madera, asegurados debidamente. Antes del vaciado de concreto en las losas.	Medición Directa		
7	Colocado de estructuras	Consiste en colocar el acero de temperatura, el tralicho y acero positivo de la vigueta según planos	Inspección Visual Medición Directa	Planos, Detalle de refuerzos	
8	Colocado de Concreto	La recepción y colocado de concreto será de acuerdo al diseño de mezcla cotizado por el proveedor lo cual debe tener una relación agua cemento y granulometría con un slump 4"-6". Con un vibrado uniforme durante su colocación.	ASTM C 117 Humedad – Humedad Absorbida	Unicon / ASTM C 117	
9	Longitud (L), Altura (h) y Anchura (a,b)	Se verificará las secciones de la pre losa, así como también identificar fisuras o rajaduras de la pre losa.	Inspección Visual Medición Directa	Ficha " Control Medición Piezas PRELOSAS	
10	Almacenamiento de Pre losas :	El almacenaje se realizará con un estricto cuidado tanto en el nivelado, apilado y codificación de las mismas.	Inspección Visual Medición Directa	Ficha " Control Medición Piezas PRELOSAS	
11	Despacho de Pre losas	Los despachos serán en camiones plataforma con estricto cuidado de nivelado y apilado de las mismas.	Inspección Visual Medición Directa	Guías de Remisión	

6.4.3. POR LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

Utilizar productos de calidad en ambos sistemas, es objeto de controles internos regulares que permiten asegurar el seguimiento de los productos y la verificación de su resistencia y calidad: estos controles son certificados por un organismo calificado.

Entonces los productos certificados de esta manera, aportan la prueba de su aptitud al uso para la ejecución de elementos estructurales según las normas en vigor.

6.4.3.1. Mallas electrosoldadas y acero de refuerzo

En nuestro país las mallas electrosoldadas vienen siendo utilizadas continuamente ya que son de gran resistencia y seguridad; poseen un esfuerzo nominal de fluencia de 5000 kg/cm^2 como mínimo. Así mismo, la precisión de las uniones soldadas impide el desplazamiento o movimiento durante las etapas de preparación e instalación, garantizando la ubicación exacta de los aceros y contribuyendo a la adherencia del concreto. Este material es de gran importancia debido a las grandes aplicaciones y usos en lo que se utiliza como son: para las losas de piso, para los muros de contención, para cisternas, para canales y prefabricados.

Económicamente minimiza las actividades de corte, doblado, amarre e instalación, reduciendo el desperdicio de acero, logrando un gran ahorro de tiempo y dinero. Se usa ampliamente en la construcción de albañilería confinada, en edificios aporticados y en prefabricados.

De igual manera, los aceros de refuerzo son de alta resistencia y tiene un límite de fluencia mínimo de 5000 kg/cm^2 , poseen la capacidad para soportar esfuerzos de tensión, soporta la misma carga a la tracción con menos cantidad de acero comparado con el fierro tradicional y son aceros que se pueden soldar. La tabla N° 41 muestra algunos tipos y características de las mallas electrosoldadas más comunes en nuestro país.

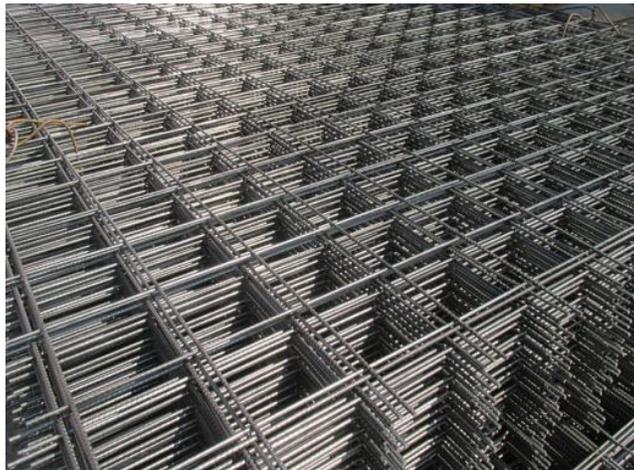
Tabla 41.
Tipos de mallas electrosoldadas

# de Malla	Tipo de malla	Dimensiones	Kg/m ²	Peso por plancha
M1	RE-295/65	2.45 x 8.05	2.89	56.91
M2	RE-295/65	2.45 x 5.8	2.86	40.613
M3	RE-295/65	2.45 x 7.8	2.88	55.057
M4	RE-424/65	2.45 x 8.05	3.94	77.79
M5	RE-424/65	2.45 x 6.05	3.95	58.54
M6	RE-541/65	2.45 x 7.85	4.83	92.8
M7	RE-541/65	2.45 x 5.05	4.82	59.67
M8	RE-833/65	2.45 x 8.1	7.15	141.9

Fuente: Catálogo Prodac 2016

La nominación más común de los distintos tipos de malla es la siguiente: por ejemplo, la malla RE-295/65 representa una malla rectangular, con un diámetro transversal y un longitudinal (según código) y con una separación en ambas direcciones de 6 pulgadas (15cm).

Imagen 102.
Mallas electrosoldadas



6.4.3.2. Concreto premezclado

El concreto para elementos prefabricados pasa por un alto control de calidad, enfocados tanto en su resistencia como en su durabilidad, este debe ser llenado de una manera exacta y precisa en los moldes para asegurar nula segregación de materiales y vibrados mínimos.

La resistencia de este concreto es de por lo menos 245 kg/cm^2 y se emplean aditivos para que en vez de llegar a la resistencia deseada en 28 días, ésta se alcance en tres o el tiempo que sea requerido. Los agregados empleados para la preparación del concreto prefabricado deben ser de canteras que tengan un control de calidad, pues es requisito básico conjuntamente con el contar con los equipos adecuados para una correcta vibración y además para una mejor trabajabilidad.

Algunas veces se debe obtener agregados que pasen la malla N° 14; de esa manera, se logra un concreto con mínima porosidad para una máxima duración. El agua empleada en el concreto vaciado in situ normalmente consume más de lo que requiere el concreto prefabricado lo que provoca se genere agua remanente que se evaporará con el tiempo, causando contracciones proporcionales a la cantidad de agua empleada. Para evitar esta situación y tener contracciones mínimas, la relación agua-cemento a utilizarse debe ser la menor posible a pesar de requerir un slump mayor a 4", para lo que se emplea aditivos para obtener un concreto plástico.

En nuestro país tenemos numerosas empresas que brindan servicios de concreto premezclado como Unicon, Mixercon, Concremax, Fullmix, Perumix, Economix, Coralmix, Lidermix, Supermix, Maximix entre otros. Es por ello que el concreto premezclado es elaborado bajo condiciones controladas, sistemáticas y de manera masiva en planta, con dosificación en peso y transportado masivamente en camiones mezcladores de hasta 8 m^3 al sitio de obra. Para hacer uso de un concreto premezclado se deberá tener en cuenta lo siguiente: (Ver tabla N° 42)

Tabla 42.

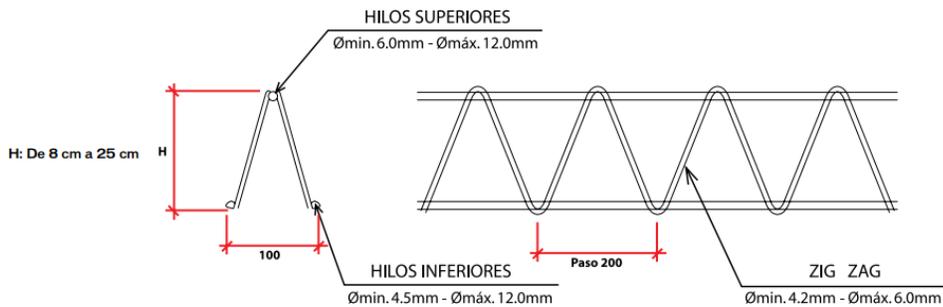
Consideración para el transporte y colocación de concreto premezclado

SEGÚN PROCEDIMIENTO	ACTIVIDAD	NORMAS	DESCRIPCIÓN	SEGÚN RNE
TRANSPORTE DE CONCRETO	Transporte	RNE E.0.60	“Ítem 5.9 - Transporte de concreto”	Se debe tener en cuenta que los camiones mixer sean los adecuados, que tengan acceso a la zona a vaciar y que el tiempo de transporte del concreto esté dentro de la tolerancia, según los tiempos indicados por el proveedor de concreto y/o las especificaciones del proyecto.
		ASTM C 94	“Especificación estándar para concreto premezclado”	El máximo tiempo de espera del concreto es de 1 ½ horas o antes de las 300 revoluciones, a menos que luego de sacar una muestra nuevamente, se corrobore que la mezcla aún es trabajable y la apruebe el cliente o la supervisión.
COLOCACIÓN DE CONCRETO	Condiciones del Sitio y Vaciado	ACI 304	Colocación del concreto y a las especificaciones del trabajo	Verificar la preparación del sitio y condiciones de localización según las especificaciones técnicas y los requisitos indicados en los planos. La colocación debe efectuarse en una operación continua o en capas de espesor tal que el concreto no sea depositado sobre otro ya endurecido para evitar la formación de juntas o planos de vaciado dentro de la sección.
		ACI 311	Manual de Inspección del Concreto	El concreto contaminado por sustancias extrañas o endurecido parcialmente no deberán colocarse, igualmente no colocar concreto retemplado o el que haya sido premezclado después de iniciado el fraguado.
		RNE E.0.60	Ítem 5.10 “Colocación de del concreto”	Los separadores temporales internos de los encofrados podrán ser retirados cuando el concreto alcance el nivel que haga su permanencia innecesaria. El vaciado de las vigas y losas no se efectuaran antes que el concreto de los elementos que le sirven de apoyo hayan pasado del estado plástico al solido (mínimo 3 horas después del vaciado)
	Consolidación / vibrado del concreto	RNE E.0.60	Ítem 5.10 “Colocación de del concreto”	Durante su colocación deberá verificarse que el concreto llenó los espacios alrededor de las barras de refuerzo de elementos embebidos y en las esquinas de los encofrados.
		ACI 309	Consolidación de concreto	Los vibradores no deberán usarse para desplazar lateralmente el concreto en los encofrados.
	Acabado	ACI 302	Criterios de un comité	La calidad de una superficie de concreto se juzga en gran parte por la condición y apariencia de su terminado.
	Juntas	ACI 304	Colocación del concreto y a las especificaciones del trabajo	Las superficies de las juntas deberán ser limpiadas y se eliminará la lechada superficial.
				Inmediatamente antes de la colocación del nuevo concreto, las juntas de construcción deberán ser humedecidas y el exceso de agua deberá eliminarse.
				Las juntas de construcción en entrepisos deberán estar ubicadas en el tercio central de la luz de losas y vigas. Las juntas en vigas principales, en caso existan vigas transversales dentro de un mismo paño, deberán estar a una distancia mínima de dos veces el ancho de las vigas transversales indicadas.

6.4.3.3. Tralichos

Es una vigueta longitudinal de acero estructural con alma abierta conformado por 3 varillas corrugadas longitudinalmente unidas por 2 varillas lisas en forma de zigzag. Fabricadas con varillas de acero laminado en frio, con una fluencia mínima de 5,000 kg/cm² y una resistencia a la ruptura no menor de 5,600 kg/cm². (Ver imagen N° 103 y anexo N° 10)

Imagen 103.
Detalle de tralichos



Fuente: Catálogo Prodac 2016

Es adecuada para la fabricación de elementos prefabricados como: viguetas para techos aligerados, pre losas, pre losas ligeras, como separador de losas y como alternativa de soporte de barras de transferencia. Sus principales ventajas son: viene listo para instalar, elementos de alta resistencia y su peso facilita la instalación en pre losas. Las varillas que conforman el tralicho deberán cumplir con las siguientes normas: ASTM A 496 “Acero Trefilado Corrugado” y ASTM A 82 “Acero Trefilado Liso”.

IMPLEMENTACIÓN

Los resultados anteriores muestran que el sistema industrializado, específicamente en las losas con pre losas, es beneficioso en temas técnicos, costo, tiempo y de calidad; pero para que este sistema funcione es importante la gestión que se debe realizar, basada en un control y seguimiento a lo largo de toda la ejecución de un proyecto.

Es importante mencionar que una restricción necesaria para la implementación de este sistema es la de contar con equipos y/o maquinarias que sirvan para el izaje y montaje de estos elementos prefabricados.

Además estos prefabricados – pre losas son aplicables para obras de los siguientes tipos: centros comerciales, edificios de oficinas, estacionamientos, hoteles, centros educativos (colegios, universidades, institutos.), naves industriales, puentes, túneles y edificios inmobiliarios que cuenten con una área de techado superior a los 6000 m².

Teniendo en cuenta el costo de alquileres de maquinarias y/o equipos mencionado en líneas anteriores, y si queremos que este sistema sea rentable, primero debemos hacer que el costo de alquiler compense el uso de prefabricados; para ello las empresas que deseen implementar este sistema tendrían que requerir como mínimo entre 800 m² y 1200 m² de producción de prefabricados al mes; esta producción contrarrestaría el precio del alquiler de cualquiera de estas maquinarias, pero no sería la única función de estos equipos ya que a su vez ayudarían al transporte, acarreo y diversos trabajos de acabados en una determinada obra.

CAPÍTULO VII

PARÁMETROS QUE DEFINEN LA EFICIENCIA EN UN PROCESO CONSTRUCTIVO

Leandro (2008), refiere que a diferencia de otras industrias, la construcción es una actividad en la que cada producto es diferente, es decir, ningún proyecto es o será igual a otro. En esta diferencia influyen aspectos como variabilidad de los materiales, variabilidad de la mano de obra, variabilidad del clima, variabilidad de la tecnología, etc. Esta condición particular hace que cada proyecto de construcción sea único y especial.

Por ello, en el presente capítulo se describirán los lineamientos que definirán la eficiencia de un proceso constructivo, con el objetivo de mejorar los procesos, y por ende, el producto final. Desde la etapa de planificación, seguido por la mano de obra calificada y por las maquinarias en la construcción.

7.1. EL MODELO DE PLANIFICACIÓN:

Existen varios tipos de modelos de planificación que se requieren para tener procesos más eficientes en un proyecto de construcción. Para el estudio consideramos un modelo tradicional y el modelo “Lean”.

7.1.1. MODELO TRADICIONAL

Gavillo y Mejía (2014), refieren que este modelo es conocido también como un modelo de conversión o de transformación. Se centra básicamente en la transformación de materia prima o inputs en un producto terminado u output que es el que se entrega al cliente.

Este proceso de transformación se encuentra fraccionado en una serie de procesos, que cuentan con una cada conversión de materiales en bruto a algún producto final como lo explica la imagen N° 104.

Imagen 104. Modelo de conversión de procesos



En la imagen N° 89, se observa que en el proceso de producción de una actividad solo se toma en cuenta la materia prima como entrada y esta es transformada en un producto final como salida, pero como lo menciona Virgilio Ghio, esta visión conceptualmente está errada.

Ya que al orientarse solamente en un proceso de transformación, este modelo excluye el principio de flujos físicos, este principio se basa en tiempo que se requieren para hacer trabajos de inspección, de esperas y otros que no agregan valor al producto final.

Ghio (2001), explica que este modelo de conversión en cierta forma es una idealización correcta. Al menos desde el punto de vista del cliente tales actividades no son necesarias, ya que estas no le agregan valor al producto terminado.

Pero en la práctica posee una visión sesgada de lo que sucede en la realidad. Entonces, al partir de un modelo que no refleja lo experimentado en el campo, en

proyectos complejos como los actuales, es inevitable generar pérdidas, simplemente porque no están siendo consideradas en el modelo mismo.

A continuación se detallarán las falencias más comunes del modelo tradicional para luego concluir y sustentar por qué era necesario introducir un sistema nuevo.

- Muestra límites definidos y fijos de cada actividad, lo cual es falso porque existen actividades que se traslapan o que pueden empezar sin que la anterior haya terminado en su totalidad. El modelo no se ajusta a la realidad.
- El modelo tradicional mide los resultados y mejora de productividad de cada uno de los procesos, no del sistema. Producir por producir es también una pérdida.
- El modelo tradicional afirma que sólo existen fenómenos de transformación en la construcción, refiriéndose al trabajo productivo. Lo cual es falso, porque como se conoce, también existen tiempos contributorios y tiempos no contributorios y es justamente en estos donde se generan las pérdidas; debido a que no son analizadas y desagregadas.

Al encontrarse estos problemas en los procesos tradicionales, se investigó como se podrían corregir estas deficiencias halladas en este proceso, en el año 1990 nace el “Lean Manufacturing” o “Lean Production” esta metodología fue demostrada con la enorme eficiencia obtenida con el sistema de Producción Toyota, seguido a ello con nuevas investigaciones nace un nuevo modelo con el mismo concepto pero aplicados al sector construcción, este modelo corrige las deficiencias encontradas en los procesos tradicionales, ya que se enfoca en reducir los tiempos que no contribuyen dentro de un proceso, observando el comportamiento del sistema y no únicamente a los procesos de conversión.

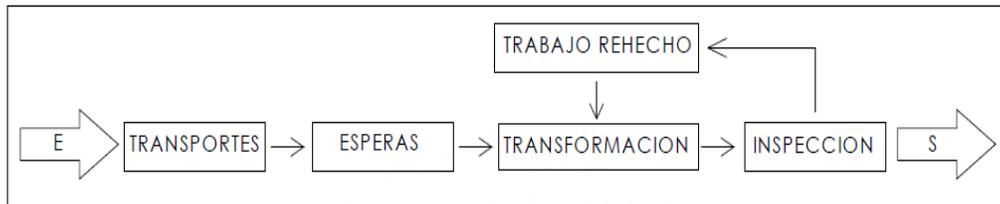
7.1.2. MODELO LEAN

Esta filosofía se centra en una nueva forma de producción, que tiene por objetivo fundamental la eliminación y/o minimización de pérdidas encontradas en todos los recursos que se utilizan al momento de realizar un proyecto, con el fin de aumentar el máximo valor del producto al cliente.

Asimismo, la Ing. Diaz (2007), alega que este proceso de producción debe verse como un conjunto de conversiones y flujos; de esta forma, se podrá conocer qué genera valor y las pérdidas relacionadas a cada flujo. En este modelo, se toma en cuenta el principio de flujos físicos en los diversos procesos con la finalidad de reducir estos tiempos que no son productivos.

La imagen N° 105 muestra el modelo de flujo de procesos según este nuevo enfoque que no solo se centra en la realización y/o conversión de procesos, sino también en las actividades que se requieren para realizarla.

Imagen 105.
Modelo de flujo de procesos (Modelo Lean)



7.1.2.1. Principales causas de pérdidas encontradas

Como se explicó anteriormente, este modelo busca identificar las pérdidas que se generan durante los procesos de producción en un determinado proyecto, estas pérdidas se encuentran divididas en tiempos contributorios y no contributorios.

A continuación describiremos algunas de las causas de la generación de pérdidas encontradas en los procesos de construcción: La primera es la falta de supervisión por parte del ingeniero responsable, esto

genera que el personal obrero realice sus actividades a un mayor tiempo y/o trabaje a un ritmo de trabajo lento. Lo otro, es la mala cantidad de cuadrillas a utilizar, pues la mayoría de obras presentan un mayor número de personal que lo que se requiere, generando así gran cantidad de tiempos que no contribuyen a la realización de su actividad.

Por lo que, es aquí en donde el modelo Lean Construction se vuelve beneficioso, ya que una vez identificadas las pérdidas, ayudaran a optimizar los trabajos contributivos y no contributivos, que son los que generan las pérdidas, disminuyendo el tiempo de ejecución de estas pérdidas, y por lo tanto, invirtiendo este tiempo en trabajos productivos. Por consiguiente, esta nueva filosofía se centra en la eliminación de actividades que no agregan valor y en el aumento de la eficiencia de las actividades que sí agregan valor.

Para ello, existen numerosas herramientas Lean que ayudan a maximizar la eficiencia en un proceso constructivo, a continuación describiremos algunas de estas: la sectorización, trenes de trabajo, dimensionamiento de cuadrillas, Lookahead, programación diaria, lecciones aprendidas, minimización de desperdicios, cartas balance, nivel de actividad, ciclo completo de planificación y programación, porcentaje de plan cumplido y causas de incumplimiento, acciones correctivas, lotes de transferencia y los buffers.

7.2. LA MANO DE OBRA CALIFICADA

La mano de obra en la construcción es uno de componentes fundamentales durante el proceso de construcción, en la actualidad es un problema ya que cada vez es más cara y menos capacitada. Asimismo, es una de las variables que afectan directamente la productividad ya que su rendimiento e impacto que generen logran grandes beneficios en la construcción.

La gran competitividad de las empresas, hoy en día, hace que los empresarios relacionados a este sector sean más competitivos, mejorando así la eficiencia en sus

procesos de producción, pero para ello es importantes conocer el impacto que genera este componente en los proyectos de construcción que se describirán a continuación.

7.2.1. IMPACTO DIRECTO EN LAS HORAS HOMBRE

Todo aquello fuera del sistema que puede afectar el desarrollo del mismo, en obras, causa un cambio en el flujo de trabajo que tiene algún impacto que recae, finalmente, en el costo del proyecto, este impacto puede ser negativo o positivo, como ejemplos negativos, se tiene:

- Tráfico que impide la llegada a la hora programada de los mixers de concreto, camiones con el encofrado, acero, ladrillo, etc.
- Inasistencia de buen porcentaje del personal obrero.
- Averías en la maquinaria de excavación masiva en obra.
- Averías en la grúa torre de obra.
- Vicios ocultos en el terreno donde se realiza la obra.

Esta lista son sólo unas de las tantas posibles razones que afecten la obra. Como se observa se tiene muchas maneras posibles de afectar negativamente de manera directa a las unidades básicas de producción, es decir, el conjunto de obreros o mano de obra e indirectamente a otras unidades como los materiales, equipos, etc.

De otro lado, se ha comprobado con investigaciones (la más detallada en nuestro medio fue plasmada por el Dr. Virgilio Ghio Castillo en su libro “Productividad en Obras de Construcción: Diagnóstico, crítica y propuesta”) que una de las causas del fracaso de las empresas constructoras en el objetivo de finalizar la obra dentro del plazo contractual, llegando a sobrepasar muchas veces las ampliaciones del mismo es que aún se está dejando el manejo de muchas obras a personal sin capacidad de gestión de tiempo y costos del proyecto, obteniendo flujos no continuos de trabajo, al no ser continuo causa que existan momentos donde se

tengan más recursos de mano de obra de los que se necesitan en otras palabras pérdidas económicas para la empresa.

Teniendo en cuenta todo ello, cada proyecto de construcción es diferente y se realiza en diversas condiciones, derivándose en diferentes factores que influyen positiva o negativamente en los rendimientos de obra, Botero (2002) agrupa estos factores en la siguiente tabla:

Tabla 43.
Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra

FACTORES	
1	Economía general
2	Aspectos laborales
3	Clima
4	Actividad
5	Equipamiento
6	Supervisión
7	Trabajador

Fuente: Botero, 2004

7.2.2. EFICIENCIA DE LA MANO DE OBRA

Botero (2002) refiere lo siguiente: “La eficiencia de la mano de obra, puede variar en un amplio rango que va desde el 0%, cuando no se realiza actividad alguna, hasta el 100% si se presenta la máxima eficiencia teórica posible.

El siguiente cuadro muestra cada uno de los rangos de acuerdo con la eficiencia en la productividad de la mano de obra. (Ver tabla N° 44)

Tabla 44.
Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra

EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD	RANGO
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (Promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

Fuente: Botero, 2004

Estos porcentajes muestran el rango de eficiencia en la productividad, estos valores son afectados negativa o positivamente por los factores mencionados en el ítem anterior.

Teniendo en cuenta ello, en el caso de prefabricados de concreto conllevan a la reducción de la mano de obra. Al reducir al mínimo la cantidad de obreros implicados en la fabricación y ensamblaje de los elementos se obtienen dos beneficios directos: el primero viene a ser la reducción de la cantidad de mano de obra empleada que significará una ventaja estratégica pues el costo de hora hombre en nuestro país está en constante alza como se ha experimentado. El segundo beneficio directo es la especialización que alcanza el personal obrero en planta, pues son trabajadores contratado por largos periodos de tiempo, a diferencia de lo experimentado en obra, donde es bastante variable la situación laboral del personal obrero. Esto lleva a cada vez mejorar el desempeño e índices de producción y la calidad en las labores en la que es participe el trabajador.

7.3. LAS MAQUINARIAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Debido a la gran variedad de construcciones, se puede decir que en las obra se utilizan todo tipo de maquinarias. Estas se pueden dividir para un trabajo determinado como el de movimiento de tierras que incluyen trabajos de excavación, carga, acarreo, descarga, extendido, compactación y otros; así como también para transporte de materiales.

Como lo refiere Simón y Rubio (2009) “la utilización de maquinarias de elevación de cargas es cada vez mayor en las obras de construcción, en sintonía con el incremento de la industrialización del sector”. Nos dice que en la actualidad el uso de prefabricados se encuentra en crecimiento originando el montaje con ayuda de estos equipos de izaje.

La industrialización se encuentra en crecimiento en los países de Europa haciendo que se reduzcan y/o mitiguen los riesgos del trabajo tradicional, asimismo, ayuda a mejorar la eficiencia en la medida en que se reduce la mano de obra.

7.3.1. GRÚAS TORRE Y OTROS

Son diversas las maquinarias y equipos usados para la elevación y transporte de carga como las torres grúa, telehandler, camiones grúa o merlos. Son de gran ayuda, ya que sirven para el transporte de cargas ya sean materiales, equipos menores y otros; incluso para el trabajo de actividades en altura o a nivel.

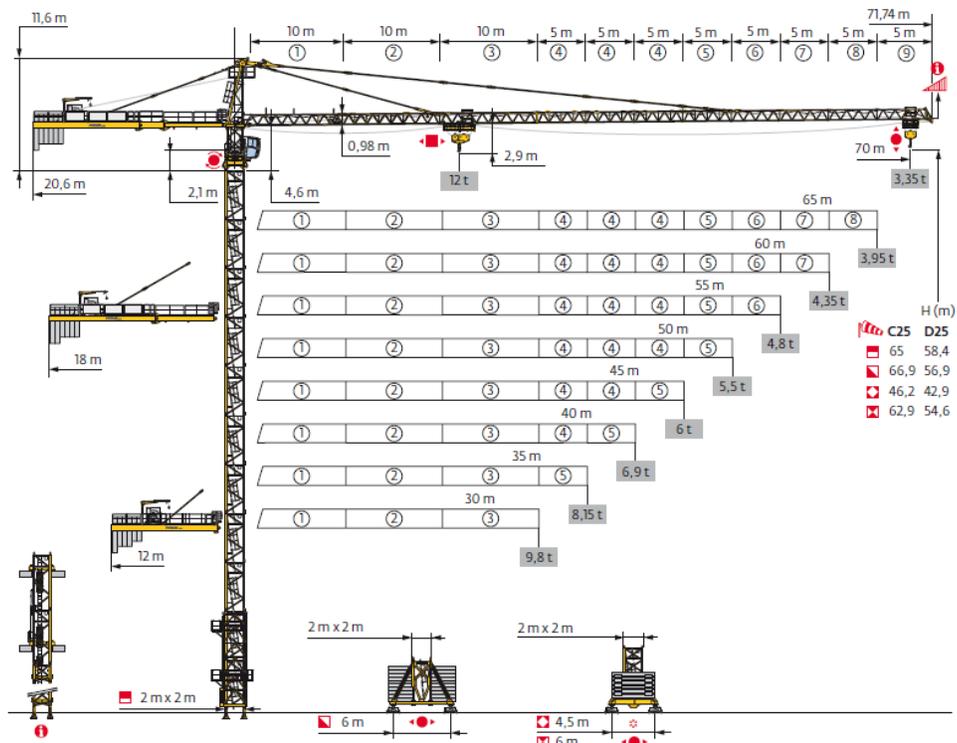
En especial las grúas torre son maquinarias que pueden cargar una cantidad de peso, de acuerdo al modelo dependerá su longitud y capacidad de carga. Estas máquinas son de gran importancia, ya que contribuyen a la ejecución de numerosos trabajos en el sector construcción porque reducen significativamente los trabajos dentro de un proceso. Importancia que aumenta al mismo ritmo que lo hace el proceso de industrialización de la actividad, que se basa en la prefabricación y el montaje posterior en obra.

En una obra es transcendental tener en cuenta el factor económico de estas maquinarias, en el caso de las grúas torre se deben de considerar la cantidad de estas a utilizar, por ende, cuanto es el tiempo estimado que se requerirán, y finalmente, su ubicación.

Tener en cuenta que a menor cantidad de grúas, la obra será más económica ya que con esto se reducirán los gastos extras que no son contemplados al momento de alquilar estos equipos/maquinarias como son los pagos a los gruistas y/o operadores, pagos de alquiler y mantenimiento a lo largo de toda su estancia en obra, pagos por servicios de energía, por montaje y desmontaje entre otros; que

sumados todos estos harán un alto precio que se tendrá que pagar. (Ver imagen N° 106)

Imagen 106.
Torre Grúa Potain MD 310 C



Fuente: Catálogo de maquinarias ETAC, 2016

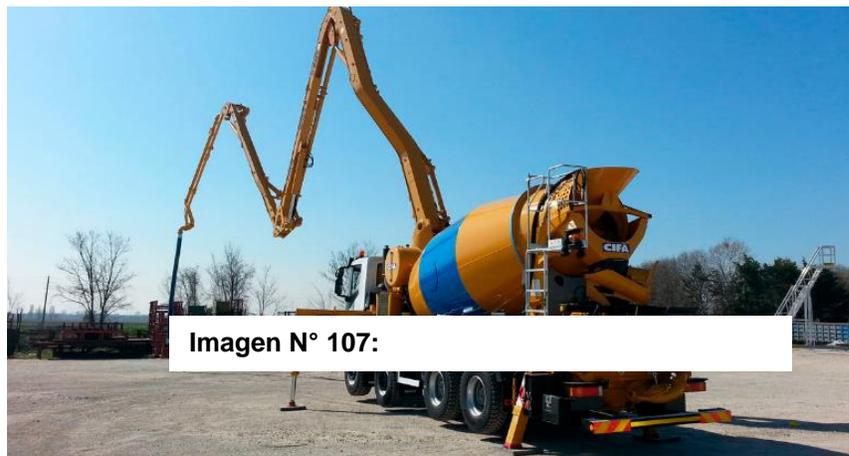
Pero al mismo tiempo, la cantidad, tiempo y ubicación de estas grúas a utilizar deberán ser bien evaluadas, ya que al tener una menor cantidad de equipos se estarían afectando el avance y/o producción de todas las actividades a ejecutar, y por ende, el plazo de entrega de obra; incluso de nuestros subcontratas ocasionando la disposición de nuevos medios auxiliares para contrarrestar estos problemas que cuyos precios serán mucho más caros.

7.3.2. BOMBAS DE CONCRETO

Para cuando se tiene vaciados a gran distancia o alturas dentro de un proyecto y el mixer de concreto no pueden ingresar es importante hacer uso de bombas de concreto. Estas bombas de concreto juegan un papel importante en la eficiencia de un proceso constructivo, ya que permitirán el ahorro de horas hombre, y por ende, la disminución del tiempo durante la ejecución en una determinada obra.

Un equipo para bombear concreto, es una pieza esencial para la actualidad ya que muchas obras y en su mayoría trabajan en un entorno de desorden, haciendo que se dificulten mucha de las actividades en el área de trabajo, una de ellas es el proceso de colocación del concreto que cada vez es más difícil. Por ello, el bombeo es la manera preferida de entregar el concreto debido a la facilidad con la cual puede ser realizado. Este equipo puede ser estacionado dentro o fuera de una obra, ya que con ayuda de las tuberías se bombea el concreto hacia el área deseada o un elemento estructural. (Ver figura N° 107)

Imagen 107.
Bomba de concreto



De igual manera, las bombas estacionarias son usadas para bombear elementos en donde no es posible el acceso con camiones de concreto al elemento de forma directa. Existen varios tipos de equipos y marcas de equipos entre los cuales la diferencia entre ellos corresponde en la presión de bombeo, y alguna ubicación

de accesorios principales. Esta bomba estacionaria requiere del armado de una serie de tubos (metálicos) aproximadamente de 3 m de longitud, entramados entre sí a través de accesorios que permiten llegar al sitio de descarga.

En nuestro país, cada vez son más las empresas que alquilan estas maquinarias, a continuación mencionaremos los costos promedio del alquiler de 3 empresas que hacen este servicio. (Ver tabla N° 45)

Tabla 45.
Costo de alquiler en bombas de concreto

EMPRESA	PRECIO UNITARIO S./ POR M ³
ZACH	34.67
MIXERCON	34.77
UNICON	42.91

Fuente: Catálogo de maquinarias de GyM

Estos costos incluyen el alquiler de la bomba, movilización y desmovilización, costo de mantenimiento, de combustible y costo de operadores.

CONCLUSIONES

- Utilizar prefabricados permite tener simultaneidad de actividades, por un lado, sin detener sus actividades el personal mano de obra continua sus labores de soporte en vigas, columnas y placas; mientras en otro ambiente se van fabricando las pre losas para luego ser montadas; generando así un proyecto más rápido, ordenado y limpio. Este sistema prefabricado no requiere la actividad de encofrado, optimizando la mano de obra, el uso de materiales y disminuyendo así la probabilidad de aparición de restricciones.
- En el campo estructural, muestra que ambos sistemas son confiables y resistentes, su comportamiento estructural es similar y cuentan con la misma cantidad de cuantía de acero, garantizando así el monolitismo en la estructura, con lo que cumplen la función de sostener las cargas de gravedad y formar un diafragma rígido intermedio en la estructura. En cuanto al costo de una losa con pre losa frente a una losa maciza es menor al 15% con respecto al otro.
- Utilizar pre losas implica ahorro del tiempo ,ya que suprime actividades y las reemplaza por el montaje de elementos, el rendimiento de mano de obra que muestra que este sistema es superior en un 40% con respecto al sistema tradicional mejorando la capacidad de respuesta en las entregas, este hecho conlleva a la reducción del cronograma de obra y reducción de gastos generales. El sistema pre losa posee un mejor acabado de fondo de losa comparándola con un sistema tradicional, ayudando así a prescindir del falso techo.
- Por todo lo expuesto, la alternativa de losa con pre losa es la más conveniente para proyectos de gran envergadura como centros educativos, estacionamientos, hoteles y otros que tengan una área techada superior a los 6000 m²; para que las empresas peruanas obtengan rentabilidad mediante este sistema, estas deberán requerir como mínimo entre 800 m² y 1200 m² de producción de prefabricados al mes, y así compensar el costo de los equipos y/o maquinarias necesarios para el montaje de estos elementos.
- El impacto que genera la aplicación de la metodología Lean es, ya que busca minimizar los tiempos no contributivos y así agregar más tiempo al trabajo productivo; por otro lado, la utilización de maquinarias de elevación son de mayor

importancia porque cada vez más se prefabrican elementos para luego ser montados en el lugar donde se construye, incrementando así la eficiencia en la medida en que se reduce la mano de obra. Finalmente, existen diversos factores que influyen positiva o negativamente en los rendimientos de obra que son de gran impacto en las horas hombre el cual son considerados en esta investigación.

- Para el autor y los que sucedan, ha sido novedoso este nuevo sistema de losas de entrepiso en Huancayo, ello ha dado luces a futuras investigaciones las que estarán enfocadas a nuevas formas de tecnología; en donde deben estar implicados todos los agentes participantes: proyectistas, empresas constructoras, administraciones y usuario final; cuyos resultados se están logrando en países del primer mundo, dejando así de aferrarse el Perú a la construcción tradicional cuanto proyectos de gran envergadura se trata.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOTERO BOTERO, Luis (2004). Construcción sin pérdidas. Análisis de procesos y filosofía Lean. Bogotá: Universidad EAFIT, Legis S.A.
2. DÍAZ MONTECINO, Andrea (2007). “Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. Tesis para Optar el título Ingeniería Civil. Universidad de Chile.
3. ENTREPISOS-LIMA S.A.C (2013) (www.entrepisoslima.com.pe) Sitio web de la empresa donde se muestra información sobre sus productos, servicio, experiencia, entre otros (consulta: 25 de setiembre).
4. PERCCA RAGAS, Antonio Rafael (2015). Estudio y análisis Costo – Beneficio de la aplicación de elementos Prefabricados de concreto en el casco estructural del Proyecto “Tottus Guipor”. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas. Perú.
5. RAMOS RUGEL, Maritza (2002). Análisis Técnico y Económico de Losas de Entrepiso. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad de Piura. Perú.
6. NOVAS CABRERA, Joel Alexander (2010). Sistemas constructivos Prefabricados aplicables a las construcciones de edificaciones en países en desarrollo. Proyecto para optar Master en Ingeniera Civil. Escuela técnica de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. España.
7. UNIVERSIDAD DE VALLE GRIJALVA, GUATEMALA, Sistemas constructivos. 2001.
8. HURTADO, Oswaldo (2012) Formación complementaria, Sistemas Constructivos Industrializados. Colombia.
9. GHIO CASTILLO, Virgilio (2001) Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta. Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú.
10. Paye Anco, A. A., Peña Castillo, J. A. & Franco Sánchez, J. L. (2014). Propuesta para la Utilización de Losas de Entrepisos Prefabricados y su Evaluación Costo-Tiempo. Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú).
11. ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES DEL PRESFUERZO Y LA PREFABRICACIÓN A. C. (ANIPAC) (2000) Manual de diseño de estructuras prefabricadas y presforzadas. México DF: ANIPAC.
12. ELLIOT, Kim (2002) Precast Concrete Structures. Oxford: Butterworth Heinemann.
13. ARMACERO (2014) Soluciones Concretas para Armaduras (Consulta: 9 de Octubre del 2016) (http://www.armacero.cl/assets/pdfs/catalogos_y_folletos/Mallas_Electrosoldadas.pdf).

14. CRUZ MACHADO, Virgilio (2007) Modelo de Planificación basado en construcción ajustada para obras de corta duración. Lisboa: Universidad Nova de Lisboa.
15. GHIO CASTILLO, Virgilio (2006) Innovación tecnológica en la construcción ahora es cuando. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
16. GALARZA MEZA, Marco (2011). Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Pontificia Católica del Perú.
17. LEANDRO HERNANDEZ, Ana (2008) Mejoramiento de los procesos constructivos. España: Universidad de la Rioja.
18. Gavillo Zapata, S., Mejía Ortiz, F. (2014) Optimización de la eficiencia del proceso constructivo en la partida de encofrado de vigas mediante la aplicación de cartas balance y línea balance, bajo un enfoque lean, para optimizar la mano de obra en el centro comercial "Paso 28 de Julio" en la ciudad de Lima. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas. Perú.
19. BOTERO BOTERO, Luis (2002) Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. Bogotá: Universidad EAFIT, Legis S.A.
20. Simón Donaire, J., Rubio Romero, J. (2009) La Seguridad en las Grúas Torre en las obras de Construcción de Andalucía. Universidad de Málaga. España
21. SENCICO, Norma Técnica de Edificaciones E-060. Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009.
22. SÁNCHEZ, Natividad. Concreto Armado, Cimentaciones-Apuntes de clases. Universidad Continental. Huancayo 2014.
23. HARMSEN Teodoro. Diseño de Estructuras de Concreto Armado (Saravia) 3ra ed Lima: Fondo Editorial PUCP, 2005, 677p. ISBN: 9972-42-730-7.
24. NILSON.H. Arthur. Diseño de Estructuras de Concreto (Quiroga) Duodécima ed Bogotá: Fondo Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, S.A, 1999, 706p. ISBN: 958-600-953-X.
25. Portocarrero Almonacid, Gerardo Manuel (2016). Alternativas estructurales de techado para una sala de usos múltiples de dos niveles con luces libre de 9x9m en la ciudad de Huancavelica. Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Continental. Perú
26. GRAÑA Y MONTERO (2012), Sistema de Gestión de calidad (SGC), Plan de aseguramiento y control de calidad (Consulta: 2 de Setiembre del 2016)

27. PRODAC (2016) Soluciones Confiables para la Construcción (Consulta: 23 de Setiembre del 2016) (<http://prodac.bekaert.com/~media/BrandSites/PRODAC/EMPRESA/DESCARGA%20CATALOGOS/PDF%20CATALOGOS/CAT%20UNBU%20COMERCIAL.pdf?la=es-MX>)
28. GRAÑA Y MONTERO (2016) Análisis de Precios Unitarios, Especificaciones Técnicas y Memoria Descriptiva, Proyecto Open Plaza Huancayo (Consulta: 24 de Octubre del 2016)
29. DOKA (2010) Vigas de madera Doka (Consulta: 1 de Octubre del 2016) (https://www.doka.com/_ext/downloads/downloadcenter/999791004_2010_05_online.pdf)
30. ETAC (2012) Catálogo de Grúas Torre (Consulta: 24 de Setiembre del 2016) (<http://www.etacperu.com.pe/alquiler-de-gruas-torre-potain.html>)

ANEXOS

ANEXO 01: Puntos de izaje en pre losa.

ANEXO 02: Equivalencia de Mallas electrosoldadas vs fierro tradicional

ANEXO 03: Lookahead de la semana 43,

Reporte de avance de la semana 43

Control de horas hombre y metrado diario de cada partida,

Control de horas hombre vs metrado de avance por semana, losas con pre losas

Control de horas hombre vs metrado de avance por semanas, losas maciza

ANEXO 04: Planos de soporte de Pre losas

Sección de vigas de madera

ANEXO 05: APU para una losa maciza y losa con pre losa

Metrado de losa maciza y losa con pre losa

ANEXO 06: Desperdicio de materiales en prefabricados, proyecto Open Plaza Huancayo

ANEXO 07: APU para una columna pre armada

APU para una columna armada

Metrado de columna de 6.5m de altura P1 EJE L-6

ANEXO 08: APU para el acabado de fondo de losa

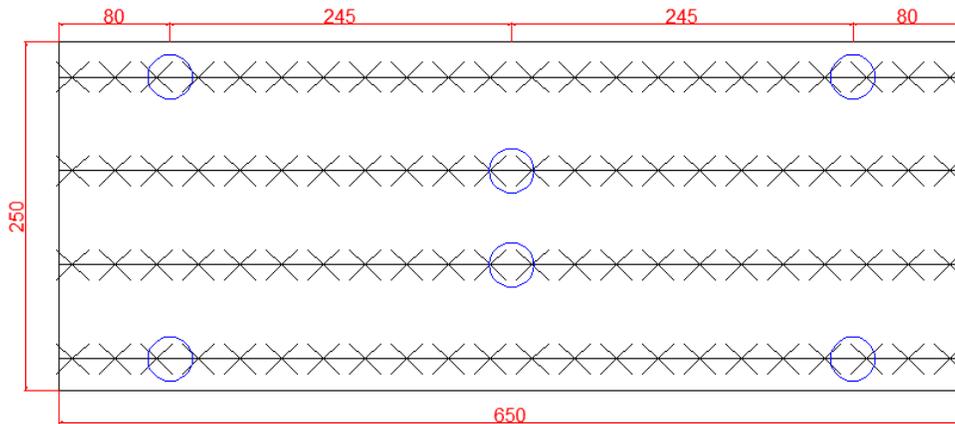
ANEXO 09: Protocolos de liberación para estructuras de concreto armado

Protocolos de liberación para pre losas

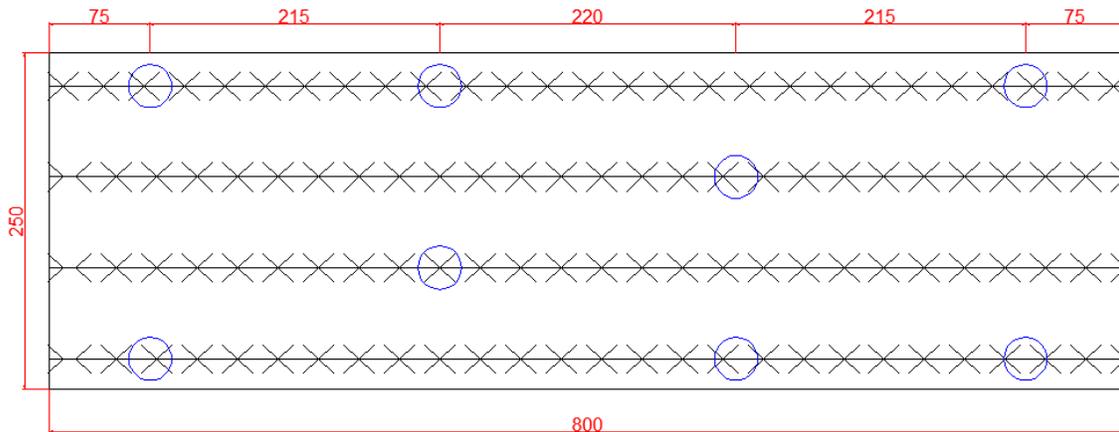
ANEXO 10: Certificado de calidad de tralichos

ANEXO 01: PUNTOS DE IZAJE EN PRE LOSA

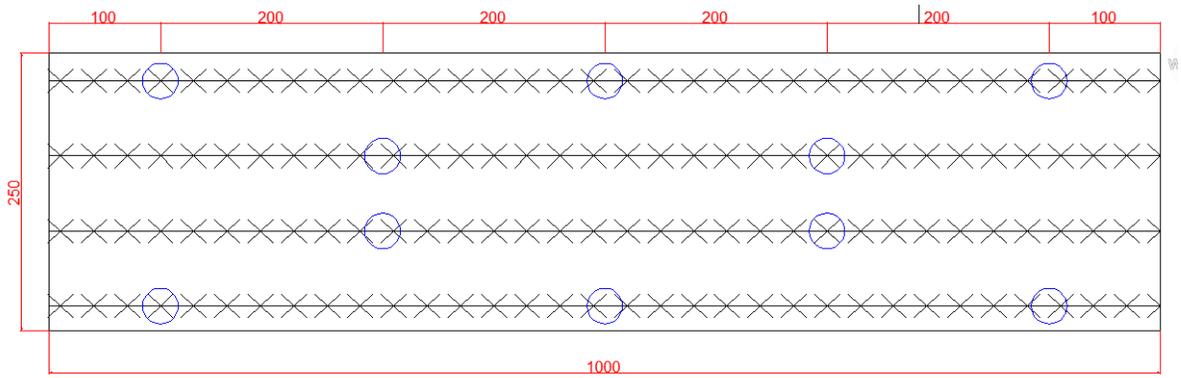
Para pre losas con longitudes hasta 6.50 m., utilizar estrobos de 4 puntos de enganche.



Para pre losas con longitudes hasta 8 m., utilizar estrobos de 8 puntos de enganche.



Para pre losas con longitudes hasta 10 m., utilizar estrobos de 10 puntos de enganche.



ANEXO 02: EQUIVALENCIA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS VS FIERRO TRADICIONAL



ANTONIO BLANCO BLASCO
INGENIEROS E.I.R.L.

Callao, 05 de Julio de 2014

Señores
G Y M S.A.

Atn: Ing. Tarex Rojas / Ing. Juan Orjeda

Asunto: Aprobación de uso de Malla y acero $f_y=5,000$ kg/cm²
Proyecto: OPEN PLAZA HUANCAYO

De nuestra consideración:

De acuerdo a la solicitud de la empresa Prodac S.A., para la obra en mención, se puede usar malla y varillas $f_y=5000$, de acuerdo al siguiente cuadro:

	TIPO DE ELEMENTOS	As (cm ² /m)	Alternativa 1	Alternativa 2
		Requerido	Malla	Var. $f_y=5000$ Kg/cm ²
CON REDUCCION DE CUANTIA	PRELOSAS MACIZAS			
	Armadura Inferior de 3/8" @.20	2.982	RE-295/65	Var. de 8.7mm @.20 (2.97)
	Armadura Inferior de 1/2" @.25	4.267	RE-424/65	Var. de 11.7mm @.25 (4.27)
	Armadura Inferior de 1/2" @.20	5.334	RE-534/65 ó RE-541/65	Var. de 11.7mm @.20 (5.35)
	BASTONERIA DE REFUERZO DE PRELOSAS MACIZAS			
	Todo refuerzo de 1/2"	1.067		Var. de 11.7mm (1.07)
	Todo refuerzo de 3/8"	0.596		Var. de 8.7mm (0.596)
	BASTONERIA Y REFUERZO PERPENDICULAR ENCIMA DE PRELOSAS MACIZAS			
	Todo refuerzo de 1/2"	1.067		Var. de 11.7mm (1.07)
	Todo refuerzo de 3/8"	0.596		Var. de 8.7mm (0.596)
	ARMADURA SUPERIOR DE LOSAS MACIZAS			
	Todo refuerzo de 1/2"	1.067		Var. de 11.7mm (1.07)
	Todo refuerzo de 3/8"	0.596		Var. de 8.7mm (0.596)

CARACTERISTICAS TECNICAS				
SIMBOLOGIA	DISTANCIA LONG.	DISTANCIA TRANSV.	DIAMETRO LONGIT.	DIAMETRO TRANSV.
RE-295/65	150 mm.	150 mm.	7.5 mm.	5.0 mm.
RE-424/65	150 mm.	150 mm.	9.0 mm.	5.0 mm.
RE-534/65	150 mm.	150 mm.	10.1 mm.	5.0 mm.
RE-541/65	100 mm.	150 mm.	8.3 mm.	5.0 mm.
TENSION MAXIMA	5500 Kg/cm ²			
TENSION DE FLUENCIA	5000 Kg/cm ²			

TRASLAPES EN VARILLAS $f_y=5000$

Los traslapes para malla electrosoldada se calculan en tracción según el capítulo 12 de la Norma E.060 de Concreto Armado. Los traslapes y longitudes de anclaje de varillas con $f_y=5000$ Kg/cm², son las mismas que las varillas tradicionales.

Atte.



ANTONIO BLANCO BLASCO
INGENIEROS E.I.R.L.

ANEXO 03: LOOKAHEAD SEMANA 43

GyM		REGISTRO GESTIÓN DE PROYECTOS LOOKAHEAD																				
CÓDIGO DEL PROYECTO:		1831												AREA								
NOMBRE DEL PROYECTO:		CENTRO COMERCIAL OPEN PLAZA HUANCAYO												CLIENTE								
														PRODUCCION								
														OPEN PLAZA								
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	CUADRILLA	METRADO TOTAL	METRADO PROG.	HH PROG.	RATIO META	RATIO PROG.	SEMANA 43													
									23-oct		24-oct		26-oct		27-oct		28-oct		29-oct			
									61		62		63		64		65		66			
									V	P	S	P	L	M	M	P	X	P	J	P'		
ESTRUCTURAS																						
FRANJA 1: CONSTRUCCION VERTICAL																						
PISO 1: NIVEL +6.30																						
	Acero de Verticales	kg	Acero	8,260.85																		
	Encofrado de Verticales	m2	Encofrado	231.00																		
	Concreto de Verticales	m3	Concreto	40.43																		
	Fondo de Viga	m2	Encofrado	128.16	24.05	100.00	4.16	24.0	10													
	Acero de Viga	kg	Acero	19,305.29	4,216.79	120.00	0.03	4,216.3	12													
	Costado de Viga	m2	Encofrado	442.14	162.89	240.00	1.473	79.9	12	83.0	12											
	Apuntalamiento	m2	Encofrado	1,113.67	522.47	160.00	0.31	297.5	8	225.0	8											
	Colocación de Prelosa	m2	Encofrado	1,113.67	522.47	160.00	0.31	297.5	8	225.0	8											
	Acero de Losa Superior	kg	Acero	8,994.82	6,418.27	180.00	0.03	2,240.2	6	2,213.4	6	1,964.7	6									
	IIIE/IIIS	glb	S/C					58		59		510										
	Concreto de Losa Superior	m3	Concreto	389.33				97.0	7	95.8	7	85.0	7									
PISO 2: NIVEL +12.60																						
	Acero de Verticales	kg	Acero	6,321.86				1,638.6	6	983.1	6	2,389.3	6	1,310.8	6							
	Encofrado de Verticales	m2	Encofrado	297.08	297.08	240.00	0.808	77.0	6	46.2	6	112.3	6	61.6	6							
	Concreto de Verticales	m3	Concreto	51.99	51.99	80.00	1.54	13.5	2	8.1	2	19.6	2	10.8	2							
	Fondo de Viga	m2	Encofrado	128.01	128.01	400.00	3.12			54.8	10	24.1	10	28.5	10							
	Acero de Viga	kg	Acero	16,443.82	16,443.82	480.00	0.03			5,530.0	12	4,403.3	12	3,758.4	12							
	Costado de Viga	m2	Encofrado	444.41	444.41	480.00	1.080					177.5	12	89.4	12							
	Apuntalamiento	m2	Encofrado	947.57	947.57	320.00	0.34					316.8	8	273.8	8							
	Colocación de Prelosa	m2	Encofrado	947.57	947.57	320.00	0.34					316.8	8	273.8	8							
	Acero de Losa Superior	kg	Acero	7,661.58	7,661.58	240.00	0.03							2,576.6	6							
	IIIE/IIIS	glb	S/C											511								
	Concreto de Losa Superior	m3	Concreto	331.62										111.5	7							

REPORTE DE AVANCE DE LA SEMANA 43

 FORMULARIO GESTIÓN DE PROYECTOS REPORTE DE AVANCE SEMANAL		Revisión: 1
		Fecha: 18/08/15
		Página: 1 de 1
CENTRO COMERCIAL OPEN PLAZA HUANCAYO		
SEMANA : 43 (16 de Octubre al 22 de octubre 2015)		
DESCRIPCIÓN	Metrado	Ubicación
CONCRETO - CAM	m2	
VIERNES 16	-	
SABADO 17	-	
DOMINGO 18	-	
LUNES 19	-	
MARTE 20	-	
MIERCOLES 21	125.90	
JUEVES 22	22.22	
ENCOFRADO - CAM	m2	
VIERNES 16	101.34	
SABADO 17	85.42	
DOMINGO 18	43.73	
LUNES 19	215.21	
MARTE 20	160.73	
MIERCOLES 21	199.80	
JUEVES 22	185.90	
ACERO - CAM	Kg	
VIERNES 16	7519.95	
SABADO 17	8041.58	
DOMINGO 18	3027.68	
LUNES 19	10172.66	
MARTE 20	6649.79	
MIERCOLES 21	10269.26	
JUEVES 22	9676.07	
CONCRETO - CAM	m3	
VIERNES 16	65.85	
SABADO 17	97.71	
DOMINGO 18	22.36	
LUNES 19	81.11	
MARTE 20	5.05	
MIERCOLES 21	0.00	
JUEVES 22	148.20	
APUNTALAMIENTO - CAM	m2	
VIERNES 16	157.49	
SABADO 17	143.11	
DOMINGO 18	0.00	
LUNES 19	0.00	
MARTE 20	0.00	
MIERCOLES 21	155.58	
JUEVES 22	140.25	

CONTROL DE HORAS HOMBRE Y METRADO DIARIO POR CADA PARTIDA

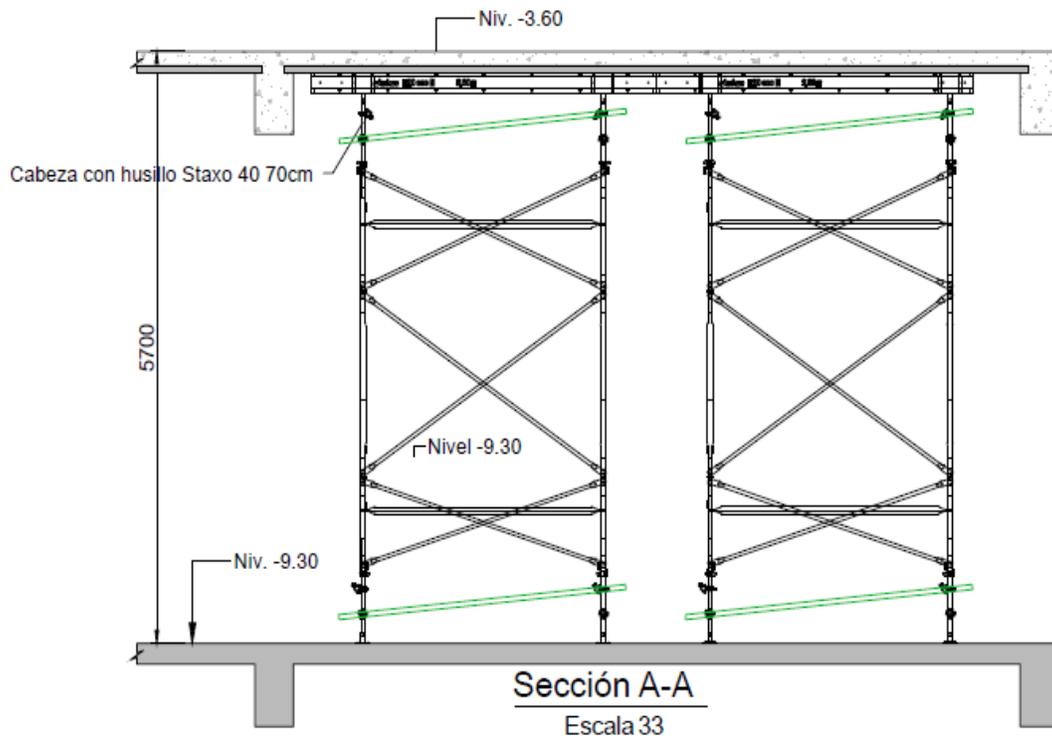
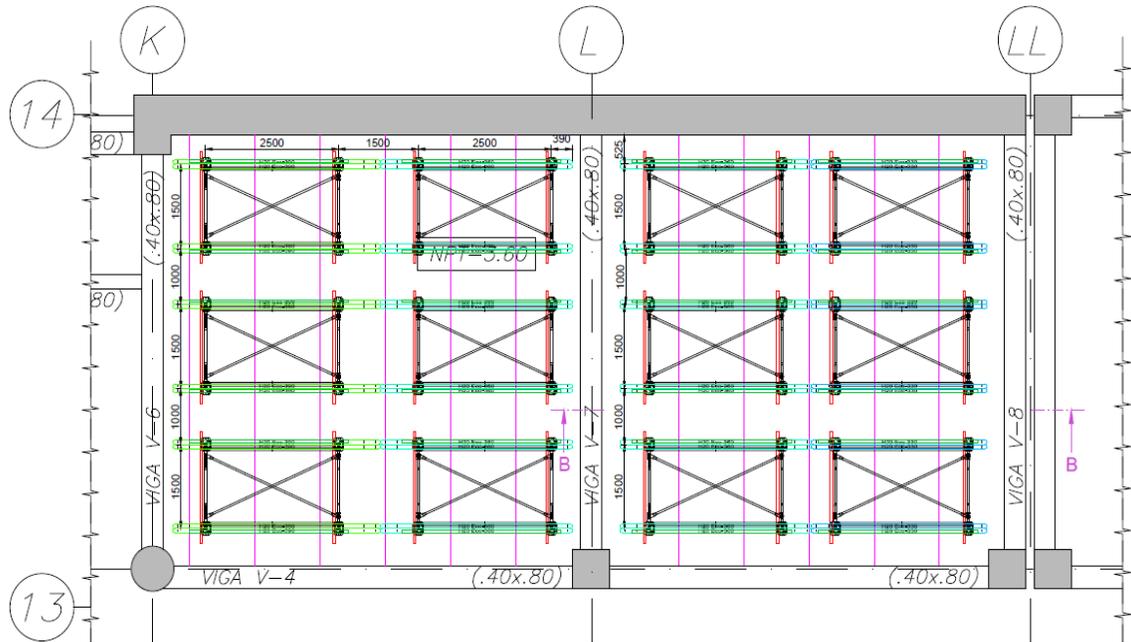
CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UND	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO	
			19/10/2015	20/10/2015	21/10/2015	22/10/2015	23/10/2015	24/10/2015	METRADO	HH	METRADO	HH	METRADO	HH
1010	OBRAS PROVISIONALES (IIIEE)	HH	-		-		-		-		-		-	
1040	ACARREO CON EQUIPOS VERTICAL Y HORIZONTAL	HH	-	43.5	-	56	-	43.5	-	43.5	-	43.5	-	43.5
1080	PROTECCIÓN COLECTIVA : EPC	HH	-		-		-		-		-		-	
1100	TOPOGRAFIA	HH	-		-		-		-		-		-	
1130	PARALIZACIONES, HUELGAS Y OTROS POR EL CLIENTE	SEM	-		-		-		-		-		-	
1140	PARALIZACIÓN DE TRABAJO POR LLUVIA	SEM	-		-						-	38	-	
2010	CAPATACES Y SUPERVISORES	SEM	-	49	-		-	45	-	23	-	49.5	-	38
2020	MOVIMIENTO DE TIERRAS LOCALIZADO (PERFILADO)	M2						48	19.34	16	19	15		
2040	CONCRETO PREMEZCLADO	M3	81.11	66.7	5.05	39	8.8	50.5	148.2	68.5	66.24	91	8.23	112.5
2060	PRELOSAS - COLOCACIÓN Y ENCOFRADO	M2	42.08	18			155.58	46	140.25	61	140.25	63		
2070	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	212.51	475	160.73	432.5	199.8	411	186.9	442.5	166.64	411.5	137.19	186
2080	CONTROL ENCOFRADO	SEM	-		-		-		-		-		-	
2090	COLOCACIÓN DE ACERO	KG	10172.66	174.5	5999.04	240	10269.26	255.5	9676.07	269	6947.01	226.5	3950	113.5
2092	HABILITACIÓN DE ACERO	KG		93.5		90.5		97		90.5		86.5		48.5
3010	ALBAÑILERÍA - TABIQUERÍA	M2	-		-		-		-		-		-	
3020	TARRAJEO - SOLAQUEO - DERRAMES	M2	-		-		-		-		-		-	
3030	PISOS Y CONTRAZÓCALO DE CEMENTO - BRUÑAS - VEREDAS	M2	-		-		-		-		-		-	
3040	ENCHAPES - ZÓCALOS - REVESTIMIENTOS	M2	-		-		-		-		-		-	
				920		858		996.5		1034		1034		610

CONTROL DE HORAS HOMBRE VS METRADO DE AVANCE POR SEMANAS – LOSAS CON PRELOSAS Y LOSA MACIZA

Und:M2		COLOCACIÓN DE PRELOSAS		FRENTE 6	
Semana	Franja / Nivel	Cantidad de Pre losas (m ²)	HH	Rendimiento Real (m ² /hh)	Rendimiento Real (m ² /día)
16	F1 / Sótano 3	478.16	188	2.543	20.347
17	F2 / Sótano 3	1561.78	456	3.425	27.400
18	F1 / Sótano 2	483.19	165	2.928	23.427
19	F3 / Sótano 3	1694.88	451	3.758	30.064
20	F2 / Sótano 2	1071.81	281	3.814	30.514
21	F1 / Piso 1	1071.81	295	3.633	29.066
ACUMULADO		6,361.63	1,836.00	20.10	160.82
		1060.272	306	3.350	26.803

Und:M2		ENCOFRADO DE LOSA		SECTOR IV	
Semana	Franja / Nivel	Encofrado Real (m ²)	HH	Rendimiento Real (m ² /hh)	Rendimiento Real (m ² /día)
47	Sótano 2	369.4	192	1.924	15.392
48	Sótano 2	355.4	192	1.851	14.808
49	Sótano 1	443.9	224.3	1.979	15.829
50	Sótano 1	423.2	192	2.204	17.633
ACUMULADO		1,591.87	800.33	7.96	63.66
		265.311	133.389	1.989	15.916

ANEXO 04: PLANOS DE SOPORTE DE PRE LOSAS

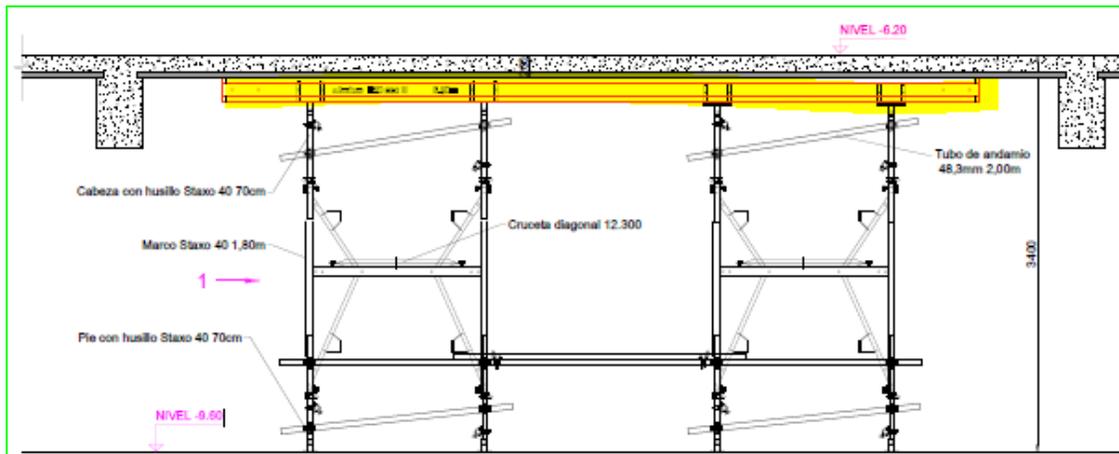


SECCIÓN DE VIGAS DE MADERA

Tipos de vigas

H16 N	H16 P	H20 N	H20 P	H24 N	H30	H36
Número de permiso						
Z-9.1-222	Z-9.1-391	Z-9.1-21	Z-9.1-391	Z-9.1-317	Z-9.1-21	Z-9.1-21
o EN 13377						
Para las vigas Doka sin marca EN (producción hasta el 03-11-2008) tiene validez el permiso. Para las vigas Doka con marca EN (producción a partir del 04-11-2008) tiene validez la EN 13377.						

Tolerancia en la altura de construcción $\pm 1,0$ mm con un contenido de humedad de la madera de 12%.



ANEXO 05: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA UNA LOSA MACIZA Y UNA LOSA CON PRE LOSA

Partida	01.01.01.01.01.0 Encofrado y Desencofrado de losa maciza						
Rendimiento	7 m²/DÍA	MO. 7.5000	EQ. 7.5000		Costo unitario directo por : m ²	60.08	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantida	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales						
02120100020001	Alambre Negro # 8		kg		0.3230	2.09	0.68
02140100010026	Madera Tornillo		p2		0.5820	4.56	2.65
0214020001	Triplay Lupuna		pl		0.0260	86.23	2.24
0227020002	Desmoldante		gln		0.0170	18.28	0.31
02320700010001	Clavo para Madera		kg		0.1210	2.98	0.36
0241010026	Consumibles		glb		1.0000	1.98	1.98
							8.22
	Equipos						
0315010001	Sierra Circular y Garlopa		día	0.0540	0.0072	29.90	0.22
0318010003	Encofrado Columna		m ²		1.0000	14.64	14.64
							14.86
	Subcontratos						
04020100810006	FLETE ENCOFRADO		ton		1.0000	2.95	2.95
							2.95
	Subpartidas						
300103040102	Habilitación y Colocación de Encofrado con madera		m ²		1.0000	34.05	34.05
							34.05

Partida	(100202010305-0111052-01) Habilitación y Colocación de Encofrado- h simple						
Rendimiento	m²/DÍA	MO.8.29	EQ.8.29		Costo unitario directo por : m ²	34.05	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0102030001	Oficial		hh	0.5907	0.5700	14.77	8.42
0102040001	Operario		hh	1.3989	1.3500	18.25	24.64
							33.06
	Equipos						
0316050010	Herramientas		%MO		3.0000	33.06	0.99
							0.99

Partida	01.01.01.01	PRELOSAS						
Rendimiento	M ² /DIA	MO.	8	EQ.	8	Costo unitario directo por : m ²	54.88	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio USD	Parcial USD	
	Subcontratos							
407040013	Pre losas		m ²		1	39	39	
							39	
	Materiales							
	Sika rapid 5		lt		0.011	1.4807	0.017	
	Concreto Premezclado F'c 245		m3		0.050183	287	14.402	
	Varilla de fierro corrugado		kg		0.842832	1.733333	1.461	
	Malla electrosoldada		kg		3.794043	2.65845	10.086	
	Alambre de amarre		kg		0.116667	2.048	0.239	
							15.88	

Partida	03.01.01.01.05.0	Acero de refuerzo						
	7	fy=4200kg/cm²						
Rendimiento	kg/DIA	433.0000		EQ.	433.0000	Costo unitario directo por : kg	3.32	
					0			
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantida	Precio	Parcia
	Subpartida				a	d	S/.	l S/.
	s							
30010508013	Acero Dimensionado		kg			1.0000	3.32	3.32
0								3.32

(300105080130-0111051-01) Acero Dimensionado							
Partida			MO.433.00	EQ.433.00	Costo unitario directo por : kg	3.32	
Rendimiento	kg/DIA						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
			Mano de Obra				
0102010001	Capataz		hh	0.0800	0.0015	40.70	0.06
							0.06
			Materiales				
0212030004	Acero Dimensionado		kg		1.0300	2.32	2.39
							2.39
			Subpartidas				
100202010512	Colocación de Acero Dimensionado		kg		1.0000	0.87	0.87
							0.87

(100202010512-0111051-01) Colocación de Acero Dimensionado							
Partida			MO.520.00	EQ.520.00	Costo unitario directo por : kg	0.87	
Rendimiento	kg/DIA						
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
			Mano de Obra				
102010001	Capataz		hh	0.0800	0.0022	40.70	0.09
0102050001	Peón		hh	1.0000	0.0154	15.10	0.23
0102040001	Operario		hh	1.0000	0.0154	24.19	0.37
							0.69
			Materiales				
02120100020003	Alambre Negro # 16		kg		0.0450	2.34	0.11
							0.11
			Equipos				
0316050010	Herramientas		%MO		3.0000	0.60	0.02
03150200010002	Cizalla Eléctrica		día	0.2000	0.0007	42.00	0.03
03150200030001	Dobladora a Palanca para Varillas de Acero		día	0.2500	0.0005	37.86	0.02
							0.07

Partida	03.01.01.02.02.0 4		Concreto f'c=245 kg/cm ²				
Rendimiento	m3/DIA	32.0000	EQ.	32.0000	Costo unitario directo por : m ³	362.62	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantida	Precio	Parcial
	Mano de Obra			a	d	S/.	S/.
0102010001	Capataz		hh	0.0800	0.0200	40.70	0.81
							0.81
	Materiales						
02250200010035	Concreto Premezclado f'c=245 Kg/cm ² (p57, slump 6")		m3		1.0500	280.86	294.90
0225080001	Servicio de Bomba		m3		1.0500	32.94	34.59
							329.49
	Subpartidas						
300103030116	Colocación Concreto Premezclado Con Bomba		m3		1.0000	32.32	32.32
							32.32

METRADO DE LOSA MACIZA Y LOSA CON PRE LOSA

METRADO DE ACERO - LOSA CON PRE LOSA									
ÍTEM	PARTE	a	b	c	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	PESO X M	PESO
1	longitudinales	5.45			20.625	3/8	5.45	0.56	62.95
2		5.45			20.625	3/8	5.45	0.56	62.95
3		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
4		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
5		3.40			40.25	3/8	3.40	0.56	76.64
6		4.40			40.25	3/8	4.40	0.56	99.18
7		7.85	7.85	0.80	40.25	3/8	16.50	0.56	371.91
8	transversales	2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
9		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
10		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
11		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
TOTAL PESO									1065.81

METRADO DE ACERO - LOSA MACIZA

ÍTEM	PARTE	a	b	c	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	PESO X M	PESO
1	longitudinales - superior	5.45			20.625	3/8	5.45	0.56	62.95
2		5.45			20.625	3/8	5.45	0.56	62.95
3		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
4		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
5		3.40			40.25	3/8	3.40	0.56	76.64
6		4.40			40.25	3/8	4.40	0.56	99.18
8	transversales - superior	2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
9		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
10		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
11		2.30	0.60		40.25	3/8	2.90	0.56	65.37
12		5.45			20.625	3/8	5.45	0.56	62.95
1	longitudinales - inferior	7.85			40.25	3/8	7.85	0.56	176.94
4	transversales - inferior	7.85			40.25	3/8	7.85	0.56	176.94
TOTAL PESO									1110.73

ANEXO 06: DESPERDICIO DE MATERIALES EN PREFABRICADOS – PROYECTO OPEN PLAZA HUANCAYO

MALLAS CONSUMIDAS POR ENTREPISOS - METRADO TEÓRICO		
MALLAS DISPONIBLE EN PLANTA	DETALLE	TOTAL (PL)
MALLA ELECTROSOLDADA RE-424/65 DE 2.45 X 8.05 M	1/2 @ 25	942
MALLA ELECTROSOLDADA RE-424/65 DE 2.45 X 6.05 M	1/2 @ 25	235
MALLA ELECTROSOLDADA RE-541/65 DE 2.45 X 7.85 M	1/2 @ 20	561
MALLA ELECTROSOLDADA RE-541/65 DE 2.45 X 5.05 M	1/2 @ 20	100
MALLA ELECTROSOLDADA RE-295/65 DE 2.45 X 8.05 M	3/8 @ 20	465
MALLA ELECTROSOLDADA RE-295/65 DE 2.45 X 7.80 M	3/8 @ 20	990
MALLA ELECTROSOLDADA RE-295/65 DE 2.45 X 5.80 M	3/8 @ 20	481
MALLA ELECTROSOLDADA RE-833/65 DE 2.45 X 8.10 M	5/8 @ 20	51
		3825

ÁREA DE PLANCHA (m ²)	PESO (kg/m ²)	TOTAL (kg)
19.7225	3.94	73,306.96
14.8225	3.95	13,732.90
19.2325	4.83	52,053.38
12.3725	4.82	5,971.77
19.7225	2.89	26,479.65
19.11	2.88	54,495.42
14.21	2.86	19,518.61
19.845	7.15	7,262.44
		252,821.13 kg

MALLAS ENTREGADAS A ENTREPISOS – METRADO REAL		
DESCRIPCIÓN	DETALLE MALLA	TOTAL (PL)
MALLA ELECTROSOLDADA RE-424/65 DE 2.45 X 8.05 M	1/2 @ 25	973
MALLA ELECTROSOLDADA RE-424/65 DE 2.45 X 6.05 M	1/2 @ 25	238
MALLA ELECTROSOLDADA RE-541/65 DE 2.45 X 7.85 M	1/2 @ 20	562
MALLA ELECTROSOLDADA RE-541/65 DE 2.45 X 5.05 M	1/2 @ 20	107
MALLA ELECTROSOLDADA RE-295/65 DE 2.45 X 8.05 M	3/8 @ 20	465
MALLA ELECTROSOLDADA RE-295/65 DE 2.45 X 7.80 M	3/8 @ 20	1027
MALLA ELECTROSOLDADA RE-295/65 DE 2.45 X 5.80 M	3/8 @ 20	497
MALLA ELECTROSOLDADA RE-833/65 DE 2.45 X 8.10 M	5/8 @ 20	52
DESPERDICIO	2.3%	

ÁREA DE PLANCHA (m ²)	PESO (kg/m ²)	TOTAL (kg)
19.72	3.94	75,598.75
14.82	3.95	13,932.52
19.23	4.83	52,153.60
12.37	4.82	6,384.69
19.72	2.89	26,463.15
19.11	2.88	56,543.54
14.21	2.86	20,184.66
19.85	7.15	7,378.80
		258,775.71 kg

CANT. CONCRETO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	25-jul	27-jul	28-jul	29-jul	30-jul	31-jul	01-ago	03-ago	04-ago	05-ago	06-ago	07-ago
3252 M³	15.0	16.0	18.0	12.0	20.0	16.0	20.0	18.0	24.0	24.0	10.0	23.5
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	08-ago	10-ago	11-ago	12-ago	13-ago	14-ago	15-ago	17-ago	18-ago	19-ago	20-ago	21-ago
	23.5	14.0	16.0	24.0	27.0	22.0	20.0	28.0	28.0	29.0	29.0	29.0
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36	37
	22-ago	23-ago	24-ago	25-ago	26-ago	27-ago	28-ago	29-ago	31-ago	02-sep	03-sep	04-sep
	28.5	16.0	29.0	16.0	24.0	16.0						
	38	39	40	41	42	43	45	46	47	48	49	51
	07-sep	08-sep	09-sep	10-sep	11-sep	12-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	19-sep	21-sep
	29.0	27.0	22.0	30.0	18.0	17.5	20.0	20.0	18.0	20.0	33.0	28.0
	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	64
	22-sep	23-sep	24-sep	25-sep	26-sep	28-sep	29-sep	30-sep	01-oct	02-oct	03-oct	05-oct
	12.0	18.0	12.0	18.0	20.0	20.0	18.0	26.5	12.0	17.0	18.0	16.0
	65	66	67	68	69	71	73	74	75	76	78	79
	06-oct	07-oct	08-oct	09-oct	10-oct	12-oct	14-oct	15-oct	16-oct	17-oct	19-oct	20-oct
	11.0	28.0	18.0	13.5	13.5	29.0	12.5	13.5	13.5	21.5	42.0	29.5
	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92
	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	26-oct	27-oct	28-oct	29-oct	30-oct	31-oct	02-nov	03-nov
	13.5	16.0	4.0	15.0	20.5	16.0	29.0	29.0	29.5	22.0	29.5	29.5
	93	94	95	96	98	99	100	101	102	103	104	105
	04-nov	05-nov	06-nov	07-nov	09-nov	10-nov	11-nov	12-nov	13-nov	14-nov	16-nov	17-nov
	29.5											
	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
	18-nov	19-nov	20-nov	21-nov	22-nov	23-nov	24-nov	25-nov	26-nov	27-nov	28-nov	30-nov
	29.5	29.5	29.5	29.5	16.0	29.5	29.0	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
	01-dic	02-dic	03-dic	04-dic	05-dic	07-dic	08-dic	09-dic	10-dic	11-dic	12-dic	14-dic
	29.5	29.5	29.5	29.5	28.5	29.5	29.5	29.5	21.5	4.0	16.0	29.5
	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141
	15-dic	16-dic	17-dic	18-dic	19-dic	20-dic	21-dic	22-dic	26-dic	27-dic	28-dic	29-dic
	29.5	8.0	11.0	5.5	19.0	8.0	29.5	28.0	15.0	13.5	16.0	29.5
	142	143	144	145	146	147	148	149	151	152	153	155
	30-dic	02-ene	04-ene	05-ene	06-ene	07-ene	08-ene	09-ene	11-ene	12-ene	13-ene	15-ene
	13.5	13.5	28.0	29.5	16.0	8.0	16.0	7.5	15.0	11.0	11.0	8.0
	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165		
	18-ene	21-ene	25-ene	28-ene	03-feb	04-feb	05-feb	06-feb	08-feb	09-feb		
	11.0	7.0	7.0	5.0	6.0	6.0	6.0	5.5	6.0	4.5		

PRELOSAS PRODUCIDAS	65,469.33	m ²
ESPESOR	0.05	m

METRADO REAL - CONCRETO CONSUMIDO POR ENTREPISOS	3252	m ³
--------------------------------------------------	------	----------------

METRADO TEÓRICO	3273.47	m ³
-----------------	---------	----------------

DESPERDICIO	-1%
-------------	-----

ACERO DE REFUERZO ENTREGADO A ENTREPIOS – METRADO REAL		LONGITUD DE VARILLA	PESO NOMINAL KG/MM	TOTAL KG
8.7X10m	1796	10	0.467	8387.32
8.7X12m	3393	12	0.467	19014.37
11.7x12m	2630	12	0.844	27899.04
			TOTAL	55300.73

ACERO DE REFUERZO - METRADO TEÓRICO	PESO NOMINAL KG/MM	LONG DE VARILLAS X CANTIDAD	TOTAL KG	
8.7X10m	0.467	59917.71	27981.57	
8.7X12m				
11.7x12m	0.844	31670.59	26729.98	
			TOTAL	54711.55

DESPERDICIO	-1.08%
-------------	--------

ANEXO 07: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA UNA COLUMNA PRE ARMADA Y UNA ARMADA

Partida	01.01.02.03.01.05	Habilitado de acero					
Rendimiento	kg/DIA					Costo unitario directo por : kg	0.22
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Subcontratos						
0407040013	Habilitado de acero	kg		1.0000	0.2205	0.22	0.22

Partida	01.01.02.03.01.05	Pre armado de acero					
Rendimiento	kg/DIA					Costo unitario directo por : kg	0.57
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Subcontratos						
0407040013	Pre armado de acero	kg		1.0000	0.5725	0.57	0.57

Partida	01.01.02.03.01.05	Colocado de acero					
Rendimiento	kg/DIA					Costo unitario directo por : kg	0.09
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Subcontratos						
0407040013	Colocado de acero	kg		1.0000	0.0890	0.09	0.09

Partida	01.01.02.03.01.05	Habilitado, pre armado y colocado de acero					
Rendimiento	kg/DIA					Costo unitario directo por : kg	0.88
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Subcontratos						
0407040013	Habilitado, pre armado y colocado de acero	kg		1.0000	0.8820	0.88	0.88

(100202010512-0111051-01) Colocación de Acero Dimensionado								
Partida							Costo unitario directo por : kg	0.87
Rendimiento	kg/DIA	MO.520.0 0	EQ.520.0 0					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
102010001	Capataz	hh	0.0800	0.0022	40.70	0.09		
0102050001	Peón	hh	1.0000	0.0154	15.10	0.23		
0102040001	Operario	hh	1.0000	0.0154	24.19	0.37		
							0.69	
Materiales								
0212010002000 3	Alambre Negro # 16	kg		0.0450	2.34	0.11		
							0.11	
Equipos								
0316050010	Herramientas	%MO		3.0000	0.60	0.02		
0315020001000 2	Cizalla Eléctrica	día	0.2000	0.0007	42.00	0.03		
0315020003000 1	Dobladora a Palanca para Varillas de Acero	día	0.2500	0.0005	37.86	0.02		
							0.07	

<u>METRADO DE ACERO EN COLUMNA P-6</u>									
ÍTEM	PARTE	a	b	c	CANT_X_ELEM	DIAM	LONGITUD	PESO X M	PESO
1	VERTICALES	12.00			12	1	12.00	3.973	572.11
2		0.40	2.60		12	1	3.00	3.973	143.03
3	ESTRIBOS	0.62	0.62	0.13	89	3/8	2.74	0.56	136.56
4		0.21	0.29	0.13	89	3/8	2.26	0.56	112.64
TOTAL PESO									964.34

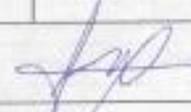
ANEXO 08: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA EL ACABADO DE FONDO DE LOSA

Partida	02.02.03.01.06 Limpieza de Cielo Raso de Concreto Armado						
Rendimiento	m ² /DI A	MO.	100.000 0	EQ	100.000 0	Costo unitario directo por : m ²	7.34
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantida	Precio
					a	d	S/.
							Parcial
							S/.
	Mano de Obra						
0102010001003	Capataz Albañilería y Acabados			hh	0.1000	0.0080	23.46
0102040001	Operario			hh	4.0000	0.3200	18.25
0102050001	Peón			hh	1.0000	0.0800	13.79
							7.13
	Equipos						
0316050010	Herramientas			%MO		3.0000	7.13
							0.21

Partida	02.02.03.01.04 Solaqueado en Cielo Raso de Concreto Armado						
Rendimiento	m ² /DI A	MO.	50.0000	EQ	50.0000	Costo unitario directo por : m ²	14.54
			0		0		
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantida	Precio
					a	d	S/.
							Parcial
							S/.
	Materiales						
0207010001	Cal Hidráulica			kg		0.5950	1.70
0207020003000	Arena Fina			m3		0.0040	40.00
0207030001000	Cemento Tipo I			bls		0.0280	16.91
							1.64
	Subcontratos						
0401010030	Mano de Obra Arquitectura (SC)			glb		12.9000	1.00
							12.90

ANEXO 09: PROTOCOLOS DE LIBERACIÓN PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

COMPAÑIA AMERICANA DE MULTISERVICIOS DEL PERU S.A.	REGISTRO		C&P.50C.PC.1030-P2		
	CONTROL DE CALIDAD		Rev: 03		
	LIBERACIÓN DE VACIADO DE CONCRETO		Fecha: 08/08/15 Página: 1 de 2		
CÓDIGO Y NOMBRE DEL PROYECTO: 1831 OPEN PLAZA HUANCAYO			N° CORRELATIVO: 1602		
ELEMENTO (S) A VACIAR: TRAMPA DE GRASA			FECHA: 24/02/16		
SECTOR / FRENTE: I/R		EJES: 9-10/I-J	PISO: SOTANO 3		
RESIST. (F'c): 280	PLANO DE REFERENCIA:		N°PROBET:		
CHECK LIST DE LIBERACIÓN DE VACIADO DE CONCRETO					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SI	NO	M/A	OBSERVACIÓN
1	Ubicación del elemento según ejes y dimensiones	✓			
2	Topografía, cotes de fondo y nivel de concreto	✓			
3	Verificación de la armadura según check list	✓			
4	Verificación del encofrado según check list	✓			
5	BISS: tendido de redes, ubicación de puntos de salida y poses para tuberías	✓			
6	BEE: redes y salidas (Interruptores, tomacorrientes, TV, telefono e Intercomunicadores)		✓		
7	Pernos de Anclaje y embebidos			✓	
8	Limpieza del fondo del encofrado				
9	Humedad en toda la superficie de contacto	✓			
10	Otros		✓		
COMENTARIOS 					
N° de serie: 3689 Fecha: 24/02/16 Se Adjunta Plano marcando el sector o elemento vaciado 					
ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:	
Firma: 		Firma:  Yuliana Torres Luján Supervisor QA/QC - Calidad Compañía Americana de Multiservicios del Perú S.A.		Firma: 	
Cargos: Asistente de Campo		Cargos: Supervisor		Cargos: Supervisor	
Nombre: HATSA HERRERA		Nombre: YULIANA TORRES LUJÁN		Nombre: ERICK CERBASÍ	
Fecha: 24/02/2016		Fecha: 24-02-16		Fecha: 24/02/16	

COMPAÑIA AMERICANA DE MULTISERVICIOS DEL PERU S.A.		REGISTRO			CRP.50C.PC.1030-F2
		CONTROL DE CALIDAD			Rev: 03
		LIBERACIÓN DE VACIADO DE CONCRETO			Fecha: 08/08/15
					Página: 2 de 2
ELEMENTO ESTRUCTURAL:		TRAMPA DE GRASA		EJES: 9-10/I-J	PISO: Sot3
PLANO DE REFERENCIA:		E-24 REV.03			
CHECK LIST DE VERIFICACIÓN DE COLOCACIÓN DE ARMADURA					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SI	NO	N/A	OBSERVACIÓN
1	Limpieza de armadura (Verificar que la armadura no presente corrosión)	✓			
2	Diámetro Especificado: ($\phi = 3/8"$ oig.)	✓			
3	Verificación de Longitudes (Tolerancia $\pm 0 \pm 1$ cm)	✓			
4	Verificación de Estribos (cantidad y espaciado)	0	✓		
5	Verificación de Longitudes de Traslape (Tolerancia $+ 0 \pm 1$ cm)		✓		
6	Colocación de separadores (metálicos / doble malla)		✓		
7	Conformidad de recubrimiento (dados de concreto en Losas / ruedas de plástico en muros)	✓			
8	Colocación de refuerzos y amarres		✓		
9	Otros		✓		
RESPONSABLE DE ACERO: <i>Hatsel Horodien</i>				Firma: 	
Fecha de Inspección: 24/02/2016					
CHECK LIST DE VERIFICACIÓN DE ENCOFRADOS					
PLANO DE REFERENCIA: E-24 REV.03					
TIPO DE ENCOFRADO					
Madera <input checked="" type="checkbox"/> Metálico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>					
Nombre de Desmoldante <input type="text"/>					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	SI	NO	N/A	OBSERVACIÓN
1	Verificación de traza y niveles	✓			
2	Limpieza de paneles y accesorios (planchas metálicas / paneles de madera)	✓			
3	Colocación de desmoldante / sellador (madera)	✓			
4	Verificación de niveles, verticalidad y horizontalidad de encofrado	✓			
5	Conformidad de recubrimientos (dados de concreto y/o separadores de plástico)	✓			
6	Verificación de octavos y/o biseltes			✓	
7	Verificación de hermeticidad de encofrado (colocación de yeso en anchas)	✓			
8	Verificación de ventanas y pases	✓			
9	Otros		✓		
RESPONSABLE DE ENCOFRADO: <i>Hatsel Horodien</i>				Firma: 	
Fecha de Inspección: 24/02/2016					

ANEXO 10: CERTIFICADO DE CALIDAD DE VIGAS TRALICHO



CERTIFICADO

DE CALIDAD 07/2015 - 109

CLIENTE : ENTREPISOS LIMA S.A.C.
PRODUCTO : VIGAS TRALICHO
TIPO : V13E - 80/45/45 0.13 x 7.60 m
PEDIDO DE VENTA : 26428
FECHA DE EMISION : 23/07/2015

PRODAC S.A. Certifica que los materiales suministrados cumplen con las siguientes especificaciones técnicas:

VIGUETAS

TIPO	DIAMETRO						DIMENSIONES				
	ALAMBRE SUPERIOR	toleranc. (+/-)	ALAMBRE INFERIOR	toleranc. (+/-)	ALAMBRE DE HILO	toleranc. (+/-)	ALTURA	toleranc. (+/-)	SEPARAC.	toleranc. (+/-)	LONGITUD
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m
V13E - 80/45/45	8.00	0.10	4.50	0.07	4.50	0.07	0.13	5.00	200	5.00	7.60

ESPECIFICACIONES DE ALAMBRES CORRUGADOS PARA VIGUETAS

DIAM*		RESISTENCIA	FLUENCIA	DOBLEZ	ELONG
NOM	TOL (+/-)	KG/MM2	KG/MM2	#	%
mm	% en peso	min	min		
$\varnothing > 2.87$ y $\leq \varnothing 10$ mm	6	56.12	49.49	20	8

Las viguetas son fabricadas con alambres que cumplen con las siguientes normas, para tensión máxima y fluencia:

ASTM A 496 - ALAMBRES TREFILADOS CORRUGADOS

ASTM A 82 - ALAMBRES TREFILADOS LISOS

ATENTAMENTE

ING. RICARDO MENESES M.
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Av. Néstor Gambetta 6429
Callao - Perú
T. 51 (1) 613 6666
F. 51 (1) 577 0041

www.prodac.bekaert.com

