

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN UNA PLANTA DE  
PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**JANETH KATHERIN SARAVIA HINOSTROZA**

**ASESOR**

**Ing. HERNAN AGUSTÍN ARBOCCÓ VALDERRAMA**

**Lima- Perú**

**2017**

© 2017, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir del Trabajo de Suficiencia Profesional en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

Saravia Hinostroza, Janeth Katherin  
saraviajaneth@yahoo.es  
987571652– 014590037

	Pag
<b>RESUMEN</b>	4
<b>ABSTRACT</b>	5
<b>PROLOGO</b>	6
<b>LISTA DE CUADROS</b>	7
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	10
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	16
<b>INTRODUCCIÓN</b>	17
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	19
1.1 PROYECTO DE GRAN ENVERGADURA – CONSTRUCCIÓN DELVIADUCTO PARA EL TREN ELÉCTRICO LÍNEA 1, TRAMO I Y TRAMO II	19
1.1.1 Estructura del Proyecto	20
1.2 MONTAJE DE UNA PLANTA DE PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	23
1.2.1 Los Prefabricados	23
1.2.2 Planta de Prefabricados para la construcción del Viaducto	24
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	27
2.1. APLICACIÓN DEL ESTUDIO DEL TRABAJO Y SUS HERRAMIENTAS	28
2.1.1 Medición del Trabajo	28
2.1.2 Definiciones de la Composición del Tiempo de Trabajo	30
2.2 APLICACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD Y GESTIÓN POR VALOR	30
2.3 TERMINOS Y HERRAMIENTAS ADICIONALES DE APLICACIÓN	34
2.3.1 Variabilidad	34
2.3.2 Last Planer	35
2.3.3 Productividad	35
2.3.4 Lean Construction	36
2.3.5 Cyclone	37
2.4 GESTIÓN DE STAKEHOLDERS	39
<b>CAPÍTULO III: ESTRUCTURA DE UNA PLANTA DE PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	41
3.1 DEMANDA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS	41

3.2	UBICACIÓN ESTRATÉGICA	45
3.3	DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS PARA FRENTES DE TRABAJO Y STOCK	50
3.4	IMPORTANCIA DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE APOYO (STAKEHOLDERS)	54
	<b>CAPÍTULO IV: PROCESOS EN LA PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	60
4.1	VIGAS PREFABRICADAS DE ALTURAS 1.30m Y 1.80m	60
4.2	PRELOSAS PREFABRICADAS	74
4.3	BORDES TÍPICOS PREFABRICADOS	80
4.4	CABEZALES PREFABRICADOS	86
	<b>CAPÍTULO V: OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	88
5.1	COMPARACIÓN DE PROCESOS EN LOS 2 CASOS, TRAMO I Y TRAMO II DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO PARA EL TREN ELÉCTRICO	88
5.1.1	Fabricación de vigas típicas H=1.30m y H=1.80m Tramo 1	88
5.1.2	Fabricación de vigas típicas H=1.30m y H=1.80m Tramo 2	101
5.1.3	Fabricación de vigas cabezales Tramo 2 – Línea 1	103
5.1.4	Fabricación de prelasas Tramo 1	113
5.1.5	Fabricación de prelasas Tramo 2	115
5.1.6	Fabricación de Bordes Típicos tramo 1	121
5.1.7	Fabricación de Bordes Típicos tramo 2	123
	<b>CAPÍTULO VI. LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DEL STOCK</b>	125
6.1	LA ACUMULACIÓN DE STOCK	125
6.1.1	Caso Tramo 1	126
6.1.2	Caso Tramo 2	128
6.2	LIBERACIÓN DE STOCK Y MEDIDAS DE CONTROL CONTINUO	130
	<b>CAPÍTULO VII: MEJORA CONTINUA EN LA PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	132
7.1	ESQUEMA DE TRABAJO	132
7.2	CASO VIGAS CABEZALES	133
7.3	CASO VIGAS LONGITUDINALES	135
7.4	GUÍA PARA ENCONTRAR PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS	140

7.4.1 Caso de estudio, proceso del pre-armado de acero para vigas estructurales	143
<b>CONCLUSIONES</b>	146
<b>RECOMENDACIONES</b>	148
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	150
<b>ANEXOS</b>	151

## RESUMEN

En el presente trabajo de suficiencia profesional se analizará la aplicación de herramientas de planificación desarrolladas para la optimización de procesos en una planta de prefabricación de elementos estructurales. Se hará uso de varias herramientas de planificación; Gestión por valor, Constructabilidad, estudio del trabajo, etc.

La planta de prefabricados a estudiar se ubicó dentro del trayecto de la Construcción del viaducto para el tren eléctrico Línea 1, en la cual se produjo elementos como vigas pretensadas, vigas cabezales, prelosas y bordes típicos, la construcción de este viaducto como producto de los elementos prefabricados estuvo bajo un control efectivo y su proceso fue industrial, además el montaje de estos elementos se realizó sin interrupción del tráfico ni molestias a los vecinos. La prefabricación de elementos estructurales se ha convertido en nuestro país en una pieza importante para la ejecución de proyectos para reducir los plazos y costos de ejecución, así como en reducción de mano de obra, reducción de riesgos en seguridad y mejoramiento del control de calidad.

La planta de prefabricados del Tramo 1 de la línea 1 del proyecto tren eléctrico, fue ubicada casi a pie de obra, en la Villa Deportiva Nacional-VIDENA, aproximadamente a la mitad del eje del viaducto. Dicha planta contó con un área de 57 850 m<sup>2</sup>. En el tramo 2 de la línea 1, la planta de prefabricados fue ubicada al final del viaducto, esta planta contó con un área de 47,500m<sup>2</sup>, reducida en un 20% en comparación a la anterior. El área de producción de vigas prefabricadas para el tramo 1 contó con 6 líneas de producción de 6 vigas de 19.70 m mientras en el tramo 2 contó con 4 líneas para la producción de 5 vigas de 24.70 m, el área destinada para el stock del acero se ubicó al lado de la zona de armado de vigas, lo que facilitó el rápido transporte del material para la fabricación de las armaduras, reduciendo el acarreo manual, además el rápido traslado de las armaduras a la zona de producción.

La innovación se aplicó en la prefabricación de vigas cabezales, cuya función es sostener toda la plataforma del viaducto. Los trabajos realizados in situ fueron reemplazados por elementos prefabricados reduciendo los índices de riesgo debido a que todas las actividades, excepto el montaje, se realizaba a nivel de piso en la planta de prefabricados. Se mejoró la producción debido a que el tiempo de producción de un cabezal se redujo a solamente 3 días.

## ABSTRACT

The present report will analyze the application of planning tools developed for the optimization of processes in a prefabrication plant of structural elements. Various planning tools will be used; Management by value, Constructability, study of the work, etc.

The prefabricated plant to be studied was located within the construction of the viaduct for the electric train Line 1, in which elements such as prestressed beams, head beams, pre-slabs and typical edges were produced, the construction of this viaduct as a product of the Prefabricated elements was under effective control and its process was industrial, in addition the assembly of these elements was done without interruption of the traffic nor discomfort to the neighbors. The prefabrication of structural elements has become our country in an important piece for the execution of projects to reduce the time and costs of execution, as well as reduction of labor, reduction of security risks and improvement of quality control.

The prefabricated plant of Section I of line 1 of the electric train project was located almost at the foot of the building, at the National Sports Village-VIDENA, approximately halfway along the axis of the viaduct. This plant had an area of 57 850 m<sup>2</sup>. In section 2 of line 1, the prefabricated plant was located at the end of the viaduct, this plant had an area of 47,500m<sup>2</sup>, reduced by 20% compared to the previous one. The area of production of prefabricated beams for section I had 6 production lines of 6 beams of 19.70 m while in section II it had 4 lines for the production of 5 beams of 24.70 m, the area destined for the steel stock Was placed next to the area of reinforcement of beams, which facilitated the rapid transport of the material for the manufacture of the reinforcements, reducing the manual carry, besides the fast transfer of the armors to the zone of production.

The innovation was applied in the prefabrication of head beams; whose function is to support the whole platform of the viaduct. The works carried out in situ were replaced by prefabricated elements reducing the risk indexes because all the activities, except the assembly, were carried out at floor level in the prefabricated plant. Production was improved because the production time of a spindle was reduced to only 3 days.

## PRÓLOGO

Este Trabajo de Suficiencia Profesional da a conocer cómo la evaluación de los procesos de producción de las partidas de una obra de construcción lleva a buscar mejoras continuamente a fin de lograr cumplir con los plazos de abastecimiento de acuerdo a la Programación de Obra y a cumplir con terminar la ejecución en el menor tiempo y con menor afectación de los vecinos del tránsito vehicular en una ciudad como Lima, con todos los problemas de un crecimiento sin planificación ordenada.

Se hace una comparación entre los procedimientos empleados en la construcción de parte de la Primera Etapa de la Línea 1 del Metro de Lima, entre Villa El Salvador y el Puente Atocongo, con construcciones in-situ y la continuación veinte años después, hasta la Av. Grau, utilizando elementos prefabricados con la planta de producción ubicada en la Villa Deportiva Nacional-VIDENA, distrito de San Borja. También se compara con la habilitación de la Planta de Producción de elementos prefabricados en San Juan de Lurigancho para la construcción de la Segunda Etapa, a fin de producir más elementos prefabricados en una menor área, optimizando el espacio en las diferentes líneas de producción, mejorando la disposición de los equipos de producción y aumentando la longitud de vigas, para cumplir con los plazos de entrega y su puesta en servicio para bien de la población usuaria.

Finalmente, las conclusiones nos señalan claramente las ventajas que se obtienen cuando se emplean los elementos prefabricados con buenos acabados y de muy buena calidad, que llegan al punto de obra al momento en que se necesita, sin perjudicar al tránsito ni a los vecinos.

En las Recomendaciones se plantea motivar a los estudiantes de Ingeniería Civil a que permanentemente estén buscando innovar en los procesos de producción, empleando nuevas tecnologías, nuevos procedimientos y nuevos productos, ejecutando las partidas en forma continua y armoniosa, que conlleven a ejecutar las obras en menor Tiempo y al Menor Costo, para satisfacer finalmente, a los clientes y los usuarios.

### **El asesor.**

## LISTA DE CUADROS

	Pag.
Tabla 1. Factores que afectan la productividad	35
Tabla 2. Comparación de los tres tipos de visión	36
Tabla 3. Comparación de producción tradicional y nueva filosofía	37
Tabla 4. Elementos básicos del modelo cyclone	38
Tabla 5. Indica producción de elementos en Planta de Prefabricados Tramo 1 –Línea 1	44
Tabla 6. Indica producción de elementos en Planta de Prefabricados Tramo 2 –Línea 1	45
Tabla 7. Indica las prioridades de despacho de acero en relación a los vaciados de las vigas prefabricadas	57
Tabla 8. Características Técnicas de la Planta Dosificadora utilizada en el Metro de Lima	58
Tabla 9. Características Técnicas de la Planta Mezcladora utilizada en el Metro de Lima	59
Tabla 10. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados por altura	60
Tabla 11. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados de 1.30m de altura por longitud	61
Tabla 12. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados de 1.80m de altura por longitud	61
Tabla 13. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados por ubicación	61
Tabla 14. Indica valores de contraflecha según tipo de viga	62
Tabla 15. Izquierda. Indica cantidad de vigas según la resistencia del concreto	64
Tabla 16. Derecha. Indica cantidad de vigas según la resistencia del concreto para corte de torones	64
Tabla 17. Proceso constructivo de vigas pretensadas en planta de prefabricados	65
Tabla 18. Indica las prioridades en los vaciados de las vigas prefabricadas	65
Tabla 19. Indica cantidad de prelosas según tipo	75
Tabla 20. Indica cantidad de prelosas según tipo y ubicación	78
Tabla 21. Indica cantidad de borde típico según tipo	84
Tabla 22. Indica cantidad de vigas cabezales prefabricados según tipo	86

y ubicación	
Tabla 23. Diagrama en tiempo real del proceso constructivo de vigas pretensadas en la planta de prefabricados	88
Tabla 24. Distribución de cuadrillas en los dos frentes de fabricación de armaduras	90
Tabla 25. Programación de fabricación de armaduras	90
Tabla 26. Descripción de recursos durante la medición	91
Tabla 27. Descripción de trabajos durante la medición	91
Tabla 28. Medición de carta balance, armado de estribos	91
Tabla 29. Medición de carta balance, armado de acero de vigas	92
Tabla 30. Descripción de trabajos y recursos durante la medición	93
Tabla 31. Medición tomada de trabajos productivo, contributorio y no contributorio	93
Tabla 32. Cumplimiento de programación, frente de vigas 1.30m	94
Tabla 33. Cumplimiento de programación, frente de vigas 1.80m	95
Tabla 34. Interferencias en la armadura de las vigas prefabricadas	95
Tabla 35. Descripción de trabajos y recursos durante la medición	96
Tabla 36. Resultados de la medición	96
Tabla 37. Descripción de trabajos y recursos durante la medición	98
Tabla 38. Resultados de la medición	98
Tabla 39. Descripción de trabajos y recursos durante la medición	100
Tabla 40. Resultados de la medición	100
Tabla 41. Fuente: JCAL 2013 LATINOAMÉRICA - PERÚ	103
Tabla 42. Derecha. Cantidades de vigas cabezales prefabricados por mes	112
Tabla 43. Datos de fabricación de vigas cabezales prefabricadas	112
Tabla 44. Cuadrilla por actividad de producción de prelosas	113
Tabla 45. Derecha. Cantidades de prelosas por mes	115
Tabla 46. Programación de vaciado de losa de apoyo	117
Tabla 47. Dimensiones según tipo de malla electrosoldada para fabricación de prelosas	118
Tabla 48. Dimensiones de viguetas (tralichos) para fabricación de prelosas	119
Tabla 49. Derecha. Cantidades de prelosas por mes	121
Tabla 50. Cuadrilla por actividad de producción de bordes típicos	122

Tabla 51. Derecha. Cantidades de bordes típicos por mes	123
Tabla 52. Cantidades de bordes típicos por mes, tramo 2	124
Tabla 53. Cronograma de requerimiento de vigas pretensada para su montaje	126
Tabla 54. Cuadro de Stock de vigas pretensadas según el mes de avance	128
Tabla 55. Cuadro de Stock de vigas cabezales según el mes de avance	128
Tabla 56. Cuadro de Stock de vigas prelosas según el mes de avance	19
Tabla 57. Cuadro de Stock de bordes típicos según el mes de avance	129
Tabla 58. Indica comparación entre Viga cabezal in situ y prefabricada	135
Tabla 59. Muestra las propuestas de mejora	137

**LISTA DE FIGURAS**

	Pag.
Fig. 1. Línea 01 – Tramo 01 del Metro de Lima	20
Fig. 2. Línea 01 – Tramo 02 del Metro de Lima	20
Fig. 3. Imagen izquierda muestra el proceso constructivo desde las excavaciones	21
Fig. 4. Imagen derecha muestra proceso constructivo hasta viga cabezal	21
Fig. 5. Muestra posición de vigas en tablero de Viaducto	22
Fig. 6. Distribución de Tableros en los Tramo I y Tramo II de la Línea 1	22
Fig. 7. Indica Tiempo Camino del avance en el viaducto	24
Fig. 8. Layout Planta de Prefabricados Tramo 1 –Línea 1	25
Fig. 9. Fotografía aérea - Planta de Prefabricados Tramo 1 –Línea 1	25
Fig. 10. Layout Planta de Prefabricados Tramo 2 –Línea 1	26
Fig. 11. Fotografía aérea - Planta de Prefabricados Tramo 2 –Línea 1	26
Fig. 12. Muestra la influencia del costo durante el tiempo de vida de un proyecto	31
Fig. 13. Muestra el nivel de influencia durante el tiempo de vida del proyecto vs costos	32
Fig. 14. Muestra la influencia de la ingeniería en los costos	32
Fig. 15. Influencia de variabilidad en el tiempo	34
Fig. 16. Muestra la influencia de los tres tipos de enfoque en los costos	37
Fig. 17. Ejemplo de stakeholders primarios y secundarios, fuente 12 Manage 2011- Corporate Excellence	40
Fig. 18. Elementos prefabricados que conforman la construcción de un viaducto	41
Fig. 19. Vigas pretensadas y Cabezales prefabricados	41
Fig. 20. Prelosas y Bordes Típicos prefabricados	42
Fig. 21. Propuesta inicial 1 de ubicación y distribución de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	46
Fig. 22. Propuesta inicial 2 de ubicación y distribución de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	46
Fig. 23. Distribución definitiva de áreas de trabajo en la planta de	47

	prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	
Fig. 24.	Ubicación definitiva de la planta de prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	47
Fig. 25.	Propuesta inicial 1 de ubicación y distribución de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 2 de la línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	48
Fig. 26.	Propuesta inicial 2, en instalaciones de la universidad de Ricardo palma, en el distrito de Villa el Salvador, de ubicación y distribución de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 2 de la línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	48
Fig. 27.	Distribución definitiva de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	49
Fig. 28.	Ubicación definitiva de la planta de prefabricados del tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	49
Fig. 29.	Línea de producción de vigas de 1.30m de altura, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	50
Fig. 30.	Línea de producción de <u>vigas de 1.80m de altura</u> , tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	50
Fig. 31.	Línea de producción de <u>prelosas</u> , tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	51
Fig. 32.	Línea de producción de <u>bordes típicos</u> , tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	51
Fig. 33.	Línea de producción de <u>vigas de 1.30m de altura</u> , producción de armadura en el inicio, lado izquierdo, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	51
Fig. 34.	Línea de producción de <u>prelosas y bordes típicos</u> , producción de armadura en el inicio, lado izquierdo, tramo II de la construcción del viaducto del tren eléctrico	52
Fig. 35.	Ubicación y dimensionamiento de la Planta de Concreto Premezclado, tramo II de la construcción del viaducto del tren eléctrico	53
Fig. 36.	Traslado de vigas prefabricadas desde su línea de producción	54

	al área de stock. Caso Tramo 1, Línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	
Fig. 37.	Traslado de vigas prefabricadas desde su línea de producción al área de stock. Caso Tramo 2, Línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico	54
Fig. 38.	Distribución de los pórticos grúas con las líneas de vaciado	56
Fig. 39.	Traslado de mallas de acero a zona de producción y traslado de vigas a zona de stock	56
Fig. 40.	Muestra la descarga de material en el taller de herrería	58
Fig. 41.	Esquemas de las mallas electrosoldadas lateral y central	59
Fig. 42.	Izquierda. Viga Pretensada	60
Fig. 43.	Derecha. Izaje de viga pretensada	60
Fig. 44.	Geometría típica para viga prefabricada H=1.30m	60
Fig. 45.	Geometría típica para viga prefabricada H=1.80m	61
Fig. 46.	Diagrama de esquema de producción de vigas.	64
Fig. 47.	Muestra la descarga de material en el taller de herrería	66
Fig. 48.	Proceso de ejecución del taller de herrería para la prefabricación de vigas pretensadas	66
Fig. 49.	. Muestra el acopio del acero dimensionado y la mesa de trabajo para realizar el armado de estribos	67
Fig. 50.	Se muestra el acarreo de material con la ayuda del camión grúa y forma manual	67
Fig. 51.	Se muestra el armado en el mismo sitio donde será encofrada y fuera del lugar de encofrado	67
Fig. 52.	Se muestra el stock de las armaduras	68
Fig. 53.	Transporte mediante pórticos grúas	68
Fig. 54.	Colocación de desmoldante a encofrados metálicos para vigas pretensadas	68
Fig. 55.	Colocación de torones en armaduras de vigas pretensadas	69
Fig. 56.	Colocación de concreto de vigas pretensadas	70
Fig. 57.	Imagen indica los cortes de torones que se realizó en una línea de producción de vigas pretensadas	72
Fig. 58.	Fotografía muestra la preparación de las zonas que formaran parte de las vigas diafragmas en el siguiente vaciado	73
Fig. 59.	Vista gráfica de las pre losas colocadas en el viaducto	74

Fig. 60.	Esquemas de los tipos de pre losas	74
Fig. 61.	Detalle de Gancho de Izaje	76
Fig. 62.	Detalle para el Izaje de Pre-losa con tralicho	77
Fig. 63.	Detalle para el Izaje de Pre-losa lisa o sin tralicho	77
Fig. 64.	Área de fabricación de pre-losas y habilitado de planchas metálicas	78
Fig. 65.	Área de Fabricación de Bordes típicos	80
Fig. 66.	Malla electrosoldada suministrada por proveedor	81
Fig. 67.	Encofrado metálico de los Bordes típicos	81
Fig. 68.	Modulación y detalle del encofrado metálico de los Bordes típicos	82
Fig. 69.	Pulido y acabado de bordes típicos	83
Fig. 70.	Apilado de Bordes típicos	83
Fig. 71.	Borde Típico en el Viaducto	84
Fig. 72.	Layout de área de producción de vigas cabezales prefabricados	86
Fig. 73.	Isométrico de encofrado para producción de viga cabezal	87
Fig. 74.	Trabajo Productivo	91
Fig. 75.	Trabajo Productivo de armado de acero de vigas	93
Fig. 76.	Cyclone armado de acero de vigas	94
Fig. 77.	Trabajo Productivo de encofrado de vigas	97
Fig. 78.	Trabajo Productivo en el pase torones de vigas	98
Fig. 79.	Trabajo Productivo en vaciado de concreto de vigas	100
Fig. 80.	Muestra un módulo de 100 metros en el Tramo 1 y en el Tramo 2 del viaducto de la línea 1 del Tren Eléctrico	101
Fig. 81.	Imagen en 3D del primer modelo para viga cabezal	104
Fig. 82.	Imagen en 3D del segundo modelo para viga cabezal	104
Fig. 83.	Plano de viga cabezal prefabricado	105
Fig. 84.	Traslado de armadura de acero a encofrado	106
Fig. 85.	Encofrado para viga cabezal prefabricado	106
Fig. 86.	Vaciado de concreto para viga cabezal prefabricado	107
Fig. 87.	Proceso de desencofrado de viga cabezal prefabricado	107
Fig. 88.	Proceso de montaje y liberación de maniobra de viga cabezal prefabricado	107
Fig. 89.	Ejecución de plataforma para producción de viga cabezal prefabricado	109

Fig. 90.	Colocación de armadura en encofrado con apoyo de grúa tipo pórtico	110
Fig. 91.	Traslado de viga cabezal prefabricado a camión plataforma con apoyo de grúa tipo pórtico	111
Fig. 92.	Izquierda. Diagrama de producción de vigas cabezales prefabricados	112
Fig. 93.	Layout de frente de fabricación de prelosas en tramo 1	113
Fig. 94.	Colocación de desmoldante en losa de apoyo para fabricación de prelosas	114
Fig. 95.	Diagrama de producción de prelosas según el tiempo	115
Fig. 96.	Izquierda. Diagrama de producción de prelosas	115
Fig. 97.	Muestra la sección de la plataforma de apoyo para fabricación de prelosas	116
Fig. 98.	Imagen izquierda. Muestra la realización de los cortes a los durmientes	116
Fig. 99.	Imagen derecha. Muestra colocación de durmientes	116
Fig. 100.	Muestra esquema del corte de durmiente	116
Fig. 101.	Losa de apoyo dividida en sectores para vaciado	117
Fig. 102.	Distribución de frente de producción para fabricación de prelosas	117
Fig. 103.	Diagrama de consumo de concreto para fabricación de prelosas según el tiempo	118
Fig. 104.	Área de fabricación de pre losas y actividad de encofrado	120
Fig. 105.	Diagrama de producción de prelosas	121
Fig. 106.	Apilado de prelosas	121
Fig. 107.	Carguío de pre losas	121
Fig. 108.	Diagrama de producción de bordes típicos según el tiempo	122
Fig. 109.	Izquierda. Diagrama de producción de bordes típicos	123
Fig. 110.	Fotografía izquierda muestra encofrado de losa de apoyo para fabricación de bordes típicos	123
Fig. 111.	Fotografía derecha muestra vaciado de losa de apoyo para fabricación de bordes típicos	123
Fig. 112.	Diagrama de producción de bordes típicos	124
Fig. 113.	Izquierda. Viga Cabezal en área de stock	125
Fig. 114.	Derecha prelosas copiadas en área de stock	125

Fig. 115. Fotografía de vigas pretensadas y vigas cabezales en área de stock	127
Fig. 116. Fotografía de bordes típicos y prelosas en área de stock	127
Fig. 117. Viga pretensada apoyada en dados de madera en ambos extremos y apilada en zona de stock	130
Fig. 118. Detalle del apoyo de madera	130
Fig. 119. Detalle de acopio de prelosas	131
Fig. 120. Proceso constructivo de vigas cabezales in situ	133
Fig. 121. Se utilizaron las 2 grúas pórtico de 40t para el transporte de mallas, encofrado, desencofrado, traslado y carguío de vigas cabezal.	134
Fig. 122. Colocación de restricciones metálicas en armadura de viga cabezal y colocación de concreto.	134
Fig. 123. Montaje de cabezal prefabricado	134
Fig. 124. En el diseño no se consideró que el nivel de altura de los encofrados dificultaría el vaciado de los elementos en forma directa con el camión.	136
Fig. 125. En la planta de prefabricados del tramo 1 todas las líneas de producción de vigas estaban a la misma cota final.	136
Fig. 126. Traslado de armadura de acero de viga pretensada con grúa tipo pórtico.	138
Fig. 127. Mixer de concreto sobre plataforma a desnivel de área de producción.	138
Fig. 128. En la planta de prefabricados del tramo 2, e implementó mejoras en el proceso de fabricación de las vigas prefabricadas.	138
Fig. 129. En el tramo 1. Con la necesidad de realizar vigas atípicas de altura 1.80m, se construyó un patio adicional para vigas, pero sin uso de pórticos grúas.	138
Fig. 130. El desafío en la fabricación de estas vigas atípicas en un espacio reducido y con un área de Stock casi nulo, conllevó al continuo despacho de vigas hacia el frente de montaje.	139
Fig. 131. Mejora implementada en planta de prefabricados Tramo II. Esquema de línea de producción de vigas prefabricadas de 1.80m de altura implementando grúa tipo pórtico de 40 t.	139
Fig. 132. Traslado de vigas a área de stock.	140

## LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

Aprox.	Apróximadamente
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing Material
Diam.	Diámetro
DAP	Diagrama de Analisis de Proceso
DOP	Diagrama de Operaciones del Proceso
Etc.	Etcétera
Est.	Estribos
Fig.	Figura
H	Altura
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
IPD	Instituto Peruano del Deporte
IPER	Identificación de Peligros y evaluacion de riesgos
JCAL	Programa Joven Constructor América Latina
MO	Mano de Obra
Min	Minuto
m.	Metro
Of.	Oficial
Op.	Operario
Pag.	Página
VIDENA	Villa Deportiva Nacional
°C	Centigrados
f'c	Esfuerzo máximo de compresión en el concreto

## INTRODUCCIÓN

En principio, el panorama actual del tamaño de población del país, el Perú ocupa el puesto número 8 en América y el puesto 42 en el mundo, con 31 millones 488 mil 625 personas (INEI 2016) y en la región de Lima con 9 millones 985 mil 664 personas (INEI 2016), además en relación con la densidad poblacional, la provincia de Lima cuenta con distritos que tendría hasta una densidad poblacional de 26'418,79 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km<sup>2</sup>), frente a esta situación se presenta la problemática vial y del transporte urbano que existe en el país que es el principal interés de este trabajo de suficiencia profesional.

En los últimos años, según reportes, el Perú ha tenido una época de crecimiento económico. Esta época incentivó a que las familias tengan mayor capacidad de compra; las cuales decidieron gastar su excedente en vehículos, en el 2016 se vendieron más de 150 mil vehículos livianos en el país adicionando los 16 mil vehículos de carga pesada y 260 mil vehículos menores según la Asociación de Representantes Automotrices del Perú, la mayoría de estos vehículos se encuentran en Lima. Actualmente, se cuenta con más de 2 millones de vehículos en una ciudad que no tiene la infraestructura preparada, a pesar que existe varias entidades públicas que se ocupan de esta labor: Municipalidad Metropolitana de Lima-MML, Municipalidad Provincial del Callao-MPC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones-MTC, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-MVCS, Ministerio de Economía y Finanzas-MEF, Autoridad Autónomas del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao-AATE, Instituto Metropolitano Protransporte de Lima-PROTRANSPORTE, Superintendencia de Transporte Terrestre de personas, cargas y mercancías-SUTRAN, no se ha llegado a un conceso para realizar un planeamiento vial urbano, eficaz, pero existe una autoridad recién formada el 2016, la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y el Callao, se espera que en el futuro pueda conseguir lo antes señalado recogiendo las propuestas realizadas por los investigadores.

Frente la problemática vial y del transporte urbano, se presenta varias propuestas como solución, primeramente, como propuesta principal, es promover una cultura vial, por consiguiente, realizar el planeamiento urbano con

proyección a 20 años, dentro de este contexto se requiere ejecutar la infraestructura con una señalización adecuada para el parque automotor. Con este fin, se viene ejecutando obras para el transporte masivo como las líneas del metro de Lima donde el plazo de ejecución tiene un gran impacto en la sociedad. Estas obras implementan técnicas que reducen el tiempo de ejecución en beneficio social. Como solución se viene haciendo uso de la prefabricación de elementos estructurales que actualmente se ha convertido en nuestro país en una pieza importante para la ejecución de proyectos de gran y menor envergadura a fin de reducir los plazos de ejecución y costos, logrando la reducción de mano de obra, reducción de riesgos en seguridad y mejorando la calidad del producto final, dentro del terreno de la obra.

No se puede demostrar que los prefabricados están dentro de una construcción ecológica y de buen impacto social, porque los productos usados para la fabricación son los mismos o similares que en una construcción convencional salvo que esta fabricación no se encuentra dentro de la obra, además se sumaría que los elementos prefabricados tienen que ser transportados desde la planta de prefabricación a la obra, considerar que las emisiones que genera el transporte son el 40 % del total de emisiones de gases del efecto invernadero en el mundo; la reducción de residuos, igualmente, no son generados en el terreno de la obra pero sí en la planta de prefabricación, esta situación podría cambiar si se hace uso de productos ecológicos, analizando la condición de los trabajadores, si bien es cierto que con el uso de elementos prefabricados se reduce la cantidad de trabajadores en la obra, reduciendo costos; en la planta de prefabricación son reemplazados por maquinarias que ayuda a la industrialización, frente a esta situación no es claro cuál es el impacto en la economía de la sociedad.

Las ventajas de la prefabricación de elementos tienen que ver con la facilidad y la eficacia a la hora de gestionar la puesta en obra, e incluso con economizar recursos. El presente informe analiza los procesos constructivos empleados en la prefabricación de elementos estructurales en un proyecto de gran envergadura, la construcción del viaducto del metro de Lima – Línea 1, obra que tuvo inicio de ejecución en el año 1986, donde la construcción fue convencional y estuvo paralizada aproximadamente 20 años.

## CAPÍTULO I. GENERALIDADES

### 1.1. PROYECTO DE GRAN ENVERGADURA – CONSTRUCCIÓN DEL VIADUCTO PARA EL TREN ELÉCTRICO LÍNEA 1, TRAMO 1 Y TRAMO 2

El proyecto del Tren Eléctrico de Lima – Línea 1, se inició con celeridad el 18 de octubre de 1986, pero solo se logró construir cerca de 9 km empezando desde el ‘Patio Taller’ en el distrito de Villa El Salvador, atravesando otros dos distritos, Villa María del Triunfo y San Juan de Miraflores, quedando la obra inconclusa hasta la ‘Estación Atocongo’ por varios motivos, como falta de financiamiento debido a la profunda crisis económica y social, la hiperinflación y el terrorismo. El metro nunca llegó a ponerse en operación a pesar de que este tramo inicial contaba ya con 32 vagones y 7 estaciones, porque no tenía la distancia ni la demanda suficiente que lo hicieran comercialmente viable, lo cual fue motivo de innumerables denuncias y críticas, además que tuvo que renovarse gran parte del primer tramo por haber sido terminado con mucha premura para la inauguración en 1,990.

Lima, en 2010, contaba con más de nueve millones de habitantes, el transporte público era y continúa siendo un caos, generando peligro y contaminación, por ello, el Gobierno Peruano, bajo el segundo mandato de Alan García (2006 – 2011), tomó la decisión política de culminar la Línea 1 del Tren Eléctrico, prolongando su recorrido hasta llegar al Centro de Lima con la ‘Estación Grau’, completando el Tramo 1, haciendo un total de 21.4 km de viaducto, 16 Estaciones y pasando por 9 distritos en total, Villa El Salvador, Villa María del Triunfo, San Juan de Miraflores, Santiago de Surco, Surquillo, San Borja, San Luis, La Victoria y Cercado de Lima. Posteriormente se continuó el Tramo II, considerando la construcción de 13 Km de viaducto elevado y 10 estaciones para pasajeros; el alcance de la obra abarca los distritos de: Cercado de Lima, El Agustino y San Juan de Lurigancho, desde la ‘Estación Grau’ hasta la ‘Estación Bayovar’

Y es así como el Gobierno vuelve a convocar una licitación pública e internacional para la renovación y construcción del tramo 1 y tramo 2 de la Línea 1, siendo favorecidos con la buena pro el Consorcio Tren Eléctrico Lima, conformado por las empresas Odebrecht y Graña y Montero, quienes tomaron el desafío y asumieron el reto de entregar el proyecto del Tramo 1 de la Línea 1 en

un plazo record de 18 meses, antes que concluya el segundo Gobierno de Alan García, posteriormente, entregar el proyecto del Tramo II de la Línea 1 en 21 meses.



Fig. 1. Línea 01 – Tramo 01 del Metro de Lima.

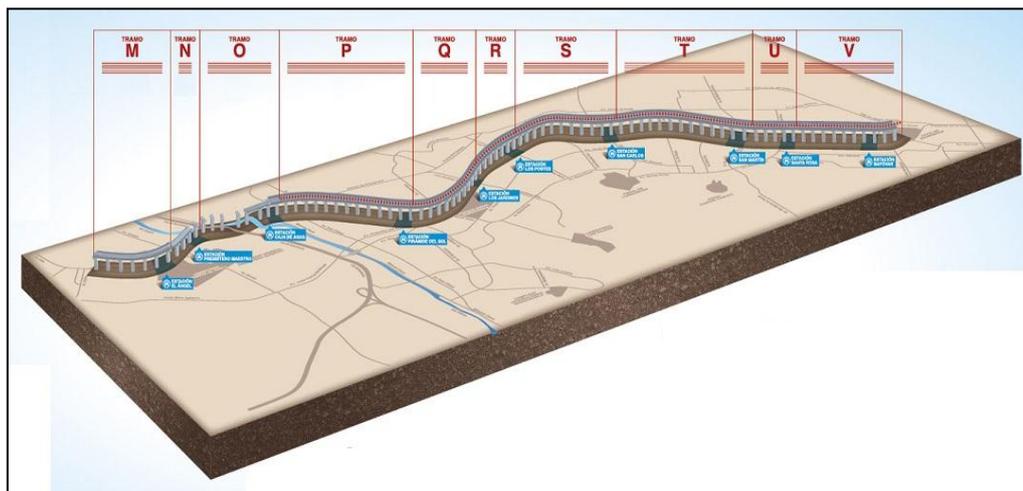


Fig. 2. Línea 01 – Tramo 02 del Metro de Lima.

### 1.1.1. Estructura del Proyecto

El diseño de las estructuras de los módulos típicos del viaducto se ha desarrollado de acuerdo a la Norma AASHTO.

A continuación, se hace una descripción de las estructuras, sus características y dimensiones. La resistencia del concreto de las estructuras, a los 28 días se especifica en cada caso. El acero de refuerzo o acero pasivo de todas las

estructuras cumple con la Norma ASTM A615, Grado 60 con esfuerzo de fluencia de  $f_y=420$  MPa.

Las zapatas son de sección rectangular escalonadas en elevación. La dimensión típica de las zapatas es de 8 m de ancho y 11 m de largo. El peralte del primer escalón de la zapata es de 1.5 m. El segundo escalón de la zapata tiene dimensiones en planta de 5 m de ancho y 7 m de largo centrada respecto al primer escalón. El peralte del segundo escalón es de 1.5 m. Las zapatas serán vaciadas in situ sobre un solado de 5 cm de concreto de  $f'_c= 10$  MPa y contra el terreno en el primer escalón. El segundo escalón tendrá encofrado. El nivel de cimentación será a 3,5 m del nivel del terreno natural. El concreto será de resistencia a la compresión a los 28 días,  $f'_c = 21$  MPa.



Fig. 3. Imagen izquierda muestra el proceso constructivo desde las excavaciones. Fig. 4. Imagen derecha muestra proceso constructivo hasta viga cabezal.

Las columnas son de sección octogonal alargadas transversalmente 1.40 m x 2.10 m de dimensión. Internamente la armadura de refuerzo de las columnas está dispuesta a modo de dos columnas circulares confinadas mediante estribos circulares entrelazados. La altura de las columnas es variable según la pendiente del trazo geométrico respetando los gálibos establecidos.

El concreto de las columnas tendría resistencia a la compresión a los 28 días de  $f'_c= 28$  MPa. Las vigas cabezal son elementos transversales sobre las columnas de sección variable. La viga cabezal de las columnas es de concreto armado de 1.70 m de ancho y peralte variable desde 1.70 m en el encuentro con la columna a 1.00 m en los extremos del cabezal. El concreto de las vigas cabezal tendrá resistencia a la compresión a los 28 días, de  $f'_c= 28$  MPa.

El tablero del viaducto tiene un ancho total de 8.40 m, y un peralte total de 1.50 m. Está conformado por cuatro vigas I prefabricadas pre-tensadas de 1.30 m de peralte y una losa de 20 cm de espesor total ejecutada en dos etapas. Las vigas pre-fabricadas se encuentran uniformemente espaciadas transversalmente a lo ancho del tablero a una distancia de 2 m entre ejes. La losa del tablero tendrá 20 cm de espesor y fue construida en dos etapas. La primera etapa consiste en losas prefabricadas de 8 cm de espesor que servirán de encofrado para hacer el vaciado in situ de la segunda etapa hasta completar los 20 cm totales. El concreto de la losa tendrá resistencia a la compresión a los 28 días, de  $f'c = 35$  MPa.

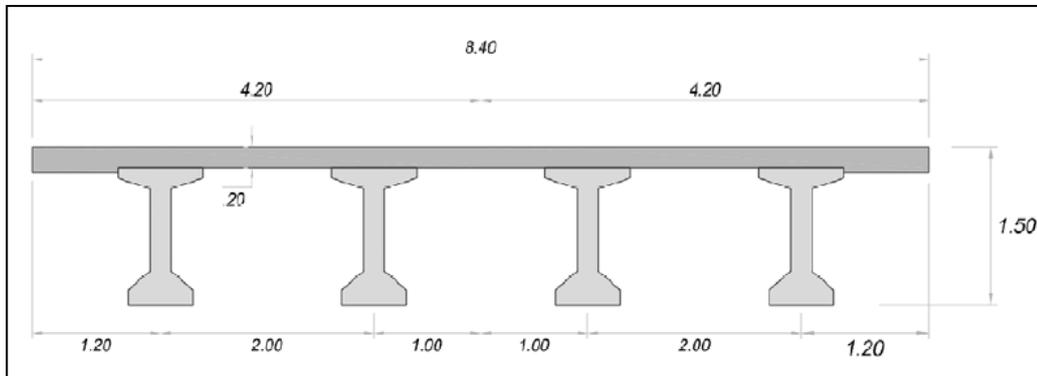


Fig. 5. Muestra posición de vigas en tablero de Viaducto

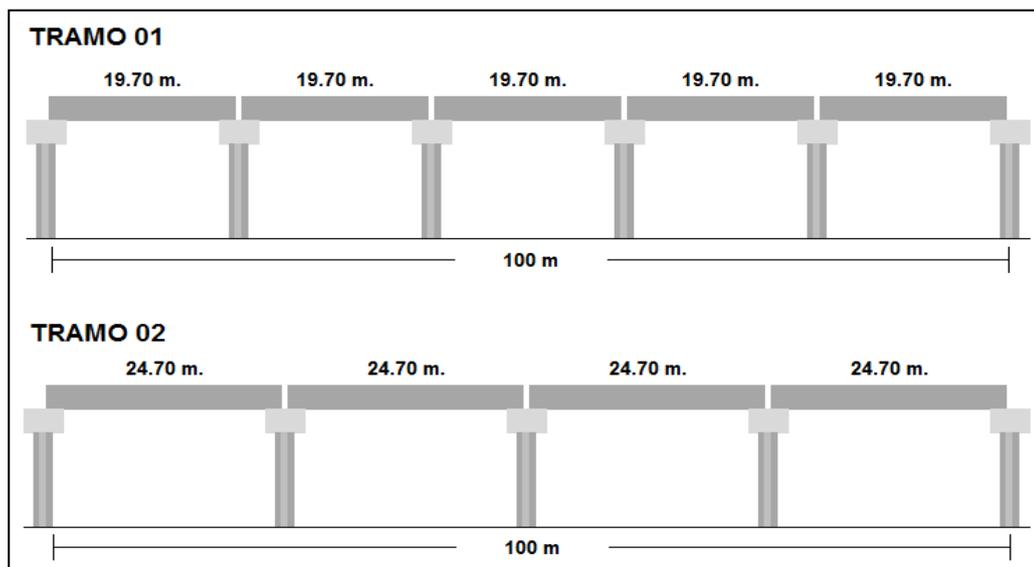


Fig. 6. Distribución de Tableros en los Tramo 1 y Tramo 2 de la Línea 1.

## 1.2. MONTAJE DE UNA PLANTA DE PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 1.2.1. Los Prefabricados

Debido a la rápida culminación que exigía este proyecto, se instaló una Planta de Prefabricados, que produjo elementos como vigas pretensadas, vigas cabezales, prelosas y bordes típicos, la construcción de este viaducto como producto de los elementos prefabricados estuvo bajo un control de calidad efectivo y su proceso fue industrializado, además, el montaje de estos elementos se realizó sin interrupción del tránsito ni molestias a los vecinos. La prefabricación de elementos estructurales se ha convertido en nuestro país en una pieza importante para la ejecución de proyectos de gran y menor envergadura, para reducir los plazos de ejecución y costos, así como en reducción de mano de obra, reducción de riesgos en seguridad y mejoramiento del control de calidad.

En el tramo 1, la planta de prefabricados se ubicó en las instalaciones de la Villa Deportiva Nacional-VIDENA, en el distrito de San Luis, al centro del tramo del viaducto por construir.

En el tramo 2, construido el año 2012, la planta de prefabricados se ubicó a unos metros de la última estación de pasajeros “Estación Bayovar” en el distrito de San Juan de Lurigancho.

La filosofía de diseño con la que se ha conceptualizado el pre-dimensionamiento estructural del viaducto elevado, considera la inclusión de estructuras con mayor ductilidad, a fin de alcanzar una mayor disipación de energía durante un evento sísmico, garantizando que los momentos transmitidos hacia la fundación sean menores comparados con los momentos cuando se utilizan estructuras más rígidas. El beneficio que se obtiene es en el diseño de las dimensiones de las fundaciones, lográndose obtener zapatas más optimizadas y seguras, disminuyendo así, las afectaciones a las construcciones existentes que se ubican a lo largo del viaducto, así como al tránsito vehicular durante la etapa de construcción. Los elementos prefabricados de concreto en la construcción del viaducto, favorecen a la construcción en los siguientes aspectos:

Elementos fabricados en un lugar distinto del viaducto. Lo cual permite realizar en simultáneo la fabricación de estos elementos con la construcción de otros

elementos del puente como cimentaciones, columnas, etc. con la consiguiente reducción de plazos de construcción.

Las tolerancias de fabricación, la calidad del acabado y el control de calidad son mejores. Las piezas prefabricadas poseen precisión geométrica garantizando el encaje con exactitud. Se ahorran apuntalamientos, andamios y encofrados en la obra. Asimismo, se reducen los residuos en el local de obra (embalajes, rotura de piezas, etc.).

### 1.2.2. Planta de Prefabricados para la construcción del Viaducto

El proyecto está formado por dos entidades: la central Planta de Prefabricados que es el proveedor, y el Viaducto que es el cliente, por lo general, en el proyecto se trabaja las actividades con una relación entre el avance en progresiva del viaducto versus el tiempo, este método de trabajo es llamado tiempo camino.

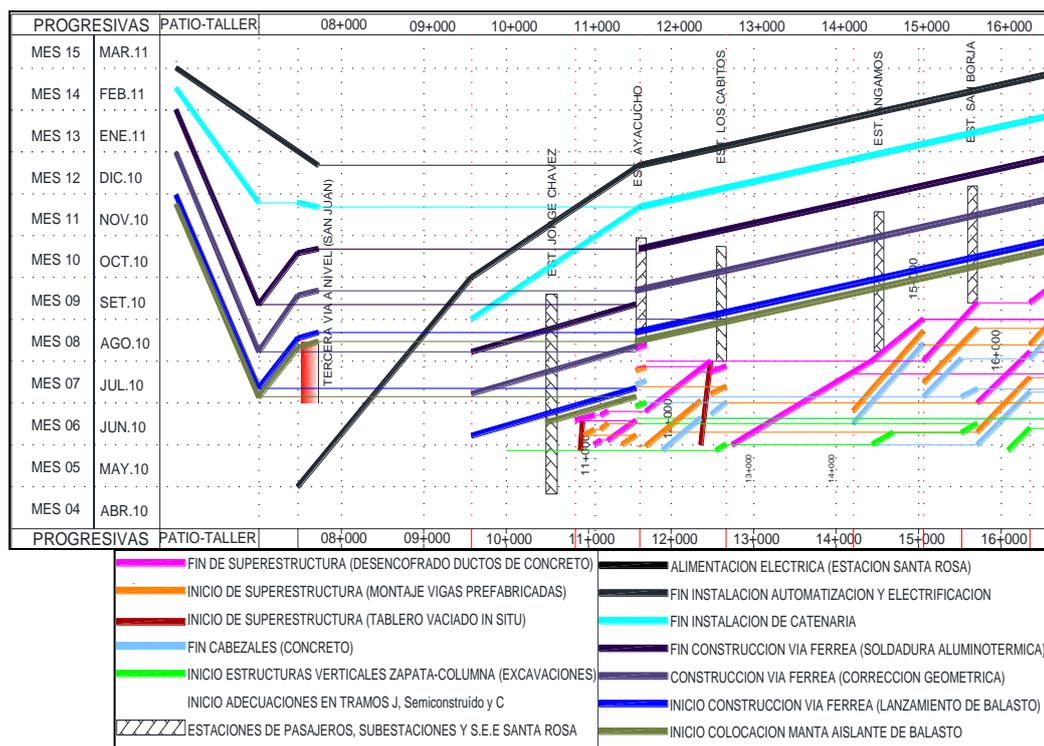


Fig. 7. Indica Tiempo Camino del avance en el viaducto.

Además, se hace uso del tren de actividades que indica con más detalle el avance de la obra respecto al viaducto, se deja en claro que la central Planta de prefabricados, funciona como un proveedor de vigas, prelosas, bordes y cabezales al viaducto (Cliente para la planta), es por ello que una programación

al detalle de esta central de prefabricados está sujeta a la necesidad y satisfacción del cliente.

La planta de prefabricados del Tramo 1 de la obra del tren eléctrico - Línea 1 fue diseñada por el ingeniero consultor Guilherme Azevedo, quien para su diseño consideró las características, cantidad y plazos de los elementos a prefabricar, haciendo una distribución de 4 patios. Dicha planta contó con un área de 57,850 m<sup>2</sup>.

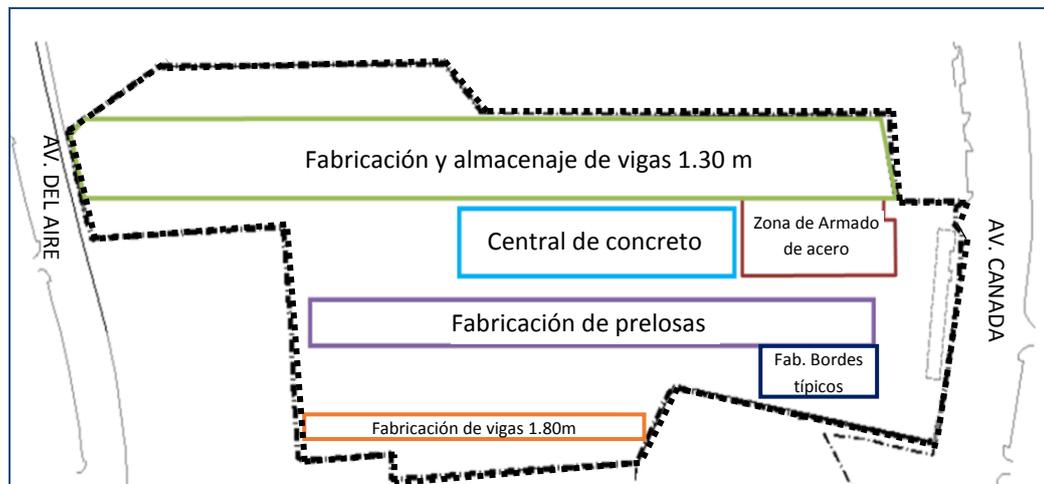


Fig. 8. Layout Planta de Prefabricados Tramo 1 –Línea 1.



Fig. 9. Fotografía aérea - Planta de Prefabricados Tramo 1 –Línea 1.

El desafío en el tramo 2 de la obra del tren eléctrico - Línea 1, en comparación con el tramo anterior era producir más elementos en una menor área para la Planta de Prefabricados, 47,500m<sup>2</sup>, reducida en un 20% en comparación a la anterior, optimizando el espacio en las diferentes líneas de producción.

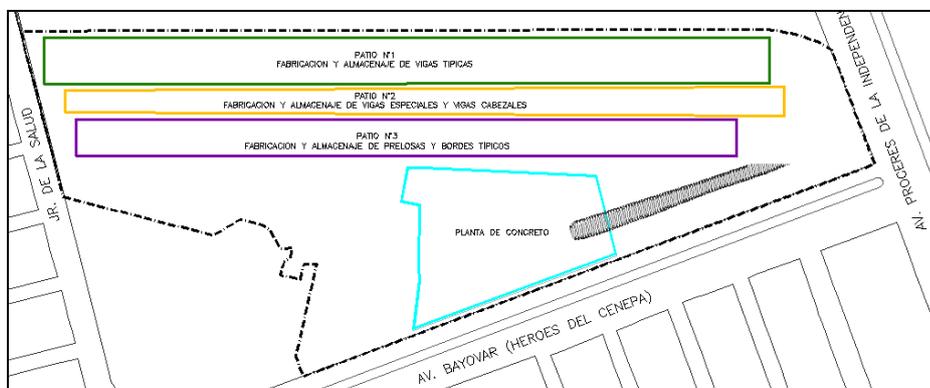


Fig. 10. Layout Planta de Prefabricados Tramo 2 –Línea 1.



Fig. 11. Fotografía aérea - Planta de Prefabricados Tramo 2 –Línea 1.

## CAPÍTULO II. FUNDAMENTO TEÓRICO

En un proyecto de gran envergadura se necesita que la planificación esté debidamente detallada para que no se presenten problemas en el momento de la fabricación de componentes ni durante la construcción de la obra, esta fase del proyecto es muy importante.

La Planificación está compuesta por procesos que establecen el alcance del proyecto, definir los objetivos, y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos, en un determinado Tiempo y a un determinado Costo. Los procesos de planificación desarrollan el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto que se utilizarán para llevarlo a cabo. A medida que se recopilan o se considere más características o informaciones sobre el proyecto, puede que sea necesaria una mayor planificación. Muchas veces ocurren cambios importantes a lo largo del ciclo de vida del proyecto y estos generan la necesidad de reconsiderar uno o más de los procesos de planificación y, posiblemente, algunos de los procesos de iniciación. Se realiza un plan de dirección del proyecto y se documenta el grupo de procesos de planificación, que explorarán todos los aspectos del alcance, tiempos, costos, calidad, comunicación, riesgos y adquisiciones. Las actualizaciones que surgen después de los cambios aprobados durante el proyecto, pueden tener un impacto considerable en partes del plan, para la consecución del proyecto, así como en los documentos propios del proyecto por ello es que se debe contar con un plan de contingencia que subsane este impacto.

El equipo de proyecto debe estimular la participación de todos los interesados que participan durante la planificación del proyecto y en el desarrollo del plan para la dirección y documentación del mismo. Debido a que el proceso de retroalimentación y mejora no puede continuar de manera indefinida, los procedimientos establecidos por la organización dictan cuándo se termina el esfuerzo de planificación inicial. Estos procedimientos se verán afectados por la naturaleza del proyecto, por los límites establecidos del proyecto, por las actividades de seguimiento y control apropiado y por el entorno en el que el proyecto se llevará a cabo.

## 2.1. APLICACIÓN DEL ESTUDIO DEL TRABAJO Y SUS HERRAMIENTAS

El estudio del trabajo es una herramienta que ayuda al logro de los siguientes objetivos:

- Aumentar la eficiencia de los métodos de trabajo y por ende aumentar la productividad.
- Obtener la máxima utilización de plantas y equipos, que han requerido altas inversiones de capital.
- Mejorar la utilización de los materiales, reduciendo las pérdidas y desperdicios en obra; mejorando los métodos de despacho y manipulación de los mismos.

Por ejemplo, a través de un estudio del trabajo, se puede:

- Determinar la eficiencia de la mano de obra, equipos y espacio disponible.
- Indicar posibles mejoramientos del método de trabajo.
- Determinar la eficiencia de las alternativas.
- Proveer información para el seguimiento y control.

La realización del estudio del trabajo incluye las siguientes etapas generales:

- Observar e identificar problemas.
- Registrar el método y los antecedentes actuales.
- Analizar los antecedentes actuales.
- Generar alternativas de mejoramiento.
- Seleccionar la mejor alternativa.
- Desarrollar un plan de acción e implantar el nuevo método o las modificaciones propuestas.
- Seguir y controlar lo implementado.

### 2.1.1. Medición del Trabajo

Nos sirve para medir el porcentaje del tiempo que la mano de obra y los equipos ocupan ciertas categorías predeterminadas de actividades. Conociendo cómo es utilizado el tiempo de estos recursos, aparecerán los problemas que afectan la productividad, los que, al ser eliminados, permitirán reducir los costos asociados a la mano de obra y los equipos.

Algunas características de esta técnica son:

- Es una medición para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de las actividades de los recursos.

- Los resultados permiten una inferencia estadística de las actividades de los recursos.

Las principales ventajas de este método son:

- Simple de llevar a cabo.
- Económico.
- Fácil de comprender.
- Estadísticamente confiable.
- Entrega información útil y actualizada.

Además, permite lograr la identificación de problemas y actuar sobre las causas que los producen.

Las etapas básicas que conforman parte de un plan de muestreo del trabajo son las siguientes:

- Definición del objetivo.
- Proceso de toma de datos.
- Análisis de los datos.
- Correlación
- Verificación

Para realizar el estudio de una cadena de producción, lo primero es definir el problema y seleccionar las áreas o aspectos que ofrecen mayores posibilidades de mejora. Esto requiere una observación de los diferentes procesos y procedimientos que componen la cadena de producción.

Para la mejor comprensión y análisis de la forma como se hace la tarea en estudio, se utilizan varias técnicas tales como:

- Cartas de proceso (DAP, DOP)
- Diagramas de Recorrido
- Cartas de balance

#### 2.1.2. Definiciones de la Composición del Tiempo de Trabajo

- **Trabajo no contributivo o no productivo:** cualquier actividad que no genera valor y que cae directamente en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor. Ej.: esperas, caminar con las manos vacías, rehacer un trabajo, necesidades fisiológicas, huelgas, etc.

- **Trabajo contributorio:** trabajo de apoyo, que debe de ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Son actividades aparentemente necesarias, pero que no aportan valor. Ej.: recibir o dar instrucciones, leer planos, transportar materiales, limpiar, etc.
- **Trabajo productivo:** Es el trabajo que aporta en forma directa a la producción. Es el que genera valor Ej.: asentar ladrillos, vaciar concreto, etc.
- **Pérdidas:** Algunos casos de pérdidas:

Esperas: Esperando por materiales, esperando cancha, esperando información.

Tiempo Ocioso: Cuadrillas sobredotadas, malos métodos constructivos.

Viajes: Personal capacitado hace viajes largos para recoger materiales, deficiente distribución de instalaciones (baños, almacén)

Trabajo rehecho: Reparación de cangrejeras, elementos desaplomados, cambios o modificaciones de diseño, por incompatibilidad de proyectos no detectados a tiempo.

## 2.2. APLICACIÓN DE LA CONSTRUCTABILIDAD Y GESTIÓN POR VALOR

El Instituto de la Industria de la Construcción (CII) define a la constructabilidad como "la utilización óptima de construcción de conocimiento y experiencia en planificación, diseño, adquisiciones y operaciones de campo para lograr los objetivos generales del proyecto". La base de este concepto es que la experiencia personal en la construcción; debe estar involucrada con el proyecto desde las primeras etapas para asegurar que el enfoque de la construcción y la experiencia adecuada pueden influir en los propietarios, los planificadores y diseñadores, así como en los proveedores de materiales e insumos.

Esto no significa necesariamente que el diseño o los objetivos del proyecto se deben cambiar para satisfacer la constructabilidad, sólo desde el punto de vista de costos.

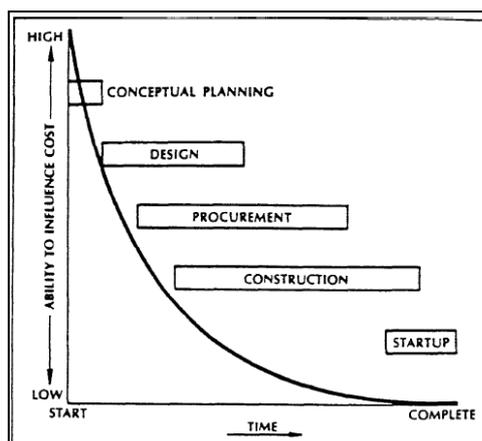


Fig. 12. Muestra la influencia del costo durante el tiempo de vida de un proyecto.

La constructabilidad debe ser utilizada como una consideración de diseño, de modo que los mejores proyectos aseguren los mejores resultados. Es una práctica común en el sector industrial y comercial para desarrollar un equipo de proyecto integrado por planificadores, diseñadores y una variedad de personal de construcción, cuyo único propósito es revisar el diseño de las cuestiones de constructabilidad. CII señala que los proyectos que hacen hincapié en constructabilidad tienen cuatro características comunes:

- a. En el diseño y construcción, los responsables de administrarlo se han comprometido a la rentabilidad de todo el proyecto. Ellos reconocen la influencia de alto costo son las decisiones iniciales de los proyectos.
- b. La constructabilidad es una herramienta importante en los objetivos del proyecto en materia de calidad, costo y horarios.
- c. Los responsables de llevar a bordo de la construcción inicial son los administradores de constructabilidad, esto significa que se usa personal experimentado que tiene una comprensión completa de cómo un proyecto es planeado y construido.
- d. Los diseñadores son receptivos a la mejora de constructabilidad.

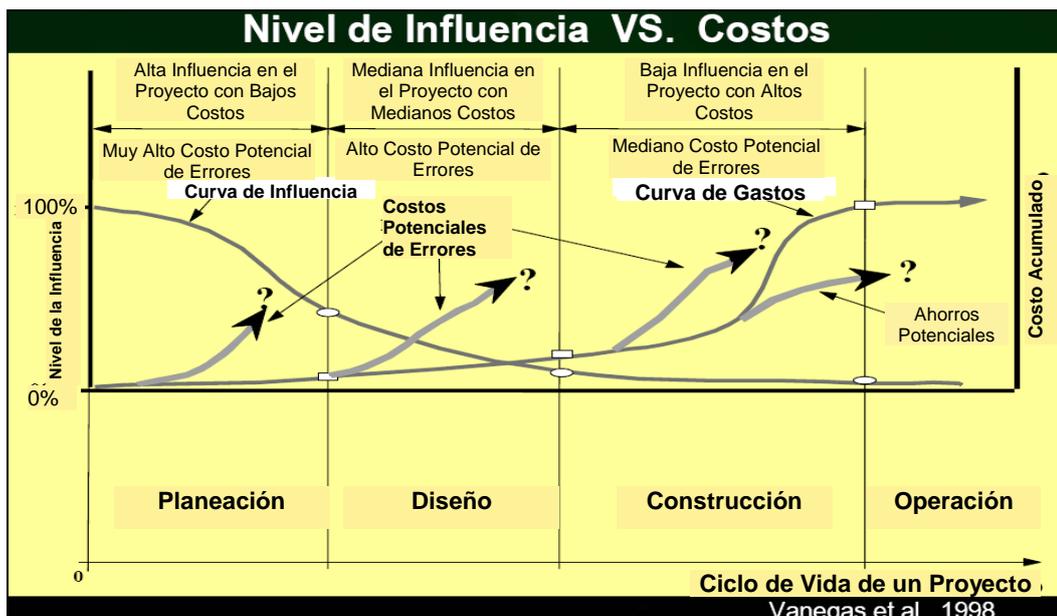


Fig. 13. Muestra el nivel de influencia durante el tiempo de vida del proyecto vs costos.

Los primeros esfuerzos de aplicación de la constructabilidad han resultado en una recuperación significativa para el proyecto. La investigación CII ha citado la reducción de costos de entre el 6 y el 23 por ciento, beneficio / costo de hasta 10:1, y una reducción de tiempo importante. Los beneficios intangibles son tan importantes como los beneficios cuantitativos y deben ser reconocidos en consecuencia. Estos incluyen horarios más precisos, mayor productividad, mejor secuencia de la construcción, de mejor calidad, disminución de mantenimiento y un seguro de empleo.

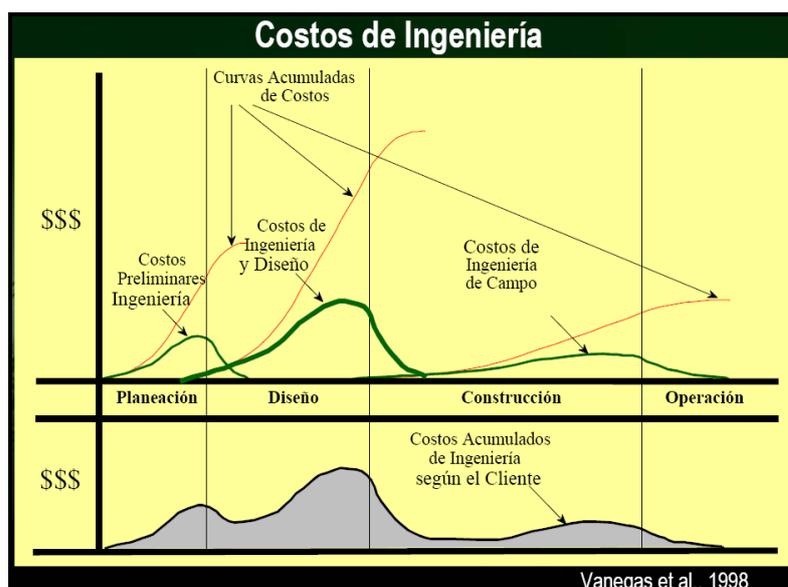


Fig. 14. Muestra la influencia de la ingeniería en los costos.

Gestión por Valor. Es una metodología para desarrollar y dar soluciones a problemas de construcción, antes de continuar se dará las siguientes definiciones:

Valor. Es el beneficio para el cliente ofrecido por un proyecto o una actividad. El cliente debe poder elegir entre varias alternativas a fin de conseguir un máximo beneficio, en términos de tiempo, costo y calidad.

Taller por Valor. Constituye un examen de todas las opciones relevantes para el diseño y construcción de un proyecto, derivando en un refinamiento del diseño y en la identificación de cualquier restricción de presupuesto. Es un proceso que brinda a todos los involucrados en el diseño y en la construcción, la oportunidad de participar en el proceso de toma de decisiones. Sigue una metodología estructurada, sistemática y analítica para alcanzar la función esencial del proyecto al más bajo costo total, manteniendo los requerimientos *de desempeño y calidad*. No es el ejercicio del más bajo costo. La metodología del valor hunde sus raíces en Estados Unidos, en la época de la Segunda Guerra Mundial, en el seno de la empresa General Electric. Fue ideada por un ingeniero de esta compañía, Lawrence Miles, quien propuso una metodología de trabajo en equipo orientada principalmente a la reducción de costos mediante un análisis sistemático de los productos basados en conseguir lo que denominó “función” del producto al menor precio posible. El “valor” quedaba definido, por tanto, como una relación entre ese concepto de “función” (objetivo o propósito del producto) y su costo.

Esta metodología originaria, bautizada por el propio Miles (1967) como “Análisis del Valor”, quedaba definida por un taller de trabajo en equipo estructurado mediante una secuencia de “fases” o actividades denominada “Plan de trabajo” o “Job Plan” (Morton, 1987), y cuyo propósito era el estudio del producto basado en la identificación de sus funciones y orientado a la consecución de las mismas de la mejor manera y al mínimo coste posible. Aunque con ligeras variaciones, el citado plan de trabajo suele estar articulado en las siguientes fases (Miles, 1967): Preparación, Información, Análisis, Creatividad, Evaluación, Desarrollo, Presentación, Implementación y seguimiento.

## 2.3. TÉRMINOS Y HERRAMIENTAS ADICIONALES DE APLICACIÓN

### 2.3.1. Variabilidad

La variabilidad es todo lo que aleja nuestro sistema de producción de un comportamiento regular y predecible. El tiempo de ciclo o de ejecución de los procesos constructivos puede ser progresivamente comprimido eliminando las actividades que no agregan valor al reducir la variabilidad (Koskela 1992).

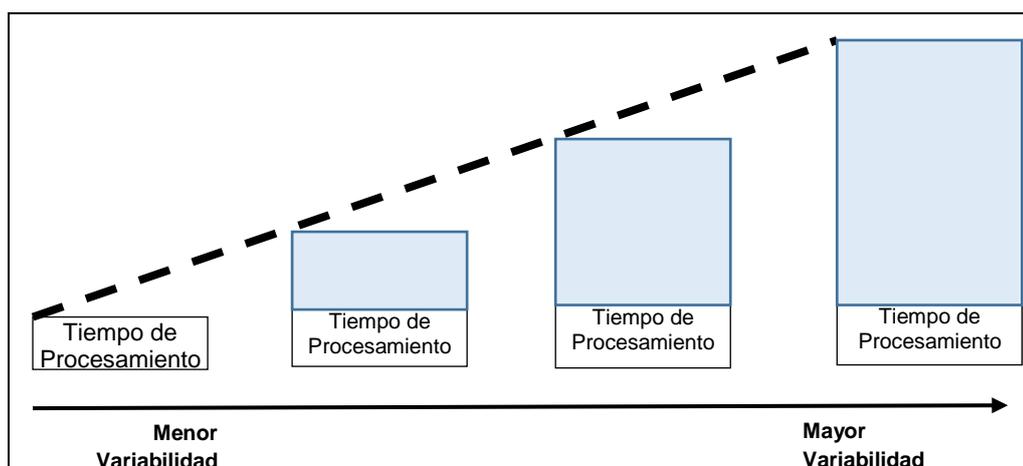


Fig. 15. Influencia de variabilidad en el tiempo.

Las fuentes de variabilidad más comunes son: cambios de ingeniería, cambios del cliente, diferentes tipos de productos en el proyecto, disponibilidad de mano de obra, fallas mecánicas, falta de materiales, rehacer trabajos, ritmo de trabajo del operador, trabajos defectuosos, transporte de materiales, empleo de equipos improductivos, falta de Información.

Clases de variabilidad:

- Variabilidad Natural. Conocida también como variabilidad por causas comunes, es inherente al proceso. Por ser natural no se puede retirar.
- Variabilidad inducida. Es aquella que se debe a causas especiales, determinadas y externas. Se puede y debe reducir.

La variabilidad de un proceso afecta la producción de los demás procesos constructivos. Esto debido a que el efecto se transfiere a los demás procesos en un efecto de dominó y va aumentando mientras más cerca estemos a los últimos procesos, que son usualmente los que le agregan más valor al producto final desde el punto de vista del cliente.

### 2.3.2. Last Planer

Se define como último planificador a la persona o grupo de personas cuya función es la asignación de trabajo directo a los trabajadores. El nombre de último planificador proviene del hecho que este no da instrucciones a ningún otro nivel de planificación posterior, sino que a aquellos que van directamente a terreno, a las operaciones de construcción. Adicionalmente, la función del último planificador es lograr que lo que queremos hacer coincida con lo que podemos hacer, y finalmente ambas se conviertan en lo que vamos a hacer.

### 2.3.3. Productividad

Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más productos o servicios con menos recursos. Es una medida del progreso técnico. Es la utilización eficiente de los recursos (insumos) al producir bienes (productos) y/o servicios.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha establecido la siguiente fórmula para determinar la Productividad.

$$\text{Productividad} = \text{Producción} / \text{Insumos}$$

Los Insumos son los recursos empleados en la producción de un producto o servicio son:

- Recursos materiales: Máquinas y equipos. Materias primas. Tecnología. Energía eléctrica y combustible.
- Recursos humanos: Personas y empleados admitidos.
- Recursos financieros: Capital e inversiones de terceros. Empréstitos y financiaciones. Créditos y cuentas por cobrar.
- Recursos mercadológicos: Pedidos de los clientes. Investigación de mercado. Información de mercado.

EMPEORAN	AYUDAN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas no motivadoras.</li> <li>• Condiciones adversas del sitio.</li> <li>• Diseño deficiente o atrasado.</li> <li>• Grupos de apoyo deficientes.</li> <li>• Administración deficiente.</li> <li>• Clima laboral adverso.</li> <li>• Mano de obra incapaz.</li> <li>• Falta de procedimientos.</li> <li>• Comunicación lenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivación adecuada en la tarea.</li> <li>• Buen manejo de la Oficina Técnica.</li> <li>• Buena gestión de apoyo.</li> <li>• Buena organización.</li> <li>• Incentivos claros y justos.</li> <li>• Destreza de los trabajadores.</li> <li>• Procedimientos apropiados.</li> <li>• Organización plana.</li> </ul>

Tabla 1. Factores que afectan la productividad.

### 2.3.4. Lean Construction

Lean Construction es una Filosofía de Producción, aplicada a la construcción:

- Las actividades de producción son concebidas como flujos de materiales e información.
- Los flujos son controlados con el objetivo de obtener una mínima variabilidad y tiempo de ciclo.
- Los flujos son mejorados periódicamente con respecto a su eficiencia mediante la implementación de nuevas tecnologías.
- Los flujos son mejorados continuamente con respecto a las pérdidas y al valor, intentando eliminar o reducir aquellas actividades que no agregan valor.

	<b>Visión Transformación</b>	<b>Visión Flujo</b>	<b>Visión Generación Valor</b>
<b>Conceptualización de la producción</b>	Como transformación de entradas en salidas	Como un flujo de material compuesto de transformación, inspección, movimiento y espera	Como un proceso donde el valor para el cliente es creado a través de la satisfacción de sus requerimientos
<b>Principios básicos</b>	Producción realizada eficientemente	Eliminación de pérdidas	Eliminación de pérdidas de valor
<b>Métodos y prácticas</b>	División del trabajo, tablas de responsabilidad organizacional	Flujo continuo, mejoramiento continuo, control de producción	Métodos para captar requerimientos, despliegue función de calidad
<b>Contribución práctica</b>	Hacer lo que se tiene que hacer	Cuidar que las cosas innecesarias sean las menos posibles	Cuidar que los requerimientos de los clientes sean satisfechos en la menor manera posible.
<b>Nombre sugerido para aplicación práctica</b>	Administración de tareas	Administración del flujo	Administración del valor

Tabla 2. Comparación de los tres tipos de visión.

**Principios de Lean Construction.** Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor; Incremento del valor del producto; Reducción de la variabilidad; Reducción del tiempo de ciclo; Simplificación de procesos; Incremento de la flexibilidad de la producción; Transparencia del proceso; Enfoque del control al proceso completo; Mejoramiento continuo del proceso;

Balance de mejoramientos de flujo con mejoramiento de conversión;  
 Benchmarking.

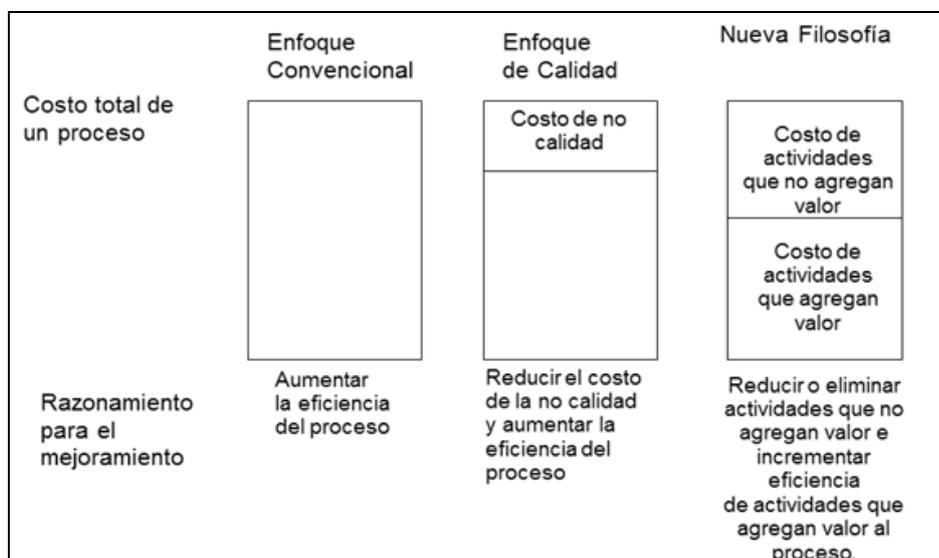


Fig. 16. Muestra la influencia de los tres tipos de enfoque en los costos.

	Producción Tradicional	Nueva Filosofía
Conceptualización de la Producción	La producción consiste de conversiones (actividades) todas las actividades añaden valor al producto	La producción consiste de conversiones y flujos, hay actividades que agregan valor y las que no agregan valor al producto.
Enfoque del control	Dirigido hacia el costo de las actividades	Dirigido hacia el costo, tiempo y valor de los flujos
Enfoque del mejoramiento	Incremento de la eficiencia por medio de la adopción de nueva tecnología	Eliminación de actividades que no agregan valor, mejoramiento continuo de la eficiencia de actividades que agregan valor y adopción de nueva tecnología

Tabla 3. Comparación de producción tradicional y nueva filosofía.

### 2.3.5. Cyclone

El modelo CYCLONE es una metodología de simulación de procesos de construcción presentada en 1976 por el profesor Daniel W. Halpin, originalmente en la Universidad de Illinois, y posteriormente en la de Purdue. El nombre se deriva de Cyclic Operations Network. Se sustenta en una representación gráfica

que simula un sistema conteniendo variables que pueden ser determinísticas o aleatorias. Cuando el sistema corresponde a un proceso de construcción, se requiere que éste se desagregue en tareas y se conozca cómo éstas interactúan.

Un modelo es una representación de una situación real y usualmente proporciona un marco para investigar esa situación. El método para el modelaje utiliza un conjunto de símbolos para representar la situación de las tareas, recursos y el flujo de recursos. Así, utiliza un cuadrado (o rectángulo) para representar una tarea en estado activo. Un círculo para representar la espera de un recurso, o de un mecanismo de control (que, en el lenguaje del método, son llamados entidades). Una flecha (o un arco dirigido) para indicar el flujo o los movimientos.

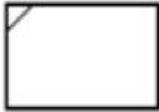
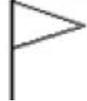
Nombre	Símbolo	Función
COMBI		Este elemento requiere que todos los recursos estén disponibles para empezar, en cuyo caso se combinan. Siempre está precedido por elementos ESPERA. Si algunas de las unidades necesarias no están disponibles, pues se encuentran en ESPERA; las que han llegado deben esperar.
NORMAL		Representa una tarea que puede empezar tan pronto como llegue una unidad o recurso (cargador, cuadrilla) del elemento precedente, sin esperar restricciones.
ESPERA (QUEQUE)		Este elemento procede a todos los COMBI y se relaciona con una ubicación en la cual esperan los elementos pendientes de combinación. Se miden las estadísticas de demora o espera.
FUNCIÓN (FUNCTION)		Se incluye para desarrollar una función especial, activando los elementos que le preceden. Puede ser para conteo, consolidación, marcado o acopio estadístico.
ACUMULADOR (ACCUMULATOR)		Es un elemento de conteo de ciclos en un subsistema o en el total del sistema. No detiene ninguna operación.
FLECHA o ARCO DIRIGIDO (ARC)		Indica la estructura lógica del modelo y la dirección del flujo de una entidad (recurso o mecanismo de control)

Tabla 4. Elementos básicos del modelo cyclone.

## 2.4. GESTIÓN DE STAKEHOLDERS

Fue el filósofo R. Edward Freeman, profesor de administración de empresas de la Darden School en la Universidad de Virginia, quien en 1984 lanzó su teoría, hasta entonces desconocida, sobre el management y la dirección de organizaciones como gestión de grupos de interés 'stakeholders', es decir, partes de la sociedad que tienen interés en la evolución y desarrollo de una compañía desde una perspectiva económica, social, medioambiental o incluso psicológica, interés en conocer si la empresa contribuye al bien/interés general o solo al suyo particular. Edward Freeman, decía: "Tienes que producir los bienes y servicios que la gente desea y que lleven a cabo lo que se espera de ellos. Necesitas proveedores que quieran que tu compañía prospere, y que respalden lo que tu empresa hace. Necesitas empleados que estén ahí cuando los necesitas, y que sean creativos y productivos. Necesitas comunidades para las que tu empresa sea al menos un buen ciudadano, de modo que no tengan interés en utilizar los procedimientos políticos, en sociedades relativamente libres, para destruir el valor que tú creas. Y, claro está, tienes que ganar dinero para los que te están financiando". Esta es la gestión de los stakeholders, porque esta es la gestión de la empresa.

- La matriz de stakeholders. La primera herramienta que pueden utilizar las compañías para comprender y conocer en detalle los grupos de interés que se sitúan en su entorno es la matriz de stakeholders, que incorpora cuatro datos importantes: 1. Identificación: quiénes son y cómo se llaman. 2. Expectativas: qué buscan y qué esperan. 3. Obligaciones: qué derechos tienen y qué obligaciones tenemos. 4. Priorización: quiénes son los más importantes en función de todo lo anterior.
- Establecer prioridades y dialogar Para poder fijar claramente qué grupos de interés son los prioritarios, el profesor Vaccaro propone llevar a cabo tres pasos relacionados con la información: 1. Obtenerla: saber qué piensan (recopilación de datos). 2. Aportarla: analizar qué haces (rediseño). 3. Vincularla: cambiar qué percepciones tienen (acción).



Fig. 17. Ejemplo de stakeholders primarios y secundarios, fuente 12 Manage 2011- Corporate Excellence..

La gestión de stakeholders es, finalmente, una cuestión que afecta al gobierno corporativo de las organizaciones. Una de las prioridades es identificarlos/priorizarlos correctamente. Además, se trata de una cuestión viva, dinámica, no existen visiones estáticas, los grupos de interés cambian y sus expectativas/percepciones, también.

## CAPÍTULO III. ESTRUCTURA DE UNA PLANTA DE PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 3.1. DEMANDA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS

Debido a la rápida culminación que exigía el proyecto, se instaló una Planta de Prefabricados, que produjo elementos como vigas pretensadas, vigas cabezales, prelosas y bordes típicos. Considerando que el Viaducto (Cliente) exigía el despacho de los elementos prefabricados de acuerdo a su cronograma, de ejecución de obra, se estructuró de acuerdo a estas exigencias.

La planta de prefabricados del Tramo I de la línea 1 del proyecto tren eléctrico, fue ubicada casi a pie de obra, aproximadamente a la mitad del eje del viaducto. Dicha planta contó con un área de 57 850 m<sup>2</sup>. En el tramo 2 de la línea 1, la planta de prefabricados fue ubicada al final del viaducto, esta planta contó con un área de 47,500 m<sup>2</sup>, reducida en un 20% en comparación a la anterior.

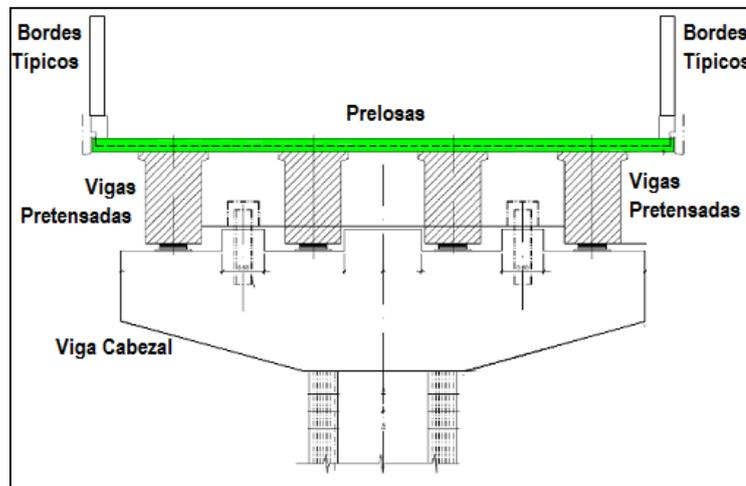


Fig. 18. Elementos prefabricados que conforman la construcción de un viaducto.



Fig. 19. Vigas pretensadas y Cabezales prefabricados.



Fig. 20. Prelosas y Bordes Típicos prefabricados.

Los elementos estructurales prefabricados cumplieron los estándares de calidad indicados en sus procedimientos, en que se consideran los siguientes puntos:

La armadura de los elementos prefabricados fue habilitada y suministrada por un proveedor comprometido a cumplir con las indicaciones de los planos del proyecto, para la correcta colocación de la armadura se pondrían las marcas topográficas necesarias para la instalación del acero y su verificación, así como el control de los encofrados (alineamiento, espaciamiento, recubrimientos, niveles, etc.). Se utilizaron dados prefabricados de concreto para asegurar el recubrimiento de la armadura. Se debieron colocar los insertos para el izaje de los elementos y tuberías corrugadas previstas para efectuar el post-tensado.

Previo al montaje del encofrado, se aplicó desmoldante a las caras de los paneles de encofrados metálicos que estarán en contacto con el concreto, así como a la plancha metálica ubicada sobre los solados de apoyo. Seguidamente se procede al montaje de los encofrados metálicos, se tuvo cuidado que entre los encofrados y el apoyo esté bien colocada la membrana de estanqueidad y un adecuado ajuste de todos los pasadores de amarre a fin de evitar fuga de la lechada de la mezcla; la correcta ubicación de los encofrados se verificó con equipos de topografía.

El concreto se deberá consolidar mediante vibración, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos.

En el caso de los vibradores de inmersión, el vibrador se deberá operar a

intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla (traslapar al menos 10 cm con la capa de concreto anterior).

La vibración no deberá ser usada para movilizar y acomodar mezcla dentro de los encofrados, ni se deberá aplicar directamente a éstos o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

Los vibradores podrán ser de inmersión (interno) o de placa (externo) según se considere necesario, y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales.

Para estructuras delgadas, donde los encofrados estén especialmente diseñados para resistir la vibración, se podrá emplear vibradores externos de encofrado (Vibradores de placa) y martillos de goma.

Concluido el vaciado se procederá a aplicar el sistema de Curado Acelerado que consiste en cubrir la estructura con una manta, suministrar calor en la parte superior mediante agua caliente a una temperatura de 60 a 100 °C y cubrir con una manta plástica. Deberá asegurarse que al cubrir con la manta y el plástico no exista ningún espacio por donde pueda ingresar el aire frío del exterior. Mediante este sistema se asegura que la estructura alcance su resistencia manteniendo su humedad (manta) y el calor (plástico). El proceso de curado para conseguir una resistencia acelerada consistirá en:

Una vez que el concreto comience a exudar (30 a 45 minutos terminado el vaciado), se procederá a cubrir los elementos con la manta de curado.

Se aplicará agua caliente por encima del elemento prefabricado a una temperatura de 60 a 100 °C. Inmediatamente después se cubrirá toda con una manta plástica.

Los elementos prefabricados permanecerán encofrados y cubiertos con las mantas por un periodo indicado a la primera rotura de probeta y que arroje un resultado del 50% $f_c$ . Pasado este tiempo se retiran las mantas y será necesario curar hasta que llegue a la resistencia de los 7 días, indicada en los planos.

Una vez desencofradas y curadas, se procederá al izaje. La resistencia del concreto deberá ser igual o mayor al 50% del  $f_c$  para proceder al izaje a fin de asegurar la resistencia suficiente para evitar fisuras estructurales.

Aquellas zonas que presenten segregación, aristas quebradas y/o despostillamiento de concreto, se debieron resanar con un mortero de reparación de alta resistencia. Solo se repararon los lados visibles y los lados que soporten cargas después del montaje, por ejemplo, lados del elemento que servirá como posterior encofrado en el Viaducto, si existieran despostillamientos en la cara superior estos serán, llenados posteriormente con el vaciado de la losa y no es necesario se reparen antes, para su envío.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Escarificar la superficie de concreto a reparar retirando todo material suelto. Lavar la superficie con abundante agua hasta saturarla, se usa un puente de adherencia en caso necesario y de acuerdo a la edad el concreto. Se aplica el mortero de reparación presionando la mezcla contra el concreto existente. Se deja reposar la mezcla por 20 minutos y se le da el acabado final mediante el uso de una esponja humedecida o en su defecto proceder de acuerdo a las especificaciones del fabricante del producto utilizado.

Una vez concluido el proceso de reparación, los elementos prefabricados deben ser inspeccionados por el personal de producción y control de calidad, a fin de darle el visto bueno final para el posterior despacho al Viaducto.

En la planta de prefabricados se fabricó vigas pretensadas, vigas cabezales, prelosas y bordes típicos y la demanda requerida por el Viaducto correspondió a lo que se muestra en las tablas siguientes:

Frente	Área	Elemento prefabricado	Cantidad
N°1	11250 m <sup>2</sup>	Vigas pretensadas h=1.30m	1455 unid
N°2	5200 m <sup>2</sup>	Prelosas	21559 unid
N°3	3850 m <sup>2</sup>	Vigas pretensadas h=1.80m	374 unid
N°4	1100 m <sup>2</sup>	Bordes Típicos	8568 unid

Tabla 5. Indica producción de elementos en Planta de Prefabricados Tramo 1 –Línea 1.

Frente	Área	Elemento prefabricado	Cantidad
N°1	10020 m <sup>2</sup>	Vigas pretensadas h=1.30m	1144 unid
N°2	4490 m <sup>2</sup>	Vigas pretensadas h=1.80m	774 unid
	1000 m <sup>2</sup>	Vigas Cabezales	140 unid
N°3	4800 m <sup>2</sup>	Prelosas	27225 unid
	2400 m <sup>2</sup>	Bordes Típicos	9237 unid

Tabla 6. Indica producción de elementos en Planta de Prefabricados Tramo 2 –Línea 1.

### 3.2. UBICACIÓN ESTRATÉGICA

Para el montaje de una planta es importante su ubicación a lo largo de la obra, pero está condicionado a los factores externos de, identificación de un espacio suficientemente grande, la influencia política de otorgar el terreno y claro está la ubicación de este sería ideal que se encuentre en el eje de la obra, en el caso presentado, al viaducto del tren eléctrico, para favorecer al transporte de los elementos prefabricados. En la ejecución de los tramos 1 y 2 de la Obra del tren eléctrico Línea 1, se identificaron algunos terrenos con el área ideal para la producción de elementos prefabricados, pero estos se ubicaban a más de 30Km del viaducto y elevaba considerablemente el costo y riesgo del transporte de los elementos a pie de obra. Por esta razón, bajo un análisis de costo, área, tiempo de ejecución de obra, influencia política, tomaron la opción de montar la planta de prefabricados, para la ejecución del tramo 1 de la Línea 1 dentro de las instalaciones de la VIDENA (Villa Deportiva Nacional / Instituto Peruano del Deporte), en el distrito de San Luis, y para la ejecución del tramo 2 de la Línea 1 dentro de las instalaciones del Instituto Peruano del Deporte, en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Propuesta de ubicación y distribución de áreas de trabajo en la planta de prefabricación de elementos estructurales:

En el tramo 1 de la Línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico, al firmar el contrato con el cliente, se había establecido que la ubicación de la planta de prefabricado sería en la Panamericana Sur Km 25 que tenía una mayor área que la definitiva y su geometría era diferente;

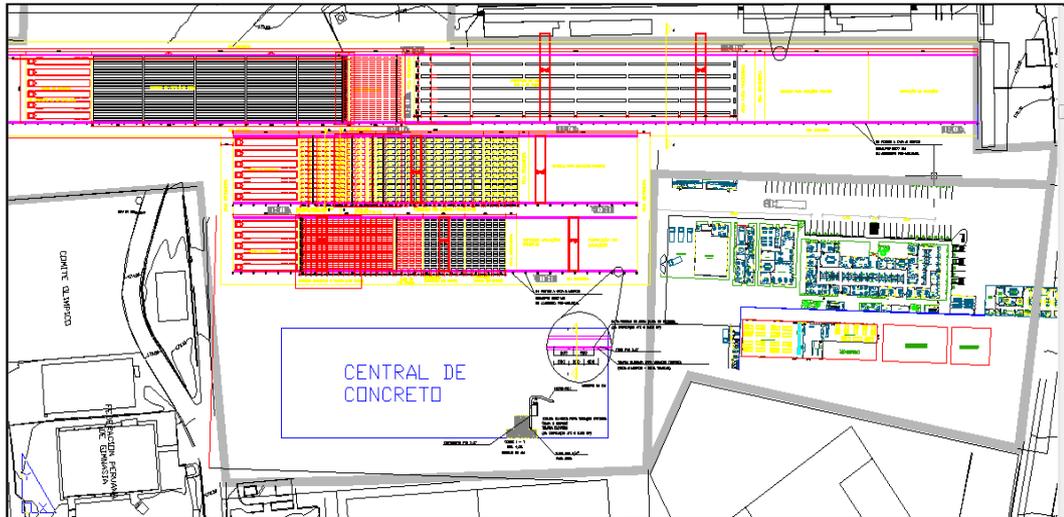


Fig. 21. Propuesta inicial 1 de ubicación y distribución de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

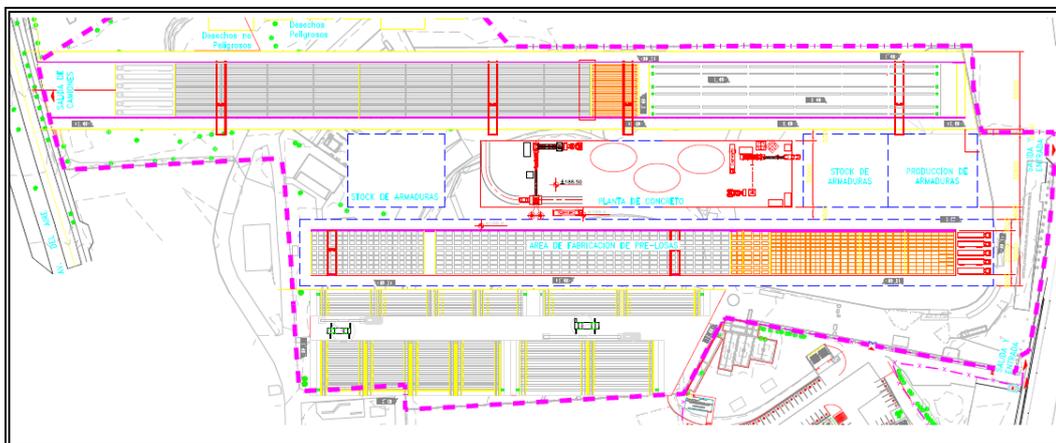


Fig. 22. Propuesta inicial 2 de ubicación y distribución de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

El problema al elegir el lugar fue que la zona estaba a casi 30 km del viaducto y el costo del transporte resultaría muy elevado por lo que hicieron los trámites pertinentes para que la planta de prefabricados esté ubicada en la Videna del IPD.

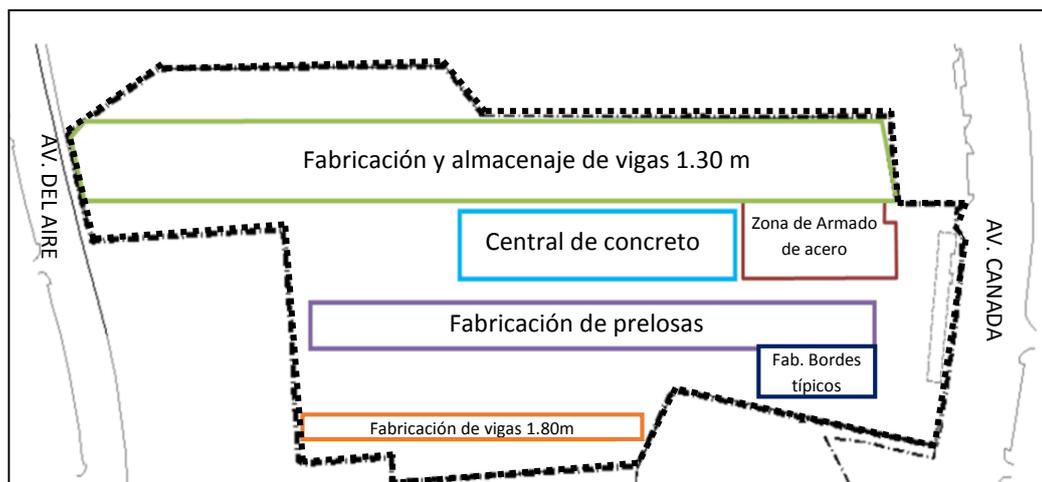


Fig. 23. Distribución definitiva de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico



Fig. 24. Ubicación definitiva de la planta de prefabricados del tramo 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

En el Tramo 2 de la Línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico, las relaciones con la comunidad del primer sector que se definió para la planta de



En el Tramo 2 de la Línea 1 la planta de prefabricado se ubicó dentro de las instalaciones del Instituto Peruano del Deporte, en el distrito de San Juan de Lurigancho.

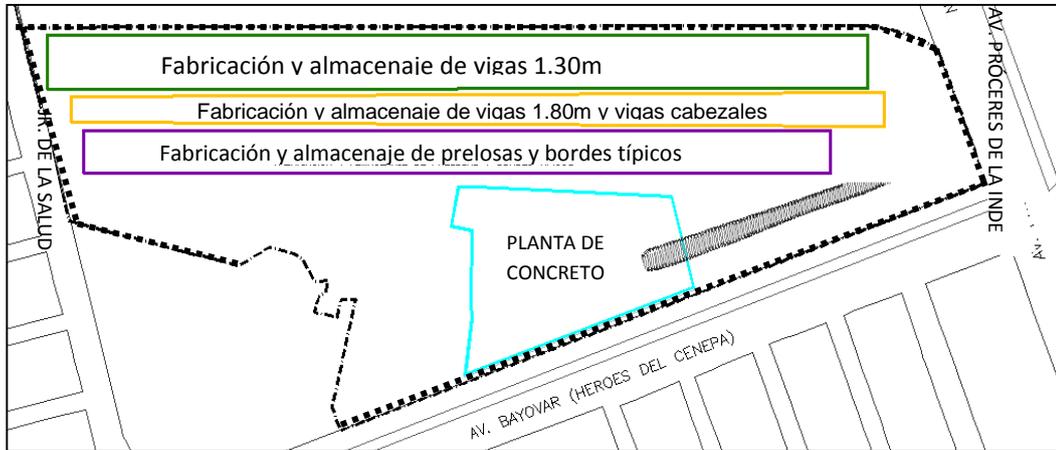


Fig. 27. Distribución definitiva de áreas de trabajo en la planta de prefabricados del tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

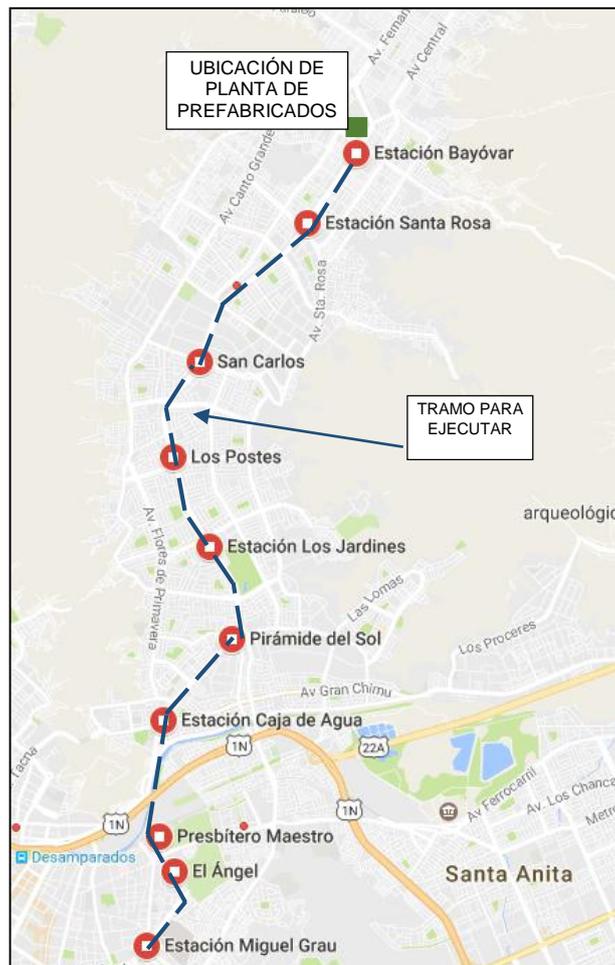


Fig. 28. Ubicación definitiva de la planta de prefabricados del tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

### 3.3. DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS PARA FRENTES DE TRABAJO Y STOCK.

La distribución de los frentes de trabajo designados a la prefabricación de elementos estructurales se determinó considerando los siguientes puntos:

Líneas de producción. El área de producción para tramo 1 contó con 6 líneas para la producción de 6 vigas de 19.70 m; la zona de producción de estribos (taller de acero) para las vigas pretensadas estaba ubicada fuera de los frentes N°1 y N°3; de esta manera se garantizó tener una mayor área de stock para los elementos. Esta zona de producción tenía un área aproximada de 500 m<sup>2</sup>.

A diferencia en el tramo 2 cuenta con 4 líneas para la producción de 5 vigas de 24.70 m, el área destinada para el stock del acero se ubicó al lado de la zona de armado de vigas, lo que facilitaría el rápido transporte del material para la fabricación de las armaduras, reduciendo prácticamente el acarreo manual, además el rápido traslado de las armaduras a la zona de producción.

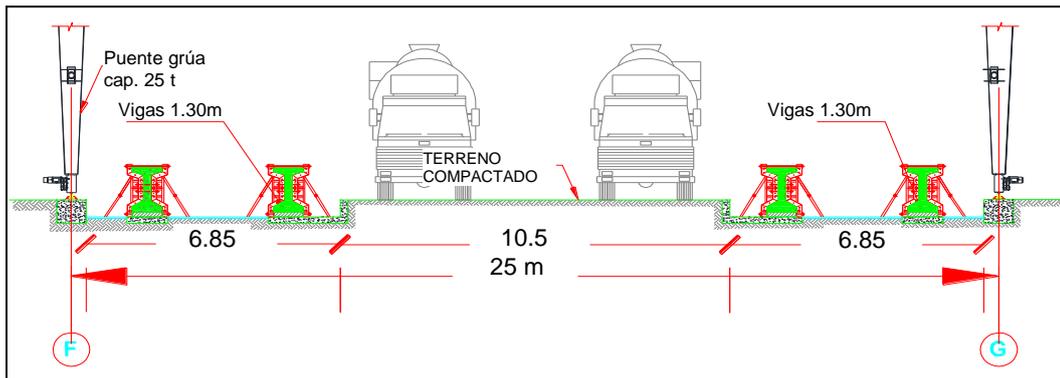


Fig. 29. Línea de producción de vigas de 1.30m de altura, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

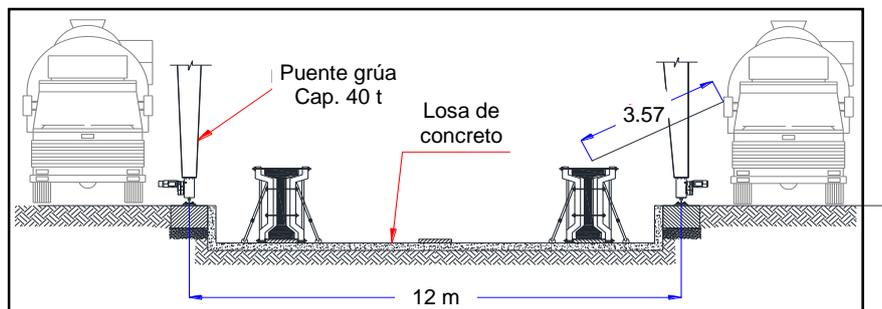


Fig. 30. Línea de producción de vigas de 1.80m de altura, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

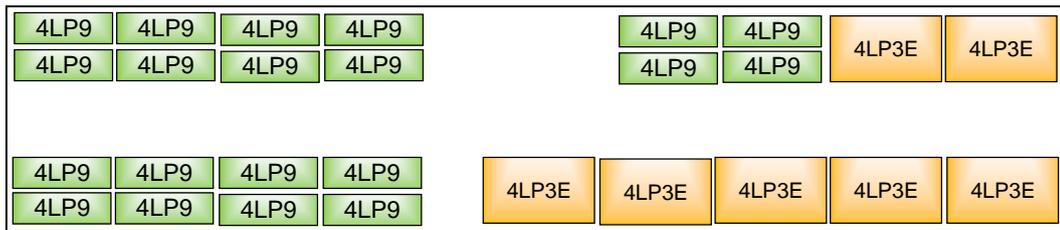


Fig. 31. Línea de producción de prelosas, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

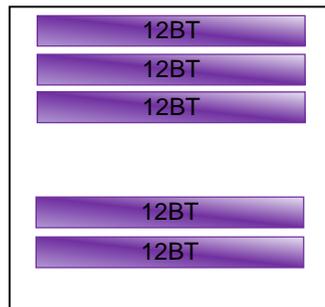


Fig. 32. Línea de producción de bordes típicos, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

Ubicación del Taller de acero y armadura, lo ideal sería que el taller de acero y el área de fabricación de armadura se encuentren dentro del frente de producción, que facilitaría el rápido transporte del material (estribos) para la fabricación de la malla de vigas, reduciendo el acarreo manual ya que este es realizado por la grúa pórtico. Considerando que la planta de prefabricados del tramo 2 a diferencia del Tramo 1 distribuyó las áreas de los frentes de trabajo considerando las lecciones aprendidas en el Tramo 1, logró optimizar los procesos de prefabricación de los elementos estructurales.



Fig. 33. Línea de producción de vigas de 1.30m de altura, producción de armadura en el inicio, lado izquierdo, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

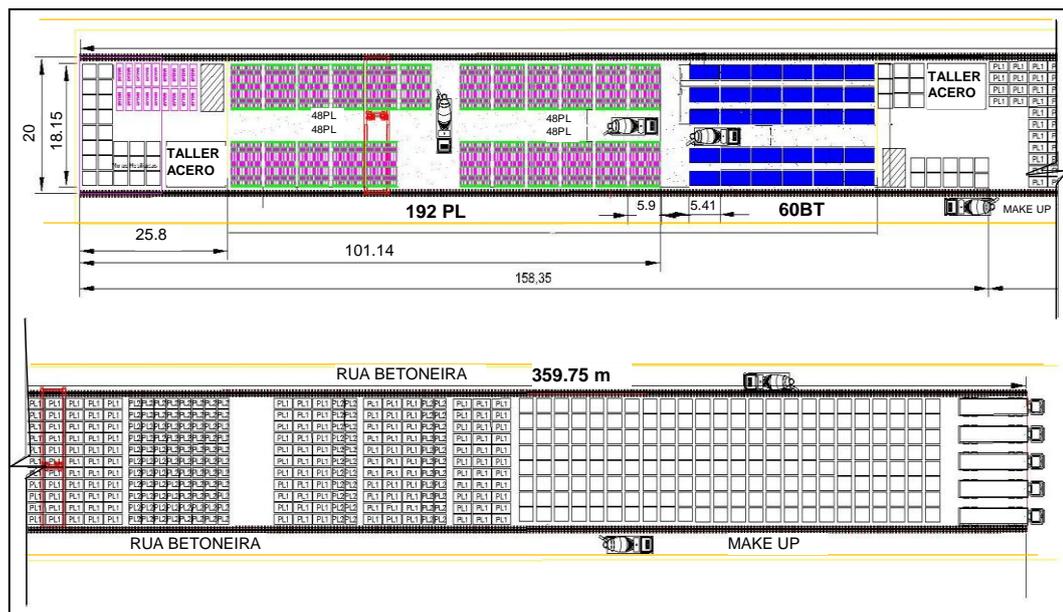


Fig. 34. Línea de producción de prelosas y bordes típicos, producción de armadura en el inicio, lado izquierdo, tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico

Ubicación de la planta de concreto premezclado. El área y dimensionamiento de la planta de concreto dependen del volumen diario de concreto requerido. La ubicación de la planta de concreto debe cumplir con las condiciones de logística de circulación y transporte de las unidades de insumos, productos y seguridad dentro de las instalaciones de la planta. La superficie del terreno debe ser horizontal, y suficientemente compactada para recibir las presiones y cargas de los equipos de la planta. En el dimensionamiento del área, se deben considerar las siguientes instalaciones:

- Área de silos de cemento, tolva de agregados, fajas de dosificación.
- Caseta de dosificación y cuarto de máquinas.
- Patio de almacenamiento de agregados.
- Tanque de agua y aditivos.
- Área de laboratorio, cuarto de curado y oficinas de control de calidad.
- Patio de maniobras y estacionamiento de camiones mezcladores.
- Taller de mantenimiento.
- Almacén de materiales, equipos y repuestos.
- Pozas de lavado de camiones mezcladores.
- Área de oficinas administrativas.

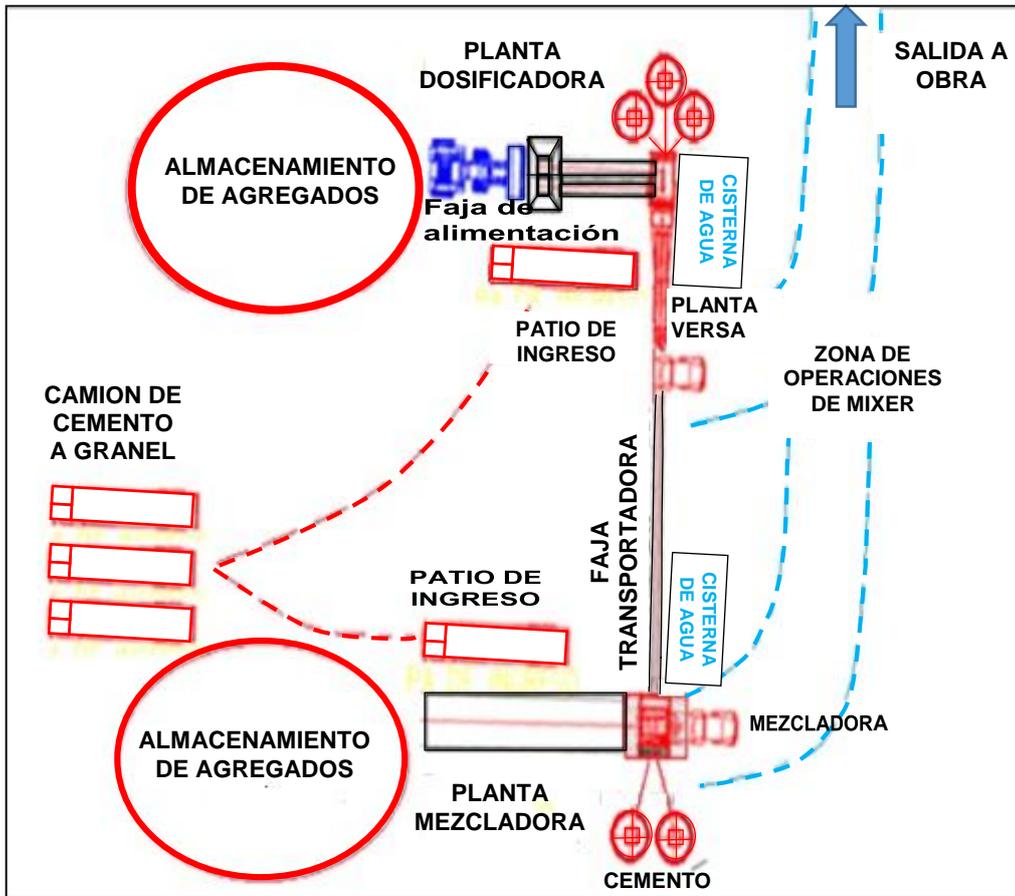


Fig. 35. Ubicación y dimensionamiento de la Planta de Concreto Premezclado, tramo II de la construcción del viaducto del tren eléctrico

Ubicación y área de stock de los elementos estructurales. De acuerdo a la demanda y el ciclo de producción de los elementos estructurales prefabricados se obtiene el área de stock. Es estratégico que el área de stock se encuentre dentro de la línea de producción porque se mantiene un orden, se optimiza espacio y tiempo por el uso de las grúas pórticos, maquinaria importante para el proceso constructivo de los elementos, pero en el caso que el área de stock se encuentre fuera de la línea de producción, obliga a usar otros recursos y aumentar el área del frente de trabajo. Se presenta el ejemplo de los elementos estructurales de las vigas de 1.80 m de altura en la planta de prefabricados de los tramos 1 y 2 de la línea 1.



Fig. 36. Traslado de vigas prefabricadas desde su línea de producción al área de stock. Caso Tramo 1, Línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico.



Fig. 37. Traslado de vigas prefabricadas desde su línea de producción al área de stock. Caso Tramo 2, Línea 1 de la construcción del viaducto del tren eléctrico.

#### 3.4. IMPORTANCIA DE EQUIPOS Y ELEMENTOS DE APOYO

Vigas H=1.30 m y Vigas H=1.80 m

Los principales equipos utilizados para la fabricación de las vigas son los siguientes:

- 2 Pórticos de capacidad de 20 t.
- 2 Pórticos de capacidad de 25 t.
- 3 Hidrolavadoras KARCHER HDS 12/18 – 4 S.
- 1 Camión Grúa

- 1 Compresora
- 2 Reservorios de Agua
- 2 Gatos Hidráulicos Tipo QX-240-200
- 2 Gatos Hidráulicos Tipo QX-240-300
- Manómetros (Control de presiones de tensado)

#### Bordes Típicos y Prelosas

- 2 Pórticos de capacidad de 20 t.
- 1 Hidrolavadora
- 1 Compresora
- 2 Reservorios de Agua
- Elementos de izaje múltiples e individuales
- Reglas y aditamentos metálicos
- Estrobos/Eslingas

#### Vigas Cabezales

- 2 Pórticos de capacidad de 25 t.
- 3 Hidrolavadoras KARCHER HDS 12/18 – 4 S.
- 1 Camión Grúa
- 1 Compresora
- 2 Reservorios de Agua

Grúas tipo pórtico. Para la movilización del acero pre-armado al lugar de vaciado se ha hecho uso de los pórticos grúas, la elección de estos pórticos influyen en el costo de manera trascendente en nuestra actividad de armado.

En un principio se tenía las siguientes opciones para utilizar las torres grúas:

- Usar las torres grúas de GyM
- Usar las torres grúas de Odebrecht
- Alquilar las torres grúas
- Comprar las torres grúas

Se descartó el alquiler ya que en el Perú no hay empresas que alquilen estas torres; se descartó las torres de GyM debido a que solo eran de capacidad de 7 t. y su ancho era menor al de 20 m. Se necesitaba que cargasen una viga de 40 t.

Parecía una buena opción comprar las grúas pórticos, pero tardaba 4 meses el traslado de su fábrica al Perú; por lo que se tuvo que usar las torres grúas de 20 t. cada una (de Odebrecht) pero estas torres estuvieron limitadas para el uso de vigas de 1.30 m de peralte ya que las vigas de 1.80 m de peralte pesaban 60 t, por lo que se decidió usar una grúa con esta capacidad para dichas vigas. Se tuvo que modificar el ancho de las torres grúas

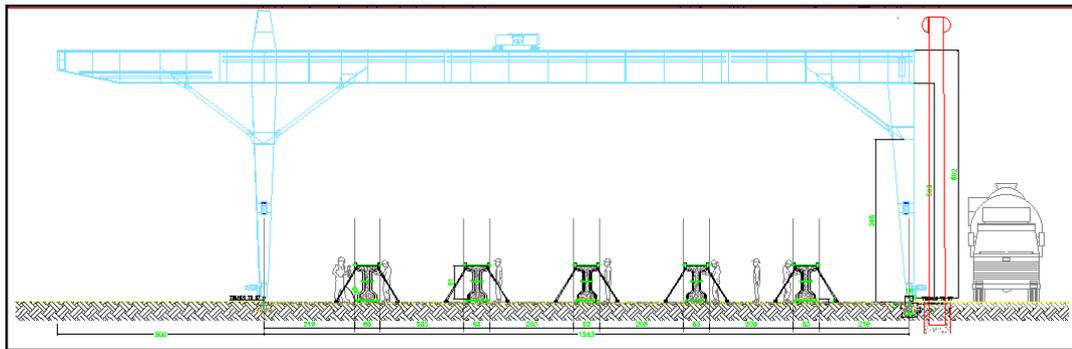


Fig. 38. Distribución de los pórticos grúas con las líneas de vaciado

Grúa tipo celosía. En el Patio N° 3 (Tramo 1) se usó una grúa de celosía con capacidad máxima de 200 toneladas para el manipuleo y traslado de las vigas de H=1.80 m. La zona de stock de dichas vigas fue al lado de la zona de producción debido al pequeño espacio que se contaba en la planta de prefabricados. La falta de un pórtico grúa en el patio género el lento traslado de las mallas de acero, encofrado y traslado de vigas vaciadas



Fig. 39. Traslado de mallas de acero a zona de producción y traslado de vigas a zona de stock

El proveedor de acero. Se envió el cronograma de entrega a proveedor de acero; luego de recibir la programación de vaciado, se proyecta un tiempo de anticipación de armado y un stock de armadura según el área involucrada para dicho stock, considerando estos factores se realiza un cronograma de ejecución de armadura de acero y manejando un tiempo de anticipación "buffer" se realiza un cronograma de recepción de material del proveedor.

Se envía, al proveedor, la programación semanal con las prioridades.

PRIORIDADES SEMANA DEL 21 AL 26 DE JUNIO DEL 2010											
Día de Entrega	Tramo	Viga	Cant	H (m)	Long (m)	Pes Viga (t)	Peso Total (t)	Peso Diario	Obs.	Plano	Cump.
21-jun	C3	V19	8	1.30	14.70	1.18	9.40	26.63	Viaducto	CTEL-FFE-VTC-EST-DWG-34723	23-jun
	C3	V17	12	1.30	16.20	1.44	17.23		Viaducto	CTEL-FFE-VTC-EST-DWG-34722	23-jun
22-jun	L	VP1	8	1.30	19.20	1.96	15.66	15.66	Estación Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	26-jun
23-jun	L	VP1	8	1.30	19.20	1.96	15.66	15.66	Estación Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	26-jun
24-jun	L	VP2	4	1.30	19.20	1.96	7.83	15.43	Estación Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	30-jun
	L	VP2-A	4	1.30	18.66	1.90	7.60		Estación Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	26-jun
25-jun	L	VP3	10	1.30	19.20	1.96	19.57	23.37	Andén Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32403	26-jun
	L	VP3-A	2	1.30	18.66	1.90	3.80		Andén Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32403	26-jul
PRIORIDADES SEMANA DEL 28 DE JUNIO AL 3 JULIO											
Día de Entrega	Tramo	Viga	Cant	H (m)	Long (m)	Peso Por Viga (t)	Peso Total (t)	Peso Diario (t)	Obs.	Plano	Cump.
28-jun	L	VP3	10	1.30	19.20	1.96	19.57	19.57	Andén Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32403	30-jun
29-jun	L	VP - 2	4	1.80	31.70	3.80	15.22	15.22	Est. Ayacucho	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32202 CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32456	30-jun
30-jun	L	VP - 3	4	1.80	34.20	4.10	16.42	16.42	Est. Ayacucho	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32202 CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32456	02-jul
01-jul	L	VP - 4	4	1.80	31.40	3.77	15.07	15.07	Est. Ayacucho	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32202 CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32457	05-jul
02-jul	L	VP3-A	2	1.30	18.66	1.90	3.80	15.36	Andén Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32403	03-jul
	C1	VP-V3A	4	1.30	11.05	1.13	4.52		Viaducto	CTEL-FFE-VTC-EST-DWG-33265	Deben
	C1	VP-V5	4	1.30	16.50	1.76	7.04		Viaducto	CTEL-FFE-VTC-EST-DWG-33267	01-jul
03-jul	C1	VP-V5	8	1.30	16.50	1.76	14.08	14.08	Viaducto	CTEL-FFE-VTC-EST-DWG-33267	03-jul

Tabla 7. Indica las prioridades de despacho de acero en relación a los vaciados de las vigas prefabricadas.



Fig. 40. Muestra la descarga de material en el taller de herrería.

El proveedor de concreto. En el Metro de Lima el área de las instalaciones de planta fue de 7,066 metros cuadrados. Se utilizaron dos tipos de plantas:

- 01 Planta Mezcladora de Concreto (50 m<sup>3</sup>/hora)
- 01 Planta Dosificadora de Concreto (100 m<sup>3</sup>/hora)

Modelo	Tipo Versa	
Producción	100 m <sup>3</sup> /hora	
Tiempo de carguío de camión mezclador	06 minutos	
Silo 01 - Cemento	150 t.	
Silo 02 - Filler	62 t.	
Tanque aditivo Glenium 3800 SCM	10 000 l.	
Tanque aditivo Polyheed 770 R	10 000 l.	
Tanque aditivo Rheobuild 1000	5 000 l.	
Energía requerida	200 kw.	

Tabla 8. Características Técnicas de la Planta Dosificadora utilizada en el Metro de Lima

Tabla 9. Características Técnicas de la Planta Mezcladora utilizada en el Metro de

Modelo	Tipo Versa
Producción	50 m3/hora
Volumen del mezclador	3.00 m3
Tiempo de carguío de camión mezclador	08 minutos
Silo 01 - Cemento	120 t.
Silo 02 - Filler	62 t.
Tanque aditivo Glenium 3800 SCM	10 000 l.
Tanque aditivo Polyheed 770 R	10 000 l.
Tanque aditivo Rheobuild 1000	5 000 l.
Energía requerida	250 kw.



Lima

El proveedor de mallas electrosoldadas. La armadura de las pre-losas es habilitada y suministrada por el proveedor que en este caso fue PRODAC de acuerdo a los planos de proyecto. Se usa malla electrosoldadas con acero de  $f'y = 5,000 \text{ Kg/cm}^2$  de bajo contenido de carbono. El habilitado del acero es principalmente el doblado en uno de los extremos a fin de conformar la armadura de refuerzo del sardinel. Así mismo se realizará el atortolamiento de las cerchas o tralichos a la malla electrosoldada. En las pre-losas que tienen cerchas o tralichos, estos últimos serán utilizados para el izaje. En las pre-losas que no llevan cerchas, se utilizará para el izaje 4 insertos de acero  $f'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ , diámetro  $\frac{1}{4}$ ", doblados a  $60^\circ$  y patas con 10 cm para el anclaje.

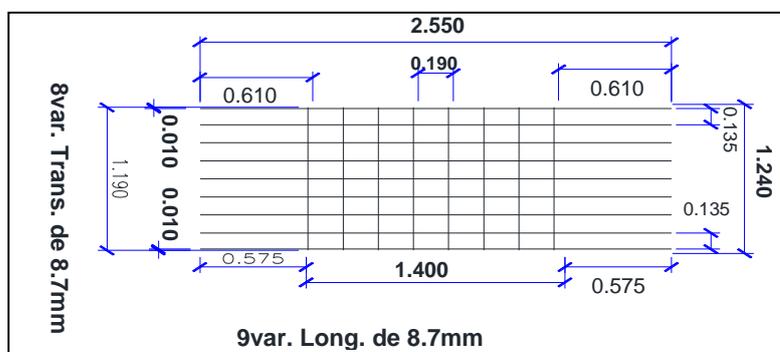


Fig. 41. Esquemas de las mallas electro soldadas lateral y central.

## CAPÍTULO IV. PROCESOS EN LA PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 4.1. VIGAS PRETENSADAS DE ALTURAS 1.30 m y 1.80 m

Elementos de concreto sometidos intencionalmente a esfuerzos de compresión aplicada mediante el tensionamiento de cables de acero y posterior anclaje al concreto. Los cables de acero de alta resistencia (tendones) están compuestos por torones de 7 hilos de diámetros de 5/8".



Fig. 42. Izquierda. Viga Pretensada. Fig. 43. Derecha. Izaje de viga pretensada

### DATOS TÉCNICOS:

Cantidad demandada por geometría

H (m)	Cantidad
1.30 m	1140
1.80 m	774
Total	1914

Tabla 10. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados por altura.

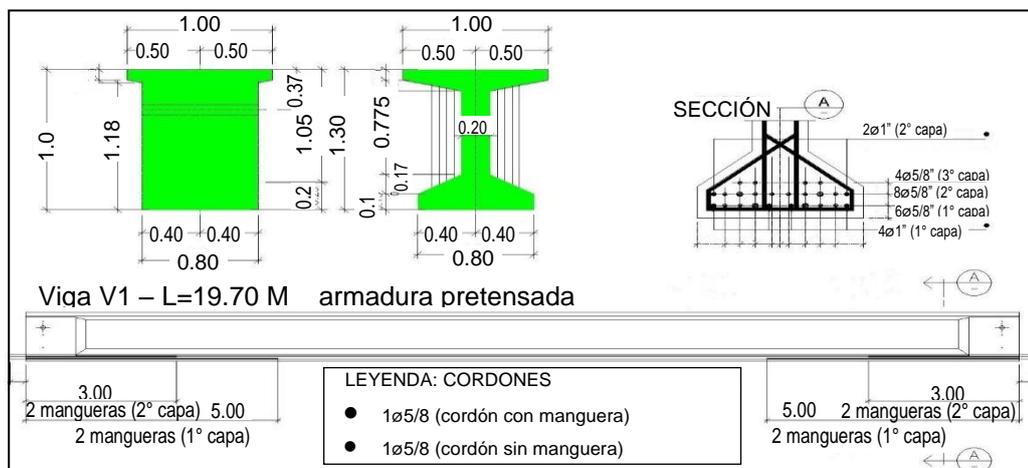


Fig. 44. Geometría típica para viga prefabricada H=1.30m

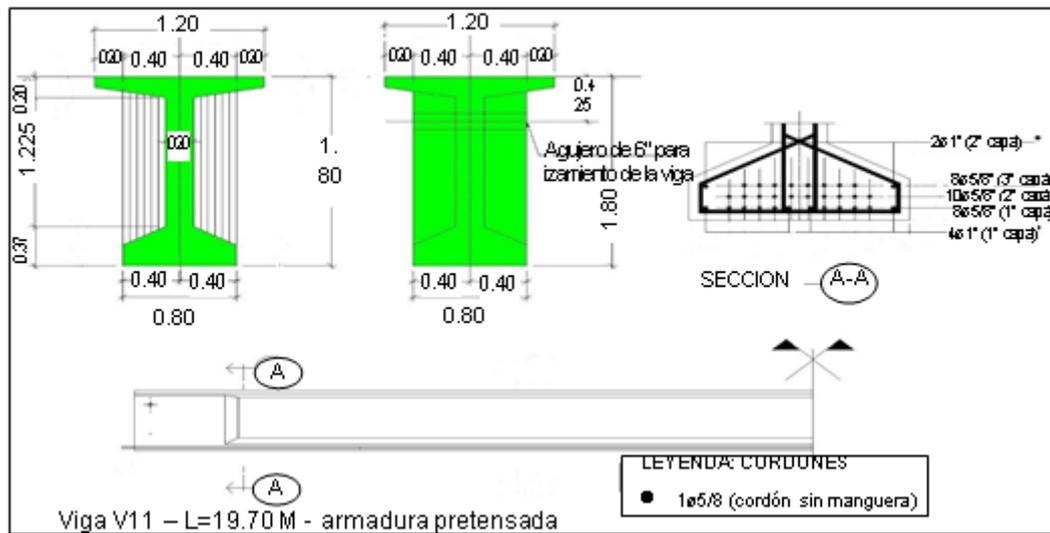


Fig. 45. Geometría típica para viga prefabricada H=1.80m

H (m)	Long. (m)	Cantidad
1.30	13.900	2
	19.700	12
	21.700	2
	22.450	2
	23.700	360
	23.900	2
	24.420	24
	24.550	32
	24.625	4
	24.700	700
<b>Total</b>		1140

Tabla 11. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados de 1.30m de altura por longitud.

H (m)	Long. (m)	Cantidad	Long. (m)	Cantidad
1.80	19.700	4	29.625	4
	20.700	8	29.700	88
	24.400	54	31.250	12
	24.440	4	31.400	4
	24.500	18	32.700	4
	24.550	40	33.550	4
	24.625	4	33.700	8
	24.700	380	34.300	10
	29.300	4	34.400	40
	29.440	8	34.550	4
	29.450	16	34.700	48
	29.480	8		
<b>Total</b>				774

Tabla 12. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados de 1.80m de altura por longitud.

Detalle	Cantidad
3º vía	90
Andén	180
Viaducto	1644
<b>Total</b>	1914

Tabla 13. Cantidad de vigas pretensadas prefabricados por ubicación.

Tolerancia de contraflechas:

Para el cálculo de los máximos y mínimos valores de las contraflechas teóricas en las vigas pretensadas se consideró como rango aceptable de  $\pm 5\%$  de la elongación del cable, teniendo en cuenta que la fuerza pretensora es directamente proporcional a la deformación del cable.

En forma adicional se consideró una tolerancia por variación del módulo de elasticidad del concreto, considerando rango aceptable de  $\pm 10\%$  en el módulo de elasticidad del concreto en el momento del cortado de los cables pretensores y teniendo en cuenta que las deformaciones en la viga son también inversamente proporcionales a este módulo. Dicho dato se adicionará al valor inicial obtenido.

Se adicionó también a los valores anteriores un error en la medición de  $\pm 2\text{mm}$ , con lo cual se obtuvo la siguiente tabla para los diversos tipos de vigas pretensadas:

<b>CONTRAFLECHAS ADOPTADAS (precisión de lectura - 0.1cm)</b>							
VIGAS	Contraflechas Teóricas (cm)	Contraflechas Máximas (cm)	Contraflechas Mínimas (cm)	VIGAS	Contraflechas Teóricas (cm)	Contraflechas Máximas (cm)	Contraflechas Mínimas (cm)
V1	2.02	2.7	1.3	V7-2	1.76	2.5	1.1
V2	1.75	2.5	1.1	V7-3	1.74	2.4	1
V3	3.29	4	2.6	V8	2.84	3.5	2.1
V3-1	3.27	4	2.6	V9	2.23	2.9	1.5
V3-2	3.41	4.1	2.7	V10	1.68	2.4	1
V3-3	3.37	4.1	2.7	V11	2.49	3.2	1.8
V3-4	3.1	3.8	2.4	V11-1	2.59	3.3	1.9
V3-5	3.28	4	2.6	V12	0.96	1.7	0.3
V3-6	3.29	4	2.6	V13	2.35	3.1	1.7
V3-7	3.57	4.3	2.9	V14	3.15	3.9	2.5
V4	2.3	3	1.6	V15	3.36	4.1	2.7
V4-1	2.29	3	1.6	V15-1	3.33	4	2.6
V4-2	2.3	3	1.6	V15-2	2.49	3.2	1.8
V4-3	2.28	3	1.6	V15-3	3.33	4	2.6
V4-4	2.21	2.9	1.5	V15-4	3.35	4.1	2.7
V5	4.41	5.1	3.7	V16	3.33	4	2.6
V5-1	4.44	5.1	3.7	V17	4.35	5.1	3.7
V5-2	4.11	4.8	3.4	V18	2.16	2.9	1.5
V6	2.95	3.7	2.3	V19	3.37	4.1	2.7
V6-1	2.84	3.5	2.1	V20	0.74	1.4	0.1
V7	1.76	2.5	1.1	V21	4.12	4.8	3.4
V7-1	1.75	2.5	1.1	V22	3.66	4.4	3

Tabla 14. Indica valores de contraflecha según tipo de viga.

## Elongaciones de torones

Para el cálculo de la elongación se consideró la condición libre de pérdidas con los valores típicos de torones de pre-esfuerzo

Caso 1: Vigas  $h = 1.30 \text{ m}$     924.16 mm

Caso 2: Vigas  $h = 1.80 \text{ m}$     1264.02 mm

La presión requerida para aplicar la carga de 195 kN es:

Presión (GATO QX-240-200) = 6330 psi

Presión (GATO QX-240-300) = 5898 psi

Elongaciones en obra (gato QX-240-200):

La elongación en obra corresponde a la sumatoria de la elongación neta, la elongación en el gato (8mm) y el valor del testigo (200mm):

Caso 1: Vigas  $h = 1.30 \text{ m}$

95%    Elongación en obra  $\approx 947 \text{ mm}$

100%    Elongación en obra  $\approx 986 \text{ mm}$

105%    Elongación en obra  $\approx 1025 \text{ mm}$

Caso 2: Vigas  $h = 1.80 \text{ m}$

95%    Elongación en obra  $\approx 1219 \text{ mm}$

100%    Elongación en obra  $\approx 1272 \text{ mm}$

105%    Elongación en obra  $\approx 1326 \text{ mm}$

Elongaciones en obra (gato QX-240-300):

La elongación en obra corresponde a la sumatoria de la elongación neta, la elongación en el gato (8mm) y el valor del testigo (200mm):

Caso 1: Vigas  $h = 1.30 \text{ m}$

95%    Elongación en obra  $\approx 937 \text{ mm}$

100%    Elongación en obra  $\approx 975 \text{ mm}$

105%    Elongación en obra  $\approx 1014 \text{ mm}$

Caso 2: Vigas h = 1.80 m:

95% Elongación en obra ≈ 1205 mm

100% Elongación en obra ≈ 1258 mm

105% Elongación en obra ≈ 1310 mm

Resistencia del concreto

Tipo f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Cantidad
420	1780
450	104
490	30
<b>Total</b>	1914

f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) para corte de torones	Cantidad
290	1782
320	104
329	4
350	2
420	22
<b>Total</b>	1914

Tabla 15. Izquierda. Indica cantidad de vigas según la resistencia del concreto. Tabla 16. Derecha. Indica cantidad de vigas según la resistencia del concreto para corte de torones.

Esquema de producción de vigas:

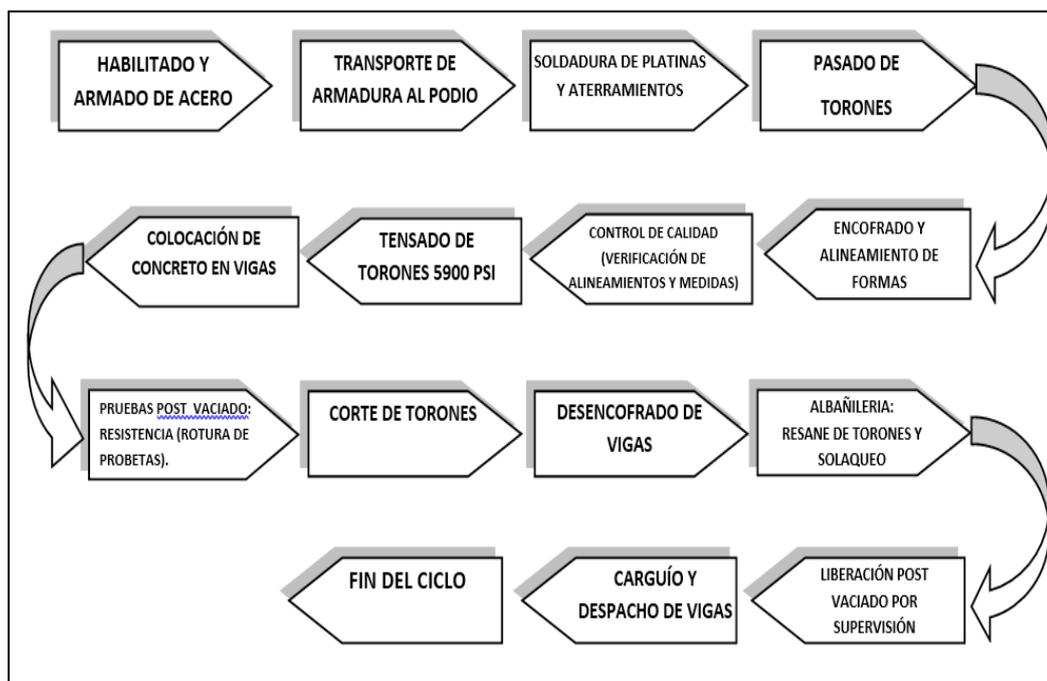


Fig. 46. Diagrama de esquema de producción de vigas.

### Secuencia constructiva

Las actividades proceso de fabricación de vigas se detalla en el cuadro 11.

Actividades del proceso de fabricación de vigas	
Ítem	Descripción de la Actividad
1	Habilitado y Armado de estribos y acero transversal
2	Colocación de Acero Pasivo
3	Traslado de armadura a la línea de producción
4	Colocación y Soldadura del Sistema Puesta a Tierra
5	Colocación de encofrado transversal
6	Pasado de Torones
7	1er Tensado (1000 PSI)
8	Colocación de encofrado lateral
9	2do Tensado (6000 PSI)
10	Liberación pre-vaciado
11	Vaciado de Concreto
12	Curado de Concreto
13	Desencofrado de Vigas
14	Corte de Torón
15	Traslado a zona de stock
16	Solaqueo de Vigas
17	Picados para exponer acero diafragma
18	Protección de torones
19	Liberación post-vaciado
20	Transporte a Viaducto

Tabla 17. Proceso constructivo de vigas pretensadas en planta de prefabricados

Habilitado y Armado de estribos y acero transversal:

Se envía, al proveedor de acero dimensionado, la programación semanal con las prioridades.

PRIORIDADES SEMANA DEL 21 AL 26 DE JUNIO DEL 2010										
Día de Entrega	Tramo	Viga	Cant	H (m)	Long (m)	Peso Viga (t)	Peso Total (t)	Obs.	Plano	Cump.
21-jun	C3	V19	8	1.30	14.70	1.18	9.40	Viaducto	CTEL-FFE-VTC-EST-DWG-34723	23-jun
	C3	V17	12	1.30	16.20	1.44	17.23	Viaducto	CTEL-FFE-VTC-EST-DWG-34722	23-jun
22-jun	L	VP1	8	1.30	19.20	1.96	15.66	Estacion Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	26-jun
23-jun	L	VP1	8	1.30	19.20	1.96	15.66	Estacion Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	26-jun
24-jun	L	VP2	4	1.30	19.20	1.96	7.83	Estacion Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	30-jun
	L	VP2-A	4	1.30	18.66	1.90	7.60	Estacion Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32402	26-jun
25-jun	L	VP3	10	1.30	19.20	1.96	19.57	Andén Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32403	26-jun
	L	VP3-A	2	1.30	18.66	1.90	3.80	Andén Cabitos	CTEL-FFE-VTL-EST-DWG-32403	26-jul

Tabla 18. Indica las prioridades en los vaciados de las vigas prefabricadas.



### Armado de Estribos



Fig. 49. Muestra el acopio del acero dimensionado y la mesa de trabajo para realizar el armado de estribos.

### Acarreo de material:



Fig. 50. Se muestra el acarreo de material con la ayuda del camión grúa y forma manual.

### Armado de vigas de 1.30 m de alto



Fig. 51. Se muestra el armado en el mismo sitio donde será encofrado y fuera del lugar de encofrado.

### Stock de armaduras



Fig. 52. Se muestra el stock de las armaduras

### Transporte de armadura de vigas 1.30 m de alto.



Fig. 53. Transporte mediante pórticos grúas

### Colocación de encofrado

Previo al montaje del encofrado, se aplicará desmoldante a las caras de los paneles de acero que estarán en contacto con el concreto, así como a la plancha metálica ubicada sobre los solados de apoyo.



Fig. 54. Colocación de desmoldante a encofrados metálicos para vigas pretensadas.

Seguidamente se procederá al montaje de los encofrados metálicos, fijándolos adecuadamente de modo que conserve la geometría de las vigas y el recubrimiento especificado. Se tendrá cuidado que entre los encofrados y el apoyo este bien colocada la membrana de estanqueidad y un adecuado ajuste de todos los pasadores de amarre a fin de evitar fuga de la lechada de la mezcla

#### Colocación de cables a pretensar

Concluido el armado del acero de la viga, se procederá a colocar los encofrados de los cabezales (caras transversales) y a insertar todos los tendones a lo largo de la línea fijándolos en los bloques de anclaje

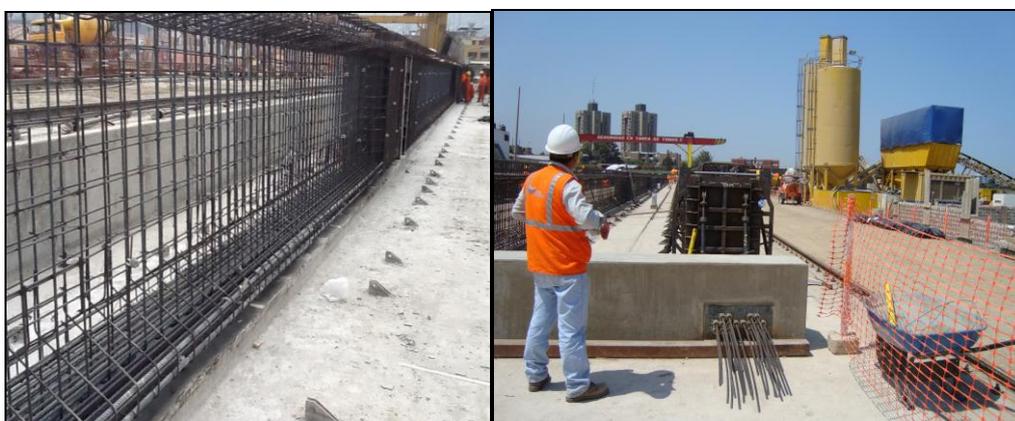


Fig. 55. Colocación de torones en armaduras de vigas pretensadas.

Se deberá tener los siguientes cuidados:

El número de torones por cada tipo de viga, puesto que las vigas dependiendo de la longitud y altura tiene diferente cantidad de torones.

Las longitudes de los torones que incluyen el sobre tamaño para el agarre de las gatas de tensado y los anclajes.

Colocación de las mangueras en los tramos de tendones indicados en el plano. Estas mangueras deben tener la estanqueidad necesaria para que la lechada de la mezcla de concreto no discurra entre ella y el tramo de tendón cubierto.

El proceso de tensado de los cables será el siguiente:

Se aplicará una primera carga de 1000 PSI para el reacomodo de los cables. En este caso se hará una marca referencial al cable a 200 mm con respecto al

accesorio de anclaje. Esta marca representa la elongación teórica referencial del cable a 1000 PSI (marca inicial).

El orden de tensado será simétrico del centro hacia afuera en forma alternada.  
Vaciado de concreto de las vigas

Realizadas las inspecciones de verificación de Control de Calidad y emitida la correspondiente autorización se procederá con el vaciado de las vigas.

El concreto será suministrado por la planta de concreto instalada especialmente en el área de prefabricados y su calidad corresponderá al diseño de mezcla específico aprobado para estas estructuras.

Para el vaciado de las vigas los mixer se desplazarán por la parte exterior y entre las líneas 1,2, 3 y 4. Para asegurar que el “chute” del mixer llegue a la parte superior del encofrado de la viga, las líneas de fabricación se encontrarán bajo el nivel del terreno.



Fig. 56. Colocación de concreto de vigas pretensadas.

La colocación del concreto será continua realizándose en 3 etapas para cada viga. Se seguirán los procedimientos usuales para el adecuado vibrado utilizando los vibradores de placa insertos en los encofrados y/o vibradores de inmersión.

La primera capa de concreto se vaciará a una altura menor al ala inferior de la viga y será vibrada a fin de eliminar o minimizar las burbujas superficiales que puedan generarse.

La segunda capa de concreto se colocará hasta completar el inicio del ala superior. Al igual que en la etapa anterior esta se vibrará de acuerdo a los procedimientos usuales de vibrado (ver Figura 05).

La tercera capa de concreto se colocará hasta la cara superior de la viga.

Debido al uso de concretos de altas resistencias tempranas, la temperatura de colocación de concreto podrá alcanzar temperaturas alrededor de los 38°C a fin de garantizar que las mezclas indicadas alcancen las resistencias del 70% f'c (indicado para cada tipo de vigas) a temprana edad (Ref. Norma ACI 305)

### Curado del concreto

Concluido el vaciado se procederá a aplicar el sistema de Curado Acelerado que consiste en cubrir la estructura con una manta (Manta 400 / curaflex o similar), suministrar calor en la parte superior de las vigas mediante agua caliente a una temperatura de 60 a 100 °C y cubrir con una manta plástica.

Deberá asegurarse que al cubrir la viga con la manta y el plástico no exista ningún espacio por donde pueda ingresar el aire frío del exterior.

Mediante este sistema se asegura que la estructura alcance su resistencia manteniendo su humedad (manta 400) y el calor (plástico).

El proceso de curado consiste en:

#### Etapa 1: Posterior a la colocación de Concreto

Una vez que el concreto de las vigas comience a exudar (30 a 45 minutos terminado el concretado), se procederá a cubrir las vigas con la manta de curado (Manta 400 / Curaflex o similar). Se aplicará agua caliente por encima de la viga a una temperatura de 60 a 100 °C. Inmediatamente después se cubrirá toda la viga con una manta plástica.

#### Etapa 2: Posterior al Desencofrado

El desencofrado de las caras laterales de las vigas se realizará una vez que estas alcancen una resistencia de 60 kg/cm<sup>2</sup>. Deberá tomarse las precauciones del caso en el momento del desencofrado de las vigas para evitar abolladuras en los bordes. Una vez retirado el encofrado, se tapanán con la manta de curado, se

echará agua caliente a las vigas (60 a 100 °C) y se cubrirá con plástico de acuerdo al proceso inicial (Etapa 1).

El curado de las vigas se mantendrá hasta que éstas hayan alcanzado una resistencia de 290 kg/cm<sup>2</sup> o 320 kg/cm<sup>2</sup>. Una vez alcanzado los 290 kg/cm<sup>2</sup> o 320 kg/cm<sup>2</sup> se procederá a retirar las mantas de curado y autorizar el corte de los cables de pre-tensado. A partir de esta etapa las vigas no necesitarán ningún sistema de curado adicional.

Para el corte de los cables, se utilizarán los resultados de rotura de las probetas muestreadas en la última viga vaciada o de la viga más desfavorable (la que requiera llegar a una mayor resistencia)

### Corte de cables de pre-tensado

Una vez que el concreto haya alcanzado el 70% de su resistencia final dependiendo del  $f'c$  indicado en los planos por cada tipo de viga, se iniciará el corte de los torones de forma secuencial y continua en la dirección longitudinal de los cables viga a viga, tal y como se especifica en el siguiente esquema:

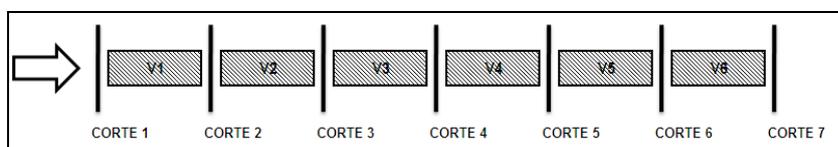


Fig. 57. Imagen indica los cortes de torones que se realizó en una línea de producción de vigas pretensadas.

El corte en las colas de las vigas se realizará desde los extremos hacia el centro de la viga” Se realiza de esta forma por seguridad tratando de mantener la simetría respecto al eje, lo que implica cortar los cables en parejas (Por ejemplo 1 y 1’)

El primer corte se realizará en la sección de corte N° 1 y continuará secuencialmente hasta la sección de corte N° 6. Posteriormente se cortarán los remanentes en las colas de las vigas y se deberá proteger la punta del cable expuesta contra la corrosión para garantizar la durabilidad del elemento.

### Protección de torones

Posterior al corte de los cables se procederá a proteger los torones de la siguiente manera:

Retirar las porciones sueltas ó partes fisuradas de la zona de reparación del concreto, debiendo quedar solo concreto sano.

Realizar limpieza con agua a la zona de reparación para retirar partículas de concreto y polvo.

Preparar el mortero de reparación de acuerdo a las indicaciones de la hoja técnica del producto. Cabe indicar que no será necesario el uso de un puente de adherencia, por recomendación de personal de Sika ya que aún el concreto de las vigas está en proceso de alcanzar su resistencia final.

Colocar con temperaturas mayores a 5°C.

Se colocará un mortero en un hasta una altura aprox. de 15 cm respecto al fondo de la base. Se deberá cubrir una distancia de 2.0 cm respecto al torón superior más alejado.

#### Preparación de Zona de Diafragma

Como parte de las actividades post vaciado, se deberá picar la zona que quedará en contacto con el concreto del diafragma a fin de mantener una superficie rugosa (Figura 07). Asimismo, se descubrirá el acero transversal que formará parte de la viga post-tensada (zona del diafragma).



Fig. 58. Fotografía muestra la preparación de las zonas que formaran parte de las vigas diafragmas en el siguiente vaciado.

## 4.2. PRELOSAS PREFABRICADAS

Elementos de concreto de forma rectangular, que contienen el acero positivo de refuerzo de la losa y sirven como falso encofrado durante el proceso de fabricación de la misma.

El acabado es liso en la parte inferior (cara expuesta) y rugoso en la parte superior para una mejor adherencia entre el concreto de la pre-losa y el que se vacía in situ.

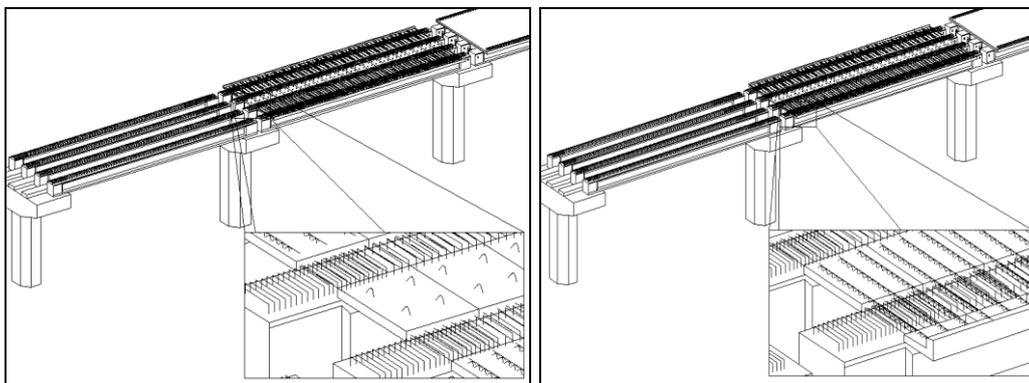


Fig. 59. Vista gráfica de las pre losas colocadas en el viaducto

El proyecto cuenta con básicamente 3 tipos de pre losas:

- Pre losas centrales.
- Pre losas laterales.
- Pre losas de Andén.

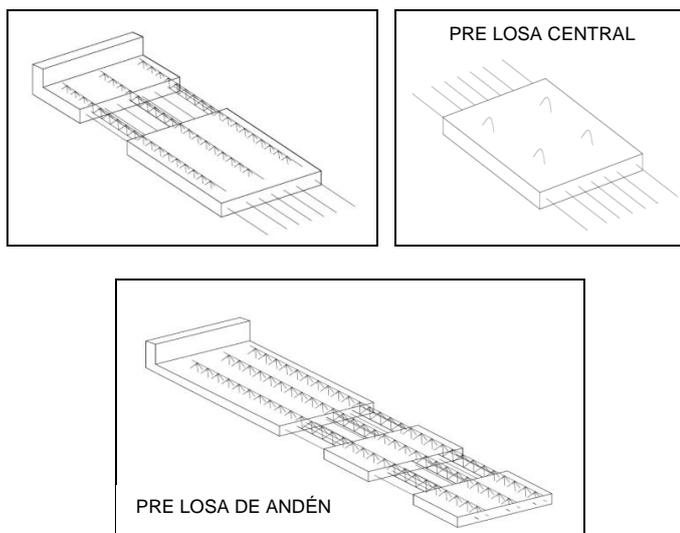


Fig. 60. Esquemas de los tipos de pre losas.

La cantidad total de pre losas fabricadas para este proyecto fue de 27273:

PRE LOSA	CANTIDAD
CENTRAL	9120
LATERAL	16533
ANDÉN	1620
<b>TOTAL</b>	<b>27273</b>

Tabla 19. Indica cantidad de prelosas según tipo.

La fabricación de las pre-losas se ejecuta sobre plataformas constituidas por losas pulidas de concreto. Cada zona de fabricación está conformada por pernos roscados anclados en el concreto y moldes metálicos, las cuales facilitarán las modulaciones a fin de alcanzar las dimensiones y formas de los diferentes tipos de pre-losas a fabricar.

La armadura de las pre-losas será habilitada y suministrada de acuerdo a los planos de proyecto. Se usará malla electrosoldada con acero de  $f'y = 5,000 \text{ Kg/cm}^2$  de bajo contenido de carbono. Para el caso de pre-losas que lleven un sardinel de borde, el habilitado del acero será principalmente el doblado en uno de los extremos tanto de las puntas de las mallas como de una de las mallas que tiene el acero transversal de las pre-losas, a fin de conformar la armadura de refuerzo del sardinel. Así mismo se realizará el atortolamiento de las cerchas o tralichos a la malla electrosoldada. Para el caso de pre-losas rectangulares que no lleven sardinel de borde ni cerchas, el habilitado del acero será principalmente el corte de las mallas electrosoldadas de acuerdo a las dimensiones finales del elemento a fin de respetar los recubrimientos de acuerdo a los planos correspondientes. Para la correcta colocación de la armadura, los moldes tendrán la ubicación del acero que corresponde con el espaciamiento de la malla. Para tener el recubrimiento inferior que es de 2.5 cm se utilizarán espaciadores plásticos tipo castillo de 2.5 cm. de altura.

En las pre-losas que tienen cerchas o tralichos, estos últimos serán utilizados para el izaje. En las pre-losas que no llevan cerchas, se utilizará para el izaje 4 insertos de acero  $f'y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ , diámetro 1/4", doblados a 60° y patas con 10 cm para el anclaje.

Previo al montaje del encofrado, se aplicará desmoldante en la base metálica (base de concreto nivelada recubierta con plancha metálica) y en las caras de los paneles de acero que estarán en contacto con el concreto.

Seguidamente se procederá al montaje de los encofrados metálicos, fijándolos adecuadamente a los insertos de las losas de base (pernos), de modo que conserve la geometría de las pre-losas y el recubrimiento especificado (de acuerdo a cada tipo de pre-losa). Se tendrá cuidado de colocar el desmoldante en todas las superficies de los moldes, cuya aplicación deberá ser de manera uniforme. Se ajustarán con tuercas en algunos puntos del encofrado solo para evitar que este pueda levantarse por la presión del concreto.

Se colocarán los siguientes insertos en las pre-losas rectangulares que no lleven tralichos o cerchas: 04 insertos de acero de  $\frac{1}{4}$ " , de  $f'y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ , según el esquema adjunto.

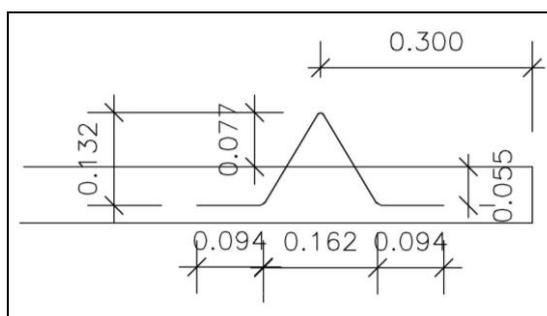


Fig. 61. Detalle de Gancho de Izaje

La colocación del concreto se realizará en varias etapas a lo largo del día (jornada) siguiendo los procedimientos usuales para el adecuado vibrado utilizando los vibradores eléctricos de inmersión. El vaciado se podrá realizar en forma directa usando el chute del mixer.

Concluido el vaciado se procederá a aplicar el sistema de Curado Acelerado que consiste en cubrir la estructura con una manta (Manta 400 / Curaflex o similar), suministrar calor en la parte superior de las pre-losas mediante agua caliente a una temperatura de 60 a 100 °C y cubrir con una manta plástica. Deberá asegurarse que al cubrir las pre-losas con la manta y el plástico no exista ningún espacio por donde pueda ingresar el aire frío del exterior. Mediante este sistema se asegura que la estructura alcance su resistencia inicial requerida manteniendo su humedad (manta 400) y el calor (plástico).

El proceso de curado consistirá en:

Luego de 30 a 45 minutos de terminado el vaciado, se procederá a cubrir las pre-losas con la manta de curado (Manta 400 / Curaflex o similar). Se aplicará agua caliente por encima de la pre-losa a una temperatura de 60 a 100 °C. Inmediatamente después se cubrirá toda la pre-losa con una manta plástica. Las Pre-losas permanecerán encofradas y cubiertas con las mantas por un periodo de 12 horas. Pasado este tiempo se retiran las mantas y no será necesario curar más las estructuras.

Una vez desencofradas, se procederá al izaje de las pre-losas. La resistencia del concreto deberá de ser igual o mayor al 50% del  $f'c$  para proceder al izaje.

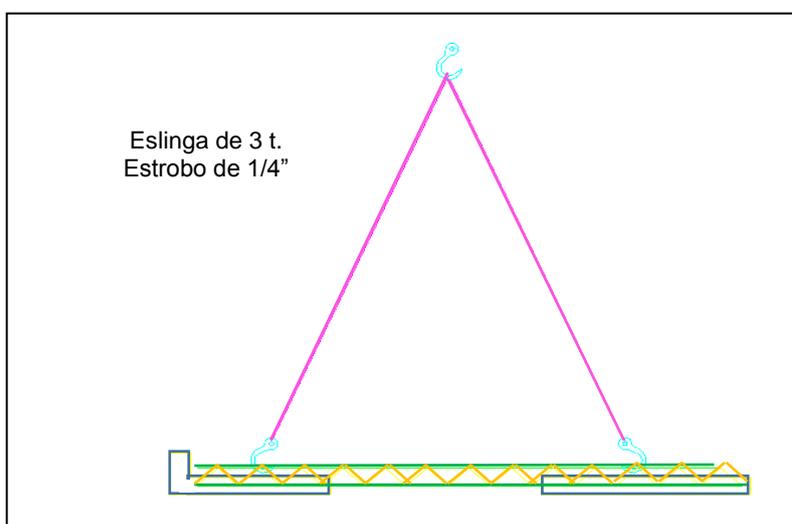


Fig. 62. Detalle para el Izaje de Pre-losa con tralicho.

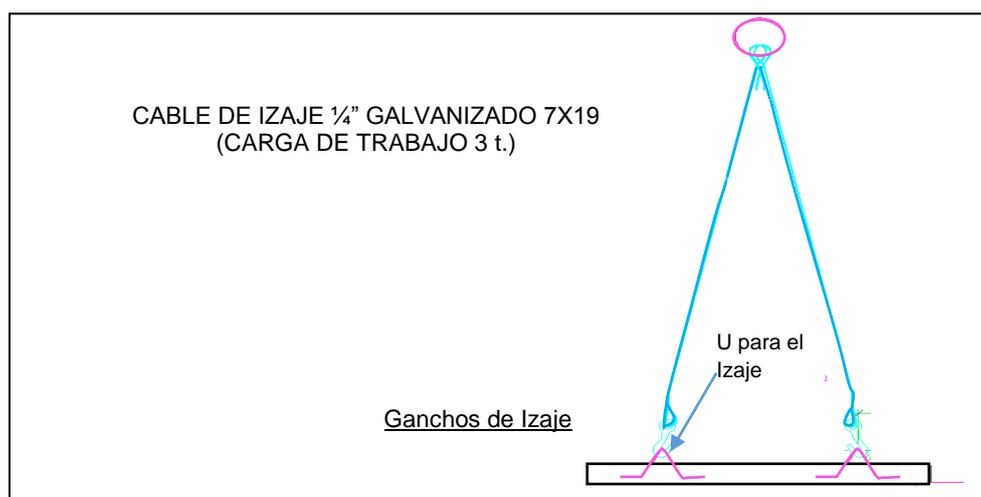


Fig. 63. Detalle para el Izaje de Pre-losa lisa o sin tralicho

Son en total 74 tipos de pre losas entre centrales, laterales y andén, cuya diferencia entre un tipo y otro es la medida longitudinal, mientras que el ancho siempre es constante e igual a 1.24 m.

Las cantidades de pre losas de acuerdo a los tramos se detalla en el siguiente cuadro:

	VIADUCTO		ESTACION			TOTAL
	CENTRALES	LATERALES	CENTRALES	LATERALES	ANDEN	
<b>COLA DE VIA</b>	38	137				175
<b>TRAMO V</b>	771	1542	90	180	180	2763
<b>TRAMO U</b>	631	1262	90	180	180	2343
<b>TRAMO T</b>	955	1910	90	180	180	3315
<b>TRAMO S</b>	991	1982				2973
<b>TRAMO R</b>	899	1798	90	180	180	3147
<b>TRAMO Q</b>	1566	1896	90	180	180	3912
<b>TRAMO P</b>	983	1966	90	180	180	3399
<b>TRAMO O</b>	775	1550	90	180	180	2775
<b>TRAMO N</b>	206	412	90	180	180	1068
<b>TRAMO M</b>	495	458	90	180	180	1403
						27273

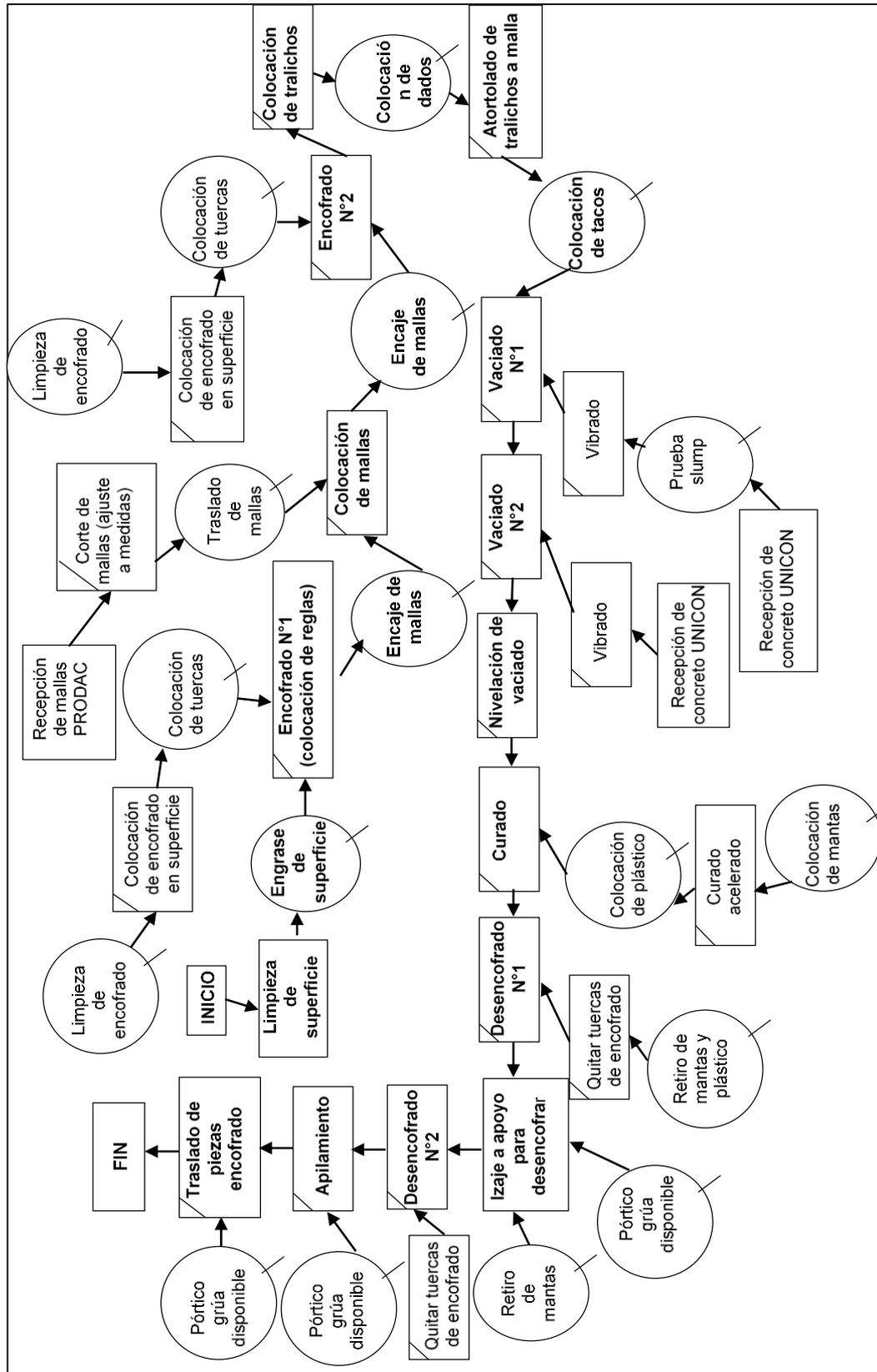
Tabla 20. Indica cantidad de prelosas según tipo y ubicación.

La fabricación de las pre-losas se ejecuta sobre planchas metálicas colocadas sobre losas pulidas de concreto. Cada zona de fabricación estará conformada por pernos roscados (ESPARRAGOS) anclados en el concreto y moldes metálicos y/o madera, las cuales facilitarán las modulaciones a fin de alcanzar las dimensiones y formas de los diferentes tipos de pre-losas a fabricar.



Fig. 64. Área de fabricación de pre-losas y habilitado de planchas metálicas

Esquema de producción de prelosas:



### 4.3. BORDES TÍPICOS PREFABRICADOS

La fabricación de los bordes típicos se ejecuta sobre planchas metálicas colocadas sobre losas pulidas de concreto. Cada zona de fabricación estará conformada por pernos roscados (espárragos) anclados en el concreto y moldes metálicos.



Fig. 65. Área de Fabricación de Bordes típicos

Malla Electro soldada. La malla electro soldada es habilitada y suministrada, de acuerdo a los planos del proyecto, por PRODAC,

El recubrimiento se garantizará mediante el uso de dados de nivelación (recubrimiento por lo menos 2.5 cm)

Estribos - Viga de Anclaje

Se usó varillas suministradas por Aceros Arequipa. Los estribos fueron habilitados en campo,

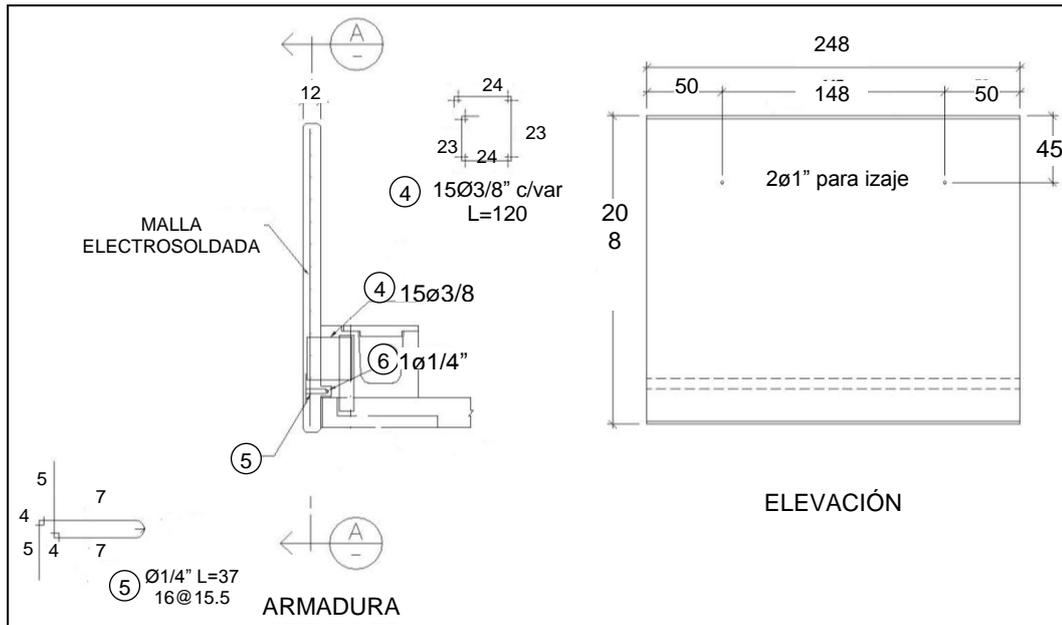


Fig. 66. Malla electrosoldada suministrada por proveedor.

#### Colocación de los insertos para el izaje

Se colocan 2 tubos de PVC de  $\frac{3}{4}$ " fijados mediante 2 anclajes de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ " para el izaje

Se utilizará un encofrado metálico, el cual se apoyará sobre las planchas metálicas fijas sobre la losa maciza de concreto. Las formas metálicas R1, R2 y R3 deberán ser posicionadas, empernadas y acuñadas sobre la losa, de tal manera que se logre formar un encofrado que nos asegure la geometría y el recubrimiento del borde típico según se indica en la figura 1.

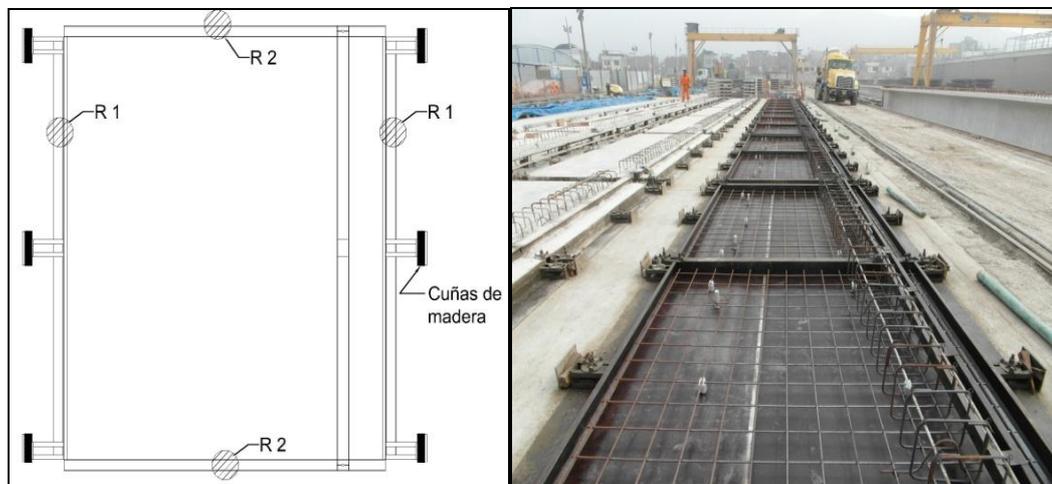


Fig. 67. Encofrado metálico de los Bordes típicos

Encofrado de Bordes Típicos:

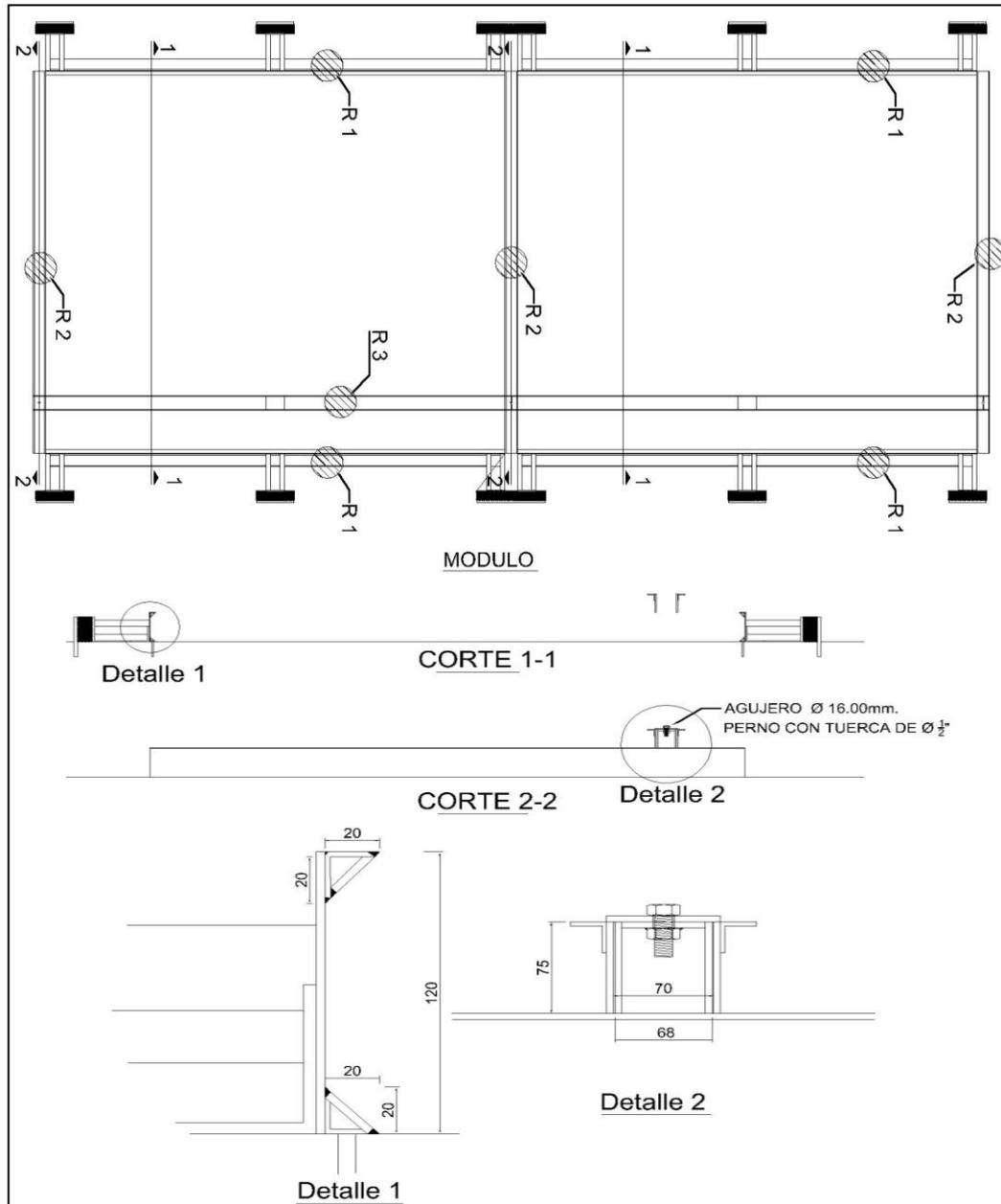


Fig. 68. Modulación y detalle del encofrado metálico de los Bordes típicos.

Colocación de concreto.

El concreto es colocado directamente desde el mixer, Para los bordes típicos se utilizó concreto de  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ . La colocación del concreto será continua para cada borde típico, se seguirán los procedimientos usuales para garantizar el acabado caravista.



Fig. 69. Pulido y acabado de bordes típicos

Concluido el vaciado se procederá a aplicar el sistema de Curado Acelerado que consiste en cubrir la estructura con una manta (Manta 400 / curaflex), suministrar calor en la parte superior de los bordes típicos mediante agua caliente a una temperatura de 90°C y cubrir con una manta plástica. Mediante este sistema se asegura que la estructura alcance su resistencia tempranamente. La estructura deberá alcanzar el 50% de su resistencia para poder izarla. Los bordes típicos serán apilados una sobre otra, apoyadas sobre tacos de madera en un máximo de 3 unidades, luego se procederá a cargar en un camión grúa o plataforma los elementos a ser transportados, mediante el uso de una grúa pórtico.



Fig. 70. Apilado de Bordes típicos

Los bordes típicos son elementos rectangulares de concreto armado que se colocan al borde y a lo largo de todo el viaducto elevado.

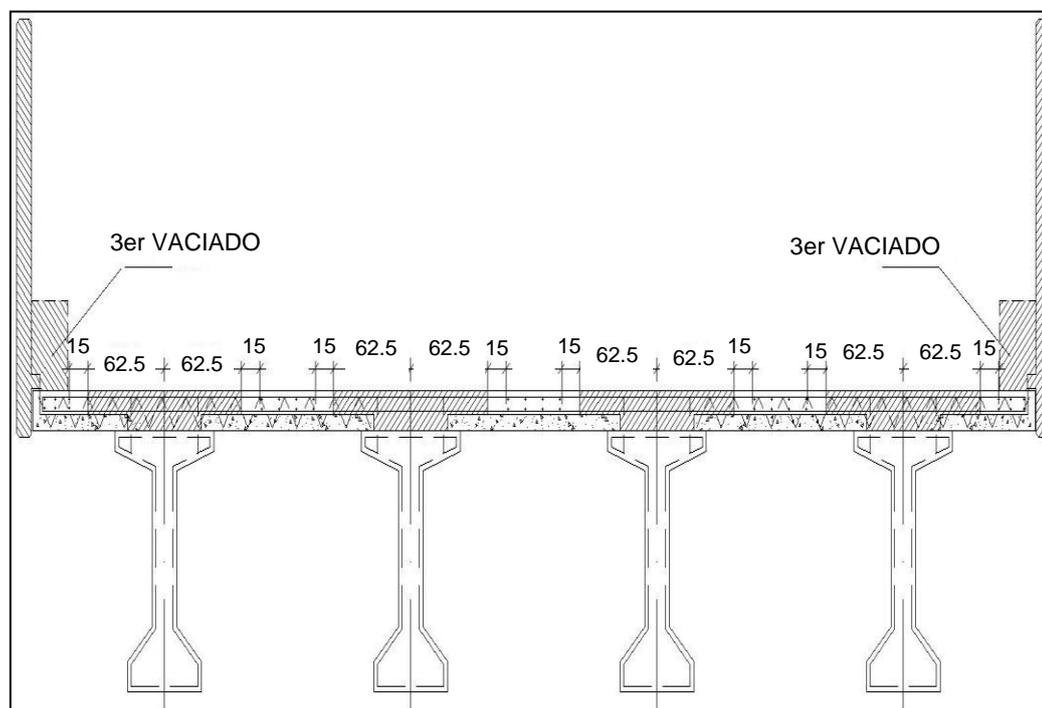


Fig. 71. Borde Típico en el Viaducto

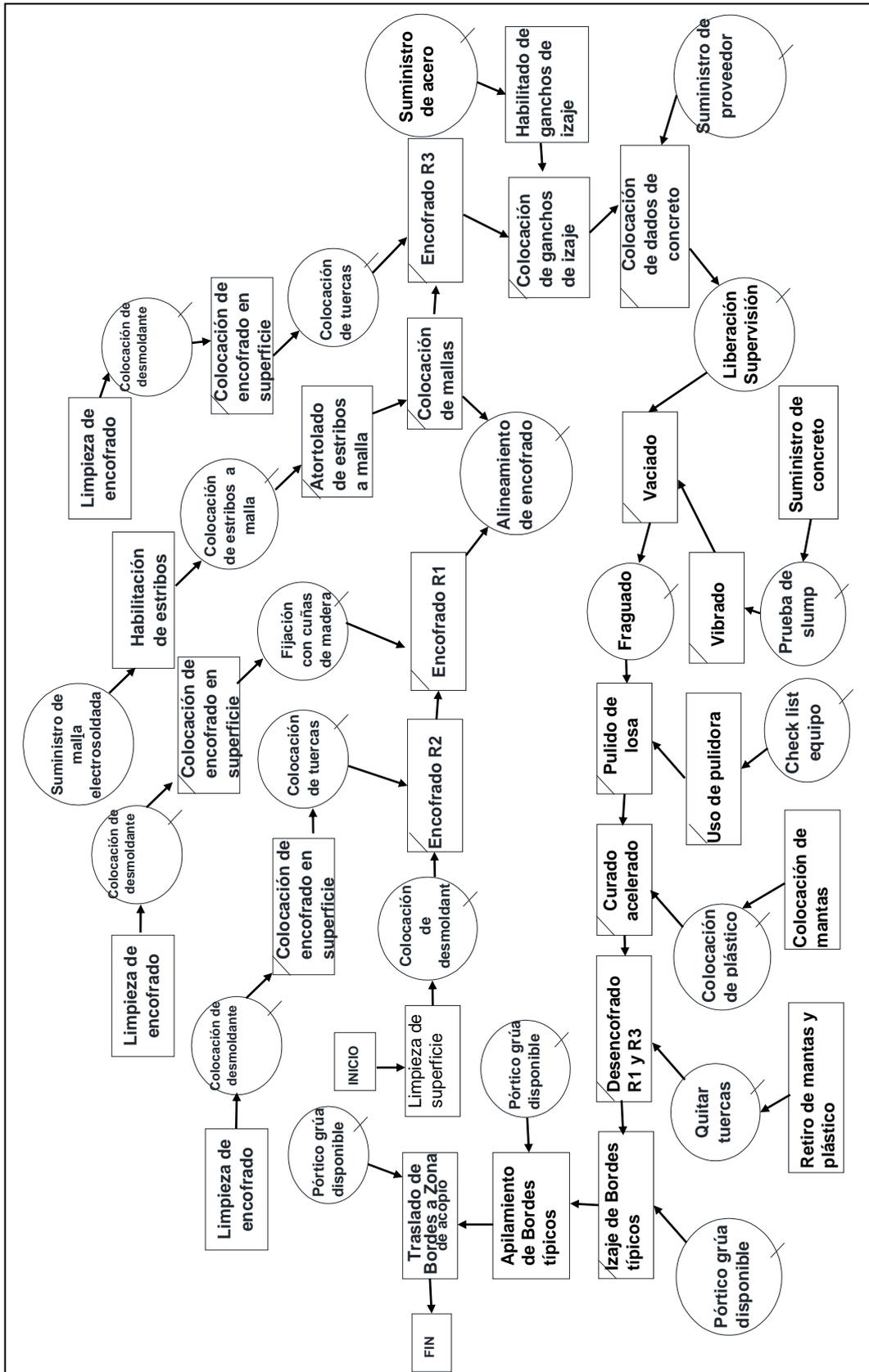
En el proyecto se fabricó básicamente 2 tipos de Bordes típicos: Borde Típico de Viaducto y Borde Típico de Estación.

La cantidad total de bordes típicos fabricados es:

ELEMENTO	CANTIDAD
<b>BORDES TIPICOS VIADUCTO</b>	7914
<b>BORDES TIPICOS ESTACION</b>	1323
<b>TOTAL</b>	9237

Tabla 21. Indica cantidad de borde típico según tipo.

Esquema de producción de bordes típicos



#### 4.4. CABEZALES PREFABRICADOS

La Viga Cabezal es una estructura de concreto armado cuya función es sostener toda la plataforma del viaducto en cada tramo diseñado.

Cantidades.

Antes de comenzar con la producción se definieron las cantidades y tipos de cabezales, de acuerdo a la distribución del proyecto.

CANTIDAD DE CABEZAL POR TRAMO									
TIPO DE CABEZAL	TRAMO O		TRAMO P		TRAMO Q	TRAMO R	TRAMO S	TRAMO T	TOTAL
	2.10x1.40 Plantilla 1	2.30x1.55 Plantilla 2	2.10x1.40 Plantilla 1	2.30x1.55 Plantilla 2	2.10x1.40 Plantilla 1	2.10x1.40 Plantilla 1	2.10x1.40 Plantilla 1	2.10x1.40 Plantilla 1	
A	-	1	1	1	1	3	7	3	17
B	4	5	8	12	-	21	35	15	100
A'	-	-	-	-	4	-	-	-	4
B'	-	-	-	-	19	-	-	-	19
<b>TOTAL</b>	4	6	9	13	24	24	42	18	<b>140</b>

Tabla 22. Indica cantidad de vigas cabezales prefabricados según tipo y ubicación.

La línea de producción se constituyó con la habilitación de 5 espacios.

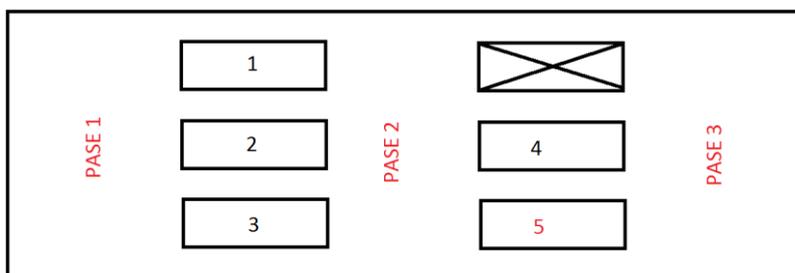


Fig. 72. Layout de área de producción de vigas cabezales prefabricados.

Cada espacio está diseñado para la fabricación de un tipo de viga cabezal en específico. Las 4 (1, 2, 3 y 4) primeras áreas fueron diseñadas para los cabezales más comunes A y B ambos con plantilla de 2.10x1.40, posteriormente 2 de ellas cambiarían solo en las plantillas (2.30x1.55). El área 5 se diseñó con una sección diferente (A' y B') que son cabezales más pequeños. Cada uno de ellos implementado con un sistema de encofrado y un área de armado de acero. La distribución de los módulos consideraba el pase de camiones mezcladores "Mixer" de concreto sin interferencia con el pase de las grúas Pórtico y la

ubicación del área de armado de acero facilitaba el armado y transporte de la armadura debido a su cercanía con los módulos.

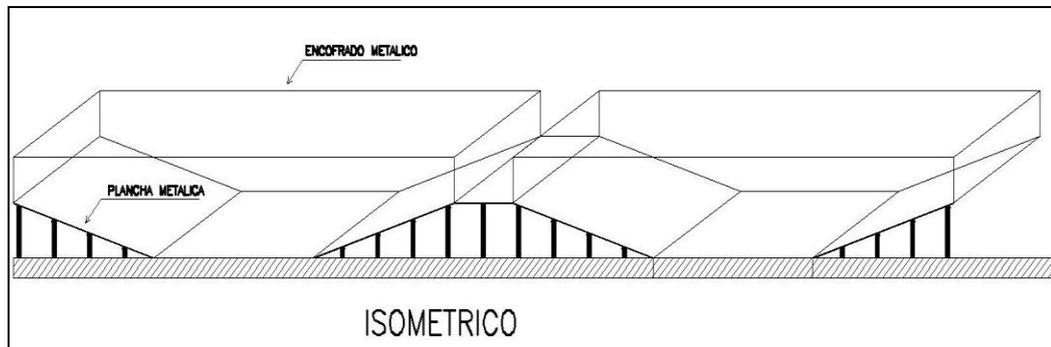
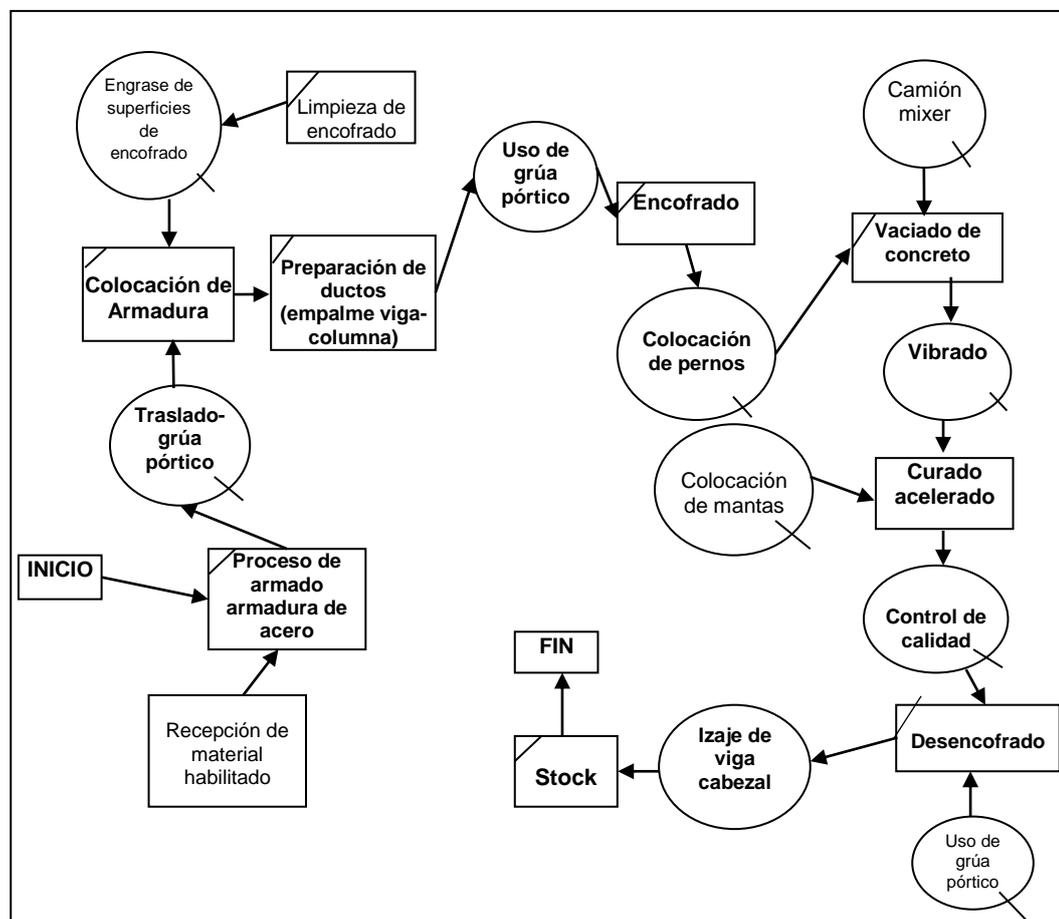


Fig. 73. Isométrico de encofrado para producción de viga cabezal.

Se tiene 3 pases como acceso para los camiones de concreto. Se consideró un desnivel entre los pases y la base de las áreas (1, 2, 3, 4 y 5) de 0.80 m logrando con esta configuración, la colocación de concreto desde el camión mixer, sin uso de bomba telescópica.

Proceso constructivo de vigas cabezales prefabricadas:



## CAPÍTULO V. OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 5.1. COMPARACIÓN DE PROCESOS EN LOS 2 CASOS, TRAMO I Y TRAMO II DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO PARA EL TREN ELÉCTRICO

#### 5.1.1. Fabricación de vigas típicas H=1.30 m y H=1.80 m Tramo 1

La zona de producción para la fabricación de las vigas de H=1.30 m contaba con 6 líneas de producción para fabricar en cada línea, 6 vigas de 19.70 m de longitud. Este patio contaba con 4 vías de circulación para los camiones “mixer” que transportaba el concreto premezclado a lo largo de la zona de producción.

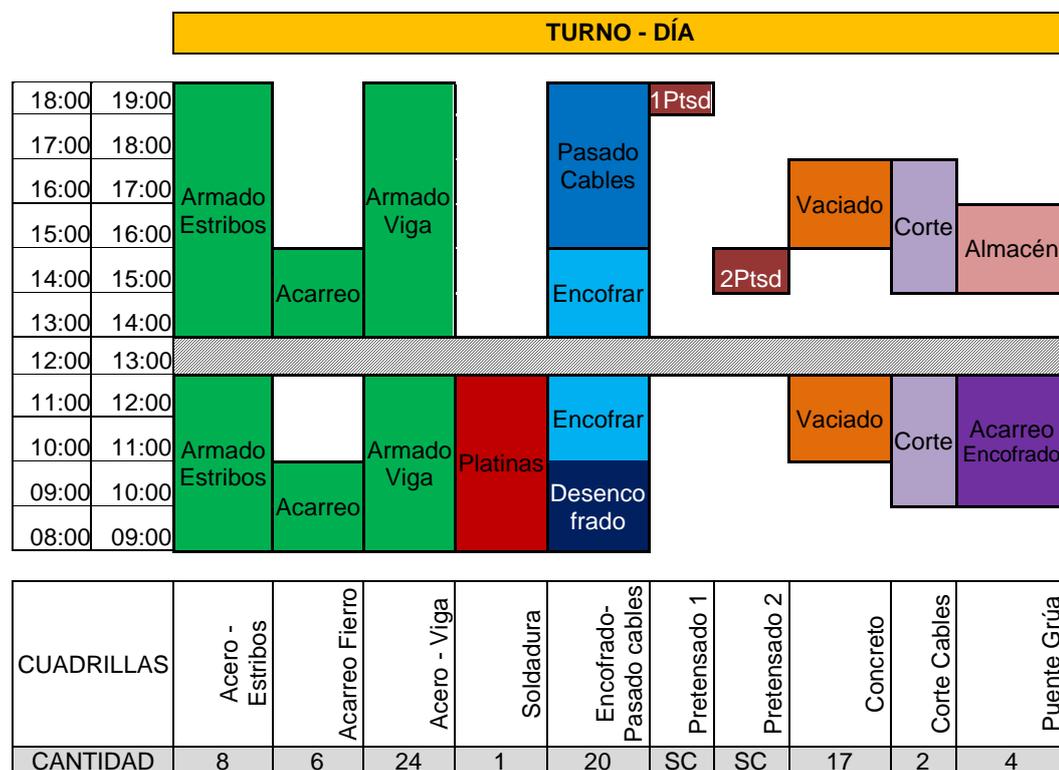


Tabla 23. Diagrama en tiempo real del proceso constructivo de vigas pretensadas en la planta de prefabricados.

La zona de producción para la fabricación de las vigas de H = 1.80 m tenía un ancho de 12 m y 190 m de largo, contaba con 2 líneas de producción para 7 vigas de 24.70 m de longitud o 5 vigas de 34.70 m de longitud. Se hizo uso de una grúa de celosía con capacidad máxima de 200 toneladas para el movimiento y traslado de las vigas de H = 1.80 m. La zona de stock de dichas vigas estuvo

adyacente a la zona de producción debido al pequeño espacio que se contaba en la planta de prefabricados. La falta de una grúa pórtico en el patio generó el lento traslado de las mallas de acero, encofrado y el traslado de vigas vaciadas.

### **Análisis en la ejecución de armaduras de acero para la prefabricación de vigas estructurales:**

El área de stock de acero, de las vigas  $H = 1.30$  m, se encontraba fuera del patio de producción de vigas, para iniciar el proceso del armado de las mallas, el personal encargado debía dirigirse hacia el área de stock de acero, tomar el material requerido (varillas longitudinales), llevarlo hacia donde se encontraba la zona de armado y empezar la producción de la armadura.

Dado que el traslado del material se debía realizar de manera manual, esta actividad le adicionaba tiempos de acarreo al proceso del armado que no habían sido considerados en la programación inicial para el armado de vigas, por lo que generaba retrasos de hasta 2 horas

Debido a que el personal debía movilizarse para traer el material que requería a fin de comenzar el armado de las mallas; muchas veces esta labor (debido a la distancia hacia la zona de armado) demoraba más de lo previsto y en reiteradas ocasiones el armado no culminaba en el turno establecido y se extendía hasta el siguiente turno.

A raíz de la prolongación no prevista del armado de vigas, las siguientes actividades que dependían de esta (pasado de torones, encofrado, etc.) se veían afectadas y paralizaban por falta de mallas. Ello afectaba todo el ciclo de producción.

Una medida adoptada fue la inclusión de mayor personal para poder culminar con la actividad de armado de mallas de viga. Dicho personal no estaba considerado dentro de la cuadrilla inicial para dicha actividad, por lo que se generaba un mayor costo.

Las armaduras de acero para las vigas  $H=1.80$ m se realizaba muchas veces fuera de la línea de producción por lo que se requería de la ayuda de un pórtico para colocación. Debido a la falta de una grúa pórtico en el Patio de fabricación de vigas  $H=1.80$ m la colocación de dichas mallas demoraba más de lo programado ya que se requería el uso no sólo de la grúa de celosía, debido a la

longitud de las vigas, sino también de camiones grúa para sujetar la malla en diferentes puntos de sujeción.

Cuadrilla de trabajo:

Capataz Pichón (Turno Día)					
Grupos de trabajo					
Patio 3			Patio 1		
1	5op	1	4op	17	op
	3of		1of		
	2pe		1pe		
2	5op	2	3op	10	of
	3of		1of		
	2pe		2pe		
				12	pe
				39	personas
3	1of	3	2pe		
	1pe		1pe		
4	1of				
	1pe				
Suma	24		15		

Tabla 24. Distribución de cuadrillas en los dos frentes de fabricación de armaduras.

			Vigas de 1.80m			Vigas de 1.30m		
			Día de Vaciado	Producción de Vigas	Cumpli miento	Día de Vaciado	Producción de Vigas	Cumpli miento
Semana 1	26/07	Turno Noche		1-V-4(29.70 m) (izq) 1-V-4(29.70 m) (ambos)	si			
	27/07	Turno Día	03-ago	1-V-3(26.35 m) (izq) 1-V-3(26.35 m) (dere)	si	28-jul	2-VP-V2	
		Turno Noche		1-V-3(26.35 m) (ambos)	si		2-VP-V1 2-VP-V1	
	28/07	Turno Día				02-ago	2-VP-V1	
					03-ago	2-VP-V2 2-VP-V2 2-VP-V2		
Semana 2	02/08	Turno Día		1-V-4(29.70 m) (ambos)	si	04-ago	2-VP-V1 2-VP-V1 2-VP-V1	
		Turno Noche	5 de agosto	1-V-3(26.35 m) (dere) 1-V-4(29.70 m) (dere)	no		2-V2 2-V2	
	03/08	Turno Día			1-V-3 1-V-4	03-ago	2-VP-V1	
		Turno Noche		1-V-3(26.35 m) (ambos) 1-V-3(26.35 m) (ambos)	si	05-ago	2-VP-V1 2-VP-V1	
	04/08	Turno Día		1-V-4(29.70 m) (ambos) 1-V-4(29.70 m) (dere)	2V3		2-V2	
		Turno Noche		1-V-3(26.35 m) (dere) 1-V-3(26.35 m) (ambos)	1V4	06-ago	2-VP-V1	

Tabla 25. Programación de fabricación de armaduras.

### Cartas Balance en el armado de estribos Vigas H = 1.80 m

Día 10-05-10 / Hora: 2.22 pm

Mediciones cada 1 min

	I	II	III	IV
1	C	C	C	D
2	D	D	D	D
3	C	C	C	C
4	D	D	D	D
5	D	D	C	C
6	C	C	D	D
7	D	D	D	D
8	D	D	D	D
9	C	A	D	D
10	A	C	C	C
11	C	C	C	C
12	D	D	D	D
13	C	C	D	D
14	D	D	C	C
15	D	D	D	D
16	C	C	C	C
17	D	D	C	C
18	D	D	D	D
19	D	D	D	D
20	D	D	C	C
21	C	D	D	C
22	D	D	D	D
23	C	D	D	C
24	D	D	D	D
25	C	C	D	D
26	D	D	C	C
27	D	D	C	C
28	C	C	D	D
29	D	D	D	D
30	C	C	C	C

Clasificación del recurso		
	Actividad	Cuadrilla
Recurso I	Armado de Estribos	I
Recurso II	Armado de Estribos	
Recurso III	Armado de Estribos	II
Recurso IV	Armado de Estribos	

Tabla 26. Descripción de recursos durante la medición.

Clasificación del Trabajo		
Trabajo No Contributorio	A	Búsqueda de las formas dentro del almacén
No está presente	B	
Trabajo Contributorio	C	Se considera el colocado de las formas sobre la mesa
Trabajo Productivo		
Atortolado	D	

Tabla 27. Descripción de trabajos durante la medición.

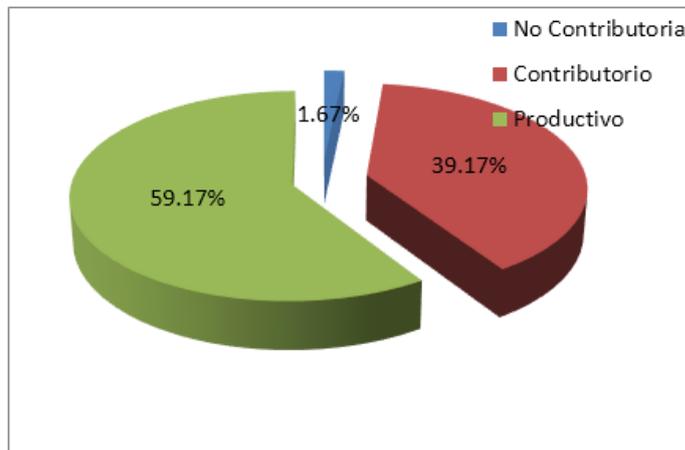


Fig. 74. Trabajo Productivo.

A	1	1	0	0
B	0	0	0	0
C	12	10	12	13
D	17	19	18	17

2 No Contributorio  
0 Ausente  
47 Contributorio  
71 Productivo (atortolado)

1.67%
39.17%
59.17%

Tabla 28. Medición de carta balance, armado de estribos.

Carta balance en armado de acero de vigas H=1.30 m

N°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	N°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	N°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	N°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	E	E	E	C	B				101	C	A	G	C	G				201	A	F	F	F	F				301	A	A	C	A	G	F	F	F
2	C	A	C	C	B				102	A	A	G	A	A				202	A	A	F	F	F				302	C	G	F	A	G	F	F	F
3	C	C	A	A	B				103	C	C	C	C	A				203	C	F	F	F	F				303	A	F	F	A	F	F	F	F
4	A	A	E	E	B				104	C	C	C	C	G				204	A	F	F	F	F				304	C	F	F	A	F	A	F	F
5	C	C	F	E	C				105	G	C	C	C	A				205	C	F	F	F	F				305	C	F	F	A	F	A	F	F
6	A	C	C	C	B				106	A	C	C	C	G				206	C	F	F	F	F				306	F	F	C	C	A	A	F	F
7	A	C	A	A	B				107	A	C	C	B	G				207	A	F	F	F	F				307	F	F	C	C	A	A	F	F
8	C	C	C	C	B				108	G	C	C	C	A				208	A	F	F	F	F				308	C	F	C	C	A	A	F	F
9	C	C	C	C	B				109	G	C	C	G	C				209	C	F	F	F	F				309	F	F	A	C	C	A	F	F
10	C	C	C	C	F				110	A	C	C	C	A				210	C	F	F	F	F				310	F	F	C	C	A	A	F	F
11	C	C	C	C	F				111	C	C	G	A	G				211	C	C	C	C	G				311	F	F	C	C	A	A	F	F
12	C	F	C	C	F				112	A	G	C	C	C				212	C	C	C	C	G				312	C	F	C	C	A	A	F	F
13	C	F	C	C	F				113	A	G	A	C	A				213	C	C	G	G	C				313	C	F	C	C	A	A	F	F
14	C	F	C	C	F				114	A	G	G	A	A				214	C	A	F	F	F				314	C	A	C	C	A	A	F	F
15	A	A	C	A	C				115	A	G	A	C	A				215	C	C	C	C	F				315	C	A	C	C	F	F	F	F
16	A	A	C	A	C				116	A	G	A	C	A				216	F	F	F	F	F				316	A	C	C	C	A	C	A	F
17	A	A	C	A	C				117	G	G	G	C	C				217	F	G	G	G	F				317	C	A	C	C	C	C	A	F
18	C	C	C	C	F				118	G	A	F	G	A				218	C	F	F	F	F				318	A	F	C	C	C	C	A	F
19	C	C	C	C	F				119	G	F	G	C	G				219	C	C	G	G	G				319	C	F	C	C	C	C	A	F
20	C	C	C	C	F				120	C	F	G	C	C				220	C	G	G	G	G				320	C	F	C	C	C	C	A	F
21	A	C	C	C	F				121	F	F	G	C	F				221	G	C	G	G	C				321	C	C	F	C	A	A	F	F
22	C	C	C	C	F				122	A	F	A	G	F				222	A	C	G	G	G				322	C	C	A	G	G	A	A	F
23	C	C	C	C	F				123	C	F	G	C	C				223	A	C	G	C	C				323	C	F	C	C	A	A	F	F
24	C	C	C	C	F				124	C	C	G	C	C				224	A	C	C	A	G	G			324	A	F	G	G	G	A	A	F
25	A	A	C	C	F				125	C	C	A	C	C				225	C	C	F	F	G	G			325	C	C	F	C	C	C	A	F
26	A	A	C	C	F				126	C	C	C	C	C				226	C	C	F	F	A	A			326	C	C	F	C	C	A	A	F
27	C	C	C	C	F				127	C	C	C	A	A				227	C	C	F	F	A	G			327	C	C	F	C	C	A	A	F
28	C	C	C	C	F				128	C	C	F	C	C				228	C	C	F	F	A	G			328	C	C	F	C	C	C	C	A
29	C	C	C	C	F				129	F	F	G	A	F				229	C	C	F	F	A	A			329	C	C	F	C	C	C	C	A
30	C	C	C	C	F				130	F	F	G	A	F				230	C	C	F	F	F	F			330	C	C	F	C	C	A	A	F
31	A	A	C	C	A				131	F	C	F	G	F				231	F	F	F	F	F				331	C	C	F	C	C	C	C	A
32	C	C	C	C	A				132	A	A	F	G	F				232	F	F	F	F	F				332	C	A	A	C	C	A	A	A
33	C	C	C	C	A				133	F	F	A	G	F				233	F	C	F	F	F				333	C	A	A	C	C	C	A	A
34	C	G	A	C	A				134	F	A	F	G	F				234	F	C	F	F	F				334	A	F	C	A	G	A	C	F
35	F	F	F	C	A				135	F	F	F	F	F				235	F	F	F	F	F				335	C	F	C	A	G	C	C	A
36	F	F	F	C	A				136	F	F	F	F	F				236	F	F	F	F	F				336	C	F	F	F	F	F	F	F
37	F	F	G	A	C				137	F	F	F	F	F				237	F	F	F	F	F				337	C	C	F	F	F	F	F	F
38	F	F	G	A	C				138	F	F	F	F	F				238	F	F	F	F	F				338	G	A	C	C	A	A	F	F
39	F	F	G	A	C				139	F	F	F	F	F				239	F	F	F	F	F				339	C	C	F	F	F	F	C	C
40	F	F	G	A	C				140	F	F	F	F	F				240	F	F	F	F	F				340	C	C	F	F	F	F	F	F
41	F	F	G	A	C				141	F	F	F	F	F				241	F	F	F	F	F				341	C	C	F	F	F	F	F	F
42	F	F	G	A	C				142	F	F	F	F	F				242	F	F	F	F	F				342	C	C	F	F	F	F	F	F
43	F	F	G	A	C				143	F	F	F	F	F				243	A	A	F	F	F				343	C	A	A	C	C	A	A	A
44	F	F	G	A	C				144	C	F	F	F	F				244	A	A	F	F	F				344	C	A	A	C	C	A	A	A
45	F	F	F	F	F				145	A	F	F	F	F				245	C	E	F	F	F				345	C	A	C	C	F	F	A	A
46	C	A	F	F	A				146	F	F	F	F	F				246	A	A	F	A	F				346	C	C	F	C	A	A	F	A
47	C	A	F	F	A				147	F	F	F	F	F				247	A	A	F	A	F				347	C	C	F	C	A	A	F	A
48	C	C	F	F	C				148	F	F	F	F	F				248	A	A	F	A	F				348	C	C	F	C	A	A	F	A
49	G	G	C	C	G				149	F	G	F	F	F				249	F	A	F	E	F				349	C	C	F	C	A	A	F	A
50	F	F	C	C	A				150	F	A	F	F	F				250	F	A	F	E	F				350	C	C	C	G	G	A	A	F
51	F	F	C	C	A				151	F	A	F	F	F				251	G	C	F	E	F				351	A	C	C	G	G	F	C	C
52	C	F	C	A	F				152	A	A	F	G	C				252	C	C	F	E	F				352	C	C	A	G	F	C	C	C
53	F	F	C	C	G				153	F	C	A	F	F				253	A	G	F	E	F				353	C	C	A	A	F	F	G	G
54	F	F	C	C	G				154	C	F	C	F	A				254	F	C	F	E	F				354	C	F	G	A	G	F	G	A
55	A	C	C	C	C				155	C	F	A	F	F				255	G	C	F	E	F				355	C	F	F	A	G	F	A	G
56	C	C	C	C	C				156	C	F	A	A	F				256	A	A	F	E	F				356	C	C	F	A	F	A	F	F
57	F	F	A	C	C				157	C	F	F	F	A				257	C	A	F	E	F				357	A	F	F	A	A	A	A	C
58	F	F	C	C	A				158	A	A	F	F	A				258	A	A	F	E	F				358	C	F	F	C	A	A	A	C
59	F	F	C	C	A				159	F	A	F	F	A				259	G	G	F	A	F				359	A	F	F	C	A	A	A	C
60	F	F	C	C	A				160	F	C	F	F	C				260	A	G	F	G	F				360	A	A	F	A	A	A	A	C
61	F	F	C	C	A				161	F	F	F	F	B				261	A	G	A	G	F				361	F	F	A	C	F	F	C	C
62	C	C	C	C	C				162	A	F	F	F	B				262	C	G	F	A	F				362	F	F	C	F	F	F	C	C
63	F	F	C	C	F				163	F	F	F	F	B				263	C	G	F	A	F				363	A	A	F	F	F	F	C	C
64	A	A	A	A	F				164	F	F	F	F	B				264	A	A	F	A	F				364	C	C	F	F	C			

LEYENDA		ACTIVIDADES	
Op. Fierro	I	No contributoria	A
Op. Fierro	II	No se encuentra	B
Op. Fierro	III	Contributoria	C
Peon	IV	Colocado de estribo	D
Peon	V	Colocado de varillas como referencia longitudinal	E
Op. Fierro	VI	Atortolado	F
Of. Fierro	VII	Colocado de estribos a los extremos	G

Tabla 30. Descripción de trabajos y recursos durante la medición.

### Resultados de Carta Balance

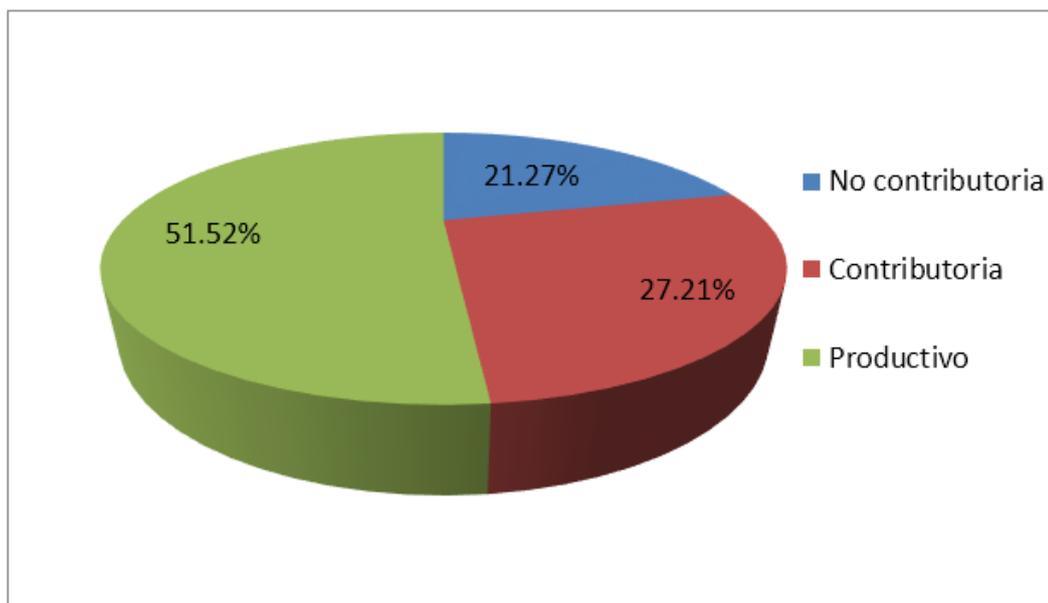


Fig. 75. Trabajo Productivo de armado de acero de vigas.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	TOTAL	
A	99	80	56	76	79	47	38	22	497	No contributoria
B	0	1	17	1	18	12	11	11	71	No se encuentra
C	180	98	111	97	98	21	17	14	636	Contributoria
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Colocado de estribo
E	1	4	3	19	2	0	0	0	29	Colocado de varillas como referencia longitudinal
F	100	182	170	134	174	53	62	74	949	Atortolado
G	21	36	44	74	30	4	9	8	226	Colocado de estribos a los extremos

} Productivo

Tabla 31. Medición tomada de trabajos productivo, contributorio y no contributorio.

### Cyclone del Armado de Vigas H = 1.30 m

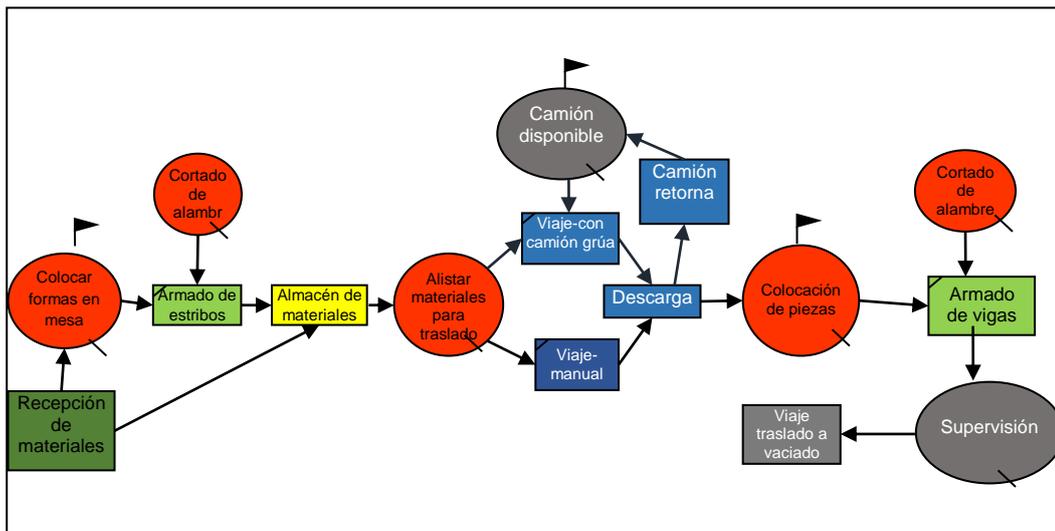


Fig. 76. Cyclone armado de acero de vigas.

### Cumplimiento de programación en el armado de vigas

#### Vigas de 1.30 m

Periodo: 19/07 hasta 19/09

Fecha	Se cumplió programación	Descripción
09/08/2010	No	Falta vigas centrales/cambia programación
10/08/2010	No	Falta vigas centrales/cambia programación
11/08/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación
12/08/2010	No	Falta vigas centrales/cambia programación
21/08/2010	No	Falta de MO/cambia programación
26/08/2010	No	Cambia programa/cambió pedido de vigas
27/08/2010	No	Cambia programa/cambió pedido de vigas
28/08/2010	No	Falta de MO/cambia programación
07/09/2010	No	Falta de MO/cambia programación
08/09/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación

Tabla 32. Cumplimiento de programación, frente de vigas de 1.30 m.

### Vigas de 1.80 m

Fecha	Se cumplió programación	Descripción
02/08/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación
05/08/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación
07/08/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación
13/08/2010	No	Cambia programa/cambió pedido de vigas
18/08/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación
26/08/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación
27/08/2010	No	Falta de MO/cambia programación
06/09/2010	No	Traslado a otro Frente/cambia programación
08/09/2010	No	Falta de MO/cambia programación

Tabla 33. Cumplimiento de programación, frente de vigas de 1.80 m.

### Control de interferencias

#### Interferencias en la actividad del armado de vigas mensual

Interferencia	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
<b>(1) MANO DE OBRA :</b>						
1.01- Falta	10	15	10	10	14	10
1.06- Cambio de frente			5	10	30	5
<b>(2) MATERIAL:</b>						
2.01- Falta		20	20	20	10	20
2.02- Atraso para llegar al frente de trabajo		50	65	60	45	60
<b>(5) RETRABAJO</b>						
5.05- Planos	90	15			1	5
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabla 34. Interferencias en la armadura de las vigas prefabricadas.

## Análisis en la ejecución de encofrado para la prefabricación de vigas estructurales:

En la zona de producción, el encofrado y desencofrado de los elementos para fabricación de vigas H = 1.30 m, resultó dificultoso e inseguro, ya que había muy poco espacio para voltear los encofrados y aplicar el desmoldante.

El desencofrado de las vigas H = 1.80 m se realizaba sacando cada una de las piezas, ya que la capacidad del camión grúa no permitía retirar todo el encofrado de las vigas de hasta 35 m de longitud

### Carta Balance – Encofrado Vigas H = 1.30 m

LEYENDA		ACTIVIDADES	
Of. Carpintero	I	Trabajo no contributorio	A
Of. Carpintero	II	Espera	B
Peon	III	Acarreo y acomodo de material	C
Op. Carpintero	IV	Control de medidas	D
Op. Carpintero	V	Armado de andamio	E
Peon	VI	Limpieza de encofrados	F
		Preparacion del encofrado	K
		Montaje de las formas	G
		Armado del encofrado	H
		Armado del Apoyo	I

Tabla 35. Descripción de trabajos y recursos durante la medición.

	I	II	III	IV	V	VI	Total
A	8	20	43	2	15	16	104
B	28	26	11	10	55	39	169
C	31	27	9	32	14	13	126
D	1	3	0	2	0	0	6
E	1	0	58	57	2	0	118
F	0	0	0	0	0	0	0
K	23	65	1	0	14	29	132
G	15	0	0	0	14	15	44
H	23	0	30	25	10	11	99
I	28	17	6	30	34	35	150
Total	158	158	158	158	158	158	

Tabla 36. Resultados de la medición.

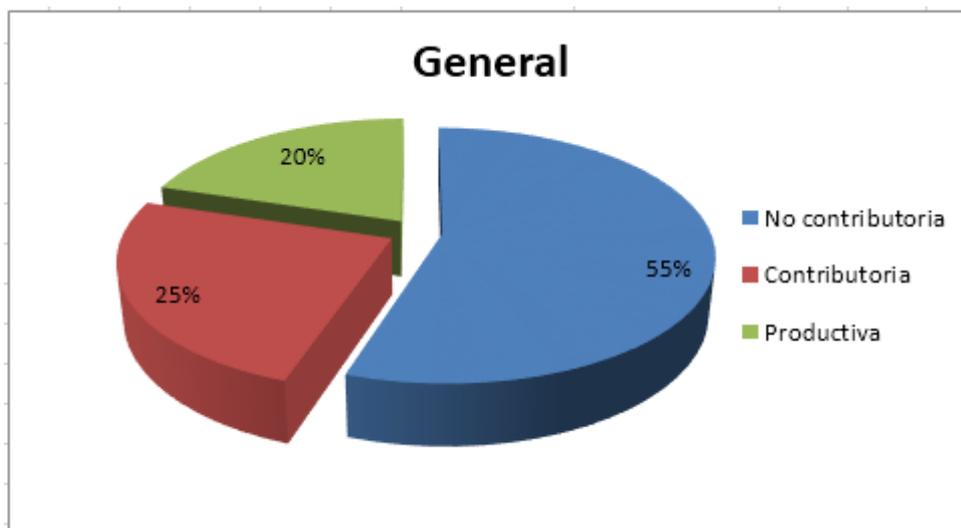


Fig. 77. Trabajo Productivo de encofrado de vigas.

### **Análisis en la ejecución de pase de torones para la prefabricación de vigas estructurales:**

Los bloques de reacción en el patio de las vigas  $H = 1.30$  m que soportaban el tensado de las vigas, abarcaba 2 líneas de producción, pero debido a la configuración del bloque de reacción se tenía que esperar a que una de las líneas llegara a su resistencia de corte para realizar el corte de los torones y así empezar a tensar la otra línea adyacente.

El poco distanciamiento entre vigas dificultaba la labor del trabajador en el corte de torones tensados, aumentando el riesgo en su seguridad y el tiempo del ciclo de producción.

En el patio de las vigas  $H = 1.80$  m el diseño del bloque de reacción se realizó para el tensado de una línea de producción a la vez, la producción fue de 4 vigas de 34.70 m de longitud y 60 t de peso cada 2 días generando retraso en los ciclos de producción.

### Carta Balance en el pase de torones Vigas H = 1.30 m

LEYENDA		ACTIVIDADES	
Operario Carpintero	I	No contributoria	A
Oficial Carpintero	II	No se encuentra	B
Oficial Fierro	III	Contributoria	C
Peón	IV	Colocado de estribo	D
		Atortolado	E
		Colocado de ref. Long.	F
		Colocado de est. Extremos	G

Tabla 37. Descripción de trabajos y recursos durante la medición.

	I	II	III	IV
A	15	19	14	23
B	0	0	0	0
C	0	1	1	17
D	25	0	0	0
E	0	20	0	0
F	0	0	25	0
G	0	0	0	0

Tabla 38. Resultados de la medición.

#### Resultado:

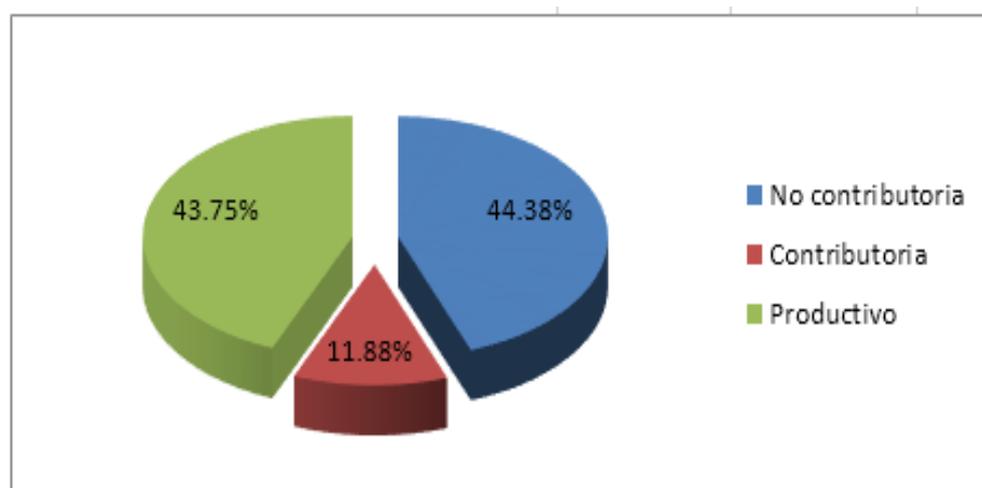


Fig. 78. Trabajo Productivo en el pase torones de vigas.

### **Análisis en la ejecución de vaciado de concreto para la prefabricación de vigas estructurales:**

El insuficiente espacio para las vías de acceso de los camiones “mixer”, generaba el pase lento de las unidades incrementando el tiempo de vaciado de concreto.

El poco espacio para el libre tránsito peatonal en las líneas de producción, aumentaba los riesgos de accidentes de los trabajadores.

En la planta de prefabricados del tramo 1 todas las líneas de producción del patio N°1 (frente para fabricación de vigas  $H = 1.30$  m) estaban a la misma cota final. En el diseño no se consideró que el nivel de altura de los encofrados dificultaría el vaciado de los elementos en forma directa con el camión “mixer”, ya que cuando de éstos extendía el “chute” no tenía la pendiente necesaria para que el concreto caiga con facilidad.

Es por ello que se tuvo que hacer uso de bombas móviles sobre camión para poder vaciar los elementos. En el Proyecto sólo se contaba con 3 camiones bomba, los cuales estaban a disposición de todo frente de trabajo que lo requiriera en el viaducto. Debido a que no había uno perenne para los vaciados en planta, se debía de realizar un requerimiento con un día de anterioridad. Muchas veces este camión bomba no llegaba a la hora requerida ya que existían diferentes problemas de traslado por los diversos retrasos en los vaciados de otros frentes.

Para sacar las vigas  $H = 1.80$  m de la zona de producción y llevarlas a la zona de stock la grúa de celosía tenía que realizar diversas maniobras para su correcto posicionamiento y así poder izar la carga de acuerdo al radio de giro.

LEYENDA	
Peón	I
Oficial Albañil	II
Peón	III
Operario Albañil	IV
Peón	V
Operario Albañil	VI
Peón	VII
Operario Albañil	VIII
Oficial Albañil	IX
Operario Albañil	X
Operario Albañil	XI
Peón	XII
Operario Albañil	XIII
Operario Albañil	XIV
Peón	XV

ACTIVIDADES	
No contributorio	A
No se encuentra	B
Contributorio	C
Reglado	D
Vibrado	E
Lampeo	F

Tabla 39. Descripción de trabajos y recursos durante la medición.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
A	6	13	4	14	8	22	18	3	32	32	37	8	23	11	0
C	40	8	7	6	27	16	13	0	6	6	1	9	15	2	20
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	26	0
E	0	25	33	24	1	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	57	64	55	65	59	73	62	30	83	83	88	50	74	53	20

Tabla 40. Resultados de la medición.

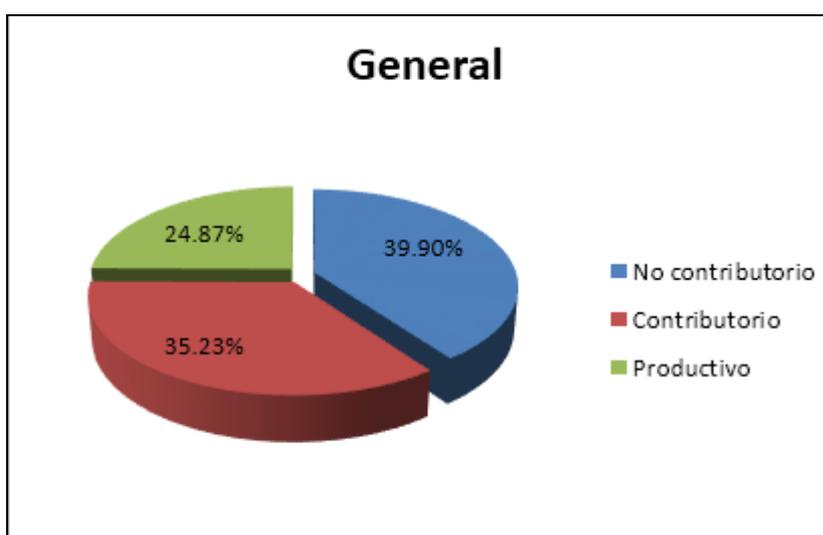


Fig. 79. Trabajo Productivo en vaciado de concreto de vigas.

### 5.1.2. Fabricación de vigas típicas $H = 1.30$ m y $H = 1.80$ m -Tramo 2

El desafío de ingeniería consistía en optimizar las dimensiones y geometría en la Viga Pretensada Típica de altura 1.30 metros, se incrementó la longitud a 24.70 m. para la mayoría de las vigas, con respecto a 19.70 m. utilizado en el Tramo 1. Este aumento de longitud se debe a la optimización de trabajos en la construcción del viaducto del tren eléctrico, por cada 100 metros de viaducto con la viga típica de 24.70m se logró reducir 1 columna y 1 cabezal con respecto al Tramo 1, reduciendo el tiempo de ejecución y de riesgos.

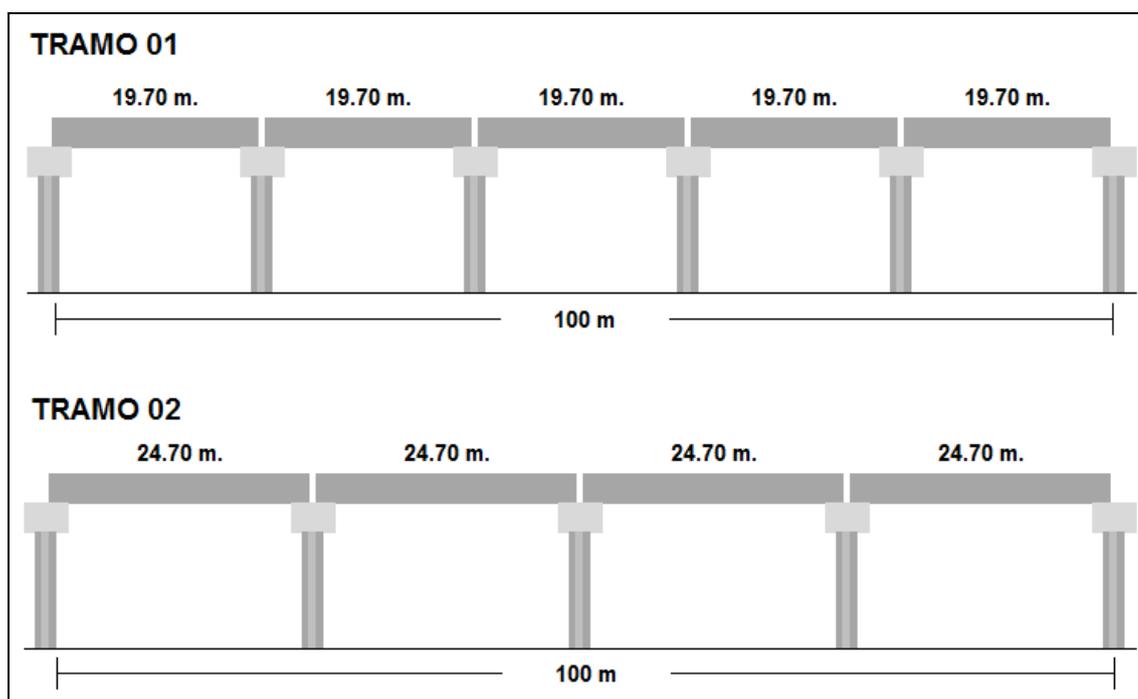


Fig. 80. Muestra un módulo de 100 metros en el Tramo 1 y en el Tramo 2 del viaducto de la línea 1 del Tren Eléctrico.

La zona de producción para las vigas de  $H = 1.30$  m tuvo las siguientes dimensiones, ancho de 25 m y largo de 120 m, contó con 4 líneas de producción para fabricar 5 vigas de 24.70 m de longitud en cada línea.

El resultado del reforzamiento de los bloques de reacción redujo de 6 a 4 líneas de producción consiguiendo mayor espacio para el libre tránsito tanto de equipos y trabajadores.

La ejecución del encofrado y desencofrado de las vigas  $H = 1.30$  m se realizó de una manera más rápida debido al mayor espacio para colocar dichas piezas.

Se aumentó el distanciamiento mínimo de 1m entre vigas, para facilitar el corte de torones y modificar la geometría de forma rectangular.

Para la ejecución del vaciado de concreto, el área de producción se construyó bajo el nivel de la plataforma establecida para la planta (-0.70 m) con la finalidad de que el chute pueda tener mayor inclinación para la caída del concreto, es por ello que se realizó la construcción de pequeños muros de contención a lo largo de las líneas de producción.

El área destinada para la producción de los estribos se encontró dentro del patio de producción, facilitando el transporte del material (estribos) para la fabricación de la malla de vigas, reduciendo el acarreo manual y reemplazándolo por el acarreo con las grúas pórtico en un tiempo de 20 min.

El área destinada para el stock del acero se instaló al lado de la zona de armado de vigas, lo que facilitó el rápido transporte del material para la fabricación de las armaduras de acero, reduciendo el tiempo en el acarreo manual y el traslado de las mallas a la línea de producción para el posterior encofrado y vaciado.

La zona de producción para la fabricación de las vigas  $H = 1.80$  m tuvo las siguientes dimensiones: ancho de 12 m y largo de 190 m, contó con 2 líneas de producción para 7 vigas de 24.70 m de longitud o 5 vigas de 34.70 m de longitud en 1 línea de producción.

El Patio de fabricación contó una longitud total de 300 metros considerando el área de stock de los elementos prefabricados. Este cambio mejoró los espacios para realizar las diversas actividades dentro de todo el proceso de producción de vigas.

Para la ejecución del vaciado de concreto se consideró un área de producción, bajo el nivel de plataforma de la planta (-1.00 m), facilitando la caída de concreto por el chute sin la necesidad de realizar el bombeo del concreto a diferencia del tramo 1.

El mejoramiento en el diseño del bloque de reacción por el cual pasan los cables de tensado (torones) permitió para resistir la fuerza de tensión en las dos líneas de producción al mismo tiempo, garantizando la ejecución de una línea de vigas diarias.

Se implementó el uso de grúas Pórtico dentro del patio. Las vigas más pesadas ( $H = 1.80$  m, Largo 34.70 m) tenían aprox. 68 t., por lo tanto, se optó por la implementación de 2 Grúas pórticos de 40 t. cada una, el tiempo de fabricación de estas grúas tardaba 4 meses, el uso de las grúas pórtico ayudó a mejorar la

velocidad en la producción de vigas debido a que todos los elementos eran transportados con los pórticos.

### 5.1.3. Fabricación de vigas cabezales Tramo 2 – Línea 1

La producción de cabezales Prefabricados comenzó con la elaboración de un prototipo a escala, en el cual se pudo evaluar todas las dificultades que pudieran tenerse en la unión Columna – Viga Cabezal. Posteriormente se fabricó un cabezal a escala real. Este paso fue el más importante debido a que mostró las dificultades reales del sistema durante el proceso de fabricación y el montaje con la columna.

	<b>Viga Cabezal in situ</b>	<b>Viga Cabezal prefabricado</b>
Tiempo de ejecución	16 días	3 días
Proceso de ejecución	Tren de actividades	Acompañamiento de obra
Actividades del proceso de ejecución	Alzaprimado, encofrado, armado de acero, vaciado de concreto, desencofrado	Montaje de cabezal, inyección de grout
Condiciones	Columna a nivel de relleno	Columna a nivel de relleno

Tabla 41. Fuente: JCAL 2013 LATINOAMÉRICA - PERÚ

El objetivo de prefabricar las vigas cabezales fue de aumentar la velocidad de construcción del viaducto y reducir los índices de incidentes y accidentes por los trabajos en altura de la fabricación de vigas cabezal.

El desarrollo de la ingeniería de las vigas cabezales estuvo acompañado por el área de producción, personal operativo, con la finalidad de rescatar la experiencia en la fabricación de elementos prefabricados. Los resultados se ven reflejados en la simplicidad del diseño, sistema Viga-columna, y el proceso de fabricación.

El primer modelo. Se considera un cabezal prefabricado a un modelo en forma de cascarón, el cual después de ser montado sobre la columna tiene una segunda fase de concreto. Adicionalmente se refuerza con 10 barras postensadas que garantizan la adherencia en el núcleo, área entre el cabezal y la columna.

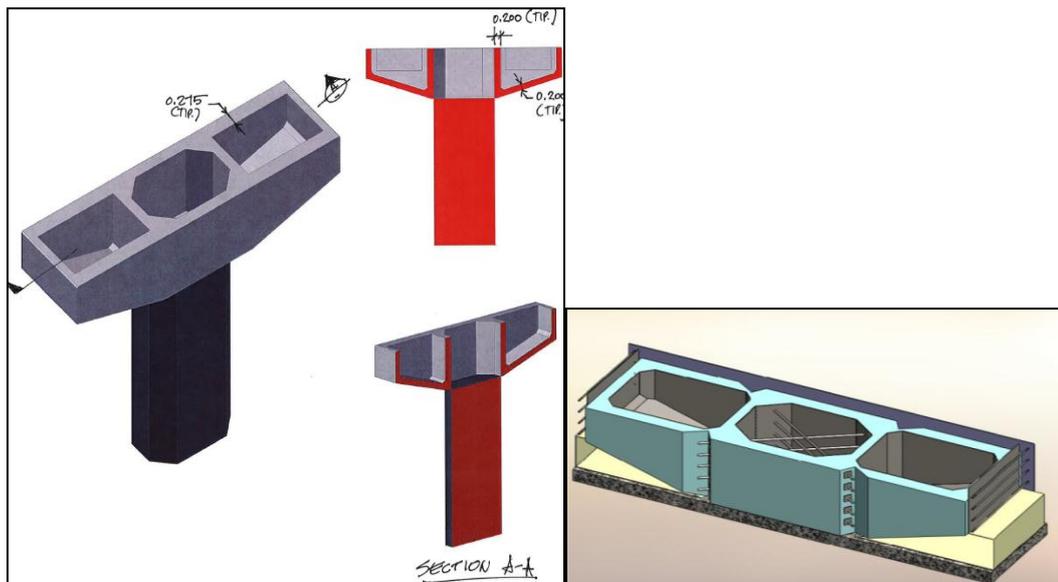


Fig. 81. Imagen en 3D del primer modelo para viga cabezal.

Este modelo resultaría costoso debido a que se utiliza demasiados recursos (mano de obra y equipos) para la fabricación y montaje de un encofrado de concreto armado (casarón) además de involucrar también trabajos complementarios como la segunda fase y el postensado. La congestión de elementos en el núcleo (unión de viga y columna) no garantiza que los trabajos se agilicen y por el contrario, entorpece el avance y aumenta el riesgo de accidentes.

Segundo modelo. En el diseño preliminar se desarrolló el modelo tomando las consideraciones de costo marcadas en la fase inicial. Esta vez se consideró cabezal prefabricado a un bloque macizo con un núcleo hueco, el cual también consideraba una segunda fase de concreto y postensado, 8 barras diwidag.

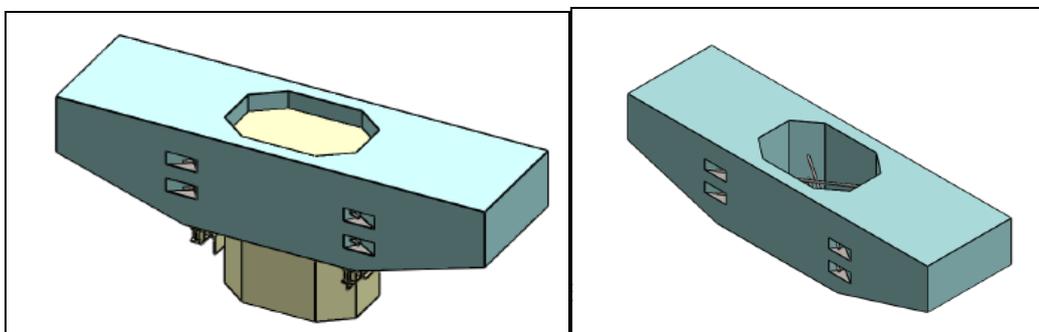


Fig. 82. Imagen en 3D del segundo modelo para viga cabezal.

La evaluación mostró que el costo disminuyó, pero la segunda fase aún mantiene el costo de la viga cabezal elevado. Los trabajos de postensado y el congestionamiento aún seguían siendo un problema (a pesar de haber reducido el número de barras).

En el diseño final se consideró una estructura maciza y se eliminó el sistema postensado, el núcleo se minimizó a 24 y 28 ductos (dependiendo del tipo de cabezal) de 10cm de diámetro por los cuales pasan las varillas que se conectan mediante empalmes mecánicos roscados a las varillas de la columna, finalmente se inyecta lechada de alta resistencia y se culminan los trabajos en la llave de corte.

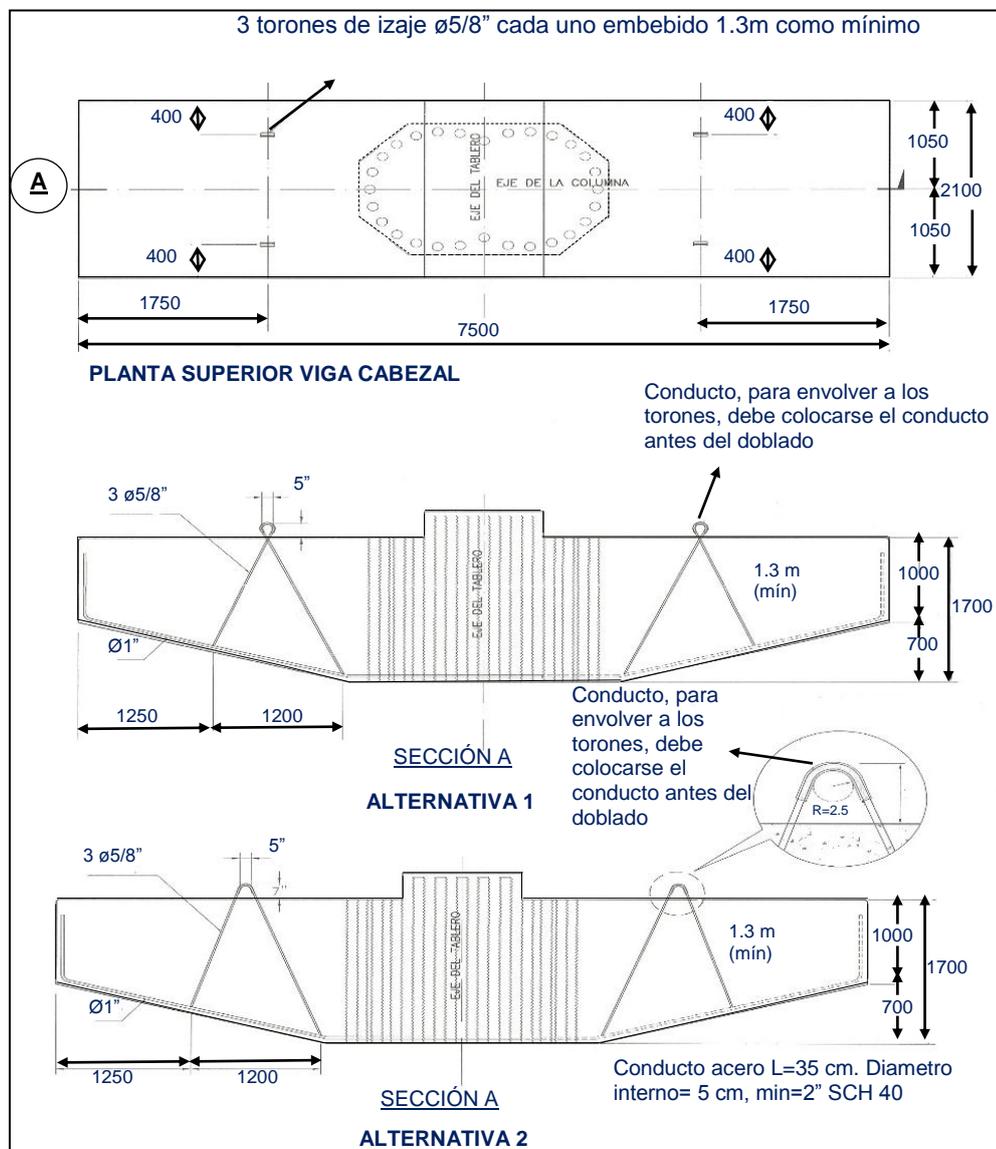


Fig. 83. Plano de viga cabezal prefabricado.

### Proceso de pre-fabricación de primera viga cabezal prototipo.

Se procedió a fabricar una viga cabezal prototipo en la planta de prefabricados, según diseño final. Se optó por la fabricación de una viga cabezal tipo A de 24 ductos, de configuración de acero más simple. Se habilitó la armadura de acero fuera del área de vaciado y encofrado, posteriormente se trasladó al sector de encofrado con la ayuda de una grúa.



Fig. 84. Traslado de armadura de acero a encofrado.

El sistema de encofrado utilizado fue de 5 piezas, una pieza correspondiente a la base, dos caras frontales con la base y dos piezas como tapas laterales, este sistema complicó el montaje de la armadura de acero y la actividad de desencofrado.



Fig. 85. Encofrado para viga cabezal prefabricado.

Para la colocación del concreto se usó una bomba telescópica, realizando la actividad sin dificultades.



Fig. 86. Vaciado de concreto para viga cabezal prefabricado.

El desencofrado de la viga cabezal, fue complicado debido a la adherencia ejercida entre el concreto y el encofrado, debido al sistema de encofrado utilizado.



Fig. 87. Proceso de desencofrado de viga cabezal prefabricado.

Se presentaron dificultades durante el montaje porque las varillas no se encontraban bien alineadas verticalmente, así como la existencia de trapos dentro de los tubos corrugados (dejados para el empalme) retrasaron la actividad; Sin embargo, después de retirar los empalmes el montaje se realizó

sin otra dificultad. Seguidamente se empalmó cada una de las 24 varillas. Se consideró una altura de 1.5 cm de enroscado entre la varilla libre, macho, y el empalme de la columna, hembra. La liberación de la maniobra se realizó verificando el correcto empalme de las 24 varillas.



Fig. 88. Proceso de montaje y liberación de maniobra de viga cabezal prefabricado.

Después de liberar la maniobra del montaje de la viga cabezal prefabricado, se inyectaron el concreto de alta resistencia en los ductos de empalme. La dosificación propuesta en el diseño fue el Grout, imposibilitó la inyección debido a la formación de brumos que obstruyeron el conducto de la bomba de inyección. La fabricación del cabezal prototipo fue favorable por permitir detectar los problemas mencionados.

### **Mejora continua en la producción de viga cabezal prefabricado**

Se construyó una línea de producción con 5 módulos, cada uno de ellos implementado con un sistema de encofrado y un área de armado de Acero. La distribución de los módulos consideró el tránsito de camiones Mixer de concreto sin interferencia con el tránsito de las grúas tipo pórtico y la ubicación del área de armado de acero facilitó el armado y transporte de la armadura por su cercanía con los módulos de producción.



Fig. 89. Ejecución de plataforma para producción de viga cabezal prefabricado

Se optimizó la cantidad y distribución de acero para evitar conflictos entre el refuerzo y los ductos de unión columna - Cabezal.

Se mejoró el proceso de encofrado y desencofrado con la implementación de un sistema de encofrado metálico con bisagras en las caras frontales y laterales.

El proceso de desencofrado tuvo 2 etapas.

#### Etapas 1

De acuerdo a la configuración de la plantilla en la base, se soldaron 24 ductos de 15cm de altura que sirvieron como guías para los tubos corrugados que contenía el cabezal Prefabricado (ductos por donde se coloca la varilla que une Cabezal - Columna mediante un empalme mecánico tipo twist). EL espaciamiento entre el tubo guía (Diam = 3.5") y el ducto corrugado (Diam = 4") fue de 0.5", espacio por donde se depositó concreto durante el proceso de vaciado y dificultó el proceso de desencofrado a tal punto de imposibilitar su separación.

La única forma de separación se dio cuando se retiró toda la plancha de la base junto con la estructura de concreto. Este sistema pudo haber tenido un costo demasiado elevado y una producción demasiado baja de no haberse analizado variaciones en los procesos, como realmente se efectuaron, logrando finalmente mejorar la productividad (ver tabla 58).

#### Etapas 2

Para disminuir problemas en el desencofrado, primero se disminuyó de 15 cm a 10 cm la altura de los tubos guías, se colocó plástico en el espacio libre entre el

ducto corrugado y el tubo guía y para garantizar un mejor desprendimiento se untó grasa alrededor del tubo guía, antes de colocar el plástico. Desencofrado rápido, sin necesidad de retirar las tapas frontales (implementación de Bisagras). Colocación de desmoldante en los elementos del encofrado rápida y segura (implementación de Bisagras). De esta manera garantizamos un desencofrado limpio, rápido y sin daños a la línea de producción ni a la estructura. Todo el proceso de desencofrado se realizó con el uso de la grúa Pórtico



Fig. 90. Colocación de armadura en encofrado con apoyo de grúa tipo pórtico.

Colocación de concreto, directo desde camión mixer. El proceso de vaciado de concreto mejoró debido a la ubicación y distribución de los módulos de encofrado, los cuales no solo tenían una distribución óptima en planta sino también una cota base menor, respecto a la plataforma del patio, para poder vaciar el concreto directamente desde el camión mixer sin la necesidad de una bomba telescópica. Se optimizó el proceso de desencofrado (debido a la existencia de bisagras en el sistema de encofrado) y la implementación de grúas tipo pórtico.

Se implementaron 2 grúas Pórtico con 40 t. de capacidad cada una para el traslado de armadura, encofrado, desencofrado, transporte de viga cabezal y carguío. El uso de las grúas pórtico mejoró la velocidad y seguridad del

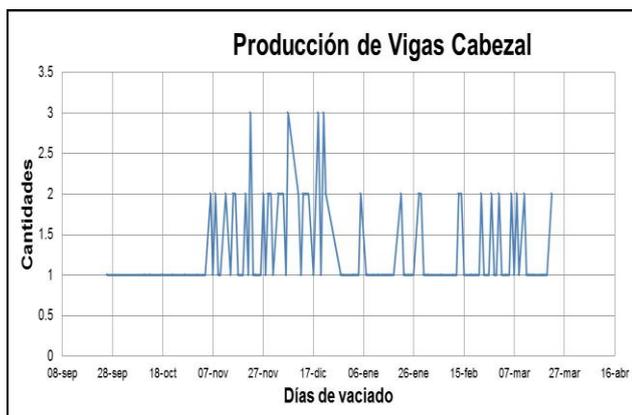
transporte y almacenamiento de los cabezales, para una mejor distribución de cargas desde los puntos de izaje hasta el gancho del pórtico se implementó una viga balancín.



Fig. 91. Traslado de viga cabezal prefabricada a camión plataforma con apoyo de grúa tipo pórtico.

Se mejoró el alineamiento de las varillas sobresalientes de la columna, empalme del sistema columna – viga cabezal. Se fabricaron plantillas metálicas adicionales para colocarlas desde el inicio del proceso de armado del acero longitudinal de la columna. Se mejoró el proceso de inyección con la utilización de una lechada de alta resistencia, que proporcionó mayor fluidez evitando la obstrucción de la bomba de inyección y formación de burbujas de aire dentro de los ductos.

### Producción de Vigas Cabezal Prefabricado



TRAMO II	
MES	PRODUCCIÓN MENSUAL
Septiembre	1
Octubre	5
Noviembre	34
Diciembre	32
Enero	27
Febrero	20
Marzo	22

Fig. 92. Izquierda. Diagrama de producción de vigas cabezales prefabricadas

. Tabla 42. Derecha. Cantidades de vigas cabezales prefabricadas por mes.

VIGA CABEZAL PREFABRICADA	
Cantidad (und)	141
Inicio Servicio	26/09/2012
Fin Servicio	22/03/2013
Duración (Días)	162
Cantidad/día	0,9
Volumen de Concreto total (m <sup>3</sup> )	3222,50
Peso de Acero total(t.)	1023,07
Volumen de Concreto/día (m <sup>3</sup> /día)	19,9
Peso de acero/día (t./día)	6,3

Tabla 43. Datos de fabricación de vigas cabezales prefabricadas.

#### 5.1.4. Fabricación de prelosas - Tramo 1

Se destinó para la fabricación de prelosas, un área de producción de 25 metros de ancho y 205 metros de largo, en esta área se construyeron 19 losas de producción con capacidad para producir 164 unidades diarias.

Las losas comprendieron la colocación de varillas roscadas de 25cm, alineadas de acuerdo a la posición de los agujeros de los encofrados metálicos, indicados en los planos de fabricación, además contemplaron rieles en ambos lados para el traslado de la grúa de tipo pórtico de 25 t., equipo para izaje de las prelosas. La cuadrilla de trabajo para las actividades de fabricación fue designada de acuerdo al avance de la producción y evaluación de tiempo.

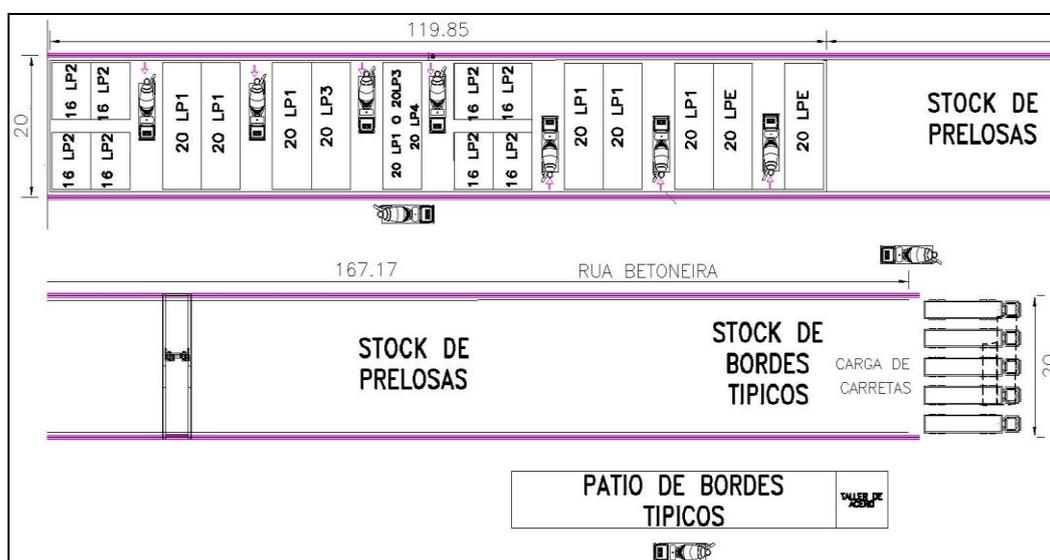


Fig. 93. Layout de frente de fabricación de prelosas en tramo 1.

CUADRILLA PRODUCCIÓN DE PRELOSAS		
ACTIVIDAD	CATEGORÍA	CANTIDAD
Colocación de Malla y Tralicho	Operario	1
	Oficial	3
	Peón	0
Encofrado y desencofrado	Operario	6
	Oficial	6
	Peón	2
Vaciado y Curado	Operario	3
	Oficial	2
	Peón	2
Movilización de prelosas	Operadores	1
	Rigger	1
	Vienteros	1

Tabla 44. Cuadrilla por actividad de producción de prelosas.

### Factores que ocasionaban retraso en la producción de prelosas.

Para el suministro a tiempo de las mallas y los tralichos en este caso por PRODAC (único proveedor de este material), se dependía de su stock de material y velocidad de producción

El almacén de las mallas y las viguetas de acero (tralicho) estuvo ubicado a un lado del patio de fabricación ocasionando mayor tiempo en acarreo manual de estos materiales y aumento de riesgos con los trabajadores que acarrean el material a través del patio de fabricación (ver anexo 5.6 IPER y anexo 5.7 Plan de Calidad)

El encofrado de los elementos se realizó directamente sobre la losa de concreto de apoyo, ocasionando mal acabado en las caras tipo caravista de las prelosas y realizar un trabajo de solaqueo para corregir la imperfección.



Fig. 94. Colocación de desmoldante en losa de apoyo para fabricación de prelosas.

El fraguado del concreto para poder izarlo cuando este alcance el 50% de su resistencia estaba ligado directamente a la temperatura del ambiente.

El constante flujo de los tacos ya que estos se enviaban con las pre losas apiladas y volvían cuando estas pre losas eran montadas al viaducto, en ese sentido la producción estaba condicionada también por el montaje de pre losas, el flujo diario requería de 700 tacos al día.

## Producción de prelosas en el tramo 1

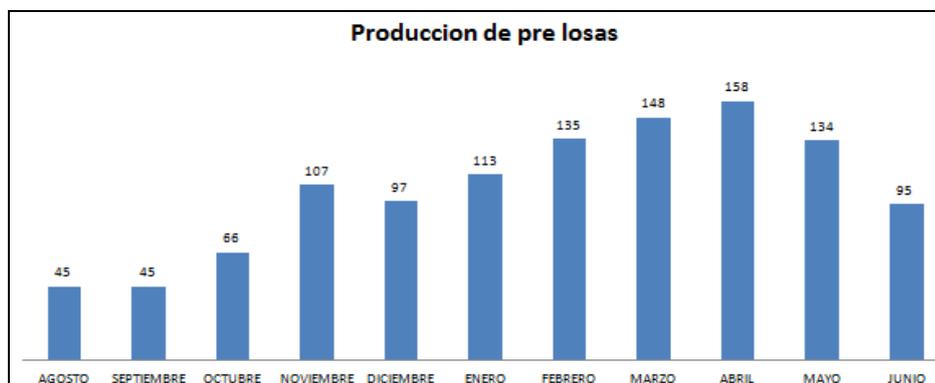
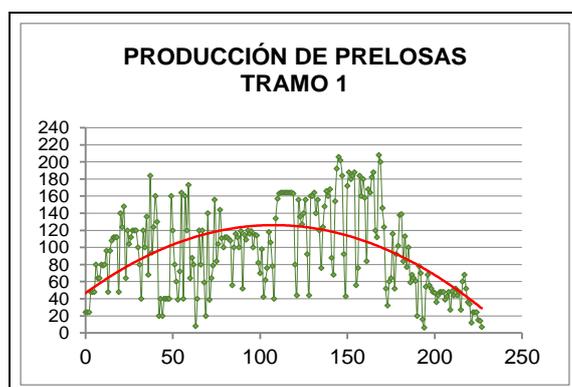


Fig. 95. Diagrama de producción de prelosas según el tiempo.



MES	PRODUCCION MENSUAL	MEDIA DIARIA
ABRIL	360	45
MAYO	2547	98
JUNIO	2131	89
JULIO	1893	91
AGOSTO	2459	99
SEPTIEMBRE	3782	131
OCTUBRE	4157	144
NOVIEMBRE	2892	116
DICIEMBRE	1089	48
ENERO	634	36

Fig. 96. Diagrama de producción de prelosas.

Tabla 45. Cantidades de prelosas por mes

### 5.1.5. Fabricación de prelosas - Tramo 2

La losa de apoyo está compuesta por una losa de las siguientes dimensiones: largo de 113.37 m, ancho 18.25 m y espesor de 20 cm; 2 cortes de durmiente a 1.015 m, colocados cada 55 cm; la colocación de rieles en ambos lados a lo largo de 360 m y 2 grúas tipo pórtico de 20 t.

La distancia del corte de durmiente y la colocación entre ellos fueron verificadas por esfuerzos en servicio y por resistencia última.

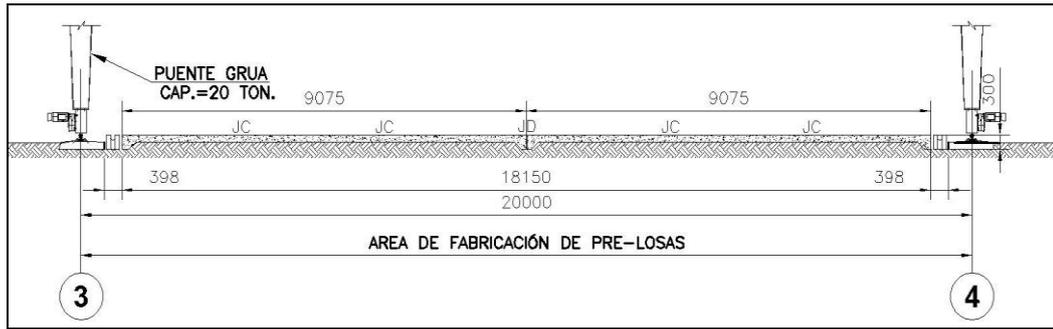


Fig. 97. Muestra la sección de la plataforma de apoyo para fabricación de prelosas



Fig. 98. Imagen izquierda. Muestra la realización de los cortes a los durmientes. Fig. 99. Imagen derecha. Muestra colocación de durmientes.

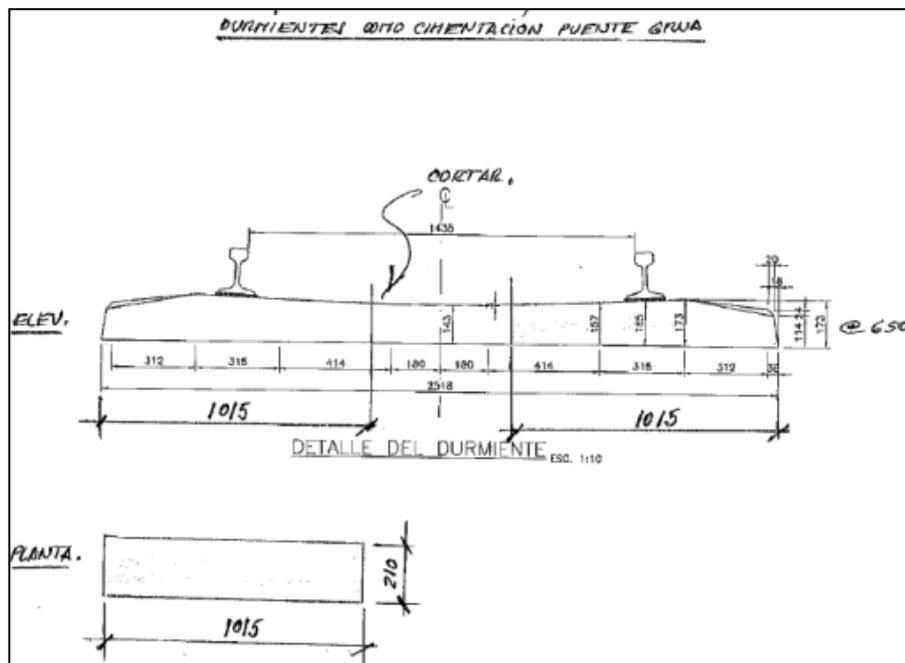


Fig. 100. Muestra esquema del corte de durmiente.

La losa de apoyo, se ejecutó dividiéndose en 19 sectores de lado izquierdo y derecho y usó concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>

PROGRAMACIÓN PATIO 3 - VACIADO

	6,15	5,90	5,90	5,90	5,90	8,15	8,15	5,90	5,90	5,90	5,90	5,90	4,77	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41	6,00
9.13	1P 18/08	2P 17/08	3P 17/08	4P 18/08	5P 11/08	6P 16/08	7P 11/08	8P 16/08	9P 11/08	10P 14/08	11P 11/08	12P 16/08	1B 15/08	2B 10/08	3B 15/08	4B 10/08	5B 14/08	6B 10/08	7B 13/08
9.13	1P 17/08	2P 9/08	3P 18/08	4P 9/08	5P 18/08	6P 9/08	7P 16/08	8P 9/08	9P 16/08	10P 08/08	11P 14/08	12P 07/08	1B 08/08	2B 15/08	3B 08/08	4B 14/08	5B 08/08	6B 13/08	7B 07/08

Fig. 101. Losa de apoyo dividida en sectores para vaciado.

Fecha	Encofrado		Desencofrado	Vaciado
	Turno Día	Turno Noche	Turno Día	Turno Día
08/08		2P4P6P8P		
09/08	2B4B6B			2P4P6P8P
10/08	5P7P9P11P			2B4B6B
11/08	6B7B			5P7P9P11P
13/08	10P11P4B5B		6B7B	6B7B
14/08	1B2B3B		10P11P4B5B	10P11P4B5B
15/08	6P7P8P9P12P		1B2B3B	1B2B3B
16/08	1P2P3P		6P7P8P9P12P	6P7P8P9P12P
17/08	1P3P4P		1P2P3P	1P2P3P
18/08			1P3P4P	1P3P4P

Tabla 46. Programación de vaciado de losa de apoyo.

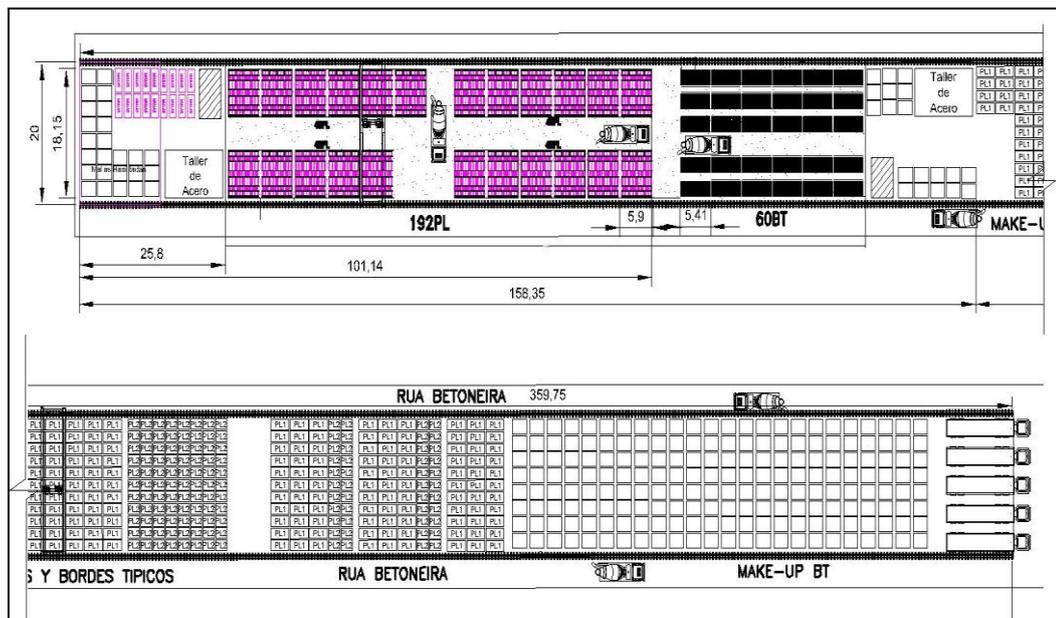


Fig. 102. Distribución de frente de producción para fabricación de prelasas

### Concreto para fabricación de prelosas:

Se usó concreto de 350 Kg/cm<sup>2</sup>, Huso 67, piedra 3/4", proveedor UNICON.

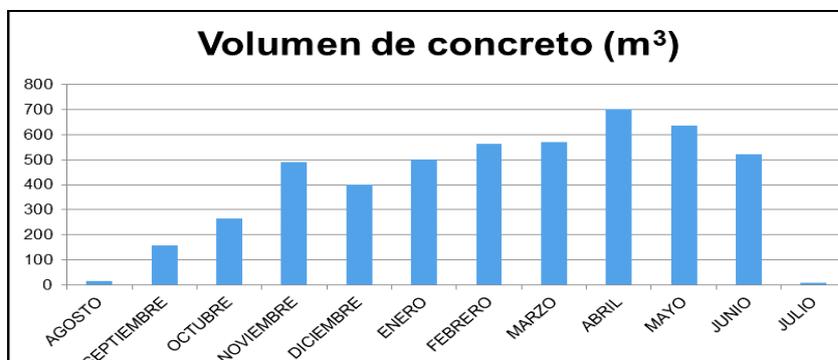


Fig. 103. Diagrama de consumo de concreto para fabricación de prelosas según el tiempo.

### Malla electrosoldada

Se fabricó de acuerdo a las dimensiones indicadas de los planos, pero al tener varias dimensiones se tuvo que realizar una optimización, el proveedor fue PRODAC.

Descripción	Longitud	Dimensiones de malla	
Mallas para prelosas tipo Central	1.40 m.	MALLA 1	1.19 m x 2.55 m
	1.20 m.	MALLA 2	1.19 m x 2.30 m
	1.65 m.	MALLA 3	1.19 m x 2.75 m
	1.00 m.	MALLA 4	1.19 m x 2.10 m
Mallas para prelosas tipo Lateral	1.00m.	MALLA 5	1.19 m x 3.32 m
		MALLA 6	1.19 m x 4.36 m
		MALLA 7	1.19 m x 3.90 m
		MALLA 10	1.19 m x 3.76 m
		MALLA 12	1.19 m x 3.66 m
		MALLA 14	1.19 m x 3.52 m
	1.20m.	MALLA 8	1.19 m x 4.05 m
		MALLA 9	1.19 m x 3.81 m
		MALLA 11	1.19 m x 3.71 m
		MALLA 13	1.19 m x 3.61 m
	1.45m.	MALLA 16	1.19 m x 4.11 m
	1.65m.	MALLA 19	1.19 m x 4.19 m
Mallas para prelosas tipo Especiales		MALLA 15	1.19 m x 3.41 m
		MALLA 20	1.19 m x 5.29 m
		MALLA 21	1.19 m x 6.50 m
		MALLA 22	1.19 m x 3.74 m
Mallas para el 2do cuerpo de todo tipo de prelosas		MALLA 17	1.19 m x 2.25 m
		MALLA 18	1.19 m x 0.12 m

Tabla 47. Dimensiones según tipo de malla electrosoldada para fabricación de prelosas.

## Tralichos

La longitud de los tralichos fue múltiplo de 20 cm ya que el proveedor sólo podría fabricarlo en esas dimensiones, también se agrupó de acuerdo al alto que indicaban los planos.

Descripción	Alto	Longitud
Prelosas laterales	0.13 m.	2.20 m.
		2.40 m.
		2.60 m.
		2.80 m.
		3.00 m.
		3.20 m.
		3.40 m.
		3.60 m.
Prelosas especiales	0.15 m.	5.00 m.
		5.20 m.
	0.23 m.	3.20 m.
		3.80 m.
		4.60m.
		4.80 m.

Tabla 48. Dimensiones de armadura (tralichos) para fabricación de prelosas.

## Separadores

Se usó separadores de plástico de 2.5cm según el recubrimiento que estaba indicado en los planos.

## Alambre

Se usó alambre n°16 para el atortolado entre las mallas.

## Acero 1/4"

Se habilitaron los ganchos de izaje, para las prelosas centrales, haciendo uso del acero de 1/4"

## Encofrados

Se usó los encofrados del tramo 1, consistían en las siguientes partes: central, cabezal exterior, cabezal interior, regla interior y regla exterior, a los moldes de encofrado se le hicieron modificaciones para que sean más livianas y así disminuir el tiempo de encofrado y desencofrado.

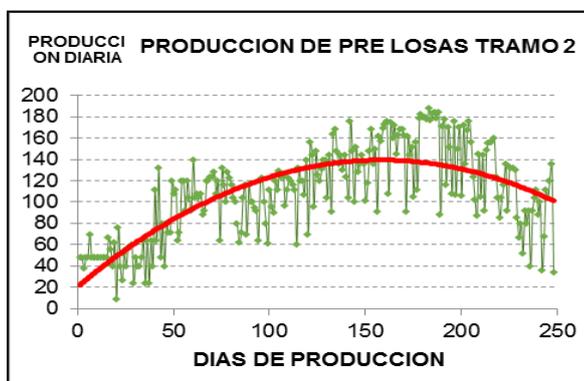
La fabricación de las pre-losas se ejecutó sobre planchas metálicas colocadas sobre losas pulidas de concreto. Cada zona de fabricación estará conformada por pernos roscados anclados en el concreto y moldes metálicos y/o madera, las cuales facilitarán las modulaciones a fin de alcanzar las dimensiones y formas de los diferentes tipos de pre-losas a fabricar.



Fig. 104. Área de fabricación de pre losas y actividad de encofrado

El tiempo de fabricación de las pre losas fue de 250 días efectivos, de las cuales la cantidad de pre losas fabricadas diariamente tiene un incremento progresivo, esto se debe al aprendizaje progresivo del personal en cuanto al dominio de las actividades y algunas mejoras que se fueron implementando progresivamente, los puntos bajos son los días sábados, que en muchas oportunidades se trabajó a medio turno.

## Producción de prelosas en el tramo 2



MES	PRODUCCIÓN	MEDIA
AGOSTO	134	45
SEPTIEMBRE	1169	45
OCTUBRE	1580	66
NOVIEMBRE	2684	107
DICIEMBRE	2221	97
ENERO	2941	113
FEBRERO	3242	135
MARZO	3398	148
ABRIL	4091	158
MAYO	3478	134
JUNIO	2335	95

Fig. 105. Diagrama de producción de prelosas.

Tabla 49. Cantidades de prelosas/mes.

Las pre losas son apiladas una sobre otra, apoyadas sobre tacos de madera en un máximo de 6 unidades, luego se procederá a cargar en un camión grúa o plataforma los elementos a ser transportados, mediante el uso de la grúa pórtico



Fig. 106. Apilado de prelosas.



Fig.107. Carguío de pre losas

### 5.1.6. Fabricación de Bordes Típicos tramo 1

La losa de apoyo para la fabricación de bordes típicos, con un área de producción con las siguientes dimensiones: largo de 60 m, ancho de 13 m, 3 losas para la producción de 50 unidades diarias.

Los bordes típicos estuvieron previstos inicialmente para ser vaciados en el sitio, pero después se analizó costo-beneficio-velocidad y se definió prefabricar estas piezas en planta.

La cantidad de bordes típicos fabricados fue de 8,568 unidades con 4,335 m<sup>3</sup> de concreto.

Por las características de estos elementos se utilizó para su fabricación un encofrado metálico similar al de las prelosas y también se utilizó malla electrosoldada.

CUADRILLA PRODUCCIÓN DE BORDES TÍPICOS		
ACTIVIDAD	CATEGORÍA	CANTIDAD
Colocación de Malla y Tralicho	Operario	3
	Oficial	3
	Peón	3
Encofrado y desencofrado	Operario	2
	Oficial	1
	Peón	3
Vaciado y Curado	Operario	2
	Oficial	3
	Peón	2
Movilización de bordes típicos	Operadores	1
	Rigger	1
	Vienteros	1

Tabla 50. Cuadrilla por actividad de producción de bordes típicos.

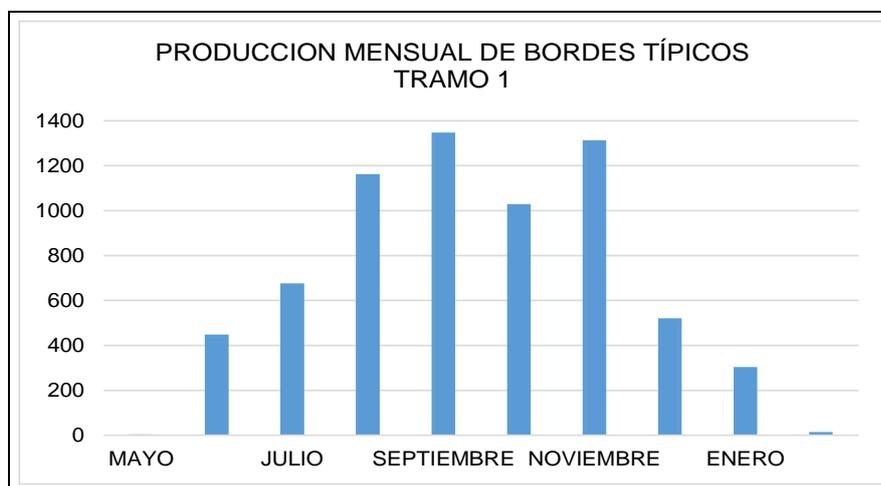


Fig. 108. Diagrama de producción de bordes típicos según el tiempo.

El inicio de fabricación de los bordes típicos fue el 3 de junio, inicialmente se tenía prevista una capacidad productiva de 30 piezas diarias, después de 30 días de iniciada la fabricación se decidió aumentar la producción a 56 piezas.

## Producción de bordes típicos tramo 1

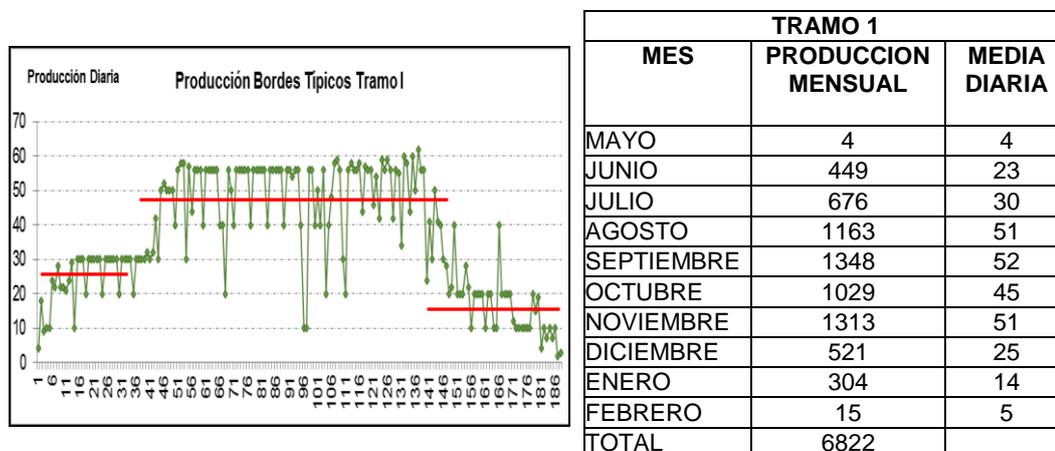


Fig. 109. Izquierda. Diagrama de producción de bordes típicos. Tabla 51. Derecha. Cantidades de bordes típicos por mes.

### 5.1.7. Fabricación de Bordes Típicos tramo 2

La losa de apoyo para la fabricación de Bordes Típicos consiste en la colocación de planchas topes para el encofrado.



Fig. 110. Fotografía izquierda muestra encofrado de losa de apoyo para fabricación de bordes típicos. Fig. 111. Fotografía derecha muestra vaciado de losa de apoyo para fabricación de bordes típicos

El tiempo de fabricación de los bordes típicos fue de 240 días efectivos, debido a las dimensiones del área de fabricación, los bordes se fabricaban en la cantidad 12 unidades por línea, pudiéndose fabricar hasta 5 líneas, es decir, 60 bordes, las primeras semanas se tuvo una fabricación media diaria de 24 y posteriormente se duplicó la producción a 48 bordes diarios en promedio.

## Producción de bordes típicos en el tramo 2

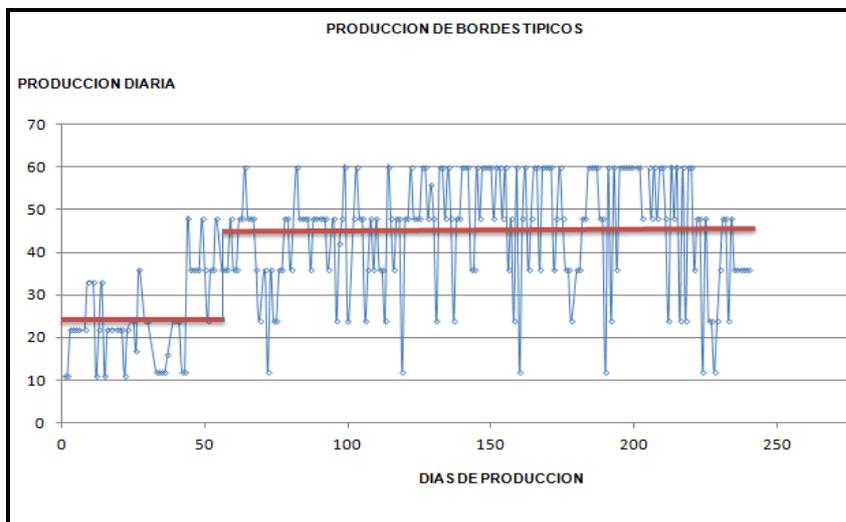


Fig. 112. Diagrama de producción de bordes típicos.

MES	PRODUCCION MENSUAL	MEDIA DIARIA
SEPTIEMBRE	418	21
OCTUBRE	173	19
NOVIEMBRE	484	30
DICIEMBRE	804	38
ENERO	1182	45
FEBRERO	1064	44
MARZO	1176	51
ABRIL	1224	47
MAYO	1284	51
JUNIO	1020	42
JULIO	420	38

Tabla 52. Cantidades de bordes típicos por mes, tramo 2.

## CAPÍTULO VI. LA IMPORTANCIA DEL CONTROL DEL STOCK

### 6.1. LA ACUMULACIÓN DE STOCK

La acumulación de stocks, a niveles más o menos elevados, es necesaria para un buen funcionamiento de los sistemas productivos, cuando se tiene espacio para almacenar los productos.

Stocks de materiales. Comprende aquello que es necesario para el proceso de fabricación, que no necesariamente son apreciables en el producto final. El combustible y lubricantes que usan las maquinarias son algunos ejemplos de este grupo.

Stocks de productos en proceso. Son los productos o componentes que se encuentran en proceso de fabricación.

Stocks de productos terminados. Son los artículos o bienes finales almacenados o vendidos a un cliente de acuerdo a su pedido, según se trate de una empresa que utiliza un sistema de producción contra almacén o contra pedido.

Las áreas destinadas a cada frente de producción de los elementos prefabricados, el cronograma de requerimiento de los mismos, el tiempo del ciclo de producción, determinaron la acumulación de stock constante que se pudo obtener en las plantas de prefabricados.

Teniendo como prioridad cumplir con el cronograma de requerimiento de los elementos prefabricados, la planta de producción de elementos prefabricados tenía que estar preparada con antelación, con el abastecimiento del stock.



Fig. 113. Viga Cabezal en área de stock.



Fig. 114. prelasas acopiadas en área de stock.

CRONOGRAMA DE DEMANDA DE VIGAS														
H (m)	Long. (m)	2012				2013								Total general
		Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
1.30	13.90			2										2
	19.70				12									12
	21.70			2										2
	22.45			2										2
	23.42										8	8		16
	23.70	40	28	52	40	40	48	92			20			360
	23.90			2										2
	24.42											16	8	24
	24.55				8	4	8			8			4	32
	24.63												4	4
24.70	20	60	96	96	20	84	28	136	96	60			696	
Sub-total		60	88	156	156	64	140	120	136	104	80	24	24	1152
1.80	20.70	4	4											8
	24.40							24	18	12				54
	24.44										4			4
	24.50							6	12					18
	24.55			12		4				16				32
	24.63										4			4
	24.70	40	72	36		40	20	52	36	44	32	8		380
	29.30									4				4
	29.44										8			8
	29.45										12	4		16
	29.48										8			8
	29.63											4		4
	29.70		8			56	16	4	4	4	4			96
	32.70					4								4
	33.55											4		4
	33.70							4		4				8
34.30								6		4			10	
34.40						28	4			4			36	
34.55											4		4	
34.70		4	16	12			4	6	18	4			64	
Sub-total		44	88	64	12	104	64	68	82	104	104	32		766
Total general		104	176	220	168	168	204	188	218	208	184	56	24	1918

Tabla. 53. Cronograma de requerimiento de vigas pretensada para su montaje.

### 6.1.1. Caso Tramo 1

El colapso en stock de vigas fuera del cronograma de requerimiento, limitó la producción de los elementos prefabricados, retrasando el cronograma de la obra, paradas en la producción, horas hombre muertas, resultando pérdidas en costo y tiempo.

Abarcando en las premisas iniciales de la producción, las vigas prefabricadas serían de geometría idénticas; según el avance de la obra, los planos fueron modificados y las geometrías de cierta cantidad de vigas resultaron variables, este cambio no anticipado, ni considerado en el planeamiento del montaje de la planta de prefabricados fue el motivo del colapso de stock de vigas fuera del cronograma de requerimiento.



Fig. 115. Fotografía de vigas pretensadas y vigas cabezales en área de stock.

Frente a esta situación de horas hombre muertas y perdidas, se reestructuró el planeamiento de la planta de prefabricados para que se adapte a los constantes cambios que surjan en los planos de las vigas prefabricadas u otros elementos prefabricados.



Fig. 116. Fotografía de bordes típicos y prelosas en área de stock.

### 6.1.2. Caso Tramo 2

Con la experiencia en el tramo 1, se concibió el siguiente plan de contingencia al posible colapso de stock de elementos estructurales prefabricados, programación variable según cambios de planos de proyecto y del cronograma de requerimiento, transporte de los elementos prefabricados a un punto próximo a su ubicación de montaje, de esta manera se garantizó la producción continua de los elementos estructurales prefabricados y el cumplimiento del tiempo de operación de la planta de prefabricados.

TIPO	TOTAL VIGAS PREFABRICADAS					
MES	PRODUCCION		SALIDAS		STOCK	
PRODUCCION Y SALIDAS	H= 1.30 m	H= 1.80 m	H= 1.30 m	H= 1.80 m	H= 1.30 m	H= 1.80 m
AGOSTO 11'	12	0	12	0	0	0
SEPTIEMBRE	110	0	44	0	66	0
OCTUBRE	120	70	124	63	62	7
NOVIEMBRE	214	78	144	75	132	10
DICIEMBRE	157	91	148	78	141	23
ENERO	135	122	148	132	128	13
FEBRERO	175	104	100	88	203	29
MARZO	95	83	156	82	142	30
ABRIL	126	124	76	108	192	46
MAYO	0	102	57	105	135	43
JUNIO	0	0	47	0	88	43
JULIO	0	0	38	12	50	31
AGOSTO	0	0	46	19	4	12
SETIEMBRE	0	0	4	12	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1144</b>	<b>774</b>	<b>1144</b>	<b>774</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
RESUMEN	<b>PRODUCCIÓN TOTAL DE VIGAS</b>		1918			
	<b>PORCENTAJE</b>		100%			

Tabla. 54. Cuadro de Stock de vigas pretensadas según el mes de avance.

TIPO	TOTAL VIGAS CABEZALES PREFABRICADAS		
MES	PRODUCCION	SALIDAS	STOCK
OCTUBRE	5	2	3
NOVIEMBRE	27	16	14
DICIEMBRE	38	24	28
ENERO	22	28	22
FEBRERO	23	26	19
MARZO	27	17	29
MAYO	0	29	0
<b>TOTAL</b>	<b>142</b>	<b>113</b>	<b>29</b>
RESUMEN	Producido	<b>142</b>	
	Porcentaje	<b>100 %</b>	

Tabla. 55. Cuadro de Stock de vigas cabezales según el mes de avance.

MES	TOTAL PRELOSAS			
	PRODUCCIÓN Y SALIDAS	PRODUCCION	SALIDAS	STOCK
AGOSTO		134	0	134
SETIEMBRE		1191	217	1108
OCTUBRE		1581	1633	1056
NOVIEMBRE		2696	3223	529
DICIEMBRE		2228	1143	1614
ENERO		2941	3456	1099
FEBRERO		3242	3235	1106
MARZO		3400	3536	970
ABRIL		4061	4218	813
MAYO		3478	2983	1308
JUNIO		2280	2037	1551
JULIO		34	1096	489
AGOSTO		0	481	8
SETIEMBRE		0	8	0
<b>TOTAL</b>		<b>27266</b>	<b>27258</b>	<b>0</b>

Tabla. 56. Cuadro de Stock de prelosas según el mes de avance.

MES	TOTAL BORDES TÍPICOS		
	PRODUCCIÓN	SALIDAS	STOCK
SETIEMBRE	418	9	409
OCTUBRE	173	54	528
NOVIEMBRE	484	268	744
DICIEMBRE	804	880	668
ENERO	1182	1396	454
FEBRERO	1064	1170	348
MARZO	1176	1112	412
ABRIL	1224	1534	102
MAYO	1284	1086	300
JUNIO	1020	975	345
JULIO	408	203	550
AGOSTO	30	532	48
SETIEMBRE	428	235	241
OCTUBRE	10	251	0
<b>TOTAL</b>	<b>9705</b>	<b>9705</b>	<b>0</b>

Tabla. 57. Cuadro de Stock de bordes típicos según el mes de avance

## 6.2. LIBERACIÓN DE STOCK Y MEDIDAS DE CONTROL CONTINUO

Concluido el proceso constructivo de fabricación de los elementos estructurales se procede a realizar el control rutinario de liberación post-vaciado para entrega a su punto de montaje, como cliente siguiente de la producción.

En el caso de vigas prefabricadas se verificó la protección de las áreas en las que se encuentran los torones expuestos después de cortarse, seguidamente se codifica claramente las vigas de modo que su montaje en el viaducto sea en el orden establecido en los planos de proyecto. Finalmente, las vigas debidamente codificadas son trasladadas a la zona de stock. El traslado será efectuado con puentes grúa de 25 t de capacidad. El despacho de las vigas a la obra (viaducto) será realizado de acuerdo a los requerimientos.

### Detalle de Apoyo para Transporte de Vigas

En base a las condiciones finales de apoyo, las vigas serán transportadas obedeciendo el siguiente esquema (de acuerdo a su posición final en el Viaducto):

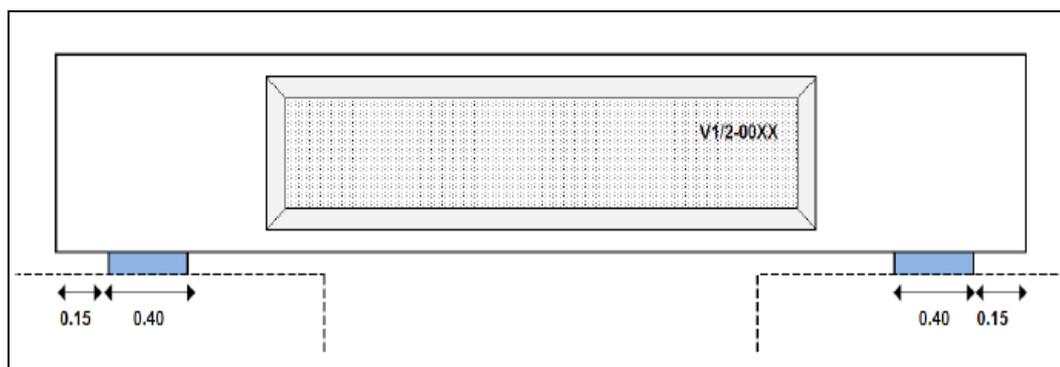


Fig. 117. Viga pretensada apoyada en dados de madera en ambos extremos y apilada en zona de stock.

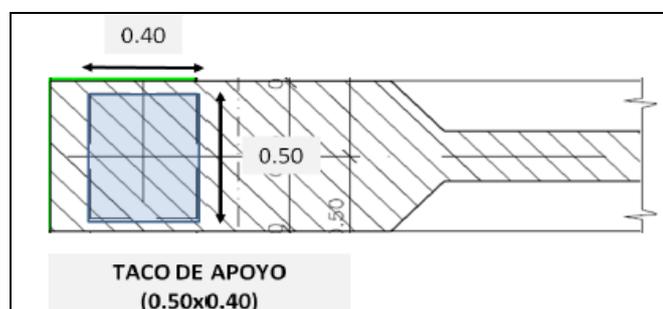


Fig. 118. Detalle del apoyo de madera.

En el caso de las prelosas y bordes típicos, se verificó el acabado caravista y los cantos uniformes de las superficies que estarían expuestas, finalmente,

codificadas las prelosas fueron trasladadas a la zona de stock. El traslado se efectuó con puentes grúa de 20 t de capacidad, el almacenamiento fue en pilas de hasta 8 niveles sobre tacos de madera según esquema.

El despacho de las pre-losas a la obra (viaducto) se realizó de acuerdo a los requerimientos, para los bordes típicos, el izaje en planta fue horizontal, para ello el borde típico se izó de los 4 puntos disponibles (2 anclajes de fierro y dos tubos de PVC).

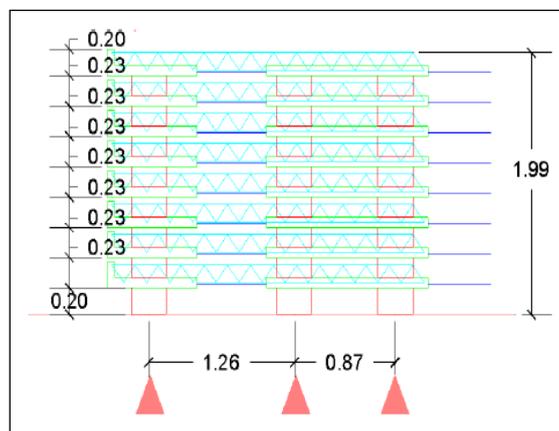


Fig. 119. Detalle de acopio de prelosas.

## CAPÍTULO VII. MEJORA CONTINUA EN LA PREFABRICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 7.1. ESQUEMA DE TRABAJO

#### *DIAGNÓSTICO:*

- Mapeo del sistema de producción, responsables, flujo y procesos, medición de tiempos, capacidades de producción y cuellos de botella.
- Layout del sistema productivo actual. Ubicación de equipos, almacenes, transportes.
- Metas de producción a las que se quiere llegar y producción actual.
- Medición del estado actual del sistema productivo – Nivel general de actividades.
- Medición del trabajo en los procesos claves según los resultados de los Niveles general de actividades – Cartas Balance.
- Anotación de cualquier observación resaltante y comentarios de los ejecutores (ingenieros, personal operativo, etc.) durante todo el diagnóstico.

#### *ANÁLISIS:*

- Estudio del sistema productivo actual.
- Estudio de la distribución del trabajo actual - Resultados del Nivel general de actividades y las Cartas balance.
- Buscar e identificar oportunidades de mejora. Medir su impacto

#### *DESARROLLO:*

- En base al análisis y observaciones, se desarrollaron alternativas de solución que eliminaran los desperdicios, los cuales no generan valor a la producción y se llevaba a cabo reuniones de ideas con todo el personal para realizar mejor sus trabajos en equipo.
- Seleccionar las alternativas óptimas para su implementación, se utilizará una matriz.

#### *COMPROBACIÓN:*

- Una vez implementadas las mejoras, se hicieron mediciones acerca de: La nueva capacidad de producción del sistema, la distribución del trabajo utilizando Nivel general de actividades y cartas balance. Elaboración de un informe para sustentar y cuantificar las mejoras obtenidas

## 7.2. CASO VIGAS CABEZALES

Condiciones Tramo 1: El 100% de las actividades se realizaba en altura teniendo altos índices de riesgo.

Producción: El proceso de fabricación de los cabezales in situ tenía una duración de 16 días.

Calidad: La construcción del cabezal, in situ, demandaba mucha mano de obra en su fabricación y en el acabado final (Resane y solaqueo).

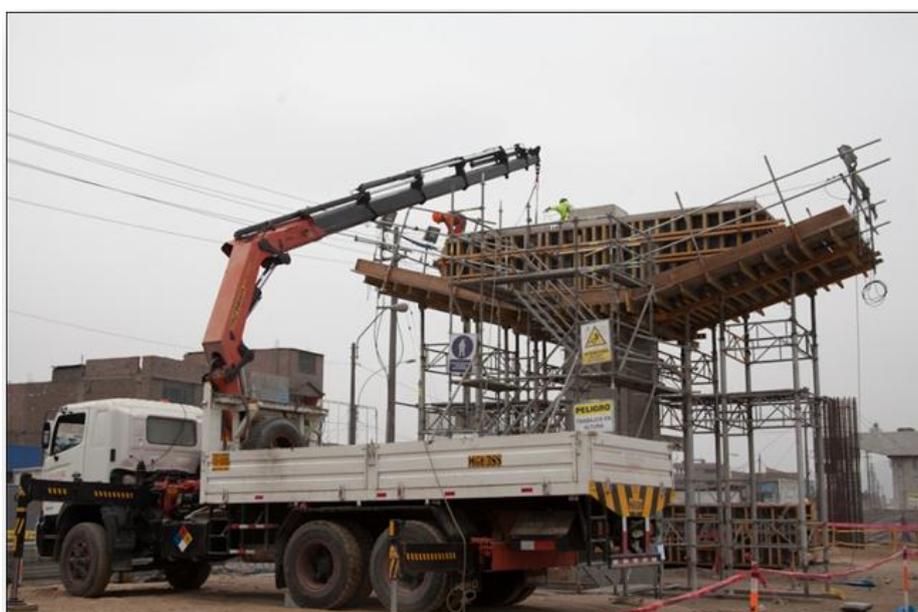


Fig. 120. Proceso constructivo de vigas cabezales in situ.

Mejora continua. Los trabajos realizados in situ fueron reemplazados por elementos prefabricados reduciendo todos los índices de riesgo debido a que todas las actividades, excepto el montaje, se realizaba a nivel de piso en la planta de prefabricados.

Se mejoró la producción debido a que el tiempo de producción de un cabezal se redujo a 3 días.

El acabado caravista de los cabezales prefabricados mejoró notablemente, reduciendo el empleo de la mano de obra en dicha actividad.

Finalmente, la producción de todo el proyecto fue mejorada debido a la apertura de más frentes de construcción de zapatas, por la gran velocidad con que se montaban las vigas cabezal.



Fig. 121. Se utilizaron las 2 grúas pórtico de 40 t para el transporte de mallas, encofrado, armadura de viga cabezal, desencofrado, traslado y carguío de vigas cabezal.



Fig. 122. Colocación de restricciones metálicas en armadura de viga cabezal y colocación de concreto.



Fig. 123. Montaje de cabezal prefabricado

	<b>Viga Cabezal in situ</b>	<b>Viga Cabezal prefabricada</b>
<b>Tiempo de ejecución</b>	16 días.	3 días.
<b>Proceso de ejecución</b>	Tren de actividades.	Acompañamiento de obra.
<b>Actividades que incluye el proceso</b>	Alzaprimado, armado de andamio, encofrado, armado de acero, vaciado de concreto, desencofrado y traslado de andamio.	Montaje de cabezal, inyección de grout.
<b>Condiciones</b>	Columna a nivel de relleno.	Columna a nivel de relleno.

Tabla 58. Comparación entre Viga cabezal in situ y prefabricada.

### 7.3. CASO VIGAS LONGITUDINALES

Se observó el proceso constructivo de las vigas prefabricadas en el tramo I, obteniendo la siguiente información:

1. Doblado del acero

Cuadrilla: 7 personas (1 operario, 2 oficiales, 3 peones)

Rendimiento: 5-5.5 vigas por turno día

2. Transporte del fierro

Cuadrilla: 6-10 personas (peones)

Rendimiento: 1h por viga en turno día

3. Armado de fierro de viga

Cuadrilla: 3 cuadrillas de 8 personas (1 cuadrilla: 6 operarios, 1oficial, 1peón)

Rendimiento: 4.5-5 vigas por turno día

4. Transporte de viga armada

Cuadrilla: 6 personas

Rendimiento: 18 min. por viga en turno día

5. Colocación de cables de pre-tensado

Cuadrilla: 26 personas (15 operarios, 9 oficiales, 2 peones)

Rendimiento: 30 min. por viga en turno día

6. 1° Pretensado

Cuadrilla: 3 personas

Rendimiento: 5 min. por viga en turno día

7. Encofrado de viga

Cuadrilla: 26 personas (15 operarios, 9 oficiales, 2 peones)

Rendimiento: 30 min. por viga en turno día

8. 2° Pretensado

Cuadrilla: 3 personas

Rendimiento: 15 min. por viga en turno día

9. Vaciado y curado

Cuadrilla: 16 personas (15 operarios, 2 oficiales, 6 peones)

Rendimiento: 26 min. por viga en turno día

10. Desencofrado

Cuadrilla: 6-7 personas (operarios)

Rendimiento: 30 min. por viga en turno día

11. Cortado de cables de pretensado

Cuadrilla: 4 personas

Rendimiento: 70 min. por línea de 6 vigas en turno día

12. Transporte de viga vaciada

Cuadrilla: 6 personas

Rendimiento: 30 min. por viga en turno día



Fig. 124. En el diseño no se consideró que el nivel de altura de los encofrados dificultaría el vaciado de los elementos en forma directa con el camión.



Fig. 125. En la planta de prefabricados del tramo 1 todas las líneas de producción de vigas estaban a la misma cota final.

Para poder mejorar la producción y empezar a producir 12-18 vigas diarias se necesitó que los puentes grúa de 20 t tuvieran libertad de recorrido en toda la

zona de las vigas pre-fabricadas de 1.3m de altura, liberar el área de stock, colocar el área de fierriería dentro de la línea de producción, liberar espacio para el fácil transporte de material y para circulación de personal.

<b>PROPUESTA DE MEJORA</b>		
<b>1. Producción</b>		
El "cliente" de la Planta de Prefabricados es el Víaucto. La demanda de vigas H = 1.30 m, al momento de hacer la evaluación era de 4-8 vigas/día y la demanda proyectada máxima sería de 12 vigas/día		
El stock de vigas de H = 1.30 m en la Planta era de:	220	Vigas
La capacidad máxima de almacenamiento era de:	224	Vigas
La demanda proyectada de vigas de H = 1.30 m era de:	12	Vigas/día
La producción de vigas se realizaba en lotes de:	6	Vigas
Por lo tanto la meta de producción óptima será:	12	Vigas/día
<b>2. Sistema de Producción</b>		
Consideraciones:	* Producción Meta	
	* Insertar una cuadrilla de peones responsable del pasado de cables.	
	* Eliminar la cuadrilla de encofrado del turno noche.	
	* Eliminar la cuadrilla de acarreo de acero.	
	* Iniciar los vaciados desde temprano.	
	* Optimizar las cuadrillas de acero y concreto.	
	* Implementar un tren de actividades.	

Tabla 59. Muestra las propuestas de mejora.

Implementación de mejoras y acondicionamiento de las áreas en planta de prefabricados tramo 2.

Se re-diseñó y se generó un nuevo layout para el patio de producción de vigas típicas, de manera tal que, en este nuevo tramo tendrían una longitud de 24.7m. Con esta implementación se logró:

Reducción de 6 a 4 líneas de producción debido al reforzamiento de los bloques de reacción. Con esta nueva disposición se cuenta con mayor espacio para el libre tránsito tanto de maquinaria como de personal.



Fig. 126. Traslado de armadura de acero de viga pretensada con grúa tipo pórtico.



Fig. 127. Mixer de concreto sobre plataforma a desnivel en área de producción.



Fig. 128. En la planta de prefabricados del tramo 2, se implementó mejoras en el proceso de armado de acero, encofrado y vaciado de concreto de las vigas prefabricadas.



Fig. 129. En el tramo 1. Con la necesidad de realizar vigas atípicas de  $H = 1.80$  m, se construyó un patio adicional para vigas, pero sin uso de pórticos grúas

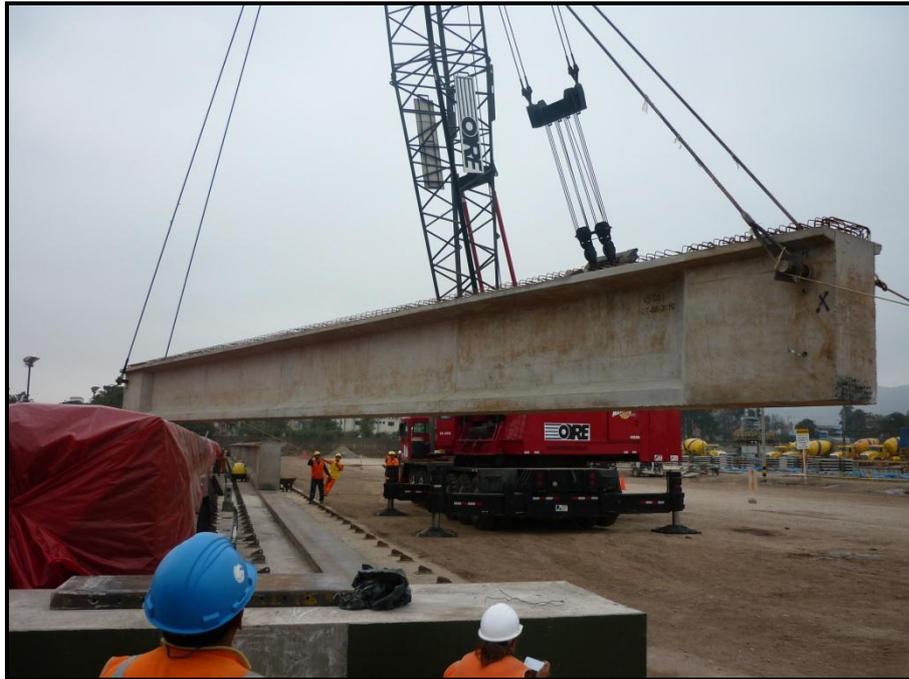


Fig. 130. El desafío en la fabricación de estas vigas atípicas en un espacio reducido y con un área de Stock casi nulo, conllevó al continuo despacho de vigas hacia el frente de montaje

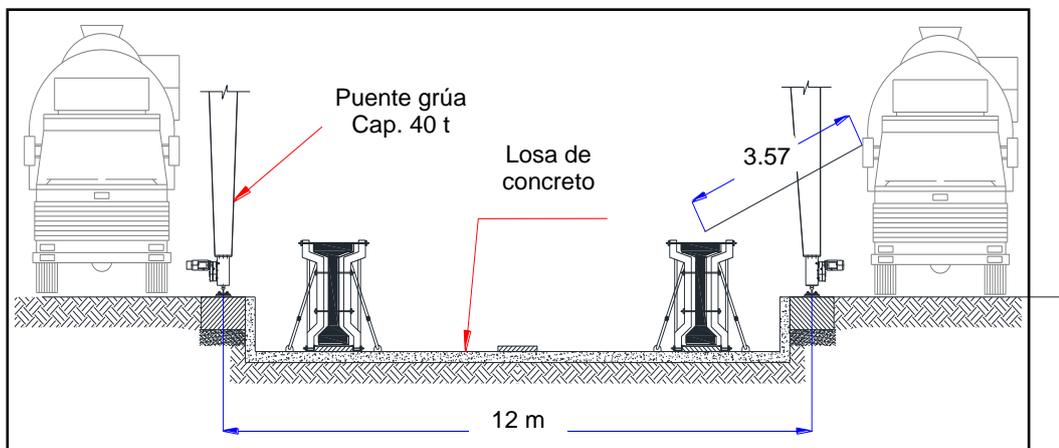


Fig. 131. Mejora implementada en planta de prefabricados Tramo II. Esquema de línea de producción de vigas prefabricadas de  $H = 1.80$  m de altura implementando grúa tipo pórtico de 40 t.



Fig. 132. Traslado de vigas al área de stock.

#### 7.4. GUÍA PARA ENCONTRAR PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS.

Se plantea implementar la siguiente guía, para que los lectores, estudiantes, profesionales, investigadores, etc. puedan aplicarla en las futuras investigaciones de la prefabricación de elementos estructurales y conseguir la mejora continua de los procesos.

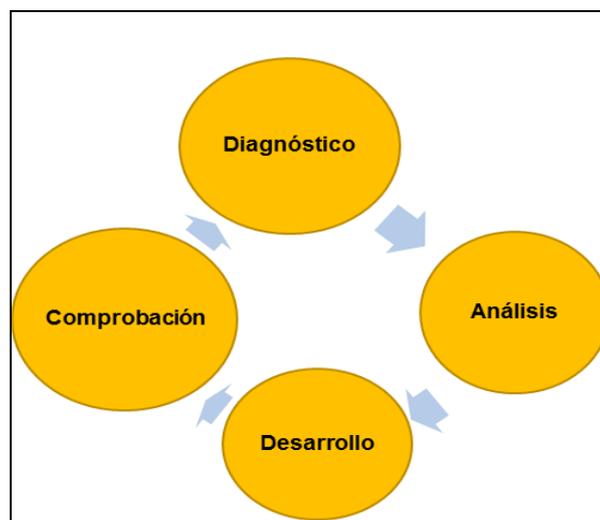


Fig. 133. Ciclo del esquema de trabajo.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PREGUNTAS Y/O SUPUESTOS
1	Partida o proceso a estudiar	Inicio
2	¿Presenta problemas en la productividad?	1. Indicar el objetivo y/o meta de la partida. 2. ¿Cuál es la productividad meta? 3. ¿Se cumple con un ciclo (tiempo) constante de producción? 4. ¿Hay variabilidad de productos? 5. ¿Problemas de calidad 6. Evaluación de plazos y costos.
3	Especular: Económico - Financiero, Gestión de procesos, Gestión de recursos humanos	1. ¿El problema de la productividad se encuentra en el sustento económico-financiero de la planta de prefabricados? 2. ¿El problema de la productividad se encuentra en la gestión de procesos? 3. ¿El problema de la productividad se encuentra en la gestión de Recursos humanos?
4	Análisis del layout de la planta de prefabricados.	1. ¿Hay designación de espacios para el desarrollo de la partida o proceso? 2. Designación de áreas a stakeholders para el desarrollo de la partida o proceso: Taller de equipos, planta de concreto. 3. Ubicación del taller de equipos y planta de concreto en la planta de prefabricados.
5	Hay problemas en la productividad de la partida o proceso	1. Mapeo del sistema de producción, flujo y procesos, medición de tiempos, capacidades de producción. 2. Metas de producción a las que se quiere llegar y producción actual. 3. Medición del estado actual del sistema productivo – Nivel general de actividades. 4. Medición del trabajo en los procesos claves según los resultados de los Niveles general de actividades – Cartas Balance. 5. Anotación de cualquier observación resaltante y comentarios de los ejecutores (ingenieros, personal operativo, etc.)
6	Designación de la ruta crítica, proceso crítico para estudiar.	1. Análisis de flujos y procesos. 2. ¿Hay alguna actividad que retrasa el proceso de prefabricación de los elementos estructurales? 3. Focus group al equipo de responsables.
7	Análisis del proceso o actividad crítica - Medición de la productividad	1. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de Información. 2. Análisis del proceso por separado. 3. Medición de la productividad. 4. Estudio del sistema productivo actual. 5. Estudio de la distribución del trabajo actual - Resultados del Nivel general de actividades y las Cartas balance.
7.1	Gestión de Stakeholders	1. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de Análisis funcional. 2. ¿Se aplica correctamente la gestión de Stakeholders?
7.2	¿Hay problema en la programación?	1. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de Análisis funcional. 2. ¿Se está cumpliendo los plazos establecidos para la entrega del producto?. 3. Revisión del planeamiento general de demanda.
7.3	Identificación aspectos cualitativos que sean fuentes de problemas de la productividad	1. Análisis visual. 2. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de Análisis funcional. 3. Identificación de Interferencias.

ITEM	DESCRIPCIÓN	PREGUNTAS Y/O SUPUESTOS
8	Propuestas de mejoras	1. Análisis visual. 2. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase creativa. 3. Aplicación de constructabilidad. 4. Identificar al cliente. 5. Identificación de necesidad y demanda del cliente.
9	Desarrollo de propuesta de mejora.	1. Análisis visual. 2. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de evaluación.
10	Comprobación	1. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de desarrollo. 2. Verificar, con un prototipo, el cumplimiento de objetivos, aumento de la productividad, reducción de tiempo y costos.
11	Presentación de mejoras	1. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de presentación. 2. Evaluación con los responsables de la producción en planta de prefabricados. 3. ¿Están de acuerdo de la implementación de la mejora? 4. ¿No se necesita otra mejora?
12	Implementación - Medición de la productividad	1. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de implementación. 2. ¿Con la mejora de la productividad de la actividad se mejoró el flujo de la partida? 3. Elaboración de plan de acción para la implementación de mejoras.
13	Mejora continua	1. Aplicación talleres de la gestión por valor. Fase de seguimiento. 2. ¿Se puede mejorar? 3. Evaluación de tiempo y costo.

Tabla 60. Guía para identificar problemas en la producción de elementos prefabricados.

Se complementa con la aplicación de los talleres por valor para análisis el proceso de estudio.

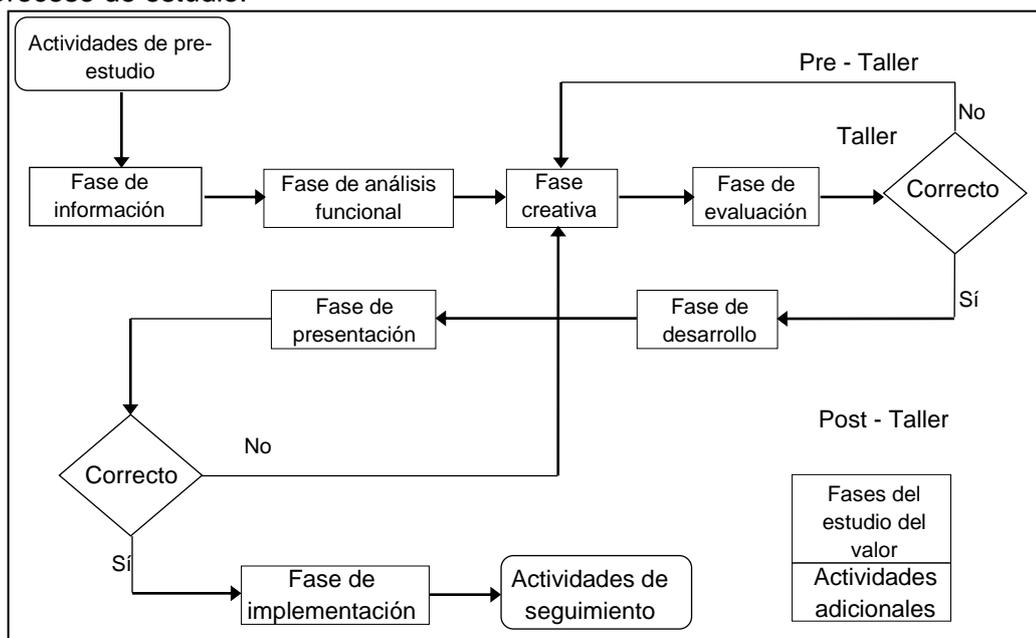


Tabla 61. Guía para identificar problemas en la producción de elementos prefabricados.



#### 7.4.1. Caso de estudio, proceso del pre-armado de acero para vigas estructurales

- Se identifica el cliente directo de la actividad del armado del acero; el encofrado.
- Se identifica la necesidad del cliente: entregar las armaduras según indica la programación, aumentar la producción de 6 vigas/diarias a 12 vigas/diarias
- Se identifica las actividades que causan los tiempos de espera.
- Se identifica las interferencias diarias y se propuso mejoras
- Se llega acuerdos con el proveedor para cumplir con las entregas de material.
- Principales interferencias en el armado de vigas 1.30m
  - Disponibilidad de la grúa.
  - Almacén.

#### Principales restricciones en el armado de vigas 1.80m

- Espacio.
- Almacén.

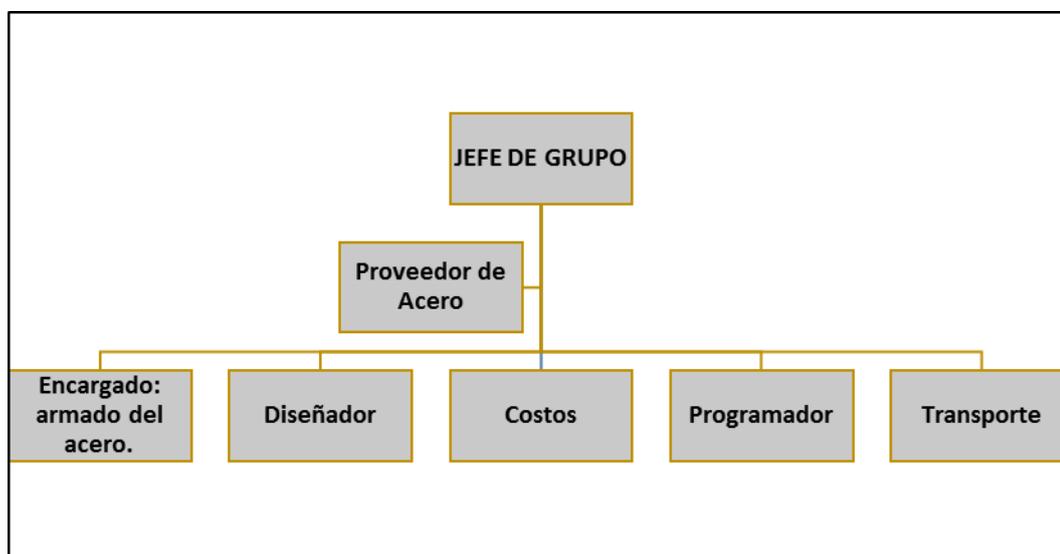


Fig. 134. Equipo de responsables en la producción de pre-armaduras.

Al Desarrollar estos talleres de la gestión del valor para el acero pre-armado, se tiene como resultado el mapa de procesos a usar, es claro que la meta de la aplicación del acero pre-armado es la externalización de esto procesos (los cuadros se indican con color rojo) ya que con ello el contratista tendría muchas ventajas y beneficios como menor espacio necesario, menor costo de

producción, menor costo financiero, mayor seguridad, etc.; por otro lado para el proveedor este servicio es un plus para su empresa ya que brindaría servicios con mayor calidad y también con ello obtendría beneficios rentables.

## CONCLUSIONES

Actualmente, la ejecución de los proyectos de ingeniería demanda cumplir con los estándares de calidad, reducción de riesgos, reducción de tiempo y reducción de costos, frente a este panorama se hace preciso innovar en procedimientos constructivos y en el uso de nuevas tecnologías por ingenieros responsables que buscan la mejora continua asegurando la plena satisfacción del cliente. De este modo, el uso de los elementos prefabricados es, sin lugar a duda, el proceso de externalización que en la actualidad está cumpliendo con los estándares mencionados e induce a la innovación y optimización de procesos de producción en la construcción.

El presente informe muestra la línea de tiempo de una planta de elementos prefabricados desde su concepción, el montaje, la operación (optimización de procesos de producción de elementos estructurales prefabricados), hasta la etapa final (la entrega del producto) consiguiendo la satisfacción del cliente por el cumplimiento en los plazos de entrega y en la calidad del producto.

Los elementos prefabricados son aplicables para ejecución de proyectos donde exista la necesidad de construir: Cruces vehiculares a nivel, Viaductos vehiculares, Viaductos férreos y de metro, Puentes, Muros de contención y Obras de Arte, Edificaciones, etc. La externalización de procesos ha conseguido que se analice por separado el desarrollo de cada uno, usando las herramientas aprendidas de optimización de procesos para encontrar las mejoras necesarias. Dicho análisis de procesos conlleva a estructurar un plan de trabajo, tomar las mediciones de campo, señalar las actividades y/o recursos no contributivas, proponer mejoras para conseguir la optimización de los procesos de producción y de colocación, experimentar estas propuestas para ser analizadas nuevamente y comprobar la reducción en tiempos y costos; el flujo de análisis es un ciclo continuo que se adapta perfectamente a los procesos de producción de prefabricados, por ser estos, también, procesos cíclicos.

Según la comparación en los dos casos, tramo 1 y tramo 2 de la construcción del viaducto del tren eléctrico se demuestra que, hacer uso de las experiencias ingenieriles en la planificación inicial optimiza los procesos reduciendo los

tiempos en los ciclos de producción y reduce los costos, por ejemplo, el uso de vigas cabezales prefabricados implementados por primera vez, optimizó el proceso de ejecución de la estructura del viaducto reduciendo el tiempo de fabricación de vigas cabezales en 3 días y consiguiendo que los elementos prefabricados estén entregados en el plazo establecido según la programación de montaje.

Al externalizar un proceso es conveniente que sea la actividad crítica del ciclo de producción, la tercerización del proceso de ejecución de armaduras de acero de las vigas estructurales demostró que, siendo esta, la actividad crítica de la fabricación, analizándola cómo mejorarla se consiguió optimizar recursos, se consiguió la cuadrilla ideal, mejora en reducción de tiempos e implementación de mejoras en el proceso, por ejemplo, la ejecución de accesos para el traslado de estribos, habilitando el taller de herrería dentro del patio de fabricación, a fin de compartir el equipo de transporte con los otros procesos.

Se verifica que el planeamiento inicial, el cumplimiento de la programación, la gestión con los proveedores de recursos, la variabilidad en el proceso, la existencia de restricciones e interferencias, la curva de aprendizaje, el índice de riesgos, influyen en la optimización de procesos, optimización de espacio y liberación de stock, obteniendo como resultado la reducción de tiempos y de costos, así como la satisfacción del cliente final.

## RECOMENDACIONES

Para asegurar la optimización de procesos constructivos en un proyecto es recomendable el uso de elementos prefabricados cumpliendo así, los estándares normados de la construcción, además según la envergadura del proyecto es factible montar una planta de prefabricados dentro de obra para el control y seguimiento de la fabricación de los elementos; en caso contrario, se recomienda realizar el seguimiento a la planta proveedora de los elementos de la misma forma que se muestra en el informe.

En la concepción de una planta de prefabricados es recomendable analizar los procesos de producción de los elementos, según el área disponible, a fin de adelantarse a los problemas antes que estos se presenten, por ejemplo, el movimiento de vehículos en horas de poco tránsito, generalmente en la madrugada, evitar problemas con los vecinos, que se analicen los flujos de producción, movimiento de materiales, que no existan embotellamientos, que el personal tenga las herramientas adecuadas y en buen estado, que no falte flujo eléctrico, iluminación, servicios higiénicos, alimentación, ropa de trabajo, seguridad, higiene, etc.

El ciclo de producción ideal conseguido en los procesos se adapta a la demanda del cliente, esta demanda predomina en el cálculo de la cantidad de stock aceptable en la planta de prefabricados y en la cantidad de recursos implicados, en este caso es recomendable mantener comunicación constante con el cliente, intercambiar programaciones diarias, semanales o mensuales, fechas de requerimientos, observaciones de restricciones e interferencias y comunicación de la variabilidad (en diseño, dimensiones, etc.) en el pedido de productos (prefabricados).

A pesar de analizar el proceso antes de su implementación, es necesario mantener un seguimiento continuo a lo largo de su duración, por eso, en los futuros proyectos que involucren el uso de elementos prefabricados, se recomienda aplicar la guía práctica para identificar problemas en la producción de elementos prefabricados, siendo esta, una ayuda al desarrollo cíclico de los procesos de producción.

Para aplicar esta guía se necesita obtener una primera medición de la productividad para futuras comparaciones y evaluaciones, si no se cuenta con un dato inicial, se puede aplicar la constructibilidad y los talleres de gestión por valor para obtener un dato inicial teórico.

Finalmente, durante la implementación de la guía práctica es recomendable e importante realizar los talleres de gestión por valor, según indicaciones en la guía, porque estos talleres muestran las interrogantes que se plantearía a lo largo del análisis del proceso para conseguir la mejora continua.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

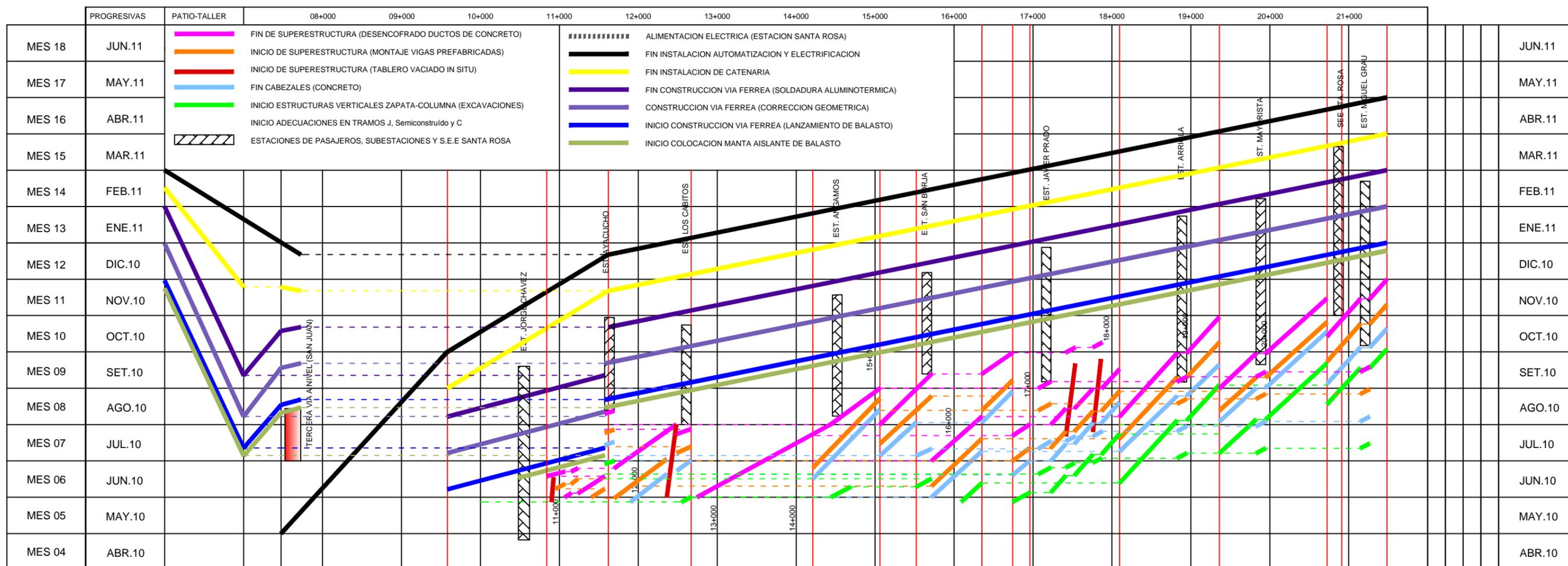
- American Society of Civil Engineers (ASCE), “Constructability, concepts and practice”, 2007.
- Orihuela, Pablo y Orihuela, Jorge, “Constructabilidad en pequeños proyectos inmobiliarios”. VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario – M.D.I. Perú - 2003
- Government of Western Australia. Department of Treasury and Finance. “Value Management Guidelines. Strategic Asset Management Framework”. Australia - Agosto 2005.
- Ormazábal Sánchez, Gaizka. “El IDS: Un nuevo sistema integrado de toma de decisiones para la gestión de proyectos constructivos”. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña - 2002.
- Navarro Hayashida, Javier, “Mejora de la Productividad en Edificaciones mediante la Externalización de procesos Pre-Armado de vigas, columnas y placas”, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 2010.
- Organización Internacional del Trabajo, “Introducción al Estudio del Trabajo” Imprenta del Journal de Geneve, Ginebra, Suiza, 1965.
- Trujillo Párraga, Joe Isaac. “Estudio de Tiempos y Modelo Productivo de Demoras de los Procesos para la Medición De la Productividad en los Procesos Constructivos”. Lima, Perú 1994.
- Vargas Saavedra Teófilo , “Medidas de la productividad”, Paper, Instituto de Investigación Facultad de Ingeniería Civil UNI, Lima, 2010.
- Liviac Calderon Alex, “La importancia de la conservación y repaso de conocimientos en la Ingeniería” Paper, Instituto de Investigación Facultad de Ingeniería Civil UNI, Lima, 2010.

### ANEXOS

Anexo 1.1.	Tiempo Camino - Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 1.2.	Tiempo Camino - Tramo 2, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 3.1.	Plano de Layout planta de prefabricados Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 3.2.	Plano de Layout planta de prefabricados Tramo 2, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 3.3.	Demanda de prelosas Tramo 2, Línea 1, metro de Lima.
Anexo 3.4.	Demanda de vigas Tramos 2, Línea 1, metro de Lima.
Anexo 4.1.	Plano estructural de Vigas Estructurales
Anexo 4.2.	Plano estructural de Vigas Cabezales
Anexo 4.3	Plano estructural de Prelosas
Anexo 4.4.	Plano estructural de Bordes Típicos
Anexo 5.1.	Tablas de Carta Balance del proceso, Encofrado, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 5.2	Tablas de Carta Balance del proceso, Armado de armaduras de acero, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 5.3	Tablas de Carta Balance del proceso, Colocación de concreto, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 5.4	Tablas de Carta Balance del proceso, Pase de torones, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima
Anexo 5.5.	Propuesta de Mejora en el proceso de fabricación de vigas Tramo 1
Anexo 5.6.	Identificación de peligros, evaluación de riesgos y establecimiento de controles Planta de Prefabricados Tramo 1 y Tramo 2
Anexo 5.7.	Plan de puntos de inspección – Control de Calidad – Planta de Prefabricados
Anexo 6.1.	Avance de producción de vigas estructurales y vigas cabezales, Tramo 2, Línea 1, metro de Lima.

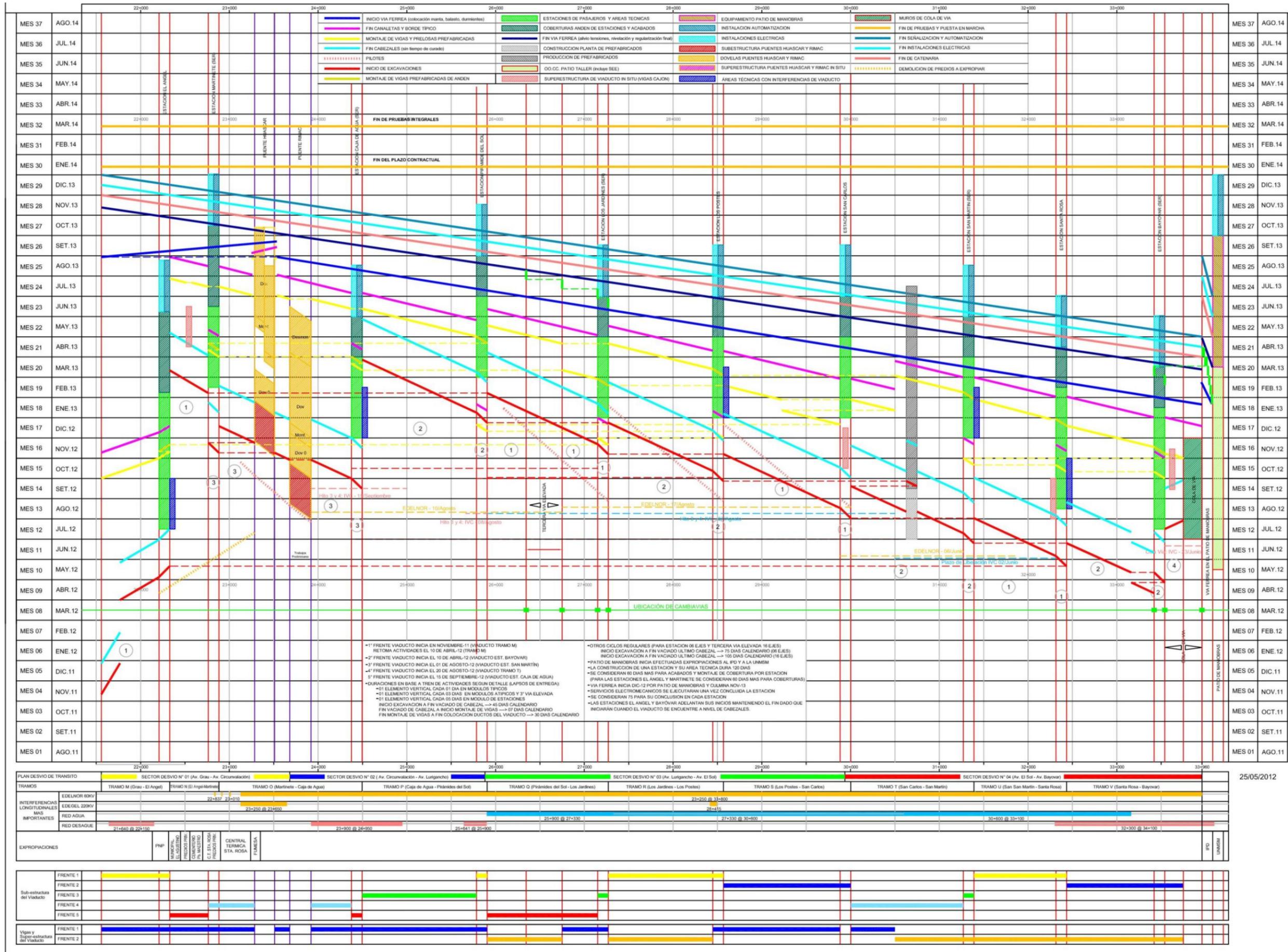
Anexo 6.2	Avance de producción de prelosas y bordes típicos, Tramo 2, , Línea 1, metro de Lima.
Anexo 6.3	Avance gráfico.
Anexo 7.1.	Guía para encontrar problemas de producción en prefabricados
Anexo 8.	Panel fotográfico y videos

### Anexo 1.1. Tiempo Camino - Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima



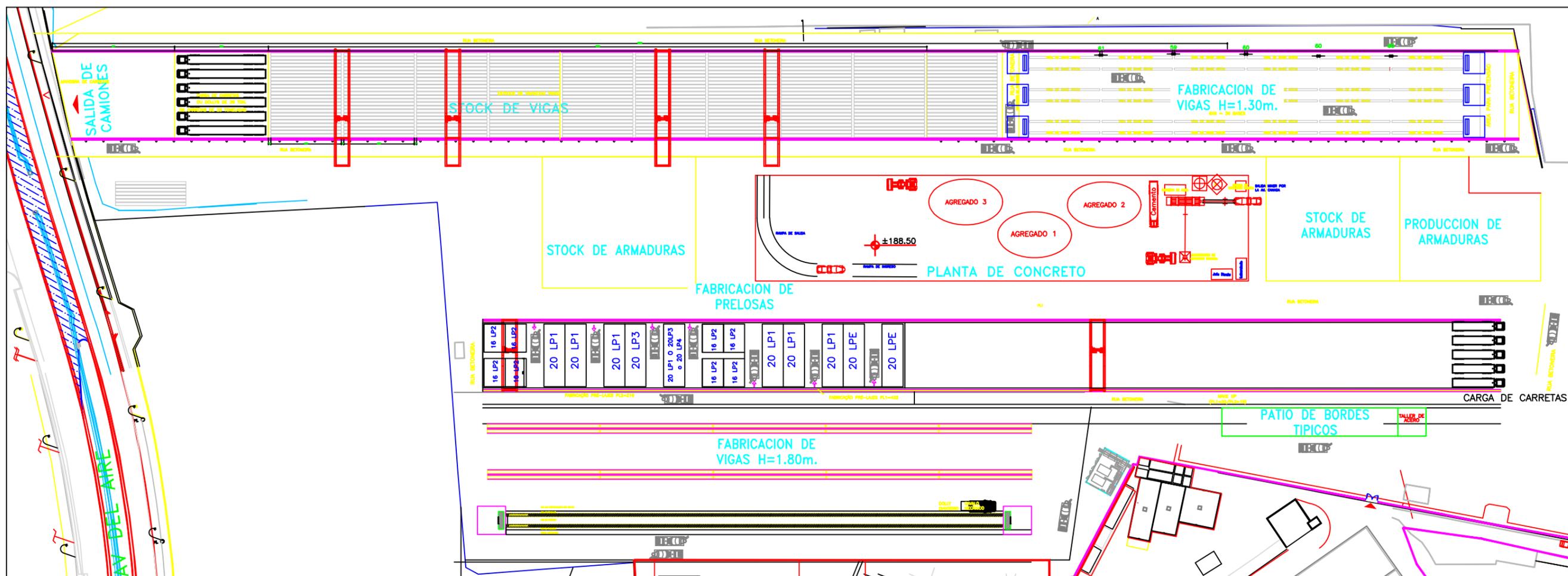
PROGRESIVAS	PATIO-TALLER	08+000	09+000	10+000	11+000	12+000	13+000	14+000	15+000	16+000	17+000	18+000	19+000	20+000	21+000	JOB 01	JOB 02	JOB 03	JOB 04													
SECTOR ANTEPROYECTO	Rehabilitación de Línea Férrea Existente (00-643 - 03+645)	J				K	L	Semiconstruido			C1	C2	C3	C4	C5	E	F	G	C631	G1												
PROGRESIVA INICIO				09+681	10+841	11+621	12+660		14+210		16+861	18+096	19+361	20+910	21+483																	
PROGRESIVA FINAL																																
LONGITUD DEL SECTOR																																
TERCERA VIA A EJECUTAR		3° Vía a Nivel San Juan L=250 ml. (07+473.23 - 07+723.23)							3° Vía Elevada Angamos L=350 ml. (13+755.62 - 14+105.62)																							
JOB 01																																
JOB 02																																
JOB 03																																
JOB 04																																
PROGRESIVAS					11+031.00	11+641.00	12+424.10	12+483.20	13+200.00	13+450.00	14+210.68	14+382.68		15+584.53	15+921.03	16+331.03	17+023.42	17+472.03	17+813.53	18+568.53	19+198.66	19+622.41	19+812.41	20+254.91	20+411.61	20+904.11	21+202.71	21+483.71				
REFERENCIAS PRINCIPALES					Av. Surco	Av. Ayacucho	Ov. Cabitos	Inicio SemiConst.	Av. Valle del Sur	Av. Villaran	Fin Semi Const.	Av. Angamos		Av. San Borja Sur	Av. Fray L de Leon	Av. San Borja Norte	Av. Javier Prado	Av. Canada	Av. Del Aire	Ov. Arriola	Av. Mexico	Av. I. la Catolica	Av. S. Barranca	Av. Bausate y M.	Av. 28 de Julio	Curva de Grau	Av. S. Lorente	Fin de Obra				

### Anexo 1.2. Tiempo Camino - Tramo 2, Línea 1, Metro de Lima

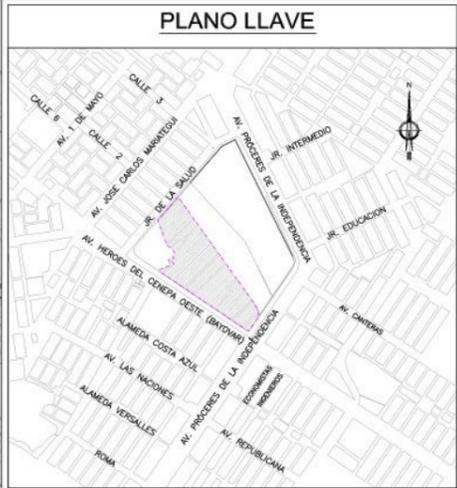
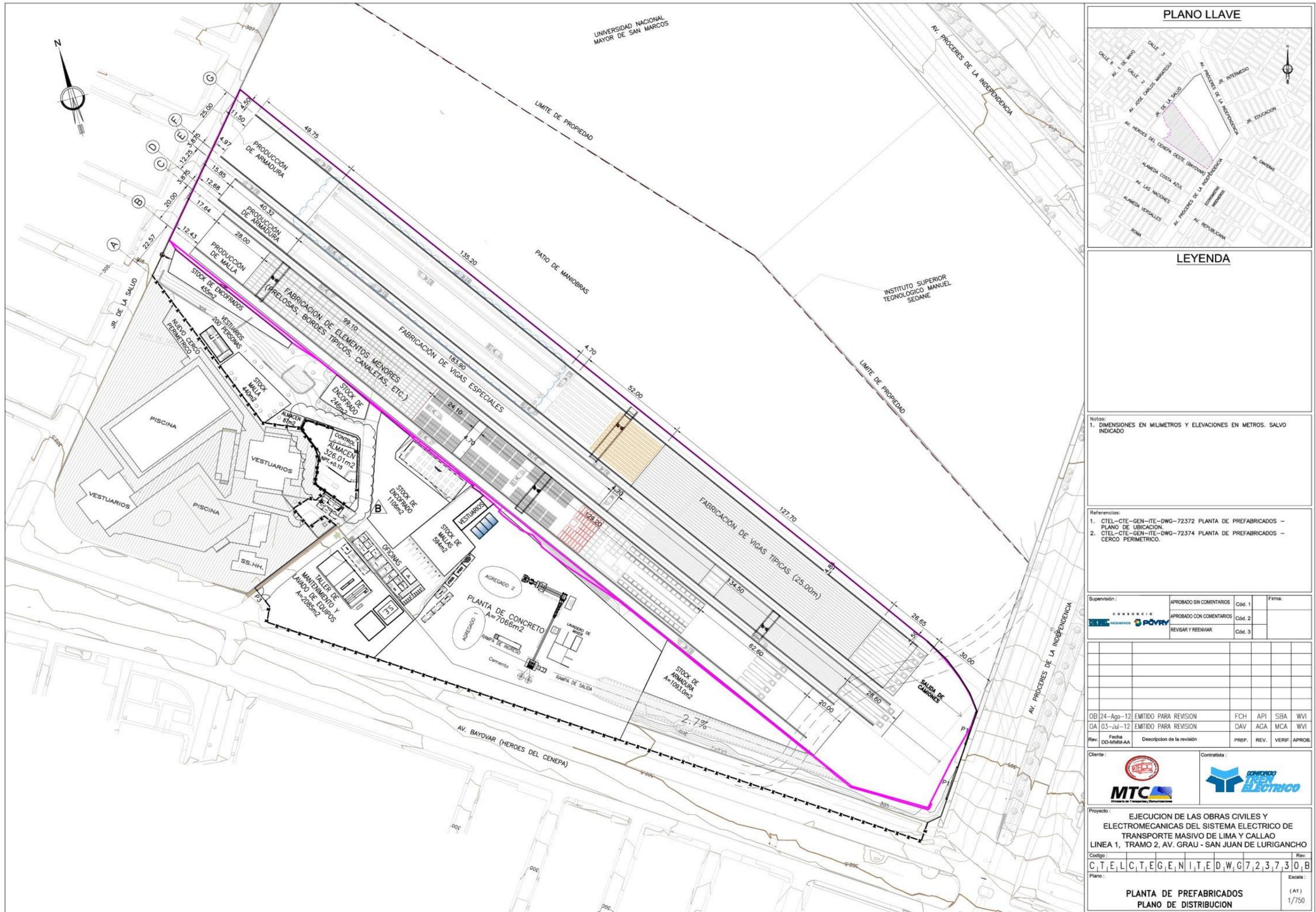


25/05/2012

Anexo 3.1. Plano de Layout planta de prefabricados Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima



Anexo 3.2. Plano de Layout planta de prefabricados Tramo 2, Línea 1, Metro de Lima



### LEYENDA

1. DIMENSIONES EN MILIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS. SALVO INDICADO

Notas:  
1. DIMENSIONES EN MILIMETROS Y ELEVACIONES EN METROS. SALVO INDICADO

Referencias:  
1. CTEL-CTE-GEN-ITE-DWG-72372 PLANTA DE PREFABRICADOS - PLANO DE UBICACION.  
2. CTEL-CTE-GEN-ITE-DWG-72374 PLANTA DE PREFABRICADOS - CERCO PERIMETRICO.

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REEMITAR	Cód. 3	

OB 24-Ago-12	EMITIDO PARA REVISION	FCH	API	SBA	WVI		
OA 03-Jul-12	EMITIDO PARA REVISION	DAV	AGA	MCA	WVI		
Rev.	Fecha	DD-MM-AA	Descripcion de la revision	PREP.	REV.	VERIF.	APROB.

Cliente:

Contratista:

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECHANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Código: CTELCTEGENITDWDWG723730B

Plano: PLANTA DE PREFABRICADOS PLANO DE DISTRIBUCION

Escala: (A1) 1/750

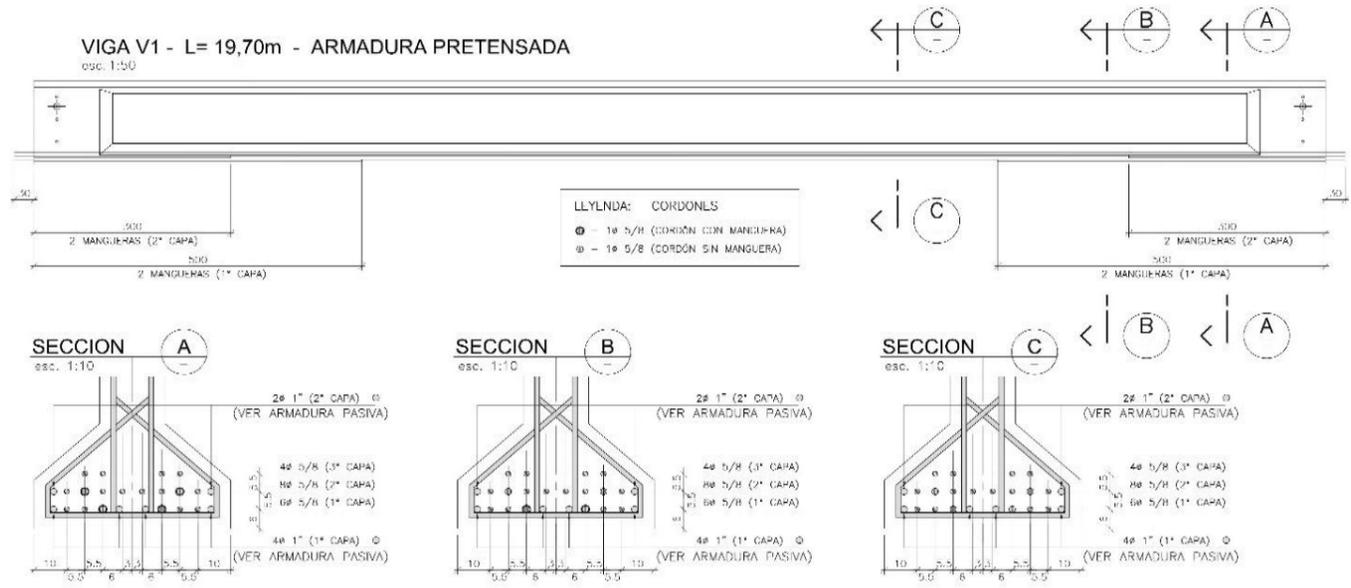
Anexo 3.3. Demanda de prelosas Tramo 2, Línea 1, metro de Lima.

DIMENSIÓN		TRAMOS											COLA DE VI/ Total	
e	dimensión	TRAMO M	TRAMO N	TRAMO O	TRAMO P	TRAMO Q	TRAMO R	TRAMO S	TRAMO T	TRAMO U	TRAMO V	TRAMO W		
ESTACIÓN		1935	1074	2760	3399	3912	3147	2973	3315	2343	2763	175		
CENTRAL	0	1.245x1.2			90	90	90	90	90	90	90		720	
		1.245x1.65		90									90	
LATERAL	0.8	1.245x0.635-1.245x1.65		180									180	
		1.245x0.67-1.245x1.2	180		180	180	180	180	180	180	180		1440	
ESPECIAL	0.8	1.245x0.52-1.245x0.71	8			8	8	8	8	8	8		48	
		1.245x0.73-1.245x0.52			8								8	
	0.80/0.80	1.245x0.375-1.245x0.52-1.245x0.71								28	28		56	
		1.245x0.425-1.245x0.52-1.245x0.71	28										28	
		1.245x0.45-1.245x0.52-1.245x0.71		26									26	
		1.245x0.52-1.245x0.52-1.245x0.71			34	40	22	26					122	
		1.245x0.56-1.245x0.52-1.245x0.71							24				24	
		1.245x0.57-1.245x0.52-1.245x0.71		8									8	
		1.245x0.65-1.245x1-1.245x0.7	144										144	
		1.245x2.12-1.245x0.52-1.245x0.71		146	146	132	150	146		148	144	144	1156	
VIADUCTO														
CENTRAL		1.24x0.80						123					123	
		1.24x1.00	184		381	470	1091	301	554	461	99	752	4293	
		1.24x1.20	266	57	171	513	475	475	437	494	532	19	3477	
		1.24x1.40	45										45	
		1.24x1.45		92	65								157	
		1.24x1.65		57	152								209	
LATERAL	0.6	1.24x0.82 - 1.24x1.40	30										30	
		1.24x0.88 - 1.24x1.40	60										60	
	0.8	1.24x0.70 - 1.24x1.65		38	38								76	
		1.24x0.73 - 1.24x1.65		76									76	
		1.24x0.77 - 1.24x1.20	266		38	684	912	530	570	532	836	38	4444	
		1.24x0.82 - 1.24x1.20	40					78					118	
		1.24x0.88 - 1.24x1.20		38	38					38	19		133	
		1.24x0.90 - 1.24x1.20									19		19	
		1.24x0.90 - 1.24x1.65			114								114	
		1.24x0.92 - 1.24x1.20	38			38				57	57		190	
		1.24x0.94 - 1.24x1.20						38					38	
		1.24x0.98 - 1.24x1.20			190	57			95	95	76		513	
		1.24x1.00 - 1.24x1.20						38					38	
		1.24x1.02 - 1.24x1.20	38	38		57	38	133		38			342	
		1.24x1.07 - 1.24x1.20				114			95	57	57		323	
		1.24x1.10 - 1.24x1.20	19										19	
		1.24x1.10 - 1.24x1.65			152								152	
		1.24x1.12 - 1.24x1.20							19				19	
		1.24x1.15 - 1.24x1.20				19		133					152	
		1.24x1.17 - 1.24x1.20			38				38	114			190	
		1.24x1.20 - 1.24x1.20	38			19							57	
		1.24x1.22 - 1.24x1.20	19	38					19				76	
		1.24x1.29 - 1.24x1.20				38							38	
		1.24x1.32 - 1.24x1.20	19							57		38	114	
		1.24x1.37 - 1.24x1.20			38								38	
		1.24x1.40 - 1.24x1.20							38				38	
		1.24x1.45 - 1.24x1.20	19										19	
	1	1.24x0.47 - 1.24x1.00					38						38	
		1.24x0.52 - 1.24x1.00					65						65	
		1.24x0.62 - 1.24x1.00					27						27	
		1.24x0.67 - 1.24x1.00			253	436	57	602	130	678		1504	3660	
		1.24x0.70 - 1.24x1.00					38						38	
		1.24x0.73 - 1.24x1.00				57	46			23			126	
		1.24x0.77 - 1.24x1.00			38					19			57	
		1.24x0.82 - 1.24x1.00	36		84	27				65			212	
		1.24x0.85 - 1.24x1.00			38		19						57	
		1.24x0.88 - 1.24x1.00				126			57	76	99		358	
		1.24x0.90 - 1.24x1.00					19						19	
		1.24x0.92 - 1.24x1.00				19	46			23			88	
		1.24x0.94 - 1.24x1.00							369				369	
		1.24x0.98 - 1.24x1.00	38		92	61	57		57	38	76		419	
		1.24x0.995 - 1.24x1.45		3									3	
		1.24x1.00 - 1.24x1.45		92	130								222	
		1.24x1.00 - 1.24x1.00					19						19	
		1.24x1.02 - 1.24x1.00	38		130	107	198		70		23		566	
		1.24x1.02 - 1.24x1.45		95									95	
		1.24x1.07 - 1.24x1.00				23							23	
		1.24x1.12 - 1.24x1.00	146		130								276	
		1.24x1.12-1.24x1.00							126				126	
		1.24x1.15 - 1.24x1.00					38						38	
		1.24x1.17 - 1.24x1.00				27			96				123	
		1.24x1.20 - 1.24x1.00				57	27						84	
		1.24x1.22 - 1.24x1.00	19				152						171	
		1.24x1.26 - 1.24x1.00							140				140	
		1.24x1.27 - 1.24x1.00							38				38	
		1.24x1.29 - 1.24x1.00					46						46	
		1.24x1.37 - 1.24x1.00	27				54		25				106	
		1.24x1.54 - 1.24x1.00	19										19	
		1.24x1.72 - 1.24x1.00	81										81	
	1.2	1.24x0.57 - 1.24x0.80						246					246	
ESPECIAL	0.80/0.80	1.24x1.24 - 1.24x1.20 - 1.24x0.97											17	
		1.24x1.62 - 1.24x1.20 - 1.24x0.95											10	
		1.24x1.62 - 1.24x1.20 - 1.24x0.96											16	
		1.24x1.79 - 1.24x1.20 - 1.24x0.95											18	
<b>Total general</b>			<b>1935</b>	<b>1074</b>	<b>2760</b>	<b>3399</b>	<b>3912</b>	<b>3147</b>	<b>2973</b>	<b>3315</b>	<b>2343</b>	<b>2763</b>	<b>175</b>	<b>27796</b>

Anexo 3.4. Demanda de vigas Tramos 2, Línea 1, metro de Lima.

H (m)	Long. (m)	2012				Total 2012	2013								Total 2013	Total general	
		Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto			
1.3	13.90			2		2											2
	19.70				12	12											12
	21.70			2		2											2
	22.45			2		2											2
	23.42												8	8	16		16
	23.70	40	28	52	40	160	40	48	92		20				200		360
	23.90			2		2											2
	24.42												16	8	24		24
	24.55				8	8	4	8		8				4	24		32
	24.63													4	4		4
	24.70	20	60	96	96	272	20	84	28	136	96	60			424		696
<b>Total 1.3</b>		<b>60</b>	<b>88</b>	<b>156</b>	<b>156</b>	<b>460</b>	<b>64</b>	<b>140</b>	<b>120</b>	<b>136</b>	<b>104</b>	<b>80</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>692</b>		<b>1152</b>
1.8	20.70	4	4			8											8
	24.40									24	18	12			54		54
	24.44												4		4		4
	24.50									6	12				18		18
	24.55			12		12	4					16			20		32
	24.63												4		4		4
	24.70	40	72	36		148	40	20	52	36	44	32	8		232		380
	29.30										4				4		4
	29.44											8			8		8
	29.45											12	4		16		16
	29.48											8			8		8
	29.63												4		4		4
	29.70		8			8	56	16	4	4	4	4			88		96
	32.70						4								4		4
	33.55												4		4		4
	33.70								4		4				8		8
	34.30									6		4			10		10
	34.40							28	4			4			36		36
	34.55												4		4		4
	34.70		4	16	12	32			4	6	18	4			32		64
<b>Total 1.8</b>		<b>44</b>	<b>88</b>	<b>64</b>	<b>12</b>	<b>208</b>	<b>104</b>	<b>64</b>	<b>68</b>	<b>82</b>	<b>104</b>	<b>104</b>	<b>32</b>		<b>558</b>		<b>766</b>
<b>Total general</b>		<b>104</b>	<b>176</b>	<b>220</b>	<b>168</b>	<b>668</b>	<b>168</b>	<b>204</b>	<b>188</b>	<b>218</b>	<b>208</b>	<b>184</b>	<b>56</b>	<b>24</b>	<b>1250</b>		<b>1918</b>

### Anexo 4.1. Plano estructural de Vigas Estructurales

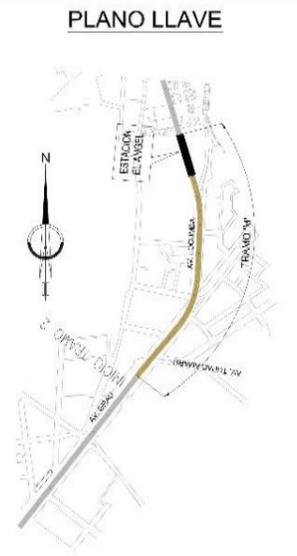


RESUMEN			
DIAMETRO	kg/m	LONGITUD (m)	PESO (kg)
3/8	0.44	-	-
1/2	0.79	-	-
5/8	1.13	365.40	413
TOTAL P/ 1 VIGA (kg)			413

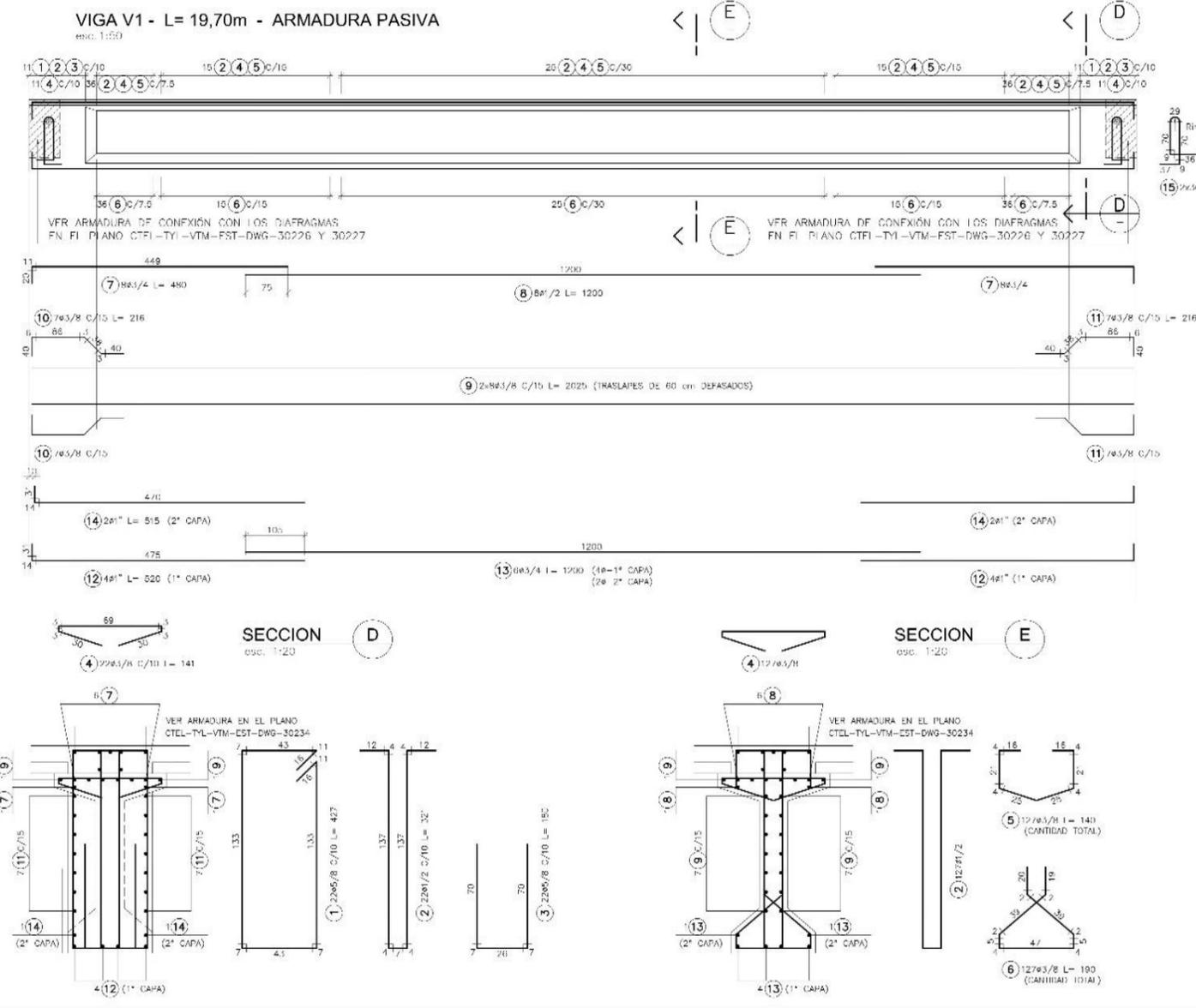
LISTA DE CORDONES				
POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)	TOTAL
1	5/8	18	2030	36540

**NOTAS DE PRETENSADO:**

- 1- CARACTERÍSTICAS DE LOS CORDONES:  
 $A_p/A_s = A_p' = 1,40 \text{ cm}^2$   
 ESFUERZO DE TENSADO POR CORDÓN:  
 $f_{st}/A_s = f_{st}' = 195 \text{ KN}$   
 CARGA UNITARIA DE ROTURA:  $f_{pu} \geq 1260 \text{ MPa}$   
 LÍMITE ELÁSTICO:  $f_{py} \geq 1170 \text{ MPa}$   
 MÓDULO ELÁSTICO:  $E_p \geq 195000 \text{ MPa}$
- 2- PARA LA APLICACIÓN DEL PRETENSADO EL CONCRETO DEBE HABER ALCANZADO UNA RESISTENCIA  $f_c > 29 \text{ MPa}$
- 3- ALARGAMIENTO DE LOS CORDONES: 145mm



### LEYENDA



LISTA DE VARILLAS			
POS.	Ø"	CANT.	LONGITUD (cm)
1	5/8	22	427
2	1/2	149	321
3	5/8	22	180
4	3/8	149	141
5	3/8	127	140
6	3/8	127	190
7	3/4	16	480
8	1/2	8	1200
9	3/8	16	2025
10	3/8	14	216
11	3/8	14	216
12	1	8	520
13	3/4	6	1200
14	1	4	2060
15	5/8	6	260

RESUMEN			
Nº	Ø"	kg/m	LONGITUD (m)
5	3/8	0.57	1013.07
4	1/2	1.00	574.29
5	5/8	1.55	149.14
6	3/4	2.24	148.80
7	7/8	3.04	-
8	1	3.97	62.20
11	3/8	7.91	-
PESO TOTAL P/ 1 VIGA (kg)			1963

**Notas:**

- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
- 2- MATERIALES: CONCRETO ( $f_c = 42 \text{ MPa}$  ( $420 \text{ kgf/cm}^2$ ))  
 ARMADURA PRETENSADA Y PASIVA: ACPH (ARMADURA PASIVA)  $f_y = 420 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ kgf/cm}^2$ )
- 3- REQUERIMIENTO: 3.5cm
- 4- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
- 5- CONSIDERAR GROUP PARA REQUERIMIENTO DEL PRETENSADO

**Referencias:**

- CTCL-TM-VIM-EST-DWG-30226 TRAMO M - VIGAS DIAFRAGMA COLUMNAS INTERNAS ARMADURA PRETENSADA Y PASIVA
- CTCL-TM-VIM-EST-DWG-30227 TRAMO M - VIGAS DIAFRAGMA COLUMNAS JUNTAS ARMADURA PRETENSADA Y PASIVA
- CTCL-TM-VIM-EST-DWG-30234 TRAMO M - VIGAS V1 Y V2 MEDIO MMT ARMADURA SUPERIOR - 2ª CAPA DEL VACADO

Supervisión:	CONSORCIO	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
DEBEL	POYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
		REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

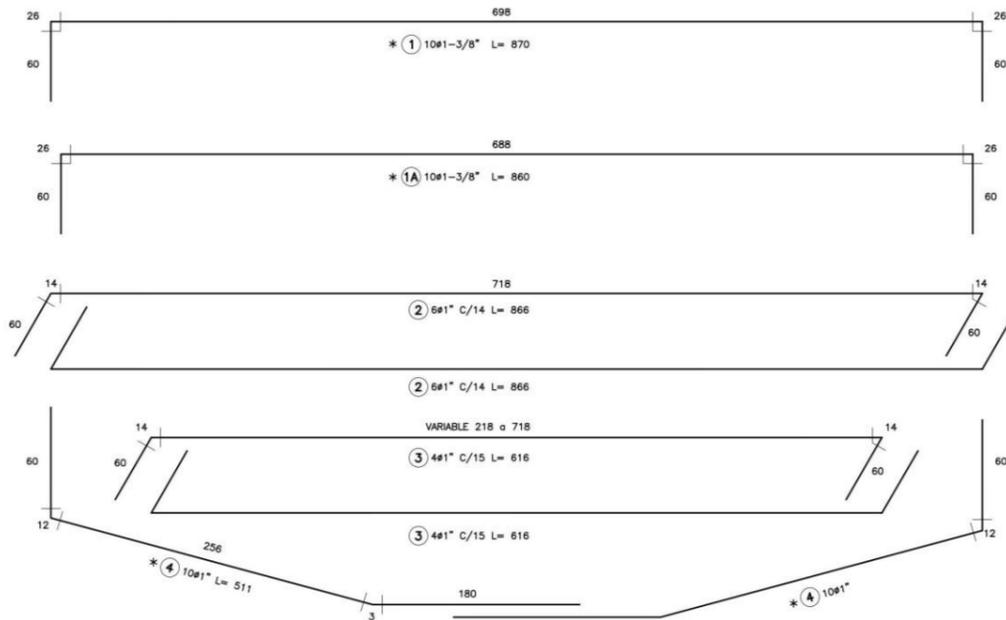
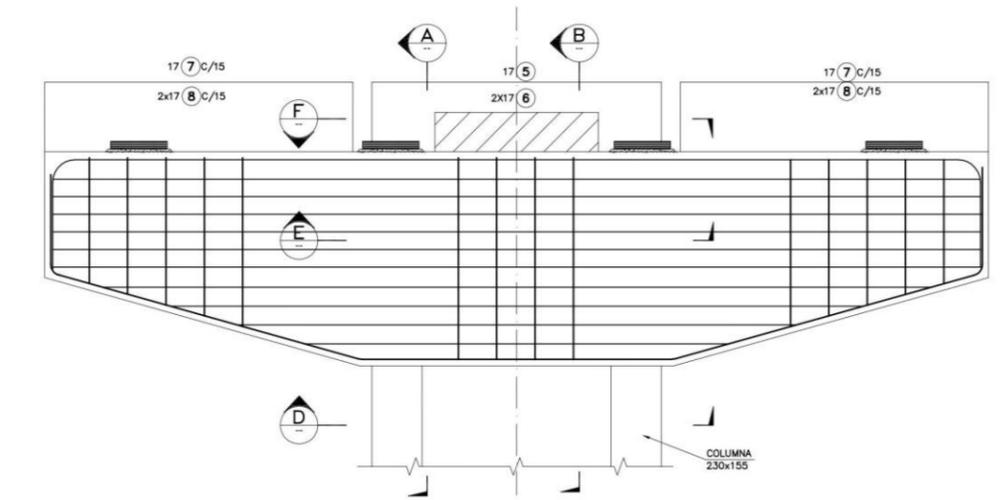
01	18 NOV 11	APROBADO PARA CONSTRUCCION	TYL	TYL	MCO	WVI
02	29 SEPT 11	EMITIDO PARA REVISION	TYI	TYI	MCO	WVI
03	01 AGO 11	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WVI

Cliente: **MTC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)  
 Contratista: **CONSORCIO TRAM ELECTRICO**  
 Proyectista: **ODEBRECHT** (TYLIN INTERNATIONAL)  
 Descripción de la revisión: ELABOR. DISEÑO. REVIS. APROB.

Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO  
 LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO  
 Código: CTCLTYLVLTMESTDWG30230  
 Plano: TRAMO M - VIGAS V1 ARMADURA PRETENSADA Y PASIVA  
 Escala: (A1)  
 INDICADA

GANCHOS + SQUAMA				ESQUINA			
DIAMETRO (Ø)	h (cm)	Ø (cm)	Ø (cm)	DIAMETRO (Ø)	h (cm)	Ø (cm)	Ø (cm)
3/8	2.5	2.5	2.5	3/8	2.5	2.5	2.5
1/2	3.5	3.5	3.5	1/2	3.5	3.5	3.5
5/8	4.5	4.5	4.5	5/8	4.5	4.5	4.5
3/4	5.5	5.5	5.5	3/4	5.5	5.5	5.5
1	6.5	6.5	6.5	1	6.5	6.5	6.5

Anexo 4.2. Plano estructural de Vigas Cabezales

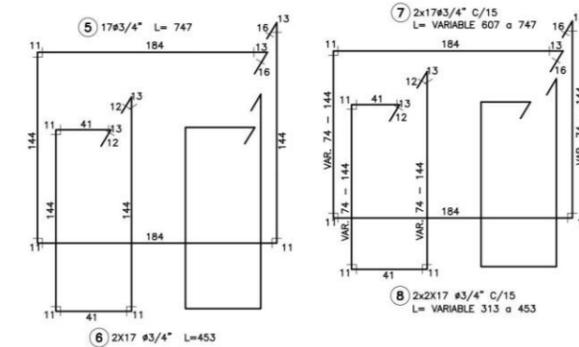
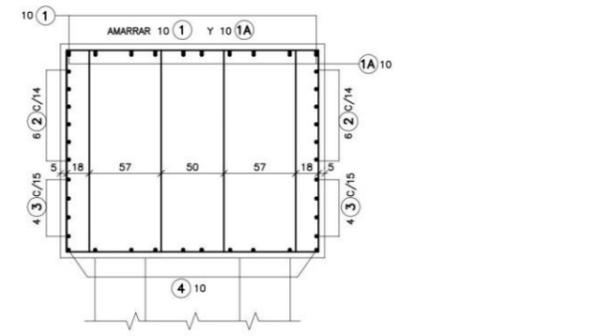


VIGA CABEZAL DE JUNTA  
esc. 1:25

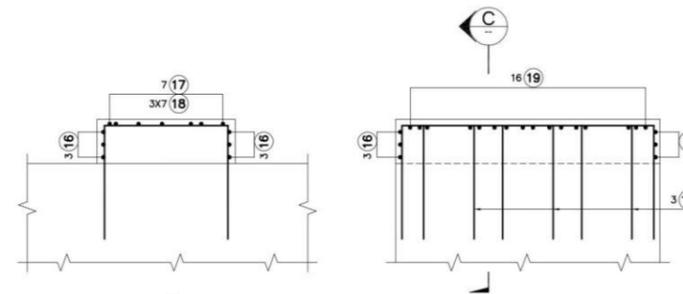
\* VER ESPACIAMIENTO DE ACEROS EN PLANO 13871

LISTA DE VARILLAS					TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200					
N°	DIAMETRO ø	CANTIDAD	LONGITUD VARILLA	LONGITUD TOTAL	GANCHOS			ESTRIBOS		
			cm.	cm.	N°	ESQUEMA	N°	ESQUEMA	N°	ESQUEMA
1	1 3/8"	10	870	8700	3		3		3	
1A	1 3/8"	10	860	8600	4		4		4	
2	1"	12	866	10392	5		5		5	
3	1"	8	616	4928	6		6		6	
4	1"	20	511	10220	7		7		7	
5	3/4"	17	747	12699	8		8		8	
6	3/4"	34	453	15402	9		9		9	
7	3/4"	34	677**	23018	10		10		10	
8	3/4"	68	383**	26044	11		11		11	
16	3/8"	3	628	1884						
17	1/2"	7	380	2660						
18	1/2"	21	212	4452						
19	3/4"	16	344	5504						

\*\* LONG. PROMEDIO



SECCION A ESC. 1:25



SECCION C ESC. 1:25

ARMADURA DE LA LLAVE DE CORTE esc. 1:25

SECCION B ESC. 1:25

PLANO LLAVE

LEYENDA

- Notas:
1. TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIÁMETROS EN PULGADAS.
  2. LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTÁN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
  3. RECUBRIMIENTO = 5cm
  4. LISTA DE VARILLAS ES REFERENCIAL

- Referencias:
1. CTEL-TYL-GEN-EST-DWG-13871 - VIGA CABEZAL PREFABRICADA TIPO A - COLUMNA 230x155 - ARMADURA 2/2 - TRAMO O, P.
  2. ST-00066: ARMADURA DE CABEZALES PREFABRICADOS

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma
CONSORCIO CESEL INGENIEROS PÓYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REFINAR	Cód. 3	

50	29-Ene-14	AS-BUILT	CTE	CTE	MCO	WVI
01	10-OCT-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
0A	19-SET-12	EMITIDO PARA REVISIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI

Cliente: Contralista: Proyectista:

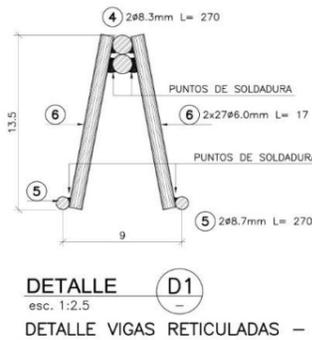
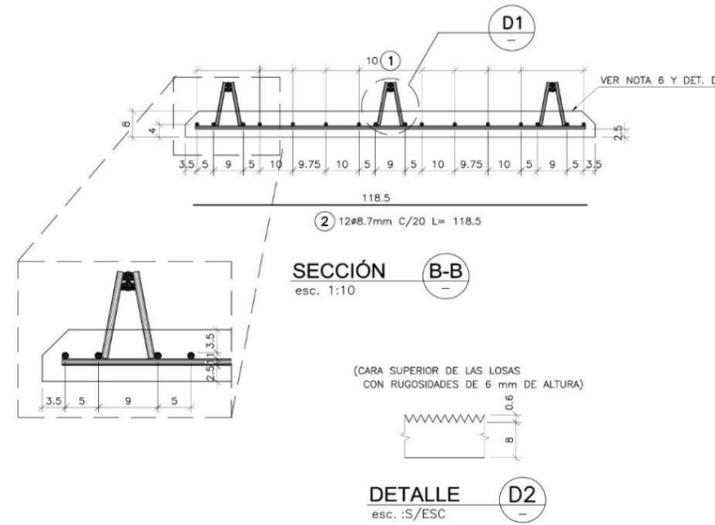
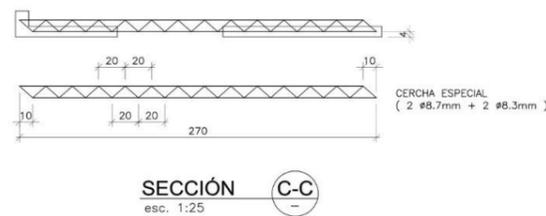
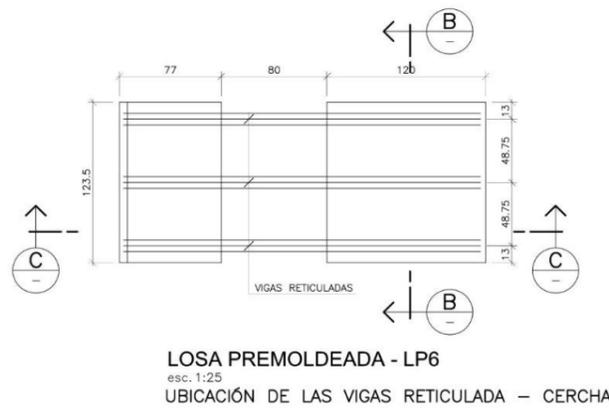
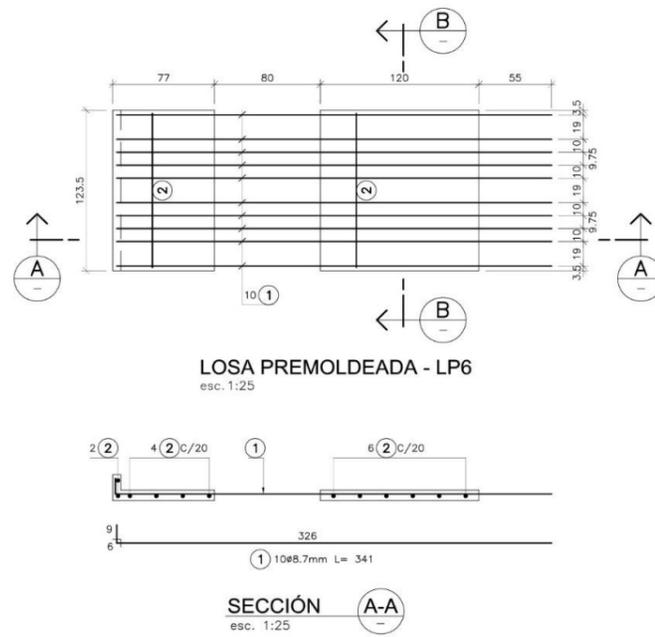
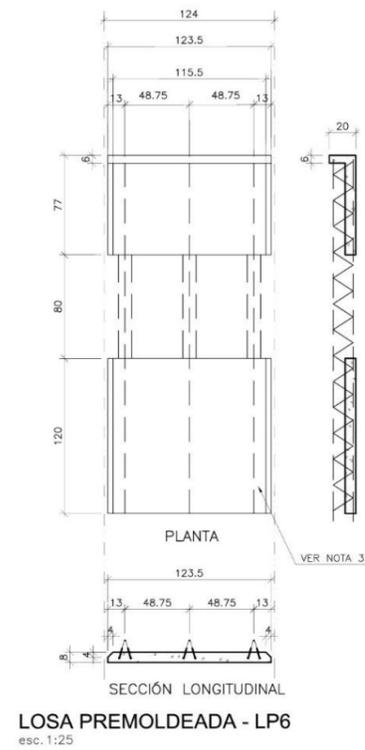
Proyecto: EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO

Codigo: C, T, E, L, T, Y, L, G, E, N, E, S, T, D, W, G, 1, 3, 8, 7, 0, 5, 0

Plano: VIGA CABEZAL PREFABRICADA TIPO A - COLUMNA 230x155 ARMADURA 1/2 - TRAMOS O, P

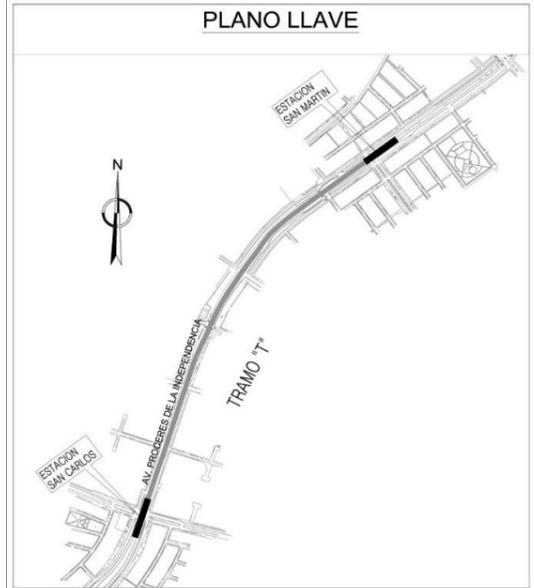
Escala: (A1) INDICADA

Anexo 4.3. Plano estructural de Prelosas



LISTA DE VARILLAS			
POS.	Ø mm	CANT.	LONGITUD (cm)
1	8.7	10	341
2	8.7	12	118
4	8.3	6	270
5	8.7	6	270
6	6.0	162	17

TABLA DE DOBLECES - ACERO fy 4200					
GANCHOS			ESTRIBOS		
Nº	Ø (pulg)	lc (cm)	Nº	Ø (pulg)	lc (cm)
3	3/8"	6.0	3	3/8"	4.0
4	1/2"	7.0	4	1/2"	5.0
5	5/8"	9.0	5	5/8"	7.0
6	3/4"	11.0	6	3/4"	11.0
7	7/8"	13.0	7	7/8"	13.0
8	1"	14.0	8	1"	14.0
10	1 1/4"	23.0	10	1 1/4"	23.0



- Notas:
- 1- TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EXPRESADAS EN CENTIMETROS, LOS DIAMETROS EN PULGADAS.
  - 2- LAS MEDIDAS INDICADAS EN LOS DETALLES DE LAS BARRAS ESTAN REFERIDAS AL LADO EXTERIOR DE LAS MISMAS.
  - 3- CONCRETO  $f'c=35$  MPa (350Kg/cm<sup>2</sup>)
  - 4- ACERO MALLA ELECTROSOLDADA  $f_y=500$  MPa (5000 kgf/cm<sup>2</sup>).
  - 5- RECURRIMIENTO: 2.5cm, EXCEPTO DONDE INDICADO.
  - 6- LA CARA SUPERIOR DE LAS LOSAS PRE MOLDEADAS DEBEN TENER SUPERFICIE DE CONTACTO CON RUGOSIDADES DE APROXIMADAMENTE 6mm DE ALTURA A CADA 3cm.

Referencias:

Supervisión:	APROBADO SIN COMENTARIOS	Cód. 1	Firma:
CONSORCIO CEBEL INGENIEROS POYRY	APROBADO CON COMENTARIOS	Cód. 2	
	REVISAR Y REENVIAR	Cód. 3	

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	ELABOR.	DISEÑO	REVIS.	APROB.
01	16-FEB-12	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN	TYL	TYL	MCO	WVI
0A	01-DIC-11	EMITIDO PARA REVISION	TYL	TYL	MCO	WVI

Cliente: **MTCC** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

Contratista: **CONSORCIO TIEN ELECTRICO**

Proyectista: **ODEBRECHT** and **TYLUN INTERNATIONAL**

Proyecto: **EJECUCION DE LAS OBRAS CIVILES Y ELECTROMECANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO LINEA 1, TRAMO 2, AV. GRAU - SAN JUAN DE LURIGANCHO**

Código: **C T E L T Y L V T T E S T D W G 3 7 2 4 7 0 1**

Plano: **TRAMO T' ARMADURA LOSAS PREMOLDEADAS LP6**

Rev. **01**

Escala: **(A1) INDICADA**

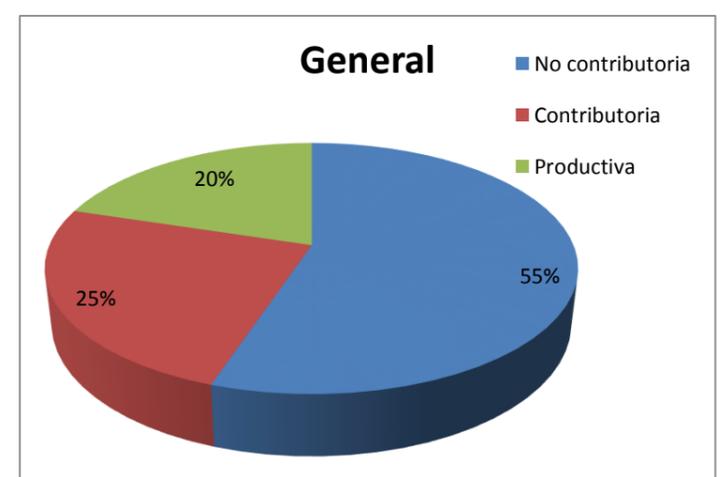


Anexo 5.1. Tablas de Carta Balance del proceso, Encofrado, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima  
05-may-10

	I	II	III	IV	V	VI		I	II	III	IV	V	VI
1	c	c	a	c	c	c	80	b	b	e	e	b	b
2	c	c	a	c	c	c	81	g	k	e	e	g	g
3	c	c	a	c	c	c	82	g	k	e	e	g	g
4	c	c	a	c	c	c	83	g	k	e	e	g	g
5	c	c	a	c	c	c	84	g	k	e	e	g	g
6	c	c	a	c	c	c	85	g	k	e	e	g	g
7	c	c	a	c	c	c	86	g	k	e	e	g	g
8	i	c	a	c	c	c	87	g	k	e	e	g	g
9	i	i	a	i	i	c	88	g	k	e	e	g	g
10	i	i	a	i	i	i	89	g	k	e	e	g	g
11	i	i	a	i	i	i	90	g	k	e	e	g	g
12	i	i	a	i	i	i	91	g	k	e	e	g	g
13	i	i	a	i	i	i	92	g	k	e	e	g	g
14	i	d	a	i	i	i	93	g	k	e	e	g	g
15	i	i	a	i	i	i	94	g	k	e	c	g	g
16	i	i	a	i	i	i	95	g	k	e	c	b	g
17	i	i	a	i	i	i	96	b	k	e	e	b	b
18	c	i	a	i	c	c	97	b	k	e	e	b	b
19	i	i	a	i	a	i	98	b	k	e	e	b	c
20	i	i	a	i	a	i	99	b	k	e	e	b	a
21	i	i	a	i	a	i	100	b	k	e	c	k	a
22	i	d	a	d	a	i	101	b	k	e	e	k	a
23	i	d	a	i	a	i	102	a	k	e	e	k	a
24	i	i	a	i	i	i	103	a	k	e	e	k	b
25	b	i	a	i	b	b	104	k	k	e	e	k	k
26	i	i	a	i	i	i	105	k	k	k	h	k	k
27	i	i	a	i	i	i	106	k	k	h	h	k	k
28	i	c	a	i	c	i	107	k	k	h	h	k	k
29	i	c	a	i	c	i	108	k	k	h	h	b	k
30	i	c	a	i	c	i	109	k	k	h	h	b	k
31	i	c	a	i	c	i	110	a	b	h	h	b	k
32	i	c	a	i	i	i	111	a	a	h	h	k	k
33	i	c	a	i	i	i	112	a	a	h	h	k	k
34	d	c	a	i	i	i	113	a	a	h	h	k	k
35	i	c	a	d	i	i	114	a	a	h	h	k	k
36	b	c	a	b	i	b	115	a	a	h	h	k	k
37	c	c	a	c	i	a	116	b	a	b	b	k	k
38	c	b	a	b	i	a	117	c	k	h	c	b	b
39	c	c	a	i	b	b	118	c	k	h	c	b	b
40	c	b	a	i	i	i	119	c	k	h	b	c	b
41	c	k	a	e	i	i	120	b	k	h	h	b	b
42	c	k	a	e	i	i	121	c	b	h	h	b	h
43	c	k	a	e	i	i	122	b	b	h	h	b	b
44	c	k	e	e	i	i	123	b	b	b	b	b	b
45	c	b	e	e	i	i	124	b	a	e	c	b	b
46	c	k	e	e	i	i	125	b	a	b	c	b	b
47	c	k	e	e	i	i	126	b	a	b	c	b	b
48	c	k	e	e	i	i	127	b	a	e	a	b	b
49	c	k	e	c	i	i	128	h	a	b	a	h	h
50	c	k	e	e	i	i	129	h	a	e	c	h	h
51	c	k	c	c	i	b	130	h	a	e	c	h	h
52	c	b	e	c	i	k	131	h	a	e	c	h	h
53	c	k	e	e	i	k	132	h	a	e	c	h	h
54	b	k	b	e	i	k	133	h	a	e	c	h	h
55	b	k	b	e	b	k	134	h	a	e	c	h	h
56	c	k	c	e	b	k	135	h	a	e	c	h	h
57	c	k	c	e	b	k	136	h	a	i	c	h	h
58	k	k	c	e	b	k	137	h	a	b	c	h	h
59	k	k	c	e	b	k	138	h	b	b	b	b	b
60	k	k	c	e	b	k	139	h	b	b	b	b	b
61	k	k	e	e	b	a	140	b	b	h	b	b	b
62	k	k	e	e	b	a	141	b	b	h	b	b	b
63	k	k	e	e	b	a	142	e	i	i	i	a	c
64	k	k	e	e	b	a	143	i	c	i	i	a	c
65	k	k	c	e	b	a	144	i	c	i	c	a	b
66	k	k	e	e	b	k	145	i	c	i	c	a	b
67	k	k	e	e	b	k	146	h	c	h	c	a	b
68	k	k	c	e	b	k	147	h	b	h	h	a	a
69	k	k	e	e	b	k	148	h	c	h	h	a	a
70	k	k	e	e	b	k	149	h	c	h	h	a	a
71	k	k	c	e	b	k	150	h	c	h	h	a	a
72	k	k	e	e	b	k	151	b	b	h	h	a	a
73	k	k	e	e	e	b	152	b	b	b	b	b	b
74	k	k	e	e	e	b	153	h	b	h	h	b	b

LEYENDA	
Of. Carpintero	I
Of. Carpintero	II
Peon	III
Op. Carpintero	IV
Op. Carpintero	V
Peon	VI

Trabajo no contributorio	a
Espera	b
Acarreo y acomodo de material	c
Medicion	d
Armado de andamio	e
Limpieza	f
Preparacion del encofrado	k
Montaje de las formas	g
Armado del encofrado	h
Armado del Apoyo	i



Anexo 5.1. Tablas de Carta Balance del proceso, Encofrado, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima

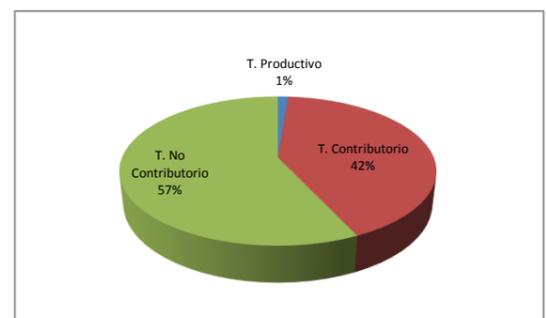
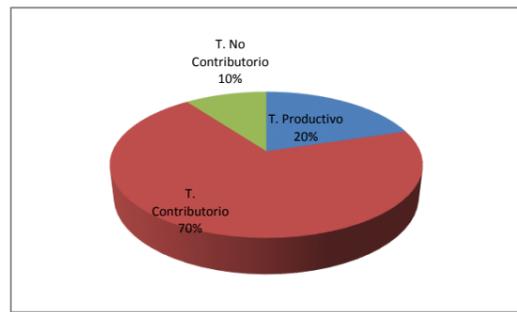
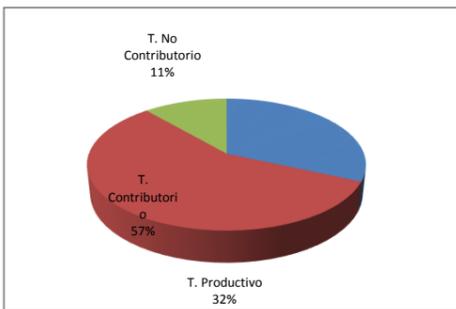
75	b	b	i	i	b	b	154	h	b	h	h	b	b
76	b	b	e	e	b	b	155	h	b	h	h	b	b
77	b	b	e	e	b	b	156	h	b	h	h	b	b
78	b	c	e	e	b	b	157	h	b	h	h	b	b
79	b	b	e	e	b	b	158	h	b	h	h	b	b

							Total
a	0	0	43	0	5	7	55
b	9	8	2	2	25	11	57
c	27	20	9	12	13	10	91
d	1	3	0	2	0	0	6
e	0	0	24	35	2	0	61
f	0	0	0	0	0	0	0
k	17	32	0	0	0	16	65
g	0	0	0	0	0	0	0
h	0	0	0	0	0	0	0
i	25	16	1	28	34	35	139
TOT	79	79	79	79	79	79	

I	
T. Productivo	25
T. Contributorio	45
T. No Contributorio	9

II	
T. Productivo	16
T. Contributorio	55
T. No Contributorio	8

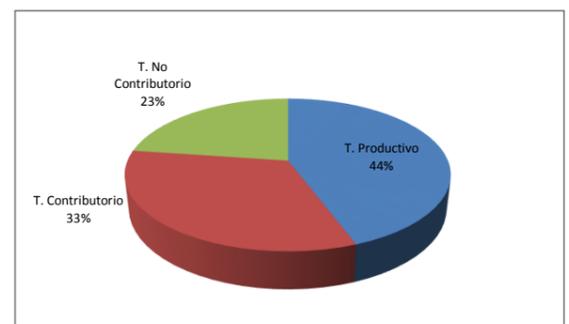
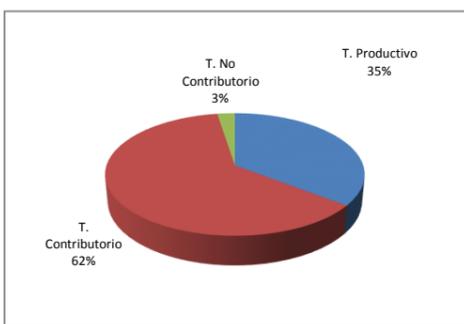
III	
T. Productivo	1
T. Contributorio	33
T. No Contributorio	45



IV	
T. Productivo	28
T. Contributorio	49
T. No Contributorio	2

V	
T. Productivo	34
T. Contributorio	15
T. No Contributorio	30

VI	
T. Productivo	35
T. Contributorio	26
T. No Contributorio	18



Anexo 5.2 Tablas de Carta Balance del proceso, Armado de armaduras de acero, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima

26-abr-10

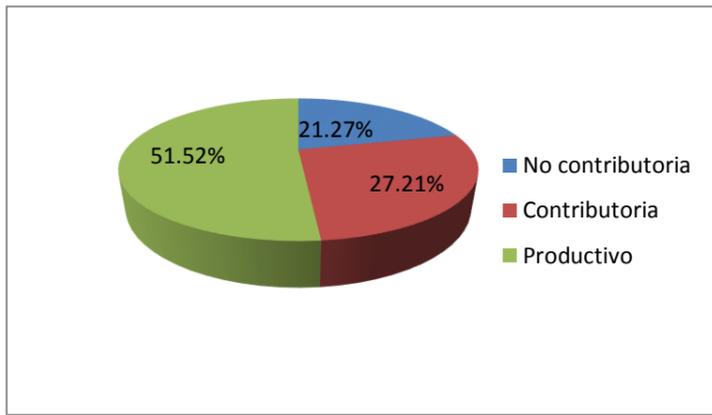
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	E	E	E	C	B				175	C	C	B	F	F			
2	C	A	C	C	B				176	A	C	B	A	A			
3	C	C	A	A	B				177	C	G	B	F	F			
4	A	A	E	E	B				178	C	G	B	F	A			
5	C	F	E	C	B				179	A	A	B	A	F			
6	A	C	C	C	B				180	C	G	B	F	C			
7	A	A	A	A	B				181	C	A	B	F	F			
8	C	C	C	C	B				182	F	F	B	F	F			
9	C	F	C	F	B				183	A	A	B	A	A			
10	C	C	C	F	F				184	F	F	B	A	F			
11	C	F	C	F	C				185	F	C	B	C	F			
12	C	F	C	C	F				186	C	C	A	A	A			
13	C	A	C	F	C				187	A	C	F	F	F			
14	C	F	C	F	A				188	C	C	F	F	A			
15	A	A	A	C	A				189	C	C	F	F	A			
16	A	A	C	A	C				190	C	F	F	F	F			
17	A	A	C	C	C				191	C	C	F	F	F			
18	C	C	C	F	F				192	A	C	F	F	C			
19	C	C	C	C	A				193	C	C	F	F	A			
20	C	C	C	C	C				194	A	A	F	F	F			
21	A	C	C	F	A				195	C	C	F	F	F			
22	C	B	C	F	C				196	A	F	F	F	F			
23	C	C	C	F	F				197	C	C	F	F	F			
24	C	C	A	F	C				198	C	C	F	F	F			
25	A	A	C	F	F				199	C	A	F	F	F			
26	C	F	C	C	C				200	C	F	F	F	F			
27	C	F	C	F	C				201	A	F	F	F	F			
28	F	F	C	F	C				202	A	A	F	F	F			
29	C	A	A	C	C				203	C	F	F	F	F			
30	C	C	B	C	C				204	A	F	F	F	F			
31	A	A	C	C	A				205	C	F	F	F	F			
32	C	G	C	C	C				206	C	F	A	F	A			
33	C	G	C	C	A				207	A	F	F	F	A			
34	C	G	A	A	C				208	A	A	F	F	F			
35	F	F	C	A	A				209	C	F	F	F	F			
36	F	F	C	F	C				210	C	F	F	F	F			
37	F	F	G	A	C				211	C	C	F	F	F			
38	A	F	C	E	G				212	C	C	C	G	F			
39	F	F	C	G	C				213	C	G	G	C	F			
40	F	F	C	G	C				214	C	A	F	F	F			
41	F	F	C	A	C				215	C	C	C	C	F			
42	F	F	C	G	C				216	F	F	F	C	F			
43	F	F	C	G	C				217	C	F	G	G	F			
44	F	F	C	A	A				218	C	F	G	G	F			
45	F	F	F	F	F				219	C	C	G	G	F			
46	C	A	F	F	A				220	C	G	G	G	F			
47	C	A	F	F	C				221	G	C	G	G	C			
48	C	C	F	F	C				222	A	C	G	G	F			
49	G	G	C	G	C				223	A	C	G	C	F			
50	F	F	A	A	C				224	C	C	A	G	G			
51	F	C	C	G	C				225	C	F	F	G	G			
52	C	F	C	A	C				226	C	F	A	A	G			
53	F	F	C	G	C				227	C	F	F	A	G			
54	F	F	C	G	C				228	C	F	F	G	G			
55	A	C	C	G	C				229	C	F	F	A	A			
56	C	C	C	G	C				230	C	F	F	F	F			
57	F	F	A	C	C				231	F	F	F	F	F			
58	F	F	C	C	A				232	F	C	F	F	F			
59	F	F	C	G	C				233	F	C	F	F	F			
60	F	F	C	C	C				234	F	C	F	C	F			
61	F	F	A	A	A				235	F	F	F	F	F			
62	C	G	C	C	C				236	F	F	F	F	E			
63	F	F	C	F	C				237	F	F	F	A	F			
64	A	A	A	F	A				238	F	F	F	C	F			
65	F	F	C	F	C				239	F	F	F	C	F			
66	F	F	F	F	C				240	F	F	A	E	C			
67	C	C	F	F	C				241	F	F	A	E	F			
68	A	F	F	F	A				242	F	F	F	E	F			
69	F	A	F	F	C				243	A	A	F	E	F			
70	A	C	F	C	C				244	A	A	F	E	F			
71	F	F	F	F	C				245	C	E	F	E	F			
72	F	F	F	F	E				246	A	A	F	A	F			
73	A	F	F	A	C				247	A	E	A	A	A			
74	A	A	F	A	C				248	A	E	A	E	F			
75	F	F	F	C	C				249	F	A	F	E	F			
76	A	A	F	F	F				250	F	F	F	E	F			
77	G	F	F	A	A				251	G	C	F	E	A			
78	C	A	F	G	A				252	C	G	F	E	F			
79	C	F	F	G	C				253	A	G	F	E	F			
80	C	F	F	G	C				254	F	C	F	E	F			
81	A	F	F	G	F				255	G	C	F	E	F			
82	A	F	F	A	C				256	A	A	F	E	F			

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
349	C	C	G	G	F	F	A	G
350	C	C	G	G	F	C	G	G
351	A	C	G	G	F	C	G	G
352	C	C	A	G	F	C	G	C
353	C	F	G	A	F	F	G	G
354	C	F	G	A	G	F	G	A
355	C	F	F	G	F	F	A	G
356	C	C	F	C	F	A	F	F
357	A	F	F	A	F	A	A	F
358	C	F	F	C	A	A	A	F
359	A	F	F	C	F	C	A	C
360	A	F	F	A	A	F	A	F
361	F	F	A	C	F	F	C	C
362	F	F	C	A	F	F	C	C
363	A	A	F	F	F	F	C	C
364	C	C	F	G	C	F	A	F
365	A	A	F	F	C	C	C	C
366	C	F	C	C	C	A	A	A
367	C	F	F	A	G	A	G	G
368	F	C	F	C	C	G	G	G
369	F	C	C	G	G	G	C	C
370	C	F	F	G	C	F	C	C
371	F	C	F	C	F	A	A	A
372	C	A	F	A	A	A	A	F
373	C	F	C	F	F	F	F	A
374	F	A	F	G	F	A	F	F
375	A	F	F	C	F	F	A	F
376	C	G	G	C	F	F	A	F
377	C	F	F	F	F	F	F	F
378	C	A	C	G	C	F	A	F
379	C	F	F	A	F	F	F	F
380	C	F	A	C	A	A	F	F
381	C	C	F	A	F	F	A	A
382	A	A	F	C	A	A	A	A
383	C	C	A	C	A	A	C	F
384	C	F	C	C	A	A	C	F
385	F	F	A	A	F	F	C	F
386	C	C	F	A	F	F	A	F
387	C	C	F	G	F	F	A	F
388	F	F	F	F	F	F	A	A
389	F	F	F	F	A	F	A	F
390	F	F	F	F	F	A	A	F
391	A	A	A	C	C	B	B	B
392	A	C	C	C	C	B	B	B
393	F	F	C	C	F	B	B	B
394	A	A	F	F	F	B	B	B
395	C	A	F	F	F	B	B	B
396	C	C	C	C	F	B	B	B
397	A	C	A	C	A	B	B	B
398	A	F	C	A	C	B	B	B
399	A	F	A	A	F	B	B	B
400	C	F	C	F	F	B	B	B
401	C	F	C	C	F	B	B	B

**Anexo 5.2 Tablas de Carta Balance del proceso, Armado de armaduras de acero, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1,  
Línea 1, Metro de Lima**

83	G	F	F	G	C				257	C	A	F	E	F			
84	G	F	F	C	F				258	A	A	F	E	F			
85	G	C	F	F	F				259	G	G	F	A	F			
86	A	G	C	F	C				260	A	G	F	G	F			
87	A	G	C	C	A				261	A	G	A	G	F			
88	A	A	G	A	G				262	C	G	F	A	F			
89	G	C	A	G	C				263	C	G	F	A	F			
90	C	C	G	C	C				264	A	A	F	A	F			
91	A	G	A	A	C				265	C	G	F	C	F	F	F	
92	C	A	A	G	A				266	G	C	F	G	F	F	F	
93	A	G	G	C	A				267	F	A	F	C	F	F	F	
94	C	C	A	A	G				268	F	A	F	C	F	A	F	
95	A	A	G	G	A				269	A	A	C	A	A	C	F	
96	A	A	C	G	G				270	F	A	A	C	C	C	C	
97	G	G	G	G	A				271	A	C	F	C	F	C	A	
98	C	G	A	C	C				272	C	A	A	F	F	F	F	
99	C	G	A	A	A				273	C	F	F	F	F	C	F	F
100	C	G	G	A	C				274	C	G	A	G	F	F	F	F
101	C	A	G	C	G				275	C	F	A	F	A	F	A	F
102	A	A	G	A	A				276	C	C	F	F	A	A	F	F
103	C	C	C	C	A				277	F	A	F	A	A	F	F	F
104	C	C	C	C	G				278	A	F	F	F	C	A	A	A
105	G	C	C	C	A				279	C	F	C	F	C	A	F	A
106	A	C	C	C	G				280	C	A	A	F	C	B	F	F
107	A	C	C	B	G				281	A	C	C	F	C	C	F	F
108	G	C	C	A	A				282	C	A	F	C	C	A	F	F
109	G	C	C	G	C				283	F	F	C	C	C	A	F	F
110	A	C	C	C	A				284	C	F	C	F	A	A	F	F
111	C	C	G	A	G				285	C	A	A	C	F	A	F	F
112	A	G	C	C	C				286	C	C	C	C	F	A	F	F
113	A	G	A	C	A				287	F	F	C	F	A	A	F	F
114	A	G	G	A	A				288	F	C	F	F	A	F	A	F
115	A	G	A	C	A				289	A	F	F	C	F	A	F	F
116	A	G	A	C	A				290	A	C	F	F	F	A	A	A
117	G	G	G	C	C				291	F	F	A	F	A	A	F	F
118	G	A	F	G	A				292	A	F	F	A	F	A	F	F
119	G	F	G	C	G				293	C	F	F	F	A	A	C	C
120	C	F	G	C	F				294	C	F	C	F	F	A	C	C
121	F	F	G	C	F				295	C	A	C	F	F	A	C	C
122	A	F	A	G	F				296	A	C	F	F	F	A	A	C
123	C	F	G	C	G				297	F	F	F	C	F	C	A	A
124	C	C	G	C	C				298	F	F	A	A	C	F	A	A
125	C	A	C	G	C				299	C	C	C	C	G	F	A	F
126	C	C	G	C	C				300	A	F	A	C	A	F	F	F
127	C	C	A	A	G				301	A	A	C	A	G	F	F	F
128	C	F	C	C	F				302	C	G	F	C	G	F	F	F
129	F	F	G	A	F				303	A	F	F	A	A	F	F	F
130	F	F	G	A	F				304	C	A	F	A	F	A	F	F
131	F	C	F	G	F				305	C	F	A	A	A	A	A	A
132	A	A	F	G	F				306	F	F	C	C	C	A	F	F
133	F	F	A	G	F				307	F	F	C	A	A	A	F	F
134	F	A	F	G	F				308	C	A	C	G	A	C	F	F
135	F	F	F	A	F				309	F	F	A	C	C	A	F	F
136	F	F	F	F	F				310	F	F	C	G	C	A	F	F
137	F	F	F	F	F				311	F	F	G	G	A	A	F	F
138	F	F	F	F	F				312	C	F	C	G	C	A	F	F
139	F	F	F	A	F				313	C	A	G	A	G	C	F	F
140	F	F	F	F	F				314	C	F	C	C	A	F	F	F
141	F	F	F	F	F				315	C	A	F	F	F	F	F	F
142	F	F	F	F	F				316	A	F	C	A	C	A	F	A
143	F	F	F	F	F				317	C	A	C	C	G	C	F	A
144	C	F	F	F	F				318	A	F	C	G	C	A	F	F
145	A	F	F	F	F				319	C	F	C	C	G	F	F	F
146	F	F	C	F	F				320	C	F	G	G	G	F	F	F
147	F	F	F	F	F				321	C	F	C	G	A	A	F	F
148	F	F	F	C	F				322	C	A	G	G	A	A	A	F
149	F	G	F	F	F				323	C	F	G	G	G	G	F	F
150	F	A	F	F	F				324	A	F	G	G	G	A	F	F
151	F	A	F	A	F				325	C	F	G	G	C	C	A	F
152	A	A	F	G	C				326	C	F	C	A	A	A	F	F
153	F	C	A	F	F				327	C	F	C	C	F	C	F	F
154	C	F	C	F	A				328	C	F	G	G	C	C	F	F
155	C	F	A	F	F				329	C	F	C	C	C	G	F	F
156	C	F	A	A	F				330	C	F	C	G	A	F	F	F
157	C	F	F	F	A				331	C	F	C	G	C	C	C	C
158	A	A	F	F	A				332	C	A	A	C	A	C	A	A
159	F	A	F	A	A				333	C	A	C	G	C	C	A	A
160	F	C	F	C	C				334	A	F	C	A	G	A	C	F
161	F	F	F	F	B				335	C	F	C	G	C	C	C	A
162	A	F	F	F	B				336	C	F	F	F	F	F	F	F
163	F	F	F	F	B				337	C	C	F	F	F	F	F	F
164	F	F	F	F	B				338	G	A	C	F	F	F	F	F
165	F	F	F	F	B				339	C	C	F	F	F	F	C	C
166	A	C	F	F	B				340	C	F	F	F	A	F	F	F
167	A	F	F	F	B				341	C	F	F	A	F	F	A	A
168	A	C	F	F	B				342	C	F	C	C	F	F	F	F
169	G	C	A	F	B				343	C	F	A	A	F	F	F	F
170	C	C	B	F	A				344	C	A	C	A	F	F	A	A
171	A	A	B	F	C				345	C	A	C	G	F	F	A	A
172	C	C	B	F	C				346	C	F	C	G	F	A	A	F
173	G	C	B	F	F				347	C	C	G	A	F	F	G	A
174	C	C	B	F	F				348	C	F	G	G	F	F	G	G

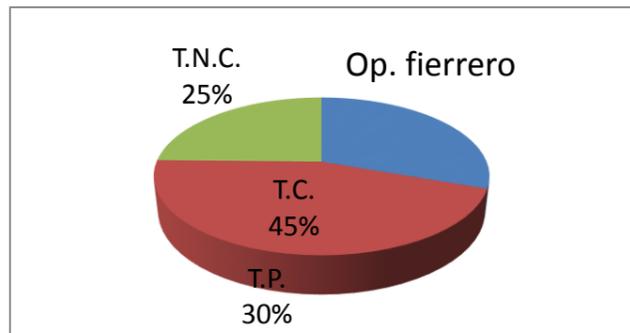
**Anexo 5.2 Tablas de Carta Balance del proceso, Armado de armaduras de acero, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima**



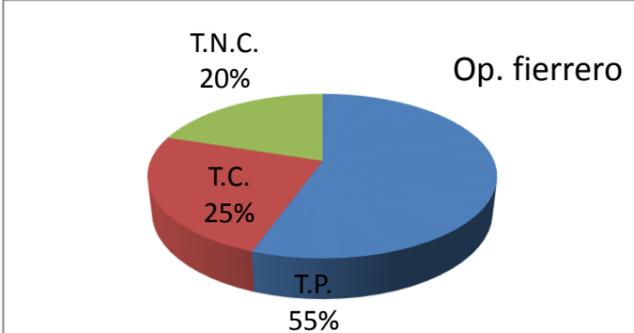
- 497 No contributoria
  - 71 No se encuentra
  - 636 Contributoria
    - 0 Colocado de estribo
    - 29 Colocado de ref. Long.
  - 949 Atortolado
  - 226 Colocado de est. Extremos
- } Productivo 1204

A	99	80	56	76	79	47	38	22
B	0	1	17	1	18	12	11	11
C	180	98	111	97	98	21	17	14
D	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	4	3	19	2	0	0	0
F	100	182	170	134	174	53	62	74
G	21	36	44	74	30	4	9	8

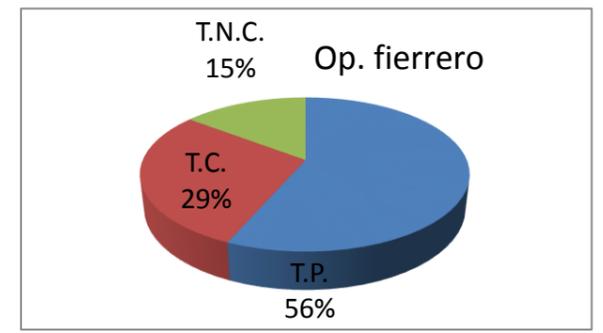
I	
T.P.	122
T.C.	180
T.N.C.	99



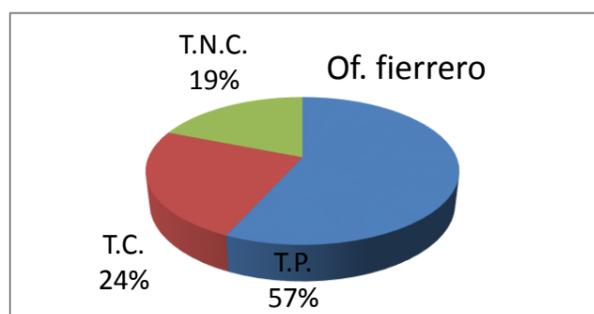
II	
T.P.	222
T.C.	98
T.N.C.	80



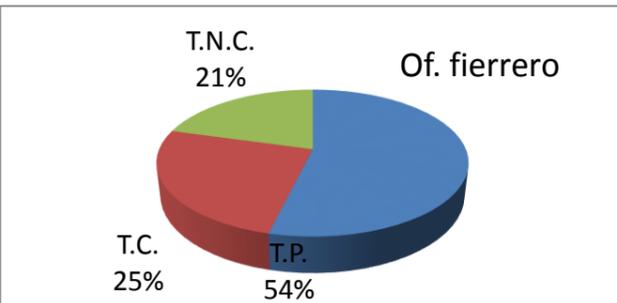
III	
T.P.	217
T.C.	111
T.N.C.	56



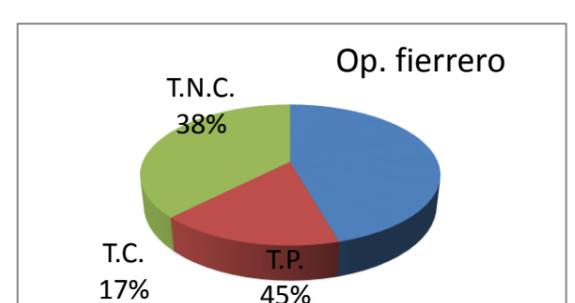
IV	
T.P.	227
T.C.	97
T.N.C.	76



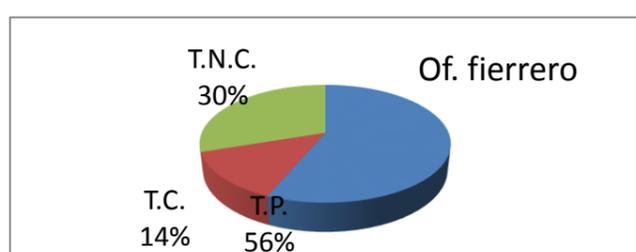
V	
T.P.	206
T.C.	98
T.N.C.	79



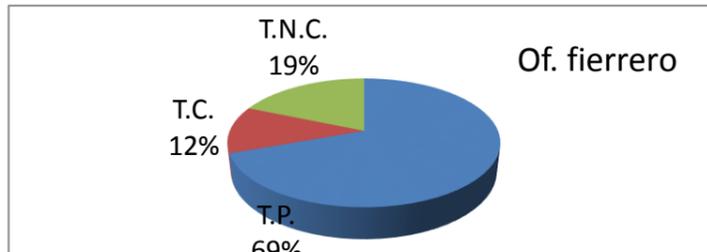
VI	
T.P.	57
T.C.	21
T.N.C.	47



VII	
T.P.	71
T.C.	17
T.N.C.	38



VIII	
T.P.	82
T.C.	14
T.N.C.	22



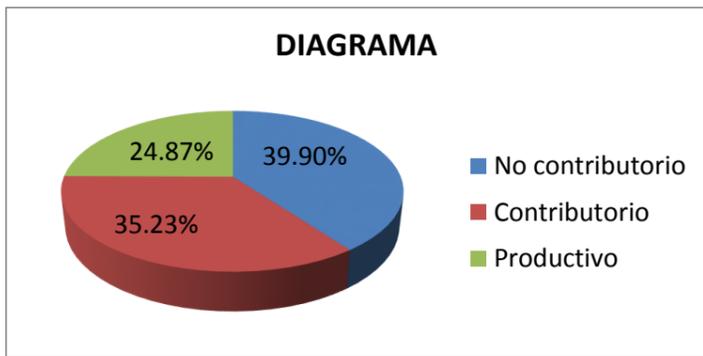
**Anexo 5.3 Tablas de Carta Balance del proceso, Colocación de concreto, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima**

17-may-10

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
1	C	A	A	A	A	A			A	A	A		A		
2	C	E	E	A	C	A			A	A	A		A		
3	C	E	E	E	C	A			A	A	A		C		
4	C	E	E	E	C	A			A	C	A		C		
5	C	E	E	E	C	A			A	A	A		C		
6	C	A	E	E	C	A			A	A	A		A		
7	C	A	E	E	C	A			A	C	A		A		
8	C	E	E	E	C	C	C		A	A	A		A		
9	C	E	E	E	C	C	C		A	C	A		A		
10	C	E	E	E	C	C	C		A	A	A	C	A	A	
11	C	E	E	E	C	C	C		A	A	A	C	A	A	
12	C	E	E	E	C	A	A		A	A	A	C	A	A	
13	A	E	C	E	C	A	C		A	A	A	C	A	A	
14	A	A	E	A	A	C	C		A	A	A	C	C	A	
15	A	A	E	A	A	C	C		A	A	A	C	A	A	
16	A	A	E	A	A	C	A		A	A	A	A	A	A	
17	C	E	E	E	C	A	A		A	A	A	D	A	D	
18	C	E	E	E	C	A	A		A	A	A	D	C	D	
19	C	E	E	E	C	A	A		A	A	A	D	A	D	
20	C	E	E	A	C	A	A		A	A	A	D	C	D	
21	C	E	E	A	C	A	A		A	A	A	D	A	D	
22	C	E	E	A	C	A	A		C	A	A	D	A	C	
23	C	A	E	A	C	A	A		C	A	A	D	C	D	
24	C	A	E	E	C	A	A		C	A	A	A	A	D	
25	C	A	E	E	E	C	C	E	C	A	A	A	C	D	
26	C	E	E	E	C	C	C	E	A	A	A	D	C	D	
27	C	E	E	E	C	C	C	E	A	C	A	D	C	D	
28	C	E	E	E	F	C	C	E	A	C	A	A	C	A	
29	C	E	E	E	A	C	C	E	A	A	A	D	A	D	
30	C	A	E	E	C	C	C	E	A	A	A	C	A	A	
31	C	A	E	E	C	A	A	E	A	A	A	A	C	A	
32	C	E	E	E	F	A	A	E	C	C	C	D	A	D	C
33	C	E	E	A	C	A	A	E	A	A	A	D	C	D	C
34	C	E	E	A	C	A	A	E	A	A	A	C	A	D	C
35	C	E	E	A	C	A	A	E	A	A	A	A	A	D	C
36	C	E	A	A	A	C	A	A	A	A	A	D	C	A	C
37	A	A	A	A	A	C	A	A	C	A	A	D	A	D	C
38	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	D	C	D	C
39	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	B	C	C
40	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	D	C
41	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	D	C
42	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	B	D	C
43	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	B	D	C
44	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	B	D	C
45	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	B	D	C
46	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	D	B	D	C
47	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	D	B	D	C
48	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	D	B	A	C
49	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C
50	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C
51	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C

LEYENDA	
Peón	I
Ofic. Albañil	II
Peón	III
Oper. Albañil	IV
Peón	V
Oper. Albañil	VI
Peón	VII
Oper. Albañil	VIII
Ofic. Albañil	IX
Oper. Albañil	X
Oper. Albañil	XI
Peón	XII
Oper. Albañil	XIII
Oper. Albañil	XIV
Peon	XV

ACTIVIDADES	
No contributorio	A
No se encuentra	B
Contributorio	C
Regleo	D
Vibrado	E
Lampeo	F



	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
A	6	13	4	14	8	22	18	3	32	32	37	8	23	11	0
C	40	8	7	6	27	16	13	0	6	6	1	9	15	2	20
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	26	0
E	0	25	33	24	1	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOT	57	64	55	65	59	73	62	30	83	83	88	50	74	53	20

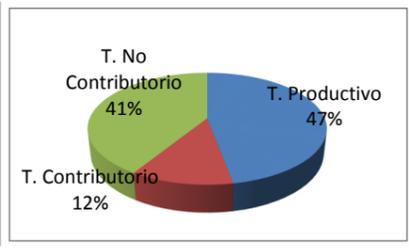
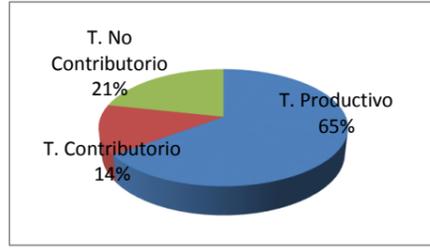
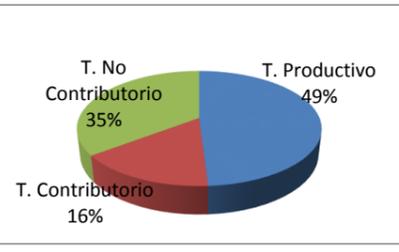
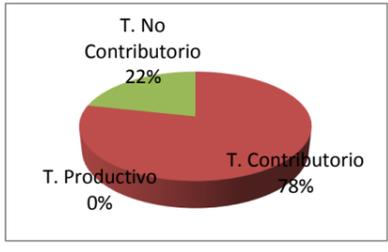
Total
231
176
48
94
2

I	
T. Productivo	0
T. Contribu	40
T. No Cont	11

II	
T. Productivo	25
T. Contribu	8
T. No Cont	18

III	
T. Productivo	33
T. Contribu	7
T. No Cont	11

IV	
T. Productivo	24
T. Contribu	6
T. No Cont	21

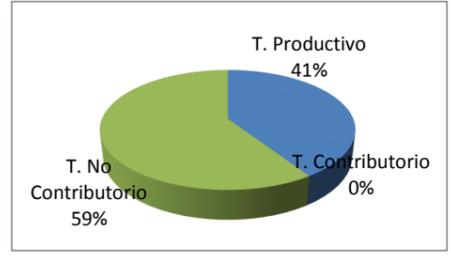
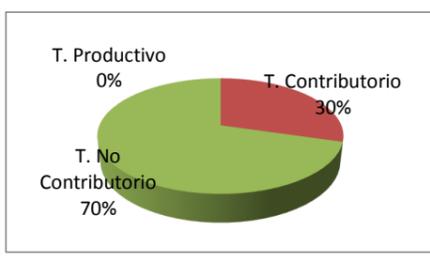
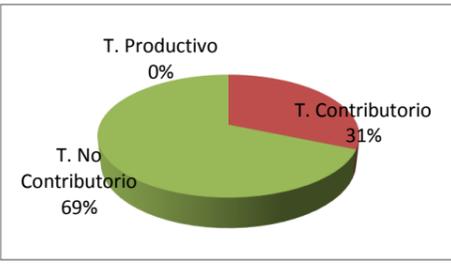
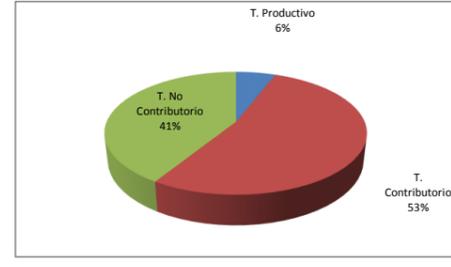


V	
T. Productivo	3
T. Contribu	27
T. No Cont	21

VI	
T. Productivo	0
T. Contribu	16
T. No Cont	35

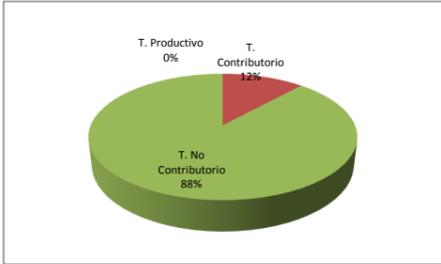
VII	
T. Productivo	0
T. Contribu	13
T. No Cont	31

VIII	
T. Productivo	11
T. Contribu	0
T. No Cont	16

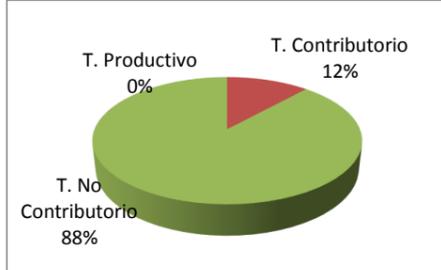


**Anexo 5.3 Tablas de Carta Balance del proceso, Colocación de concreto, para la prefabricación de vigas estructurales. Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima**

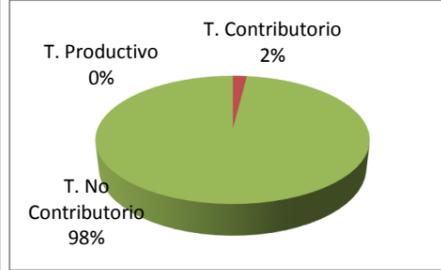
<b>IX</b>	
T. Productivo	0
T. Contributivo	6
T. No Contributivo	45



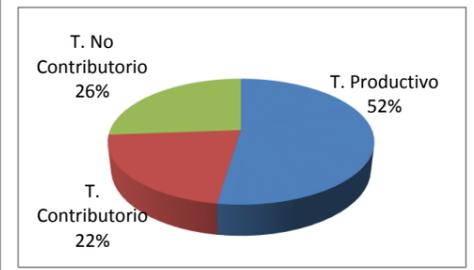
<b>X</b>	
T. Productivo	0
T. Contributivo	6
T. No Contributivo	45



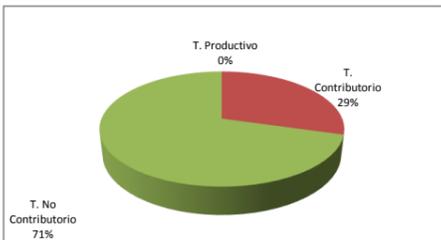
<b>XI</b>	
T. Productivo	0
T. Contributivo	1
T. No Contributivo	50



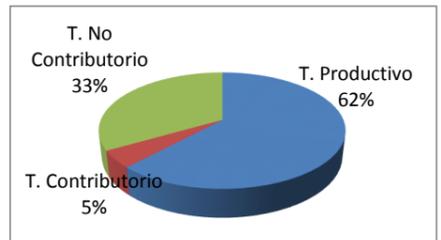
<b>XII</b>	
T. Productivo	22
T. Contributivo	9
T. No Contributivo	11



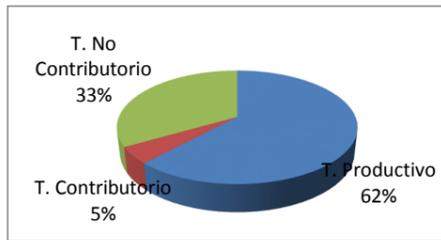
<b>XIII</b>	
T. Productivo	0
T. Contributivo	15
T. No Contributivo	36



<b>XIV</b>	
T. Productivo	26
T. Contributivo	2
T. No Contributivo	14



<b>XV</b>	
T. Productivo	0
T. Contributivo	20
T. No Contributivo	0



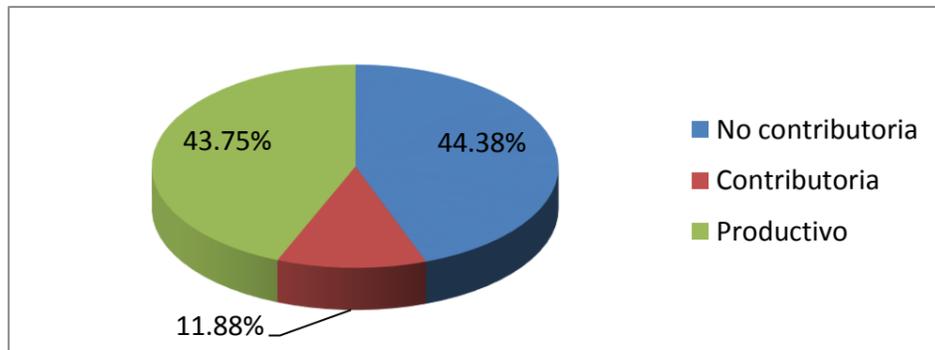
**Anexo 5.4 Tablas de Carta Balance del proceso, Pase de torones, para la prefabricación de vigas estructurales.  
Tramo 1, Línea 1, Metro de Lima**

30-abr

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	D	A	F	A				
2	D	A	F	C				
3	D	E	F	C				
4	D	E	F	A				
5	D	E	F	C				
6	D	E	F	C				
7	D	E	F	C				
8	D	E	F	C				
9	A	A	A	A				
10	A	A	A	A				
11	D	A	F	A				
12	D	A	F	A				
13	D	C	F	C				
14	A	A	A	A				
15	D	E	F	C				
16	D	E	F	A				
17	A	A	A	A				
18	A	A	A	A				
19	A	A	A	A				
20	A	A	A	A				
21	D	E	F	C				
22	A	A	A	A				
23	D	E	F	C				
24	A	A	A	A				
25	D	E	F	A				
26	A	A	A	A				
27	A	A	A	A				
28	D	E	F	C				
29	A	A	A	A				
30	D	E	F	A				
31	A	A	A	A				
32	D	E	F	A				
33	D	E	F	A				
34	D	E	F	C				
35	A	A	C	C				
36	D	E	F	C				
37	D	E	F	C				
38	D	E	F	C				
39	D	E	F	C				
40	A	A	A	A				

LEYENDA	
RECURSO I	Oper. Carpintero
RECURSO II	Ofic. Carpintero
RECURSO III	Ofic. Fierro
RECURSO IV	Peón

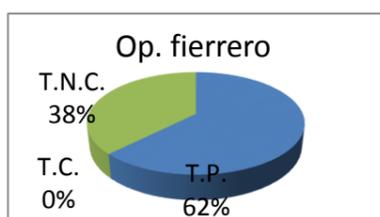
ACTIVIDADES	
No contributiva	A
No se encuentra	B
Contributiva	C
Colocado de estribo	D
Atortolado	E
Colocado de ref. Long.	F
Colocado de est. Extremos	G



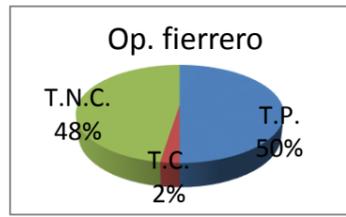
A	15	19	14	23
B	0	0	0	0
C	0	1	1	17
D	25	0	0	0
E	0	20	0	0
F	0	0	25	0
G	0	0	0	0

71 No contributiva  
 0 No se encuentra  
 19 Contributiva  
 25 Empujan  
 20 Jalan  
 25 Guian  
 Productivo 70

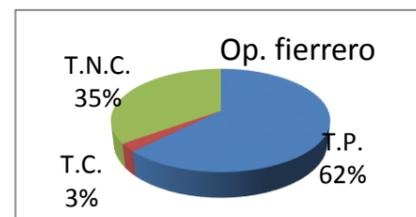
I	
T.P.	25
T.C.	0
T.N.C.	15



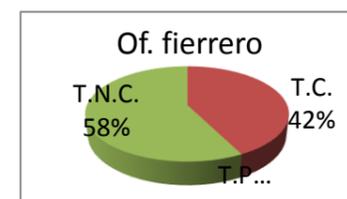
II	
T.P.	20
T.C.	1
T.N.C.	19



III	
T.P.	25
T.C.	1
T.N.C.	14



IV	
T.P.	0
T.C.	17
T.N.C.	23



Anexo 5.5. Propuesta de Mejora en el proceso de fabricación de vigas Tramo 1

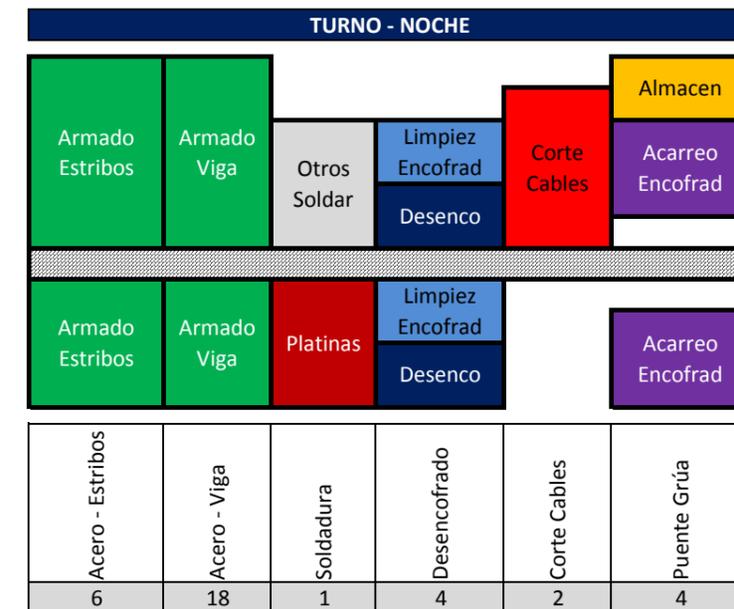
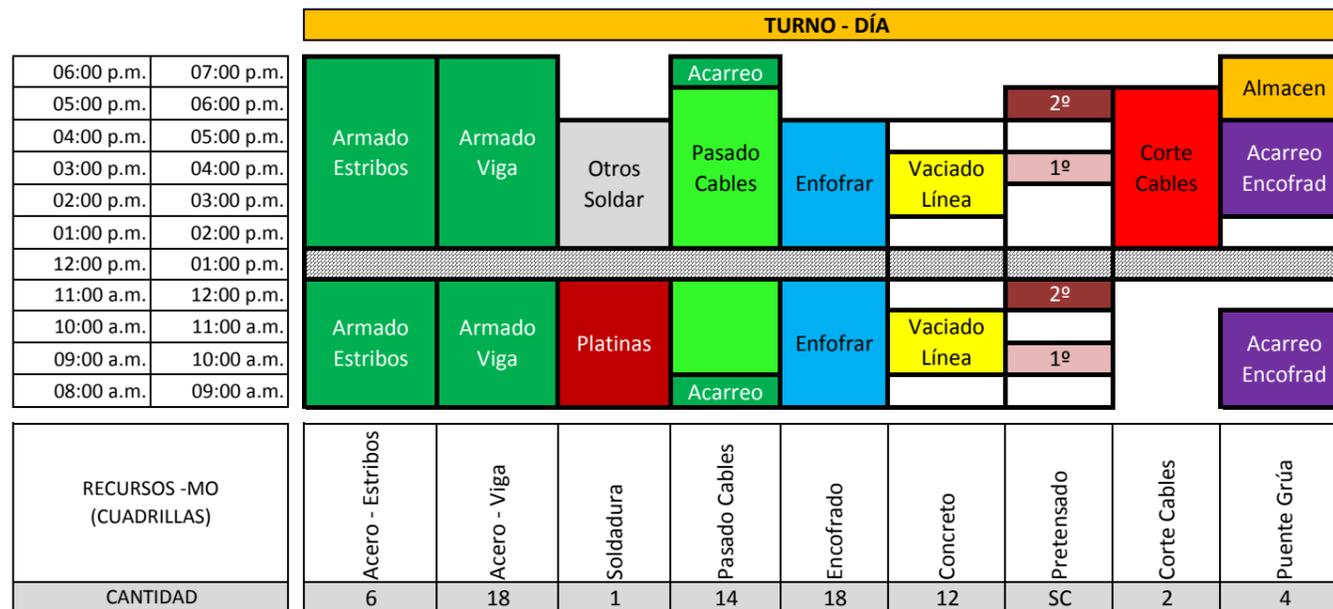
1 Producción

El "cliente" de la Planta de Prefabricados es el Viaducto. La demanda de vigas 1.3m actual es de 4-8 vigas/día y la demanda proyectada máxima será de 12 vigas/día  
 El stock de vigas de 1.3m actual en la Planta es: 220 Vigas  
 La capacidad máxima de almacenamiento actual es: 224 Vigas  
 La demanda proyectada de vigas de 1.3m es: 12 Vigas/día  
 La producción de vigas se realiza en lotes de: 6 Vigas  
 Por lo tanto la meta de producción óptima será: **12 Vigas/día**

2 Sistema de Producción

Consideraciones:

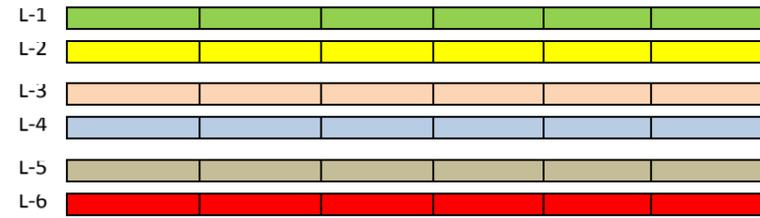
- \* Producción Meta
- \* Insertar una cuadrilla de peones responsable del pasado de cables.
- \* Eliminar la cuadrilla de encofrado del turno noche.
- \* Eliminar la cuadrilla de acarreo de acero.
- \* Iniciar los vaciados desde temprano
- \* Optimizar las cuadrillas de acero y concreto
- \* Implementar un tren de actividades



3 Tren de Actividades

MO	Días	1		2		3		4		5	
		DÍA	NOCHE								
6	Acero - Estribos	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5
18	Acero - Viga	L-1	L-3	L-2	L-5	L-4	L-6	L-1	L-3	L-2	L-5
1	Soldadura		L-1	L-3	L-2	L-5	L-4	L-6	L-1	L-3	L-2
14	Pasado Cables			L-1	L-3	L-2	L-5	L-4	L-6	L-1	L-3
	Pretensado 1			L-1	L-3	L-2	L-5	L-4	L-6	L-1	L-3
18	Encofrado			L-1		L-3	L-2	L-5	L-4	L-6	L-1
	Pretensado 2			L-1		L-3	L-2	L-5	L-4	L-6	L-1
12	Concreto					L-1	L-3	L-2	L-5	L-4	L-6
4	Desencofrado					L-1	L-3		L-2	L-5	L-4
2	Corte Cables						L-1	L-3		L-2	L-5
4	Almacenaje						L-1	L-3		L-2	L-5

Anexo 5.5. Propuesta de Mejora en el proceso de fabricación de vigas Tramo 1



5 Recursos involucrados / Ratios MO

Mano de Obra	Turno - D	Turno - N
Capataz	3	2
Operario		
Oficial	75	35
Peón		
<b>TOTAL</b>	<b>78</b>	<b>37</b>

Jornada:

Normal 8

Extendida 10

Elementos
Línea (6 vigas)

Medrado x Viga			Recursos x Día				
Acero	Encofrado	Concreto	Acero	Encofrado	Concreto	Cables	Otros
kg	m2	m3	Cuadrillas - HH				
1675.00	75.60	9.64	480.00	176.00	96.00	140.00	140.00

Ratios - Propuesta de Mejora			
Acero	Encofrado	Concreto	Total
(HH/kg)	(HH/m2)	(HH/m3)	(HH/ML-Viga)
0.024	0.35	0.83	4.37

3 juegos de encofrado

6 Brechas

Ratios Total (HH / ML - Viga)		
Propuesto	Actual	Brecha
5.14	5.80	0.66

11%

Vigas Típicas de 1.3m (ML)		
Total	Fabricadas	Saldo
23,040	4,800	18,240

Tarifa P
US\$/HH
4.25

Brecha Proyectada
US\$
51,163.20

Todas las Vigas 1.3m (ML)		
Total	Fabricadas	Saldo
25,147	4,800	20,347

Tarifa P
US\$/HH
4.25

Brecha Proyectada
US\$
57,073.34

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 1**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES O TAREAS ESPECÍFICAS Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS (Fuente, situación o acto)	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas	
Habilitación y colocación de acero	Descarga de acero dimensionado			Equipo en mal estado mecanico	Accidente vehicular	Delimitación y señalización del área donde se realiza la descarga	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.	
			Carga suspendida		Eslingas o estrobos en mal estado	Aplastamiento por caída de aceros	Check list de elementos y aparejos de izaje	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.
					Maniobra de izaje sin supervisión operativa		Contar con un rigger para dirigir la descarga	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.
					Estrobar la carga en el alambre que agrupa acero		Realización de un analisis de trabajo seguro antes de iniciar la labor contemplando que el estrobamiento se realice cogiendo por paquetes	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.
			Paquetes de aceros	Mala distribución de los paquetes de aceros en la plataforma de la grúa		Atrapamiento	Realizar estrobamiento de los paquetes desde la parte superior	Tolerable	
						Atrapado entre las estructuras	Utilizar EPP (Guantes de cuero, zapatos con puntas de acetno, lentes de seguridad, casco ).	Tolerable	
			Potencial derrame de hidrocarburo	Sobreesfuerzo del brazo hidraulico Falta de mantenimiento a las Unidades	Afectación al suelo				
	Almacenamiento y trabajos en area de fierreteria	Almacenamiento Inadecuado	Deficiente distribución de los aceros en el lugar de almacenaje)	Aplastamiento por caída de aceros	Realizar el apilamiento como máximo hasta 03 paquetes	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.		
		Desorden	Falta de orden y limpieza en área de fierreteria	Caidas al mismo nivel	Realizar orden y limpieza en zona de trabajo	Tolerable			
			Falta de recojo de residuos metalicos de la zona d e trabajo	Punsión en pies	Utilizar EPP (Guantes de cuero, zapatos con puntas de acetno, lentes de seguridad, casco ).	Tolerable			
		Cizalla	Mala manipulación de herramienta	Golpe, contusión, mutilación	Uso de guantes, elaborar ATS	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.		
		Amoladora	Herramienta en mal estado, falta de EPP, uso de equipo sin autorización ni entrenamiento, falta de rotación de trabajo, mala ejecución de la actividad	Contacto con electricidad, proyección de partículas, objetos en movimiento ( disco de corte)	Inspección de herramienta (codificación de inspección de acuerdo al color del mes). Uso de Biombos Uso de EPP( careta de esmerilar, lentes de seguridad, guantes de cuero caña alta, zapatos con punta de acero, mandil de cuero, ), Personal entrenado en uso de herramientas eléctricas. amoladora provista con guarda de protección, Uso de guantes de cuero, mandil de cuero	Importante	Realización de procedimiento de trabajo seguro		
								Falta de entrenamiento en protección personal y mala ejecución	Exposición Polvo (Partículas metálicas), ruido y vibraciones

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 1**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES O TAREAS ESPECÍFICAS Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS (Fuente, situación o acto)	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
			Fierros, Alambres	Falta de conocimiento en protección de mano	Superficies punzo cortantes	Elaborar ATS, uso de guantes de cuero	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.
				Carga excesiva	Sobre esfuerzo físico	Realizar el carguio de fierros y alambres de 25 Kg por persona	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.
			Generación de residuos metalicos	Trabajos de corte de alambre galvanizado	Afectación al suelo	Implementación de Contenedor para metales		
		Armado de vigas y mallas de acero	Fierros, Alambres	Carga excesiva	Sobre esfuerzo físico	Realizar el carguio de fierros y alambres de 25 Kg por persona. Aplicar técnica de carguio	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.
				Falta de uso de EPP	Contacto con superficies punzo cortantes	Elaborar ATS, uso de guantes de cuero , uso de hombreras de cuero, colocar capuchones en puntas expuestas	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.
			Falta de asegurar estructuras de acero	Aplastamiento por caída de estructuras de Fierro	Colocar la estructura en superficie plana Fijar estructura para que este estable	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.	
			Area de trabajo congestionada	superficies punzo cortantes	Uso de guantes de cuero que permitir tortolear los alambres. Uso de ropa de seguridad con mangas largas	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.	
	Generación de residuos metálicos		Afectación al suelo	Uso de zona de acopio de metales				
	Desorden	Falta de orden y limpieza ,.	Caidas al mismo nivel	Realizar orden y limpieza en zona de trabajo	Moderado	Evaluación de desempeño de contratistas que provee aceros en la Planta Videna.		
		Preparación de desmoldante	Desmoldante	Falta de bomba trasegadora	Contacto con fluidos a presión	Uso de lentes de seguridad y ropa protectora para químicos	Tolerable	
				Falta de bomba trasegadora	Ingestión de desmoldante	Realizar el trasegado con el uso de bomba	Tolerable	
			Potencial derrame de hidrocarburo	Preparen en una zona sin protección	Afectación al suelo	Uso de bandejas y de la zona de almacenamiento estanca		
		Aplicación de desmoldante a plancha de encofrado	Encofrado metálico	Caminar sobre superficie con desmoldante	Caidas al mismo nivel, resbalones	Realizar la aplicación del desmoldante sin caminar sobre superficie con desmoldante	Moderado	Entrenamiento al personal en identificación de peligros y las consecuencias
					Golpes	Realizar orden y limpieza en zona de trabajo	Moderado	Entrenamiento del personal en Orden y limpieza
Desmoldante			Realizar un mal procedimiento de la actividad	Salpicadura de desmoldante en aplicación	Uso de lentes de seguridad y ropa protectora para químicos	Moderado	Entrenamiento del personal en uso adecuado de EPP	
Potencial derrame de hidrocarburo			Incumplimiento del procedimiento de aplicación	Afectación al suelo	Difusión de instructivo de aplicación de desmoldante			

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 1**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES O TAREAS ESPECÍFICAS Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS (Fuente, situación o acto)	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
	Colocación del encofrado y desencofrado	Montaje y desmontaje de encofrado	Grúa Pórtico, camión grúa, Grúa de celosilla	Las vías de circulación no cuentan con mantenimiento adecuado, falta de señalización y delimitación del área, fallas en equipos, no respetar de los límites de velocidad en las vías.	Atrapado por grúa en movimiento, Accidente vehicular.	Operador entrenado y certificado para camión grúa pórtico, grúa de celosilla, Contar con un rigger certificado Realizar señalización y delimitación del área.	Importante	Realización de procedimiento de trabajo seguro
			Telescopicos	Uso de herramientas manuales inadecuadas y sin inspeccion, falta de entrenamiento y capacitación, no uso de EPP, posicionamiento inadecuado durante el levante, uso de escaleras inadecuadas y faltos de sistema de sujeción, etc.	atrapado entre los telescopicos y el encofrado. Sobreesfuerzo	Realización de un analisis de trabajo seguro antes de iniciar la labor . Uso de guantes de cuero Realizar técnica de carguo de carga Realizar orden y limpieza	Moderado	Entrenamiento del personal en manejo de herramientas Entrenamiento en uso adecuado de EPP
			Encofrado metálico	Uso de herramientas manuales inadecuadas, falta de entrenamiento y capacitación, no uso de EPP, posicionamiento inadecuado durante el levante, uso de escaleras inadecuadas y faltos de sistema de sujeción, etc.	Carga suspendida, atrapamiento entre encofrados, Caída al mismo nivel,	Análisis de trabajo seguro. Uso de EPP(guantes de cuero, casco, zapatos con punta de acero) No posicionarse debajo de la carga.	Importante	Realización de procedimiento de trabajo seguro
			Terrokall	Falta de entrenamiento en protección respiratoria	Inhalación de sustancia química. Contacto de la piel con sustancias química	Uso de respirador de doble vía con cartucho para vapores inorganicos. Uso de guantes de cuero.	Tolerable	
			Soldadura eléctrica y oxiacetilénica	Equipos en mal estado, falta de entrenamiento en trabajos en caliente, falta de inspección de accesorios de cilindros de gases comprimidos.	Exposición a altas temperaturas. Inhalación de humos metálicos y vapores. Exposición a radiaciones no ionizantes. Contacto con Electricidad. Explosión Proyección de partículas	Uso de EPP para trabajos en caliente ( casaca de cuero, guantes de cuero de caña larga, pantalon de Jean, escaquin de cuero, careta de soldar, lentes para soldadura oxiacetilénica). Uso de respirador de doble vía con cartuchos para polvo y vapores. Inspección de cables y conexiones. Equipo de soldar inspeccionado ( sticker de acuerdo acuerdo al color del mes ). Realización del permiso para trabajos en caliente. Realizar lista de chequeo de cilindros de gases comprimidos.	Moderado	Entrenamiento al personal en trabajos en caliente Realizar inspecciones de equipos
			Amoladora	Herramienta en mal estado, falta de EPP, uso de equipo sin autorización ni entrenamiento, faltab de rotación de trabajo	Contacto con electricidad, proyección de partículas, atrapamiento, generación de polvo, exposición a vibración y ruido.	Inspección de herramienta (codificación de inspección de acuerdo al color del mes). Uso de EPP( careta de esmerilar, lentes de seguridad, guantes de cuero caña alta, zapatos con punta de acero, mandil de cuero, Uso de respirador de doble vía con filtros para polvo), Uso de protección auditiva. Personal entrenado en uso de herramientas eléctricas. Realizar trabajos rotativos .	Moderado	Entrenamiento al personal en herramientas de poder Realizar inspecciones de equipos

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 1**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES O TAREAS ESPECÍFICAS Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS (Fuente, situación o acto)	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
Fabricación de vigas, prelosas y bordes prefabricados.			Tablero eléctrico	Equipo en mal estado	Contacto con electricidad.	Inspección de tablero eléctrico.	Moderado	Realizar mantenimientos periódicos de tableros eléctricos
			Potencial derrame de hidrocarburo	Sobreesfuerzo del brazo hidráulico Falta de mantenimiento a las Unidades	Afectación al suelo			
	Colocación de ductos metálicos e insertos	Colocación de tubos de PVC y acero corrugado	Tubo acero corrugado y PVC	Falta de entrenamiento en uso de EPP	Atrapamiento en las estructuras de aceros. Caídas al mismo nivel Caídas a distinto nivel. Superficies punzo cortantes. Sobrecarga	Uso de guantes de cuero. Uso de escaleras Inspeccionadas (si la viga es de 1.80 m)	Moderado	Difundir procedimiento de trabajo seguro, mejorar la calidad de guantes de cuero
			Generación de residuos metálicos		Afectación al suelo	Uso de cilindros de residuos metálicos		
	Colocación de cables pretensados	Insertar manguera	Estructura	Mal procedimiento de la actividad, falta de entrenamiento en uso de EPP	Superficies punzo cortantes; caída del mismo nivel; atrapamiento	Realizar análisis de trabajo seguro; Uso de guantes de cuero; realizar orden y limpieza.	Moderado	Difundir procedimiento de trabajo seguro
			Generación de residuos plásticos		Afectación al suelo	Uso de cilindros de residuos plásticos		
		Insertar torones	Torones	Mal procedimiento de la actividad	Atrapamiento con torones	Realizar procedimiento de trabajo, realizar análisis de trabajo seguro	Moderado	Difundir procedimiento de trabajo seguro
			Estructura de Acero	Inadecuada ejecución de tareas	Ergonomicos por posturas de trabajo	Realizar procedimiento de trabajo, realizar análisis de trabajo seguro	Moderado	Difundir procedimiento de trabajo seguro
			Generación de residuos metálicos		Afectación al suelo	Uso de zona de acopio de metales		
		Pretensado y tensado	Torones	Falla de material, alteración de las propiedades del torón, mal procedimiento en la ejecución de la tarea	Rotura	Realizar procedimiento de trabajo, realizar análisis de trabajo seguro	Moderado	Difundir procedimiento de trabajo seguro
	Gato Hidráulico		Equipo en mal estado, Falta de mantenimiento, personal no capacitado para la labor	Objetos en proyección	Mantenimiento, certificación e inspección de equipos, personal certificado para realizar la tarea. Análisis de trabajo seguro	Moderado	Difundir procedimiento de trabajo seguro	
	Armado y traslado de andamios	Andamios	Personal no calificado para armado de andamios, andamio no certificado y no inspeccionado, área de trabajo restringida, no usar líneas de restricción en vigas superiores a 1.80 m de altura	Caídas a mismo y a distinto nivel, golpeado por piezas del andamio	Entrenamiento en armado de andamios PERI, inspección diaria de andamios, orden y limpieza en el área de trabajo, capacitación en trabajos en altura	Moderado	Entrenamiento en trabajos en altura	
		Vaciado en vigas V-1 y V-2		Falta de entrenamiento en manejo defensivo, falta de entrenamiento en la actividad, mantenimiento inadecuado del chute	Accidente vehicular, ser golpeado por chute de mixer	entrenamiento en el procedimiento de la actividad, inspección diaria de equipos y accesorios	Moderado	Entrenamiento en manejo defensivo,

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 1**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES O TAREAS ESPECÍFICAS Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS (Fuente, situación o acto)	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
	Vaciado de concreto de vigas y prelosas	Vaciado en vigas V-3	Mixer, bomba concretera Armaduras de prelosas, concreto	Falta de entrenamiento en manejo defensivo, equipo en mal estado, falta de señalización y delimitación del área de trabajo	Accidente vehicular, contacto con fluidos a presión, ser golpeado por mangera de bomba	Entrenamiento en manejo defensivo, mantenimiento periódico a equipos, realización de análisis de trabajo seguro.	Importante	Realización de procedimiento de trabajo seguro
		Vaciado en Prelosas y Bordes Típicos		Falta de protección a puntas expuestas, falta de orden y limpieza, no usar equipo de protección personal	Contacto con superficies punzocortantes, caídas al mismo nivel, exposición a concreto	Proteger puntas expuestas, orden y limpieza del área de trabajo, implementación de epp	Importante	Realización de procedimiento de trabajo seguro
		Uso de Vibrador	Vibrador, andamio, cajas eléctricas,	Equipos en mal estado, inadecuada rotación de personal, falta de EPP	Contacto con electricidad, exposición a vibraciones y ruido	Mantenimiento periódico del equipo, rotación planificada de personal, implementación de protector auditivo	Moderado	Realizar programación de trabajos rotativos
Curado de concreto	Recubrimiento con manta y plástico	Vigas o prelosas armadas y vaciadas, escaleras	Falta de orden y limpieza, inadecuada ejecución de la tarea	Caídas a mismo y a distinto nivel	Implementar orden y limpieza en el área de trabajo, adecuado posicionamiento de la escalera	Moderado	Entrenamiento del personal en Orden y limpieza	
	Suministro de agua caliente	Hidrolavadora y agua caliente	Falta de mantenimiento al equipo, inadecuado uso de epp	Contacto con electricidad, exposición a temperaturas extremas	Mantenimiento periódico del equipo, utilización de guantes resistentes a temperaturas, análisis de trabajo seguro.	Moderado	Implementar de EPP para protección de agua (ropa de jebe)	
Reparación y resanes	Pulido y perfilado	Amoladora	Herramienta en mal estado, falta de EPP, uso de equipo sin autorización ni entrenamiento, falta de rotación de trabajo	Contacto con electricidad, proyección de partículas, atrapamiento, generación de polvo, exposición a vibración y ruido.	Inspección de herramienta (codificación de inspección de acuerdo al color del mes). Uso de EPP( careta de esmerilar, lentes de seguridad, guantes de cuero caña alta, zapatos con punta de acero, mandil de cuero, Uso de respirador de doble vía con filtro para polvo), Uso de protección auditiva. Personal entrenado en uso de herramientas eléctricas. Realizar trabajos rotativos .	Moderado	Entrenamiento al personal en herramientas de poder Realizar inspecciones de equipos	
	Picado de cabezales de viga y liberación de aceros	Martillo neumático, aceros liberados	Herramienta en mal estado, falta de EPP, uso de equipo sin autorización ni entrenamiento, falta de rotación de trabajo, área de trabajo restringida, falta de protección de aceros expuestos	Contacto con electricidad, proyección de partículas, golpes, generación de polvo, exposición a vibración y ruido. Superficies punzocortantes.	Inspección de herramienta (codificación de inspección de acuerdo al color del mes). Uso de EPP (careta, lentes de seguridad, guantes de cuero, zapatos con punta de acero, ropa tyvek, respirador de doble vía con filtro para polvo, uso de protección auditiva). Personal entrenado en uso de herramientas eléctricas. . Orden y limpieza, protección de aceros expuestos.	Moderado	Mantenimiento de Herramienta Rotación de trabajo Descongestionar área de trabajo Proteger aceros expuestos	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 1**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES O TAREAS ESPECÍFICAS Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS (Fuente, situación o acto)	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
Traslado de vigas, prelasas y bordes típicos	Corte de torones		Amoladora	Herramienta en mal estado, falta de EPP, uso de equipo sin autorización ni entrenamiento, falta de rotación de trabajo	Contacto con electricidad, proyección de partículas, atrapamiento, generación de polvo, exposición a vibración y ruido.	Inspección de herramienta (codificación de inspección de acuerdo al color del mes). Uso de EPP( careta de esmerilar, lentes de seguridad, guantes de cuero caña alta, zapatos con punta de acero, mandil de cuero, Uso de respirador de doble vía con filtro para polvo), Uso de protección auditiva. Personal entrenado en uso de herramientas eléctricas. Realizar trabajos rotativos .	Moderado	Entrenamiento al personal en herramientas de poder Realizar inspecciones de equipos
			Viga	No señalizar , falta de vigia, no señalizar pasos entre viga y viga	Atrapamiento	Prohibir el paso entre viga y viga, colocar letreros de precaución y prohibición entre viga y viga, realizar la actividad con apoyo de un vigia	Moderado	Difundor procedimiento de trabajo seguro
			Torones	Falla de material, alteración de las propiedades del torón, mal procedimiento en la ejecución de la tarea	Rotura	Realizar procedimiento de trabajo, realizar análisis de trabajo seguro	Importante	Realizar procedimiento de trabajo seguro
	Estrobadado de viga, prelasas y bordes típicos	Eje de acero pasante, eslingas y estrobos, fierros de armadura	Inadecuada ejecución de tareas, falta de uso de epp	Sobreesfuerzo, atrapamiento, Superficies punzocortantes	Elaboración y capacitación en el procedimiento, Análisis de Trabajo Seguro	Tolerable		
	Izaje de vigas, y prelasas con grúa pórtico	Grúa Pórtico, carga suspendida	Equipo defectuoso, falta de capacitación en Izaje de cargas, falta de señalización y aislamiento del área	Atrapamiento y aplastamiento	Mantenimiento periódico del equipo, inspección diaria, capacitación en izaje de cargas, señalización y aislamiento del área	Moderado	Difundor procedimiento de trabajo seguro	
	Izaje bordes típicos con camión grúa	Camión grúa, carga suspendida	Equipo defectuoso, falta de capacitación en Izaje de cargas, falta de señalización y aislamiento del área, falta de capacitación en manejo defensivo	Atrapamiento y aplastamiento, accidente vehicular	Mantenimiento periódico del equipo, inspección diaria, capacitación en izaje de cargas, señalización y aislamiento del área, capacitación en manejo defensivo	Importante	Realización de procedimiento de trabajo seguro	
	Izaje de vigas con grúa celosía	Grúa celosía, carga suspendida				Importante		
Estacionamiento del vehículo y trincado	conductor de tracto	Caídas de cargas, volcaduras, aplastamiento, colisión entre equipos, maniobras temerarias durante el manejo,	Falto de un programa de mantenimiento establecido para los equipos o no cumplimiento del mismo, falto de inspección a los equipos, no realizar los cálculos previos para el izaje de cargas, falto de entrenamiento y capacitación, mal ajuste o mal cálculo de levante de cargas, volcaduras por terrenos no afirmados o compactados adecuadamente, etc	Accidentes fatales y daños materiales .	Charlas de seguridad diarias y capacitación a los conductores	Importante	Verificar los sistemas o dispositivos de limitador de sobrecarga (con el área de mantenimiento), sistemas mecánicos y mantenimiento, establecer exámenes periódicos del sistema de izaje (cables, grilletes, fajas, etc), colocación de señales de advertencia de izajes de carga, realizar capacitaciones y entrenamientos periódicos, establecer previamente el cálculo de carga para el izaje repear las distancias de radios de trabajo de los equipos pesados, evaluación de tabla de carga, estabilización adecuada de la grúa	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 1**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES O TAREAS ESPECÍFICAS Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS (Fuente, situación o acto)	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
		Trincado y aseguramiento de las vigas	Rotura de fajas y cadenas.	Falto de un programa de mantenimiento establecido para los equipos de seguridad o no cumplimiento de los mismos, falta de inspección a los equipos, falta de entrenamiento y capacitación al personal de maniobras, no uso de EPP,	caídas del personal de maniobra de la plataforma, golpes y accidentes graves	Abastecimiento de equipos de seguridad nuevos o en buen estado, inspección diaria de los equipos.	Importante	Verificación periódica de desgaste de las fajas y cadenas (inspecciones periódicas: desgastes, rotura, corrosión, etc), verificación del cumplimiento del plan de mantenimiento (chequeo del check list, registros de último mantenimiento, etc), empleo de iluminarias.
	Traslado y descarga	Inspección de ruta y transporte de las vigas	Choques posterior y laterales, caída de las vigas, y atropellos, mala maniobra por falta de comunicación entre las escoltas	Mal estacionamiento de la unidad, no uso de los conos de seguridad, falta de señalización, Falto experiencia en la labor desarrollada, supervisión deficiente, etc	Daños materiales contra terceros y paralización o demoras durante el traslado	Realizar las coordinaciones respectivas antes del traslado y al momento de la descarga y evacuación del área de descarga de personal no autorizado	Importante	Realizar o ejecutar entrenamiento y capacitaciones periódicos, realizar la inspección de ruta correspondiente, participar en los entrenamientos diarios de seguridad, capacitación y entrenamiento periódico al conductor y al personal de maniobras y ayudantes...

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
Producción de Aceros de refuerzo,		Habilitado de acero	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de herramienta de poder Manipulación de harramientas manuales Herramientas defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/o permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar equipos y/o herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,18,19,20,53,54,40,33,4	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	T O L E R A B L E	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia de los equipos Respetar la señalización Posturas correctas para carguio de objetos.
		Traslado acero habilitado	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/o permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparejos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulacióbn manual de carga Inspecciones deaparejos y dispositivos de izaje	M O D E R A D O	
		Armado de acero	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de harramientas manuales Herramientas defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar equipos y/o herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,18,19,20,53,40,33,4	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	M O D E R A D O	
		Traslado de armado de acero	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparejos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulacióbn manual de carga Inspecciones deaparejos y dispositivos de izaje	I M P O R T A N T E	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
		Colocación de ductos/ insertos y puesta a tierra	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo Trabajos en caliente Manipulación de equipos eléctricos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos para izaje No uso de EPP para trabajos en caliente No uso de biombo, extintor No inspeccionar herramientas/equipos Operar equipos y/o herramientas defectuosas Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,40,34,28,49,51,9	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga Uso de biombos, señalización, extintor Contar con credenciales para trabajos en caliente	T O L E R A B L E	
		limpieza de formas metalicas	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas manuales Herramientas defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo específicos No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,18,19,20,53,12,40,4	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza. Inspección de herramientas manuales	T O L E R A B L E	
		Aplicación de desmoldante	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Manipulación de productos quimicos (desmoldante) Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche)	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas No uso de Luminarias Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,52,18,19,20,53,18,19,20,53	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza. No caminar sobre superficie con desmoldante	T O L E R A B L E	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
	encofrado	Colocación de encofrado	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,1 1,34,65,56,37, 40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulaciób n manual de carga Inspecciones deaparejos y dispositivos de izaje	I M P O R T A N T E	
		pasado de torones	Condición de los accesos y area de trabajo Manipulación de materiales de trabajo Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,1 1,34,65,56,37, 40,33	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga Uso de estructura portatoron ajustable No exponer ninguna parte del cuerpo en el interior del portatoron Asegurar mechas salientes Retirar sunchos con barretilla	I M P O R T A N T E	
		Pretensado y Postensado	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas y/o equipos Herramientas y/o equipos defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas	8,2,10,3,30,51,9 ,11,34,65,56,37, 18,19,20,53,9,1 0,57,36	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Mantenimiento, certificación e inspección de equipos, personal certificado para realizar la tarea. Inspección de accesorios (anclajes fijos y móviles y aro de jebe) Contar con vigia Colocar banderines rojos al momento del tensado Acondicionar señalización de advertencia El pretensado a 1000 PSI se realiza sin encofrados laterales El tensado se realiza cuando la viga esta encofrado en su totalidad	I M P O R T A N T E	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
Construcción de vigas Prefabricadas	Colocación de concreto	armado de plataforma de trabajo para vigas de 1,80	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,40,33,18,19,20,53	ATS Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga Plataforma deben ser construidas según disposiciones G050	M O D E R A D O	
		vaciado	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias (mixer, portico) Manipulación de materiales de trabajo ( direccionar chute de mixer) Manipulación de productos quimicos (concreto) Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Agentes electricos (vibradores de mangotes y estaticos)	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Operador de UNICON no cumple con procedimiento UNICON No uso de Luminarias Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas Operador de UNICON no cumple con procedimiento UNICON Operar equipos y/o herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,45,52,18,19,20,53	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos y especificos para vaciado (careta facial, ropa tprotectora, guantes de jebe) Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza. Uso de escaleras con pasos Inspección de equipos y accesoriso (vibradores fijos y de mangote) Inspección de herramientas No armar los chutes del mixer (personal UNICON es la única persona autorizada para hacerlo) Disponer de un personal para guiar al mixer	M O D E R A D O	
	Cubrir con manta 400 / curaflex o similar	Condición de los accesos y area de trabajo Baja iluminación (turno noche) Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	7,8,10,15,18,15,19	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	M O D E R A D O		

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

<b>PROCESO</b>	<b>SUB PROCESOS</b>	<b>ACTIVIDADES</b> Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	<b>PELIGROS</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>RIESGOS</b>	<b>MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL</b> Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	<b>Clasificación del Riesgo</b>	<b>Medidas de Control Recomendadas</b>
	Curado	Suministro de agua caliente (60°C a 100° C)	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas y/o equipos Agentes electricos (Hidrolavadora) Temperaturas extremas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas No uso de Luminarias Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,13	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Inspección de equipo (hidrolavadora)	M O D E R A D O	
		Cubrir con manta de plastico	Condición de los accesos y area de trabajo Baja iluminación (turno noche) Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	7,8,10,15,18,15,19,1,8	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	M O D E R A D O	
		Retiro de encofrado metalico	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,18,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulaciobn manual de carga Inspecciones deaparejos y dispositivos de izaje	M O D E R A D O	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
	desencofrado	Corte de torones tensados	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas (amoladora) Agentes electricos Herramientas y/o equipos defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,45,18,19,30,51,9, 11	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Personal entrenado y calificado Cortar en forma intercalda los torones señalizar con banderines rojos señalizar con letreros informativos y advertencia "corte de torones, no pasar" Acondicionar al operador para corte con EPP específico (ropam jean, esarpines, mangas de cuero, chavito)	IMPORANTE	
	Inspección Post Vaciado	Preparación de Zona de Diafragma (picado )	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas Agentes electricos Herramientas y/o equipos defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,45,18,19,30,51,9, 11	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga Uso de biombos, señalización, extintor Contar con credenciales para herramientas de poder	MODERADO	
		Reparación de Burbujas Superficiales (Solaqueo)	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Manipulación de materiales de trabajo Manipulación de productos quimicos (mezcla de cemento-cal-arena fina y agua ) Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche)	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas No uso de Luminarias Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,52,18,19,20,53,18,19,20,53,	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	MODERADO	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

<b>PROCESO</b>	<b>SUB PROCESOS</b>	<b>ACTIVIDADES</b> Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	<b>PELIGROS</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>RIESGOS</b>	<b>MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL</b> Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	<b>Clasificación del Riesgo</b>	<b>Medidas de Control Recomendadas</b>
		Reparación de Cantos Quebrados	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Generación de polvo Manipulación de productos quimicos Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas Herramientas y/o equipos defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,45,50,52,18,19,20,53	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	IMP P O R T A N T E	
	Codificación y Transporte a zona de stock	Izaje de viga	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Manipulación de productos quimicos (pintura en spray para codificar) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparjos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,52,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Inspecciones deaparejos y dispositivos de izaje	IMP P O R T A N T E	
		Habilitación y colocación de acero	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de herramienta de poder Manipulación de harramientas manuales Herramientas defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/o permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar equipos y/o herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,18,19,20,53,54,40,33,4	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	T O L E R A B L E	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia de los equipos Respetar la señalización Posturas correctas para carguio de objetos.

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
	Fabricación de Mallas	Armado de mallas	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de harramientas manuales Herramientas defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar equipos y/o herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,18,19,20,53,40,33,4	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulacióbn manual de carga Inspecciones deaparejos y dispositivos de izaje	I M P O R T A N T E	
		Traslado de malla	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparejos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulacióbn manual de carga Inspecciones deaparejos y dispositivos de izaje	M O D E R A D O	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia del chute del mixer Verificar que el chute se encuentre controlado o asegurado mientras se vierte la muestra Orden y limpieza antes, durante y al finalizar la tarea
	Encofrado	Limpieza de formas metalicas	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de harramientas manuales Herramientas defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,18,19,20,53,12,40,4	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza. Inspección de herramientas manuales	M O D E R A D O	
			Aplicación de desmoldante	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Manipulación de productos quimicos (desmoldante) Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche)	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas No uso de Luminarias Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,52,18,19,20,53,18,19,20,53	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza. No caminar sobre superficie con desmoldante	T O L E R A B L E

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
		Colocación de formas metálica	Condición de los accesos y área de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Baja iluminación (turno noche) Agentes ergonómicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversión en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,1 1,34,65,56,37,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga Inspecciones de aparejos y dispositivos de izaje	M O D E R A D O	
	Colocación de insertos para izaje	Insertos	Condición de los accesos y área de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No uso de EPP para trabajos en caliente Operar equipos y/o herramientas defectuosas Acción de diversión en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,1 1,51	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza,	T O L E R A B L E	
	Colocación de concreto	Vaciado	Condición de los accesos y área de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias (mixer, portico) Manipulación de materiales de trabajo ( direccionar chute de mixer) Manipulación de productos químicos (concreto) Agentes ergonómicos Baja iluminación (turno noche) Agentes eléctricos (vibradores de mangotes y estáticos)	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Operador de UNICON no cumple con procedimiento UNICON No uso de Luminarias Acción de diversión en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas Operador de UNICON no cumple con procedimiento UNICON Operar equipos y/o herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9 ,11,34,65,56,37,45,52,18,19,20,53	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos y específicos para vaciado (careta facial, ropa protectora, guantes de jebe) Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza. Uso de escaleras con pasos Inspección de equipos y accesorio (vibradores fijos y de mangote) Inspección de herramientas No armar los chutes del mixer (personal UNICON es la única persona autorizada para hacerlo) Disponer de un personal para guiar al mixer	M O D E R A D O	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
Fabricación de lozas , prelozas y bordes típicos	Curado de concreto	Cubrir con manta 400 / curaflex o similar	Condición de los accesos y area de trabajo Baja iluminación (turno noche) Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	8,10,15,18,15,19	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	T O L E R A B L E	
		Suministro de agua caliente (60°C a 100° C)	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas y/o equipos Agentes electricos (Hidrolavadora) Temperaturas extremas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas No uso de Luminarias Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,13	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Inspección de equipo (hidrolavadora)	T O L E R A B L E	
		Cubrir con manta de plastico	Condición de los accesos y area de trabajo Baja iluminación (turno noche) Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	8,10,15,18,15,19,1,8	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	T O L E R A B L E	
	Retiro de encofrado metalico	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Agentes ergonomicos	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,18,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga Inspecciones de aparejos y dispositivos de izaje	M O D E R A D O	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia del chute del mixer Inspeccionar las herramientas previo a su uso Uso de herramientas con cinta de inspección Verificar que el chute se encuentre controlado o asegurado mientras se vierte la muestra Orden y limpieza antes, durante y al finalizar la tarea	

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

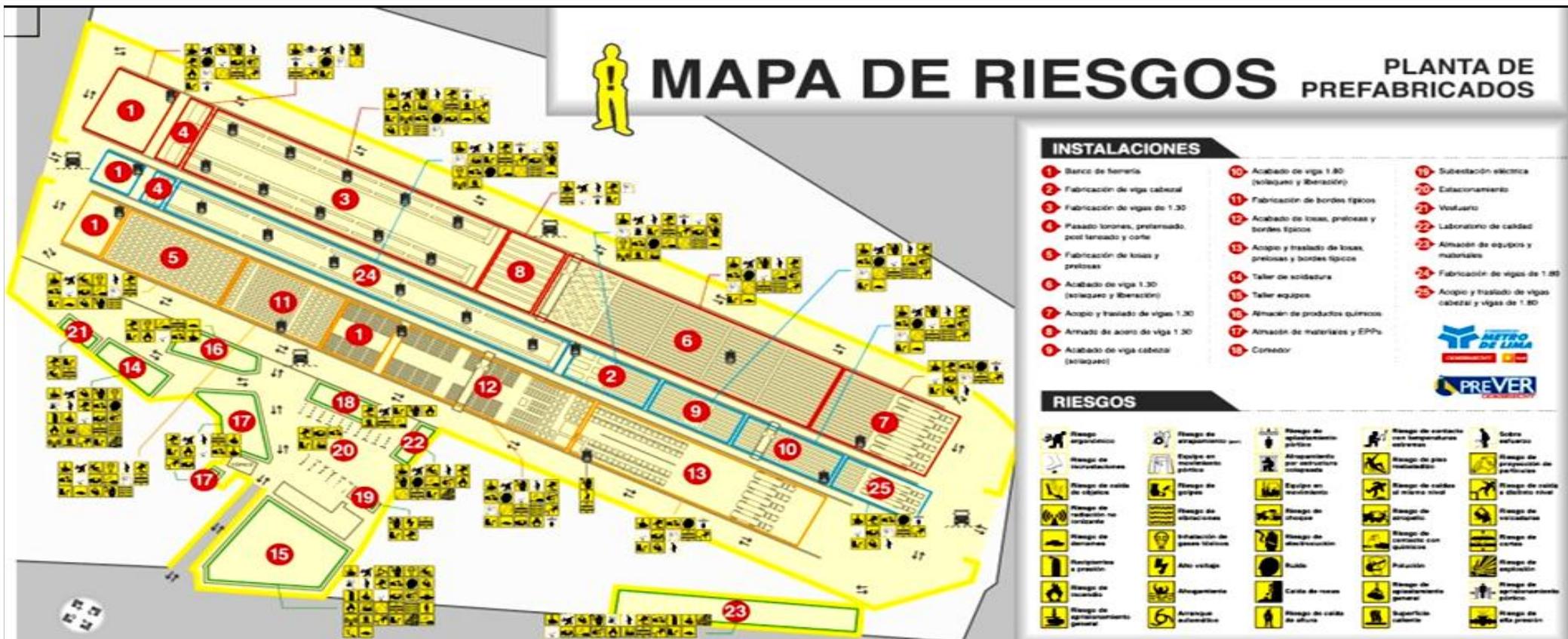
PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
	Desencofrado	Izaje de losa preloza o borde típico	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparejos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Inspecciones de aparejos y dispositivos de izaje Colocar tacos para apilamiento de losas, prelosas y borde típicos de las mismas dimensiones para evitar caídas de material por mal apilamiento	I M P O R T A N T E	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia del chute del mixer Inspeccionar las herramientas previo a su uso Uso de herramientas con cinta de inspeccion Verificar que el chute se encuentre controlado o asegurado mientras se vierte la muestra Orden y limpieza antes, durante y al finalizar la tarea
		Transporte a zona de reparación	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Manipulación de productos químicos (pintura en spray para codificar) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparejos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,52,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Inspecciones de aparejos y dispositivos de izaje	M O D E R A D O	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia del chute del mixer Inspeccionar las herramientas previo a su uso Uso de herramientas con cinta de inspeccion Verificar que el chute se encuentre controlado o asegurado mientras se vierte la muestra Orden y limpieza antes, durante y al finalizar la tarea
	Reparación	Escarificar	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas Agentes electricos Herramientas y/o equipos defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atención al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar herramientas y/o equipos defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,45,18,19,30,51,9,11	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga Uso de biombos, señalización, extintor Contar con credenciales para herramientas de poder	T O L E R A B L E	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia del chute del mixer Inspeccionar las herramientas previo a su uso Uso de herramientas con cinta de inspeccion Uso de herramientas con cinta de inspeccion Verificar que el chute se encuentre controlado o asegurado mientras se vierte la muestra Orden y limpieza antes, durante y al finalizar la tarea

**ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2**

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
		Lavado y aplicar del mortero de reparación	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Manipulación de materiales de trabajo Manipulación de productos quimicos (mezcla de cemento-cal-arena fina y agua ) Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche)	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas No uso de Luminarias Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,52,18,19,20,53,18,19,20,53,	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	M O D E R A D O	
	Transporte a zona de stock	Apilamiento	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparejos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Inspecciones de aparejos de izaje	M O D E R A D O	
		Izaje hacia zona de Stock	Condición de los accesos y area de trabajo Movimiento de equipos y maquinarias Baja iluminación (turno noche) Carga suspendida Manipulación de materiales de trabajo	No elaborar el ATS/EDS y/po permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de luminarias No uso de EPP o uso incorrecto No inspeccionar dispositivos y aparejos para izaje Acción de diversion en horas de trabajo	8,2,10,3,30,51,11,34,65,56,37,52,40,33,45,44	ATS Permisos de Trabajo Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Inspecciones de aparejos y dispositivos de izaje	I M P O R T A N T E	
Taller de carpinteria	Traslado de madera	Selección de maderas	Condición de los accesos y area de trabajo Accesos obstruidos Movimiento de equipos y maquinarias Manipulación de materiales de trabajo Agentes ergonomicos Baja iluminación (turno noche) Manipulación de herramientas manuales Herramientas defectuosas	No elaborar el ATS/EDS y/o permisos de trabajo No advertir el peligro, no darse cuenta, no observar, no prestar atencion al entorno No uso de EPP o uso incorrecto No uso de Luminarias Levantamiento inadecuado de materiales y herramientas Acción de diversion en horas de trabajo Operar equipos y/o herramientas defectuosas	8,2,10,3,30,51,9,11,34,65,56,37,18,19,20,53,54,40,33,4	ATS Permisos de Trabajo Uso de Herramientas manuales y de poder Equipos de Protección Personal: EPPs básicos Capacitación: Inducción, Uso de EPPs, Orden y limpieza, Manipulación manual de carga	T O L E R A B L E	Elaborar el ATS Participar en el Entrenamiento Diario de Seguridad Mantenerse a distancia de los equipos Respetar la señalización Posturas correctas para carguo de objetos.
		Carguio de madera						
	Corte con sierra circular	Colocación de madera en banco						
Corte de maderas								

ANEXO 5.6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y ESTABLECIMIENTO DE CONTROLES PLANTA DE PREFABRICADOS TRAMO 2

PROCESO	SUB PROCESOS	ACTIVIDADES Propias, de contratistas o visitas, Lugares de Trabajo	PELIGROS	CAUSAS	RIESGOS	MEDIDAS DE CONTROL ACTUAL Detallar el control: procedimiento, PETS, EPP, capacitación, sensibilización, protecciones, otros.	Clasificación del Riesgo	Medidas de Control Recomendadas
	Retiro de madera cortada	carguio de tacos a zona de trabajo						



**ANEXO 5.7. PLAN DE PUNTOS DE INSPECCION (PPI)**

Fecha: 22/02/2010

**PROYECTO:** OBRAS CIVILES Y ELECTROMECHANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO - LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AV. GRAU

Inspecciones y ensayos para asegurar la conformidad de la construcción con los requerimientos establecidos en Planos y Documentos de Ingeniería

ACTIVIDAD	INSPECCION / ESTADO DE LA PRUEBA		REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN			VERIFICA (CONSORCIO)	FRECUENCIA	PROCEDIMIENTO APLICABLE	PROTOCOLO APLICABLE	TIPO DE INSPECCIÓN	ALCANCE DE INSPECCIÓN		TIPO DE PUNTO DE INSPECCION
											CONSORCIO	SUPERVISION	
<b>OBRAS DE CONCRETO</b>													
PRODUCCION DE CONCRETO	Recepción y verificación de Equipos de Laboratorio (Tamices, Balanzas, Prensa Hidráulica, Equipo de muestreo, etc.)		- Certificado de Calibración			Area de Calidad / Laboratorio QC	Anual (12 meses)	Calibración de Equipos de Medición y Ensayo	Etiqueta de Calibración (formato)	Inspección y Verificación	R	-----	-----
	Análisis de Agregados	Propiedades Físicas	Granulometría, Modulo Fineza y Pasante Malla # 200	Expediente Técnico	Propiedades Físicas	ASTM C-33/75/136/117, MTC E202	Laboratorio QC	Semanal	Informe de Laboratorio	Verificación de Resultados	E - R	-----	-----
			Absorción y Peso Especifico			ASTM C-33/75/127/128							
			Desgaste por Abrasión,			ASTM C-131, MTC E-207							
	Propiedades Químicas		Cloruros Sulfatos y Sales Totales	Expediente Técnico	Propiedades Químicas	ACI - 318	Laboratorio Externo	1 / Cantera	Granulometría Conformidad de Agregados (Concreto)	Verificación de Resultados	R	-----	-----
			Arcilla y Particulas Libres			ASTM C-142, MTC E212							
			Alkali-Agregado			ASTM C-227							
		Dosificación del Concreto (Diseño de mezcla)		Expediente Técnico Parcial Tramos "K" y "L"			Laboratorio QC	Diario	Producción y Colocación de Concreto	Diseño de mezcla	E - R	A	WP
		Revisión y evaluación de equipos previo al vaciado		Expediente Técnico Parcial Estación Jorge Chávez			Area de Calidad / Producción	Semanal		-----	Inspección Visual	E - R	-----
	Control de Concreto fresco en Planta		Temperatura	Expediente Técnico		ASTM C-1064	Laboratorio QC	Mixer con mas de 4 m3	Características del Concreto	Inspección y Verificación	E - R	A	WP
Asentamiento			ASTM C-143			Cada 50 m3 o por tipo de concreto							
Contenido de Aire			ASTM C-231										
Moldeo de Especímenes			ASTM C-31										
	Rotura de Probetas de Concreto (Ensayo a Compresión)		ASTM C-39				Rotura a los 7 y 28 días	Control de Rotura de Probetas	Verificación de Resultados	E - R	A	WP	
COLOCACION DE CONCRETO	Recepción de Materiales: - Acero de refuerzo - Encofrados (madera, metálicos)		Certificado de Calidad de Materiales Memoria de Cálculo de encofrado Planos de Modulación de encofrado			Area de Calidad / Producción	Por Lote	Inspección en la Recepción de Suministros	Recepción de Suministros (Sello)	Inspección y Verificación de resultados	E - R	-----	-----
	Recepción de concreto fresco	Asentamiento (Slump)		Expediente Técnico		ASTM C-143	Laboratorio QC	Mixer con mas de 4 m3	Características del Concreto		E - R	A	WP
		Temperatura				ASTM C-1064							
		Muestreo y curado de probetas (Solo concreto estructural)				ASTM C-31, MTC E-702/704					Cada 50 m3 o por tipo de concreto	Habilitado y Colocacion de Encofrados	E - R

**ANEXO 5.7. PLAN DE PUNTOS DE INSPECCION (PPI)**

Fecha: 22/02/2010

**PROYECTO:** OBRAS CIVILES Y ELECTROMECHANICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO - LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AV. GRAU

Inspecciones y ensayos para asegurar la conformidad de la construcción con los requerimientos establecidos en Planos y Documentos de Ingeniería

ACTIVIDAD	INSPECCION / ESTADO DE LA PRUEBA	REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	VERIFICA (CONSORCIO)	FRECUENCIA	PROCEDIMIENTO APLICABLE	PROTOCOLO APLICABLE	TIPO DE INSPECCIÓN	ALCANCE DE INSPECCIÓN		TIPO DE PUNTO DE INSPECCION				
								CONSORCIO	SUPERVISION					
CONCRETO	Habilitado y colocación de acero de refuerzo	Expediente Técnico Parcial Tramos "K" y "L"	Area de Calidad / Producción	Cada vez que se requiera (por estructura)	Habilitado y Colocacion de Encofrados	Liberación de Estructuras	Inspección y Verificación	E - R	A	HP				
	Habilitado y colocación de encofrado (colocación de pernos e insertos)				Habilitado y Colocacion de Acero	-----								
	Colocación y vibrado de concreto fresco	Expediente Técnico Parcial Estación Jorge Chávez		-----	-----									
	Curado y verificación Post Vaciado	-----		Verificación de Post Vaciado	E - R	A		HP						
COLOCACION DE PERNOS E INSERTOS	Recepción y verificación de pernos e insertos	- Certificado de Calidad del Material	Area de Calidad / Producción	Cada vez que se requiera (por estructura)	Colocación de Pernos e Insertos	Colocación de Pernos de Anclaje Colocación de Insertos	Inspección y Verificación de resultados	E - R	-----	-----				
	Colocación de pernos e insertos	Expediente Técnico Parcial Tramos "K" y "L"	Area de Calidad / Producción / Topografía					E - R	A	HP				
	Chequeo final de pernos e insertos (Post Vaciado)	Expediente Técnico Parcial Estación Jorge Chávez	-----					E - R	A	HP				
VIGAS PRETENSADAS	Recepción de Materiales: - Acero de refuerzo - Cables de acero		Certificado de Calidad de Materiales Certificado de Calidad de Acero Pretensor (ASTM A416)	Area de Calidad / Producción	Por Lote	Inspección en la Recepción de Suministros	Recepción de Suministros (Sello)	Inspección Visual y Verificación	R	-----	-----			
	Verificación de Equipos de Pretensado (Gata Hidráulica, manómetros, etc.)		Certificado de Calibración	-----	Anual (12 meses)	Calibración de Equipos de Medición y Ensayo	Etiqueta de Calibración (formato)		R	-----	-----			
	Preparación de elementos	Habilitado de cables de acero		Expediente Técnico Parcial Tramos "K" y "L" Expediente Técnico Parcial Estación Jorge Chávez	Producción	Cada vez que se requiera (por estructura)	Construcción de Vigas Pretensadas	Control de Elongaciones de Vigas Pretensadas	Inspección y Verificación	E-R	A	WP		
		Preparación de anclajes fijos											Verificación de Vigas Pretensadas	
	Instalación de Tendones	Colocación de encofrados			Area de Calidad / Producción	Cada vez que se requiera (por estructura)	Producción y Colocación de Concreto	Habilitado y Colocacion de Encofrados		Liberación de Estructuras	Verificación Post Vaciado	E - R		A
		Habilitado y colocación de acero de refuerzo												
		Ubicación de anclajes fijos y móviles												
		Colocación de Tendones												
	Tensado de cables		Area de Calidad / Producción		Cada vez que se requiera (por estructura)	Habilitado y Colocacion de Acero	Verificación de Resultados	E - R		A	HP			
	Vaciado de Concreto en Vigas													
Desprotensión de Cables de Vigas Pretensadas														

**ANEXO 5.7. PLAN DE PUNTOS DE INSPECCION (PPI)**

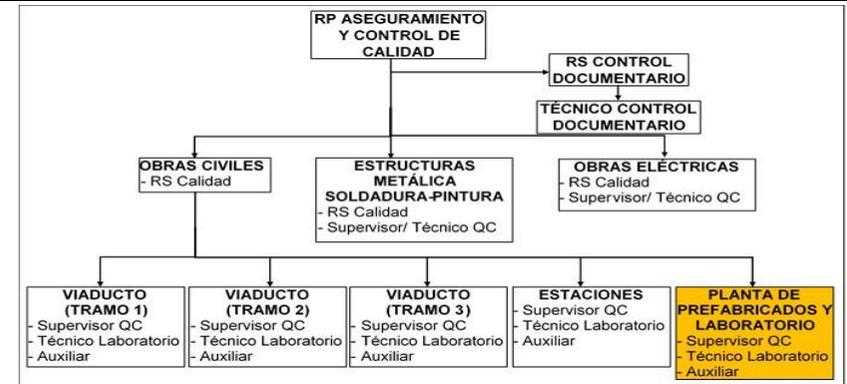
Fecha: 22/02/2010

PROYECTO: OBRAS CIVILES Y ELECTROMECAICAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE TRANSPORTE MASIVO DE LIMA Y CALLAO - LINEA 1: TRAMO VILLA EL SALVADOR - AV. GRAU

Inspecciones y ensayos para asegurar la conformidad de la construcción con los requerimientos establecidos en Planos y Documentos de Ingeniería

ACTIVIDAD	INSPECCION / ESTADO DE LA PRUEBA	REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	VERIFICA (CONSORCIO)	FRECUENCIA	PROCEDIMIENTO APLICABLE	PROTOCOLO APLICABLE	TIPO DE INSPECCIÓN	ALCANCE DE INSPECCIÓN		TIPO DE PUNTO DE INSPECCION
								CONSORCIO	SUPERVISION	

**ACTIVIDAD** Actividad o Partida (Civil, Estructural, Eléctrica, Mecánica, Piping, etc.)  
**INSPECCION / PRUEBA** Punto de Inspección o Prueba a verificar  
**CRITERIOS DE ACEPTACION** Según Especificación, Planos, Código o Norma  
**VERIFICA (CONTRATISTA)** Por la ejecución y verificación de la actividad por parte del Contratista  
**FRECUENCIA** Según Especificación, Código, Norma, Procedimiento Constructivo  
**PROCED. APLICABLE** Cómo se realiza la actividad de Control (N° procedimiento)  
**PROTOCOLO APLICABLE** Protocolo que evidencia el cumplimiento de la inspección y/o ensayo determinado  
**EQUIPO UTILIZADO** Instrumento que se usa para realizar pruebas y/o ensayos cuya calibración debe estar vigente  
**TIPO DE INSPECCION** I: Inspección Visual, V: Verificación de Resultados (Mediciones, Pruebas, Ensayos)  
**ALCANCE DE INSPECCION** E: Elabora, R: Revisa, A: Aprueba  
**TIPO DE PUNTO DE INSPEC.** H: Hold Point (No proceder sin previa Autorización), W: Witness Point (Punto de aviso, No significa detener la actividad)



Anexo 6.1. Avance de producción de vigas estructurales y vigas cabezales, Tramo 2, Línea 1, metro de Lima.

TIPO	TOTAL					
	PRODUCCION		SALIDAS		STOCK	
DIMENSION						
PRODUCCION Y SALIDAS	H=1.30m	H=1.80m	H=1.30m	H=1.80m	H=1.30m	H=1.80m
AGOSTO 11'	12	0	12	0	0	0
SEPTIEMBRE	110	0	44	0	66	0
OCTUBRE	120	70	124	63	-4	7
NOVIEMBRE	214	78	144	75	70	3
DICIEMBRE	157	91	148	78	9	13
ENERO	135	122	148	132	-13	-10
FEBRERO	175	104	100	88	75	16
MARZO	95	83	156	82	-61	1
ABRIL	126	124	76	108	50	16
MAYO	0	102	57	105	-57	-3
26-abr	0	7	0	4	0	3
27-abr	0	7	0	6	0	1
28-abr	0	0	0	0	0	0
29-abr	0	0	0	8	0	-8
30-abr	0	7	0	6	0	1
01-may	0	0	0	0	0	0
02-may	0	7	4	0	-4	7
03-may	0	6	0	8	0	-2
04-may	0	0	0	6	0	-6
05-may	0	0	0	0	0	0
06-may	0	6	8	0	-8	6
07-may	0	6	0	6	0	0
08-may	0	6	0	0	0	6
09-may	0	5	4	8	-4	-3
10-may	0	5	4	7	-4	-2
11-may	0	5	8	3	-8	2
12-may	0	0	0	0	0	0
13-may	0	5	8	6	-8	-1
14-may	0	0	4	6	-4	-6
15-may	0	5	0	2	0	3
16-may	0	0	0	8	0	-8
17-may	0	5	0	2	0	3
18-may	0	5	0	5	0	0
19-may	0	0	0	0	0	0
20-may	0	5	0	8	0	-3
21-may	0	5	0	2	0	3
22-may	0	5	4	4	-4	1
23-may	0	0	10	0	-10	0
24-may	0	0	0	0	0	0
25-may	0	0	3	0	-3	0
<b>JUNIO</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>-35</b>	<b>0</b>
26-may	0	0	0	0	0	0
27-may	0	0	3	0	-3	0
28-may	0	0	8	0	-8	0
29-may	0	0	0	0	0	0
30-may	0	0	0	0	0	0
31-may	0	0	0	0	0	0
01-jun	0	0	0	0	0	0
02-jun	0	0	0	0	0	0
03-jun	0	0	0	0	0	0
04-jun	0	0	6	0	-6	0
05-jun	0	0	4	0	-4	0
06-jun	0	0	0	0	0	0
07-jun	0	0	6	0	-6	0
08-jun	0	0	4	0	-4	0
09-jun	0	0	0	0	0	0
10-jun	0	0	4	0	-4	0
11-jun	0	0	0	0	0	0
12-jun	0	0	0	0	0	0
13-jun	0	0	0	0	0	0
14-jun	0	0	0	0	0	0
15-jun	0	0	0	0	0	0
16-jun	0	0	0	0	0	0
	<b>1144</b>	<b>774</b>	<b>1044</b>	<b>731</b>	<b>100</b>	<b>43</b>

RESUMEN	100.00%	100.00%
	1918	100.00%

TRAMO	12	0	
M	110	0	
N	120	70	
O	214	78	
P	157	91	
Q	135	122	
R	175	104	
S	95	83	
T	126	124	
U	0	102	
V	0	0	
	<b>1144</b>	<b>774</b>	<b>1918</b>

Anexo 6.2 Avance de producción de prelosas, Tramo 2, Línea 1, metro de Lima.

PRODUCCIÓN Y SALIDAS	TOTAL		
	PRODUCCION	SALIDAS	STOCK
AGOSTO	134	0	134
SEPTIEMBRE	1191	217	1108
OCTUBRE	1581	1633	1056
NOVIEMBRE	2696	3223	529
DICIEMBRE	2221	1136	1614
ENERO	2941	3456	1099
FEBRERO	3242	3235	1106
MARZO	3400	3536	970
ABRIL	4061	4218	813
MAYO	3478	2983	1308
JUNIO	2280	2037	1551
JULIO	34	1096	489
AGOSTO			489
jue 01/08	0	36	453
vie 02/08	0	73	380
sáb 03/08	0	0	380
lun 05/08	0	33	347
mar 06/08	0	0	347
mié 07/08	0	16	331
jue 08/08	0	34	297
vie 09/08	0	32	265
sáb 10/08	0	71	194
lun 12/08	0	2	192
mar 13/08	0	0	192
mié 14/08	0	0	192
jue 15/08	0	0	192
vie 16/08	0	0	192
sáb 17/08	0	0	192
lun 19/08	0	0	192
mar 20/08	0	34	158
mié 21/08	0	0	158
jue 22/08	0	24	134
vie 23/08	0	24	110
sáb 24/08	0	84	26
lun 26/08	0	18	8
mar 27/08	0	0	8
mié 28/08	0	0	8
jue 29/08	0	0	8
vie 30/08	0	0	8
	27266	27258	<b>8</b>

**RESUMEN**

Total de Prelosas por Producir= 27243

**%Producido= 100.1%**

Fabricación de Arelco= 532

Anexo 6.2 Avance de producción de bordes típicos, Tramo 2, Línea 1, metro de Lima.

	TOTAL		
	PRODUCCION	SALIDAS	STOCK
SEPTIEMBRE	418	9	409
OCTUBRE	173	54	528
NOVIEMBRE	484	268	744
DICIEMBRE	804	880	668
ENERO	1182	1396	454
FEBRERO	1064	1170	348
MARZO	1176	1112	412
ABRIL	1224	1534	102
MAYO	1116	942	276
JUNIO	1020	975	321
JULIO	408	191	538
AGOSTO	30	520	48
SEPTIEMBRE			48
lun 02/09			48
mar 03/09			48
mié 04/09			48
jue 05/09			48
vie 06/09		6	42
sáb 07/09		6	36
lun 09/09		6	30
mar 10/09		18	12
mié 11/09		12	
jue 12/09			
vie 13/09			
sáb 14/09			
lun 16/09	11		11
mar 17/09	47		58
mié 18/09	24		82
jue 19/09	47	30	99
vie 20/09	36	30	105
sáb 21/09	24	15	114
lun 23/09	48	15	147
mar 24/09	48	37	158
mié 25/09	47	15	190
jue 26/09			190
vie 27/09	36	15	211
sáb 28/09	35		246
lun 30/09	25	30	241
mar 01/10		30	211
mié 02/10		45	166
jue 03/10		45	121
vie 04/10		60	61
sáb 05/10		15	46
lun 07/10		45	1
mar 08/10			1
mié 09/10	2		3
jue 10/10			3
vie 11/10	2		5
sáb 12/10	2		7
lun 14/10	2		9
mar 15/10	2		11
mié 16/10		10	1
	9705	9704	1

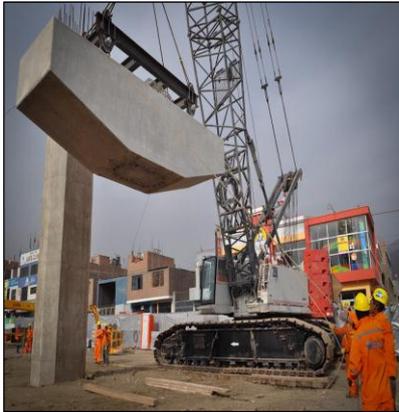
4tacos







## Anexo 8. Panel fotográfico y videos



Izaje de viga cabezal prefabricado



Izaje de viga cabezal prefabricado



Montaje de viga cabezal prefabricado



Montaje de viga cabezal prefabricado



Vaciado de vigas prefabricada



Tensado de torones



Colocación de dados de concreto a armadura de viga prefabricada



Encofrado de viga prefabricada



Curado de viga prefabricada



Encofrado de viga prefabricada



Habilitado y ejecución de armadura de viga prefabricada



Vigas prefabricadas en área de stock

## Anexo 8. Panel fotográfico y videos



Curado de prelasas



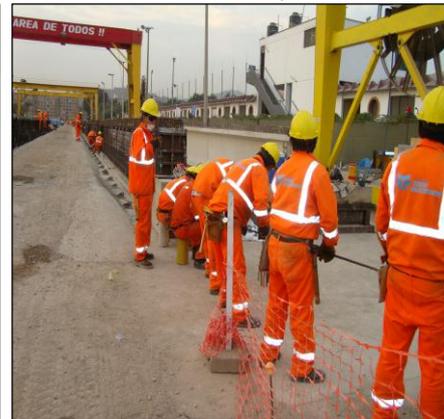
Desencofrado de prelasas



Encofrados de prelasas



Curado de vigas prefabricadas



Colocación de torones en armadura de vigas prefabricadas



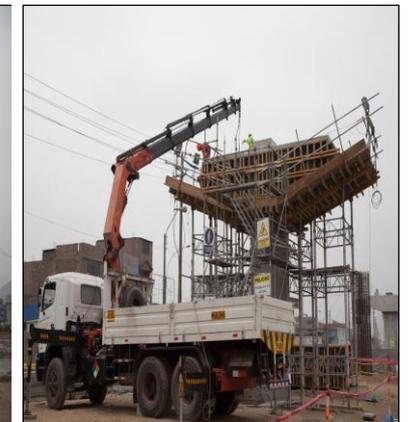
Encofrados de vigas prefabricadas



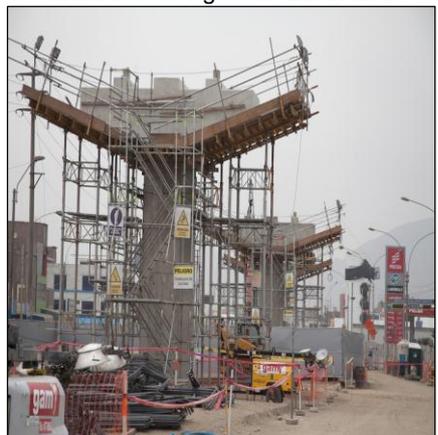
Armadura de viga cabezal in situ.



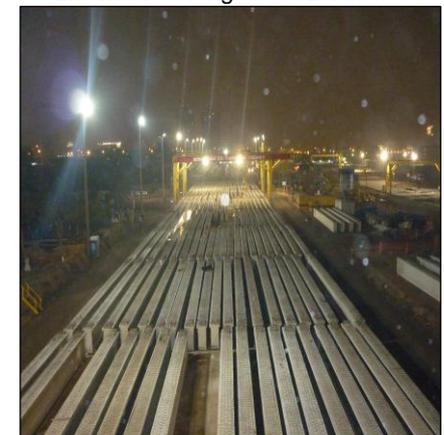
Encofrado de viga cabezal in situ



Desencofrado de viga cabezal in situ



Viga cabezal in situ



Stock de vigas prefabricadas



Traslado de viga prefabricada

## Anexo 8. Panel fotográfico y videos



Izaje para traslado de viga prefabricada



Transporte de bordes típicos



Encofrado para borde típico



Armadura de viga prefabricada



Traslado de armadura prefabricada



Video – Armadura de viga prefabricada



Video-tensado de torones en viga prefabricada.