

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



PRODUCTIVIDAD DE OBRAS USANDO GRÚA TORRE

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

GREYF MIRNER ROLDÁN GONZALES

Lima - Perú

2015

Dedicatoria

Este esfuerzo y logro, lo dedico a las personas que de alguna manera hicieron posible e inspiraron en mí la realización de este Informe de Suficiencia y en especial:

A mis padres, Enrique y María, por los valores y apoyo para mi formación profesional, hasta el día de hoy.

A mis hermanos, William y Maycol, por sus consejos a lo largo de mi vida y por estar a mi lado en las buenas y las malas. Aunque mi hermano Maycol ahora ya no esté con nosotros físicamente, sé que me cuida y guía en cada uno de los pasos que doy.

A mi amada y compañera, Emily, por estar a mi lado y ser el soporte emocional y amoroso hasta ahora.

Al Dr. Juan Ríos y al Ing. Ángel del Mar, por ayudarme a definir e iniciar el tema de este Informe de Suficiencia.

	Pág.
RESUMEN	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE GRÁFICOS	7
LISTA DE TABLAS	8
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: EVOLUCIÓN DE GRÚAS TORRE EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES EN EL PERÚ	 13
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	13
1.2 USO DE GRÚA TORRE EN EL PERÚ.	13
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EDIFICACIÓN.	16
2.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.	16
2.2 UNIDADES DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO.	 20
2.2.1 Unidades de producción.	20
2.2.2 Distribución de los procesos simples de las unidades de producción	 21
2.3 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA GRÚA TORRE DEL PROYECTO.	 23
2.4 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO DEL PROYECTO	27
2.5 CRONOGRAMA GENERAL CONTRACTUAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE SUPERESTRUCTURA.	 28

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO DE LA GRÚA TORRE.	29
3.1. MÉTODO DE PRODUCCIÓN EN CADENA.	29
3.2. TRABAJO REALIZADO POR GRUA TORRE.	30
3.3. TRABAJO REALIZADO POR BOMBA CONCRETERA.	32
3.4. ÍNDICE DE LA TRABAJOSIDAD DE LA MANO DE OBRA.	32
3.5. RECOPIACIÓN DEL PRESUPUESTO CONTRACTUAL Y PRECIOS UNITARIOS	33
3.6. COSTO DE INVERSIÓN POR USO DE GRÚA TORRE MODELO POTAIN MCI 85 B	34
3.7. ANÁLISIS DEL COSTO CONTRACTUAL VS COSTO REAL DEL PERIODO MUESTRAL DE TRABAJO	35
3.7.1 Costo contractual del periodo muestral de 30 días laborables.	35
3.7.2 Costo real del periodo muestral.	37
3.7.3 Resultados Costo Contractual vs Costo real del periodo muestral.	39
3.8. SECUENCIA DE AVANCE DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS DENTRO DEL PERIODO MUESTRAL EJECUTADO.	39
3.9. ANÁLISIS DE LA TRABAJOSIDAD DE LA MANO DE OBRA DEL PERIODO MUESTRAL DE 30 DÍAS LABORABLES.	40
3.10. COSTO CONTRACTUAL DE MANO DE OBRA, GRÚA TORRE Y BOMBA CONCRETERA PARA TODAS LAS PARTIDAS DEL PRESUPUESTO.	41
3.11. ANÁLISIS GRÚA TORRE VS BOMBA CONCRETERA PARA EL USO DE VACIADO DE CONCRETO PREMEZCLADO.	41

3.11.1	Ciclo del transporte de concreto en balde con el uso de grúa torre en el proyecto "Palma Real".	42
3.11.2	Cálculo del tiempo utilizado para el vaciado de concreto en losa y placas de cada una de las unidades de producción, usando un balde de 0,5 m ³ de capacidad para concreto transportado por Grúa Torre.	53
3.11.3.	Resumen de los tiempos estimados que se utilizarían para realizar el vaciado de concreto premezclado usando balde de 0.5 m ³ transportado con grúa torre en losa y placas en cada una de las unidades de producción.	55
3.11.4.	Análisis del uso de alquiler de bomba concretera para el vaciado de concreto premezclado.	58
3.11.5	Análisis comparativo de la bomba concreta concretera y grúa torre para el transporte de concreto premezclado.	61
3.12	ALTERNATIVA DEL USO DE DOS GRÚAS TORRE MCI 85 B TRANSPORTE DE MATERIALES Y CONCRETO PREMEZCLADO, PARA EL PROYECTO "PALMA REAL".	61
3.12.1	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa, en cada una de las tres unidades de producción, usando la grúa torre N°2.	63
3.12.2	Tiempo utilizado para el vaciado de concreto en losa, en cada una de las tres unidades de producción, usando la grúa torre N°2	65
3.12.3	Alternativa de ubicación de las grúas torre N°1 y grúa torre N°2	67
3.12.4	Costo de la mano de obra y el uso de dos grúas torre para el periodo muestral de 30 días laborables.	71

3.13.	RESUMEN DE LOS COSTO COMPARATIVOS ANALIZADOS PARA EL PERIODO MUESTRAL Y PARA TODAS LAS PARTIDAS DEL PRESUPUESTO DE LA SUPERESTRUCTURA.	71
3.14.	PLANEAMIENTO Y PROGRAMACIÓN PARA EL USO DE DOS GRÚA TORRE MCI 85 B PARA EL PROYECTO “PALMA REAL” O PROYECTO CON LAS CONDICIONES SIMILARES.	75
3.14.1	Planeamiento para el uso de dos grúas torre Potain modelo MCI 85 B empotrada, como alternativa de uso en el proyecto “Palma Real”.	75
3.14.2	Programación para el uso de dos grúas torre Potain modelo MCI 85 B empotradas, usando un tren de actividades, como alternativa para el proyecto “Palma Real”.	75
	CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
4.1	CONCLUSIONES	78
4.2	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFIA	86
	ANEXOS	87

RESUMEN

Actualmente, en la ciudad de Lima es usual encontrar el uso de grúa torre para la construcción de edificaciones. La grúa torre principalmente permite realizar el transporte de los materiales de construcción, sin intervención y riesgo del personal obrero. En algunas obras usan la grúa torre adicionalmente para el transporte de concreto en balde metálico, para el vaciado de concreto en elementos verticales. Caso contrario es el uso de bomba concretera, arrendado exclusivamente para el vaciado de concreto y en el momento en que se solicite. Estos dos equipos tecnológicos son arrendados muchas veces en un mismo proyecto de construcción.

En el presente informe se definió como **Objetivo principal**: Analizar la productividad, de los procesos de construcción, con intervención de la grúa torre en un proyecto de edificación de viviendas de 20 pisos, en su fase de superestructura, ejecutado en el distrito de Lince - Lima. Así mismo se definió como **objetivos específicos**: Justificar el uso de grúa torre en la obra de edificación; Analizar la productividad de la mano de obra y por último analizar el uso de grúa torre vs bomba concretera para el vaciado de concreto premezclado. Para alcanzar los objetivos indicados del presente informe, se realizó el análisis a un periodo muestral de 30 días laborable, afín de mostrar la incidencia del uso de grúa torre a la trabajosidad de la mano de obra, en cada una de las partidas involucradas. Así mismo, se realizó un análisis costo-tiempo del uso de grúa torre y bomba concretera, para lo cual fue necesario determinar el rendimiento del uso de cada uno de los equipos, al vaciado de concreto. Seguidamente, se realizó un análisis comparativo costo-tiempo entre la grúa torre y bomba concretera, en el vaciado de concreto, afín de determinar la mejor alternativa de uso de estos equipos.

Podemos concluir que es posible suprimir el uso de bomba concretera, para el vaciado de concreto en elementos horizontales, por el arrendamiento de una nueva grúa torre con mayor capacidad de volumen de balde. Así mismo, indicar las limitaciones de uso de grúa torre, en el vaciado de concreto de elementos horizontales, por el área a vaciar, la capacidad de balde a usar y el horario permitido de trabajo, afín de no generar sobrecostos fuera del horario permitido del alquiler del arriendo de grúa torre y del presupuesto contractual.

LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.1	Elevador de carga con pilote y brazo.	13
Figura N°1.2	Grúa Torre en la Construcción de la Torre del Centro Cívico vista 1	14
Figura N°1.3	Grúa Torre en la Construcción de la Torre del Centro Cívico vista 2.	14
Figura N°1.4	Uso de Grúa Torre en la Construcción del Hotel Shératon.	15
Figura N°1.5	Uso de Grúas Torre en la construcción de la Nueva sede del Banco de la Nación en el distrito de San Borja	15
Figura N°2.1	Ubicación de la obra.	17
Figura N°2.2	Pie de empotramiento de la grúa torre en los cimientos de la edificación.	26
Figura N°2.3	Balde metálico con capacidad para 0.5 m ³ de concreto	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°2.1	Ampliación de la Ubicación del proyecto.	17
Gráfico N°2.2	Dimensiones y límites de propiedad del Proyecto.	18
Gráfico N°2.3	Corte de plano en donde se muestra el número de pisos en las torres A, B y C.	19
Gráfico N°2.4	Unidades de producción del proyecto, vista del plano del piso típico.	22
Gráfico N°2.5	Distribución de losas y placas en cada sector del piso típico (desde el 3er piso).	22
Gráfico N°2.6	Ubicación y características de la grúa torre.	24
Gráfico N°2.7	Detalles de ubicación de grúa torre en plano de corte	25
Gráfico N°2.8	Balde metálico con capacidad de almacenar 0.5 m ³ de concreto.	26
Gráfico N°3.1	Áreas comunes de almacenamiento de materiales y oficinas de obra.	31
Gráfico N°3.2	Alternativa de ubicación para el uso de dos grúas torres y áreas no cubiertas por las grúas.	70

LISTA DE TABLAS

Tabla N°2.1	Cronograma general contractual de ejecución de obra del proyecto de superestructura.	28
Tabla N°3.1	Costos Fijos de inversión por uso de grúa torre modelo Potain MCI 85 B	34
Tabla N°3.2	Costos mensuales de inversión por uso de grúa torre modelo Potain MCI 85 B.	35
Tabla N°3.3	Costo Contractual del periodo muestral.	36
Tabla N°3.4	Costo de alquiler final contractual de grúa torre para el periodo muestral	37
Tabla N°3.5	Costo real del periodo muestral.	38
Tabla N°3.6	Costo de alquiler de grúa torre para el periodo muestral.	38
Tabla N°3.7	Costo contractual vs costo real del periodo muestral.	39
Tabla N°3.8	Tiempo promedio de carga de concreto en balde metálico de 0.5 m ³ .	43
Tabla N°3.9	Tiempo promedio de descarga de concreto en balde metálico de 0.5 m ³ para vaciar losa.	43
Tabla N°3.10	Tiempo promedio de descarga de concreto en balde de 0.5 m ³ para vaciar placas.	43
Tabla N°3.11	Cálculo de la velocidad de ascenso y descenso del balde metálico lleno de concreto (0.5 m ³).	44
Tabla N°3.12	Cálculo de la velocidad de ascenso o descenso del balde metálico vacío.	44

Tabla N°3.13	Cálculo de la velocidad de giro de la grúa torre al transportar el balde metálico.	44
Tabla N°3.14	Cálculo de la velocidad de traslación del carro de la grúa torre al transportar el balde metálico.	45
Tabla N°3.15	Tiempo de espera promedio para retomar el vaciado de concreto.	45
Tabla N°3.16	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 1, con balde de 0.5 m ³ .	47
Tabla N°3.17	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 2, con balde de 0.5 m ³ .	47
Tabla N°3.18	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 3, con balde de 0.5 m ³ .	48
Tabla N°3.19	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 4, con balde de 0.5 m ³ .	49
Tabla N°3.20	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 1, con balde de 0.5 m ³ .	50
Tabla N°3.21	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 2, con balde de 0.5 m ³ .	51
Tabla N°3.22	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 3, con balde de 0.5 m ³ .	52
Tabla N°3.23	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 4, con balde de 0.5 m ³ .	52
Tabla N°3.24	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 1 usando grúa torre con balde de 0.5 m ³	53

Tabla N°3.25	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 2 usando grúa torre con balde de 0.5 m3.	53
Tabla N°3.26	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 3 usando grúa torre con balde de 0.5 m3.	54
Tabla N°3.27	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 4 usando grúa torre con balde de 0.5 m3.	54
Tabla N°3.28	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 1 usando grúa torre con balde de 0.5 m3.	54
Tabla N°3.29	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 2 usando grúa torre con balde de 0.5 m3	55
Tabla N°3.30	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 3 usando grúa torre con balde de 0.5 m3.	55
Tabla N°3.31	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 4 usando grúa torre con balde de 0.5 m3.	55
Tabla N°3.32	Tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas y losa, usando grúa torre con balde de 0.5 m3, CASO 1.	56
Tabla N°3.33	Tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas y losa, usando grúa torre con balde de 0.5 m3, CASO 2.	58
Tabla N°3.34	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa con balde de 0.8 m3 transportado con grúa torre para el sector 1.	64
Tabla N°3.35	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa con balde de 0.8 m3 transportado con grúa torre para el sector 2.	64
Tabla N°3.36	Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa con balde de 0.8 m3 transportado con grúa torre para el sector 3.	65

Tabla N°3.37	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 1 usando grúa torre con balde de 0.8 m ³ .	66
Tabla N°3.38	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 2 usando grúa torre con balde de 0.8 m ³ .	66
Tabla N°3.39	Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 3 usando grúa torre con balde de 0.8 m ³ .	66
Tabla N°3.40	Alturas de grúa torre N°1 y grúa torre N°2	69
Tabla N°3.41	Costos comparativos analizados de la mano de obra, equipos grúa torre y bomba concretera.	73
Tabla N°3.42	Comparativo en el rendimiento y costos entre las grúas torre N°1, grúa torre N°2 y bomba concretera.	74
Tabla N°3.43	Conformación de trabajo general en los dos turnos de la grúa torre N°1 y grúa torre N°2.	75
Tabla N°3.44	Tren de actividades a usar para la programación de trabajo de dos grúas torre.	76
Tabla N°3.45	Conformación de trabajo de la grúa torre N°1 y grúa torre N°2.	77

INTRODUCCIÓN

A través de este Informe de Suficiencia, se quiere dar a presentar el análisis del uso de una grúa torre Modelo Potain MCI 85 B, usada en el proyecto "Palma Real", obra de edificación de tres torres, una tras de otra, conectadas por pasadizos, de 20 pisos cada uno y 3 sótanos para estacionamientos. La grúa torre tiene como características, en la versión empotrada, una zapata a nivel de las bases de cimentación de la edificación; un alcance de pluma de 50 m con carga máxima de 3.9 tn, hasta 20 m del eje de giro y 1.3 tn de carga en punta, para un balde metálico con capacidad para cargar 0.5 m³ de concreto premezclado. A través de esta grúa torre se realizará un análisis costo-tiempo del uso de grúa torre; así mismo un análisis de incidencia de la grúa torre hacia el personal de obra, a través de la trabajosidad del personal obrero, todo ello a través de un periodo muestral de 30 días laborables.

Dentro del periodo muestral se realizará el análisis de trabajosidad del personal obrero, en las partidas que involucra el uso de grúa torre en la etapa de construcción de superestructura. Así mismo se realizará un análisis de los tiempos de cada uno de los movimientos que realiza la grúa torre, a fin de calcular el ciclo del transporte de concreto con balde de 0.5 m³, transportado por grúa torre, ya sea para el vaciado de concreto en losa, elementos horizontales o en placas, elementos verticales, a fin de calcular los tiempos necesarios que se invierten en realizar el vaciado de concreto en losa y/o en placas, en cada una de las cuadro unidades de producción, en que se ha distribuido cada uno de los pisos de la edificación, de tres torres conectadas.

Se realizará un comparativo de costos contractuales y costos ejecutados del periodo muestral de 30 días y de todas las partidas del presupuesto, en donde intervenga el uso de grúa torre. Para calcular los costos contractuales, se usará los costos horas hombre y horas maquina de los precios unitarios contractuales, de las partidas involucradas. Para calcular los costos ejecutados, se calculará los costos horas hombre del personal obrero trabajadas y horas máquina del uso de grúa torre y bomba concretera invertidos, en todas las partidas involucradas. Por último, realizar un análisis de costo-tiempo del posible uso de dos grúas torre, en el proyecto "Palma Real" y suprimir el uso de bomba, para el vaciado de concreto, para lo cual se realizará un análisis de costo-tiempo, para el periodo muestra y para todo el presupuesto, a fin de hacer los comparativos respectivos.

CAPÍTULO I: EVOLUCIÓN DE GRÚAS TORRE EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES EN EL PERÚ

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Una serie de procesos de cambio en el sector Construcción se produjo en Europa, después de la Segunda Guerra Mundial, para realizar la reconstrucción de muchas edificaciones afectadas por la guerra; y es que se necesitaba agilizar los procesos constructivos y dinamizarlos, por lo cual, se realizaron los primeros elevadores parecidos a las grúas con la torre, con pilote y brazo constituida por una plataforma fija (Ver Figura N°1.1).

Ya para los años sesenta se comienza a construir grúas torre con rotación en alto y desde entonces se han ido creando diseños cada vez más versátiles, de mayor rendimiento y fiabilidad.

En Chile se comenzó a usar Grúa torre aproximadamente en el año 1966, en la Ciudad de Santiago, en la construcción del edificio Torres del Tajamar.



Figura N°1.1 Elevador de carga con pilote y brazo.
Fuente: Tesis "Grúa Torre" Cartes Cossio Mariela.

1.2 USO DE GRÚA TORRE EN EL PERÚ

Se tiene conocimiento que en la década de los 60' ya se utilizaba grúa torre en el Perú, tal como se muestra en la ejecución del proyecto del Centro Cívico (Ver Figura N°1.2). Proyecto de Centro Cívico, Comercial y administrativo de Lima impulsado por el entonces presidente Fernando Belaunde Terry, inició en 1966

en su fase de diseño, el cual incluía realizar una torre principal de 34 pisos y de 122 metros de altura. En 1968 se inicia la construcción en el terreno de la antes Penitenciaría de Lima de 30 mil metros cuadrados ubicada entre las avenidas Garcilaso, Bolivia y Paseo de la República, con una inversión de 700 millones de soles de esa época. La construcción duraría casi 3 años, culminando en Mayo de 1971. A cargo de la ejecución del proyecto estuvo la empresa Graña y Montero, el cual en su proceso constructivo usó grúa torre (ver Figura N°1.3).



Figura. N°1.2 Grúa Torre en la Construcción del la Torre del Centro Cívico vista 1.

Fuente: Diario "El Comercio"



Figura N°1.3 Grúa Torre en la Construcción de la Torre del Centro Cívico vista 2.

Fuente: Diario "El Comercio"

En parte del área de la penitenciaría se había dejado área destinada para la ejecución de un Hotel, que posteriormente se cedería los terrenos a la firma de cadena estadounidense de Hoteles Shératon, para que realice la construcción de un hotel de cinco estrellas. La construcción del Hotel iniciaría casi culminando la construcción del Centro Cívico, en 1971 e inaugurándose en 1973. La construcción del Hotel también fue ejecutada por la empresa Graña y Montero, usándose aquí también la tecnología constructiva de la grúa torre (Ver Figura N°1.4). Es así que desde la década de los 60', con la ejecución de las

edificaciones emblemáticas en Lima mencionada, el uso de grúa torre fue cada vez más solicitada por las empresas constructoras. En la actualidad es pieza clave e indispensable para la ejecución de proyectos de edificaciones en altura.



Figura. N°1.4 Uso de Grúa Torre en la Construcción del Hotel Shératon.

Fuente: issuu.com/grañaymontero/docs

En la actualidad, se vienen ejecutando en Lima edificaciones de mayor envergadura, que implica mayores desafíos en altura; proyectos emblemáticos hace poco ejecutados, como el Hotel Westin con 120m de altura inaugurada en el 2011 y la torre Begonias con 120 m de altura inaugurada en el 2013. El año 2014 se inició la ejecución del edificio de la nueva sede del Banco de la Nación, con 138 m de altura, dejando atrás a sus antecesoras Hotel Westin y Torre Begonias. El proyecto del Banco de la Nación está ubicado en la Av. Javier Prado Oeste, al costado del Museo de la Nación (Ver Figura N°1.5). En todos estos proyectos mencionados se muestra la importancia de la Grúa Torre que permite el uso dinámico del transporte de materiales, cada vez más tecnificados.



Figura N°1.5 Uso de Grúas Torre en la construcción de la Nueva sede del Banco de la Nación en el distrito de San Borja (Imagen de Junio 2014)

Fuente: Buscador de imágenes Google

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EDIFICACIÓN

2.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

A continuación se presenta los datos de la obra en estudio.

-Nombre del Proyecto: Edificio Multifamiliar “Palma Real”.

-Cliente: Grupo Inmobiliario Abril.

-Empresa Inmobiliaria: Grupo Inmobiliario Abril.

-Empresa Ejecutora del Proyecto: Grupo Inmobiliario Abril.

-Empresas Proyectistas:

- **Especialidad Arquitectura:** Higashi Ingenieros.
- **Especialidad Estructuras:** Higashi Ingenieros.
- **Especialidad Sanitaria:** SUPRONEG. SAC
- **Especialidad Eléctricas:** HAGIA SOPHIA SAC

-Ubicación: La obra se encuentra en la Av. Prolongación Iquitos N° 1570.-
LINCE.

-Empresas Contratistas:

- **Instalación de acero habilitado:** Estructuras Navarro.
- **Instalación sanitaria:** AWG Contratistas Generales.
- **Instalación eléctrica:** AWG Contratistas Generales.

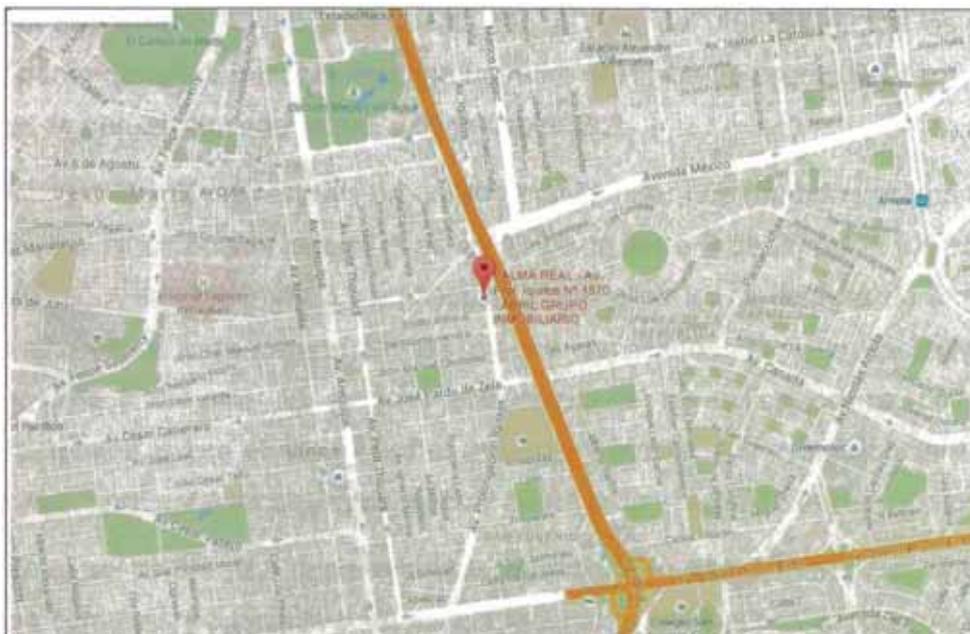


Figura. N°2.1 Ubicación de la obra

Fuente: Google Maps.

La empresa "Grupo Inmobiliario Abril" es una empresa Inmobiliaria-Constructora, en el cual ejecuta proyectos propios, el área Inmobiliaria adquiere los terrenos propicios y promueve el proyecto. El área de construcción ejecuta el proyecto. El grupo Inmobiliario trabaja de la mano con el sector bancario, este le ayuda a financiar económicamente parte del monto de presupuesto necesario para poder llevar a cabo la ejecución del proyecto.



Gráfico N°2.1 Ampliación de la Ubicación del proyecto.

-Área de Terreno: El proyecto cuenta con un área de 1196.04 m², de los cuales por parámetros urbanísticos se tiene un retiro del límite de propiedad de 3 ml a lo largo de sus 31.40 m de frente, ver gráfico N°2.2.

-Descripción: El proyecto es un edificio multifamiliar conformado por tres torres: A, B y C, de los cuales la torre A es de 20 pisos, torre B de 20 pisos y torre C de 10 pisos, ver gráfico N°2.3, uniéndolos entre ellos los pasadizos de acceso y estando en la torre central B las placas de ascensores y la escalera, una colindante a la otra. El sistema estructural de la edificación es de muros estructurales, sobre el cual recae el esfuerzo cortante. Así mismo contará con 3 sótanos, para estacionamientos, el cual cubre toda el área de terreno del predio.

En total se tendrá 163 departamentos repartidos en las 3 torres mencionadas, áreas comunes y 3 locales comerciales repartidas entre el primer y segundo piso de la edificación. Los tres niveles de sótano serán destinados para 103 estacionamientos.

-Horario de trabajo: El horario normal de trabajo de construcción es de 7:30 am a 5 pm, de lunes a viernes y de 7:30 am a 1pm, los días sábados, pero se tiene permiso municipal para realizar trabajos de construcción hasta las 6pm de lunes a viernes y hasta las 5 pm los día sábados.

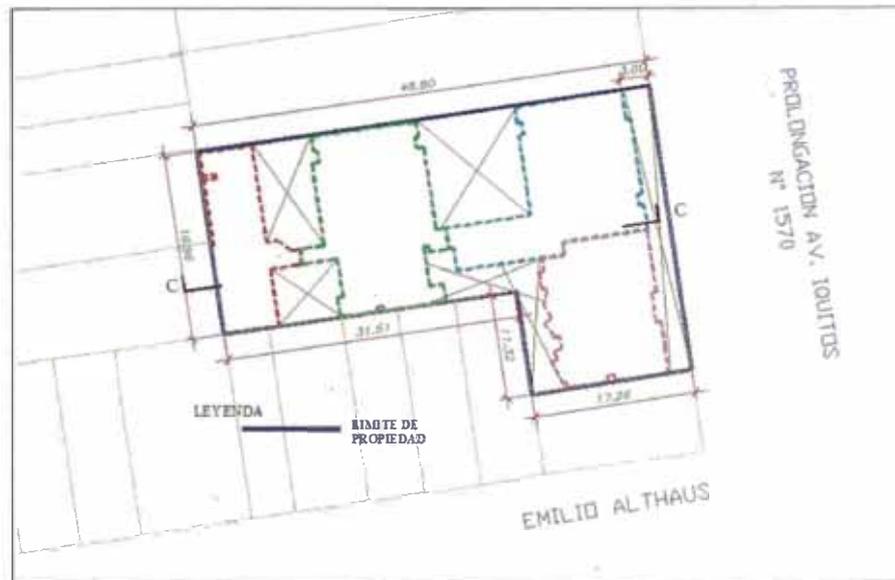


Gráfico N°2.2 Dimensiones y límites de propiedad del Proyecto.

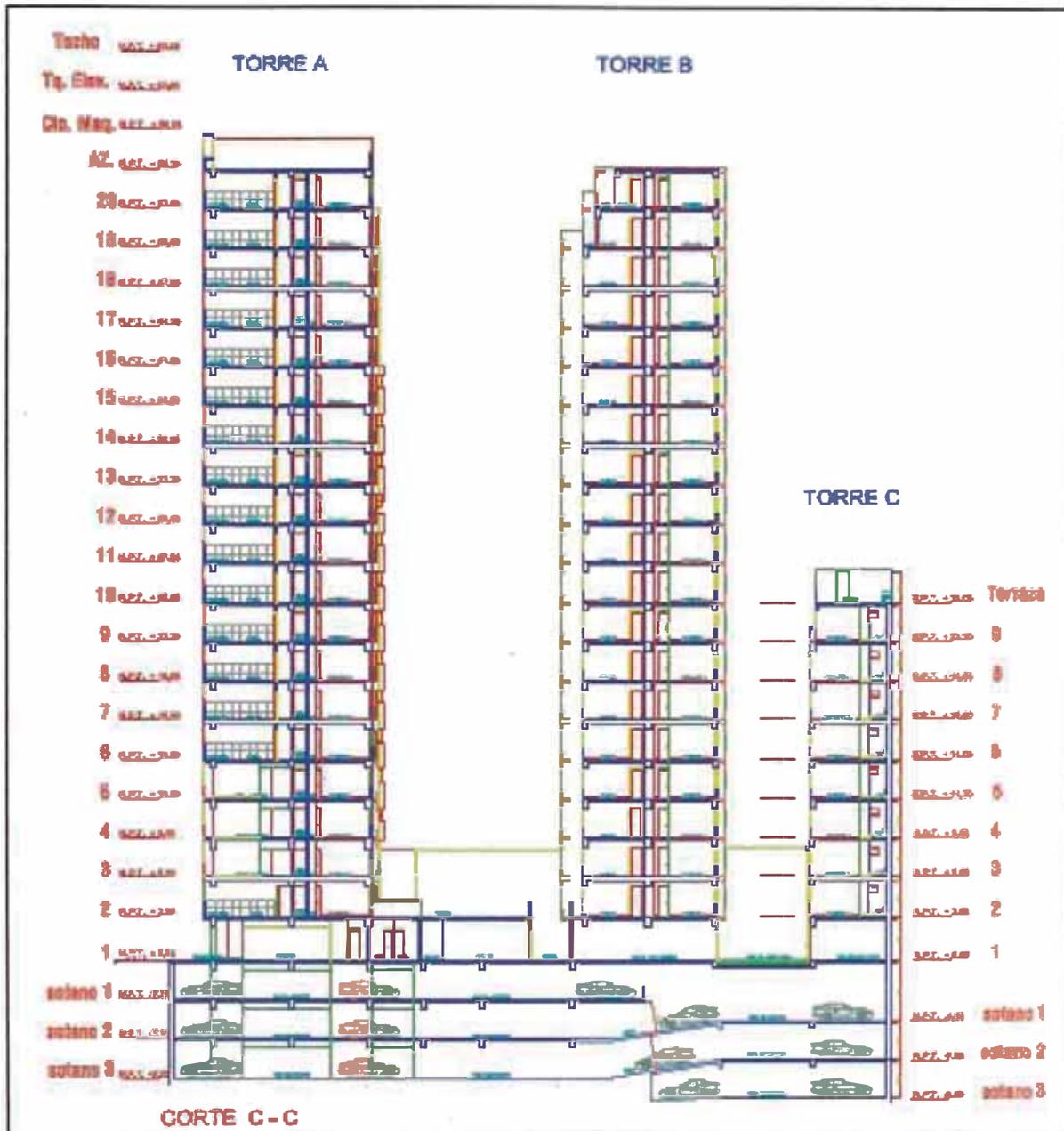


Gráfico N°2.3 Corte de plano en donde se muestra el número de pisos en las torres A, B y C.

Fuente: Plano del proyecto, "Palma Real".

-Descripción del entorno socio económico: Los terrenos que conforman la obra ha sido anteriormente casas comunes, las llamadas “quintas”. Las casas eran construidas de adobe y quincha. En la actualidad aún se tiene quintas colindantes con el proyecto, por el lado derecho y espalda, teniendo solo al lado izquierdo viviendas unifamiliares. En la quinta del lado derecho viven aproximadamente 90 personas; en las dos casa de la espalda una multifamiliar y otra unifamiliar viven 50 y 10 personas respectivamente; por el lado izquierdo limita con seis viviendas unifamiliares, habitando en conjunto 35 personas aproximadamente. Por lo tanto se tiene al menos 180 personas que habitan en las viviendas colindantes al proyecto. La cantidad de personas es relativamente grande, con el cual se tendrá que trabajar e informar a menudo, sobre los procesos constructivos que de alguna manera influirá en sus viviendas, por ser colindantes con el proyecto de edificación de 3 sótanos y 20 pisos de altura en las Torre A y torre B y 10 pisos de altura en la Torre C. Esta edificación es la única que se viene ejecutando en un radio de dos kilometro a la redonda, por lo que el nivel de ruido que se tiene en la zona es mínima, el cual cambiará con la construcción del proyecto. La vecindad colindante del lado izquierdo es de comercio-vivienda (hostal, imprenta, bodega, etc.), de la misma manera que la casa unifamiliar y multifamiliar de la espalda, el cual alquila sus frontis para el comercio. Las casas quintas del lado derecho está conformada por pequeñas casa precarias, en su mayoría de dos pisos cada una de ellas, en ellas viven personas de muy bajos recursos, muy distintos de los demás casas, que son en su mayoría comerciantes.

2.2 UNIDADES DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO

2.2.1 Unidades de producción

Para encontrar las unidades de producción del proyecto, en la etapa de superestructura, debemos de realizar el metrado de cada uno de los procesos simples, como los son: acero en placas y losa, encofrado en placas y losa, concreto en placas y losa, en el nivel de mayor repetición de número de pisos, el cual está en el plano de estructuras de piso típico. Normalmente, el volumen de concreto y encofrado, en losa, tiene mayor preponderancia a la hora de definir las unidades de producción, y es que, la primera estimación es escoger unidades

de producción de similares áreas de losa, una vez hecho esto, chequear los correspondientes pesos de acero que le corresponden y en función de este último, realizar reajuste de áreas para cada unidad de producción. Las unidades de producción también quedan definidos si existen juntas de dilatación entre áreas, el cual determina distintas unidades estructurales, cuando el proyecto está formado por torres separados por juntas.

En función de los planos del proyecto, ver gráfico N° 2.4, podemos apreciar los límites de propiedad del proyecto, en color azul, y las tres torres A, B y C que está conformada el proyecto. Queda definido que la torre B y la torre C será cada una de ellas unidades de producción, por existir una gran junta de dilatación y estar en distintas unidades estructurales; Caso distinto es el de la torre A que tiene un área de losa mucho mayor y con mayor cantidad de placas que las torres B y C; mucho mayor es el volumen de trabajo a realizar en la torre A, estando aquí las placas correspondientes a los dos ascensores y escalera que conectan a las tres torres, que tiene el proyecto; los dos ascensores y la escalera se encuentran juntas entre si, conformando todas ellas la placa 11 (PL11) ver gráfico N°2.5; por tal motivo la torre A se dividirá en dos unidades de producción, en donde existirá una junta de construcción, en la losa de concreto, el cual será límite entre ambas unidades de construcción (Unidad 1 y Unidad 2); la línea límite, entre ambas unidades que conformará la torre A, será en el alineamiento en donde se tenga los menores momentos de esfuerzos, del diagrama de momentos de la losa, el cual se puede mostrar con flechas en el gráfico N°2.5, entre la unidad 1 y unidad 2. La junta de construcción no debe de cortar la placa PL 11, ya que por sistema constructivo la placa PL11 debe de ser una estructura monolítica y es por ellos que el límite de la Unidad 1 no toma la placa PL11, definiendo esta placa en el Unidad 2. Por lo tanto quedan definidas cuatro unidades de producción, teniendo en la torre A la unidad de producción 1 y la unidad de producción 2, en la torre B la unidad de producción 3 y en la torre C la unidad de producción 4, ver el gráfico N°2.5.

2.2.2 Distribución de los procesos simples de las unidades de producción

El proyecto queda determinado por los procesos simples en cada unidad de producción 1, 2, 3 y 4 que se ha definido en el proyecto.

Unidad de Producción 1: Queda determinado por un área de losa de 176 m² y las placas PL1, PL2, PL3, PL4, PL5 y PL6.

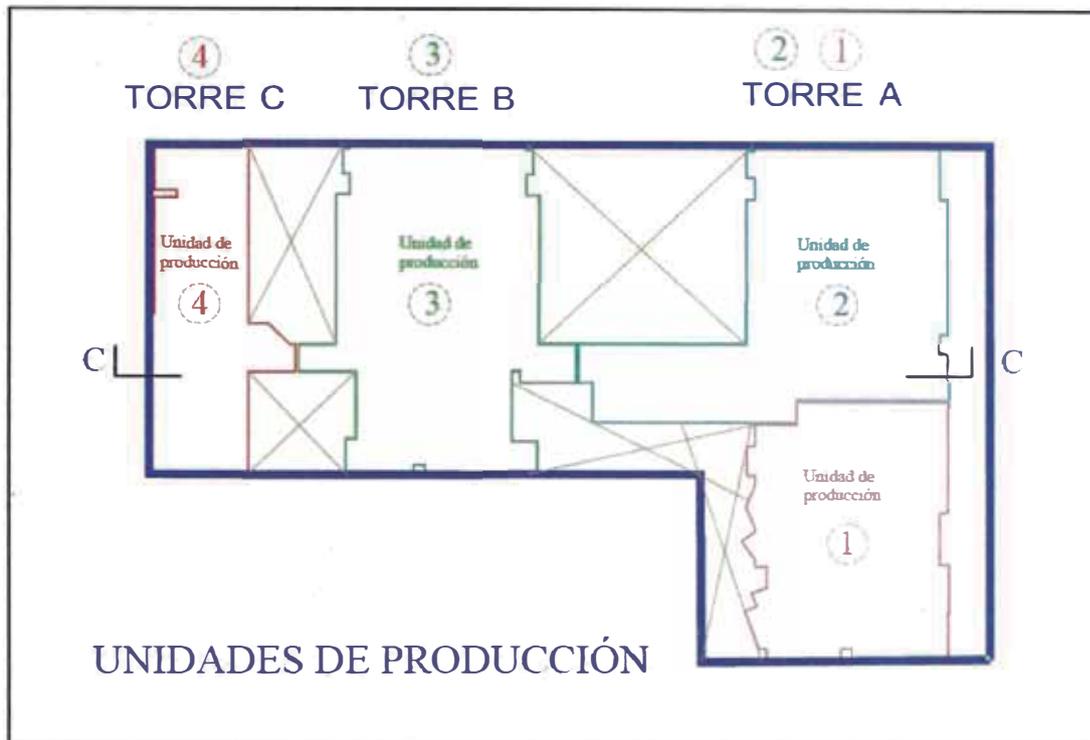


Gráfico N°2.4 Unidades de producción del proyecto, vista del plano del piso típico.

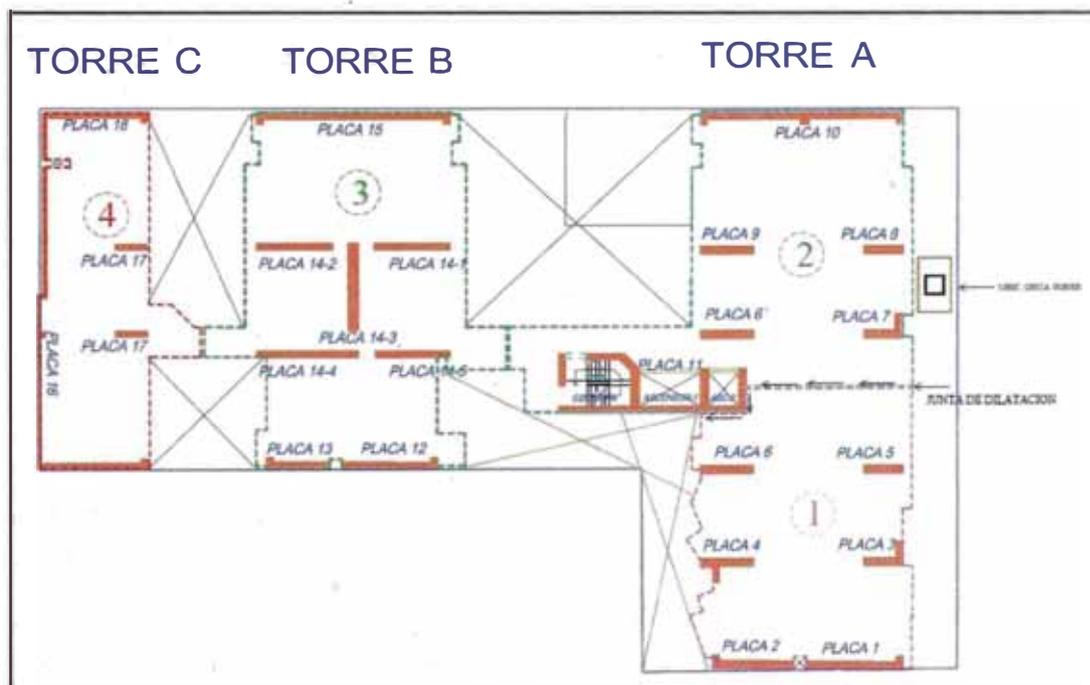


Gráfico N°2.5 Distribución de losas y placas en cada sector del piso típico (desde el 3er piso).

Unidad de Producción 2: Queda determinado por un área de losa de 219.3 m², el cual está incluido el área que representa la escalera (9.5 m²), las placas de esta unidad son: PL6', PL7, PL8, PL9, PL10 y PL11, esta última placas de ascensores y escalera.

Unidad de Producción 3: Queda determinado por un área de losa de 227.8 m², estando dentro de este sector las placas PL12, PL13, PL14 (conformado por 5 placas) y PL15.

Unidad de Producción 4: Queda determinado por un área de losa de 119.2 m², estando dentro de este sector las placas PL16, dos placas PL17 y PL18.

Cada una de las placas distribuidas, en las cuatro unidades de producción, los podemos ver en el gráfico N°2.5.

2.3 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA GRÚA TORRE DEL PROYECTO

El proyecto tiene un frente de 31.40 m, que limita con la Av. Iquitos y es el único acceso para la obra. El proyecto aparte de su retiro frontal, por disposiciones urbanísticas, estará construida íntegramente en toda su área, de límite de propiedad, en los tres niveles de sótanos; según sea el caso tienen áreas libres, en el primer nivel, el cual separa la torre B y torre C y áreas libres a partir del segundo nivel, el cual separa la torre A de la torre B. Por lo mencionado anteriormente, se decide colocar la grúa torre en su frontis, en zona de retiro frontal y en el alineamiento del centro de las áreas de los sectores 2 y 3, tal que divida en dos partes iguales a dichas áreas.

El alcance que deberá llegar la grúa torre, desde su posición de centro de giro, será el lugar más alejado y este sucede en la unidad de producción 4, en la placa PL16, siendo 50 ml de longitud medidos desde el eje de giro de la grúa torre, por ello es que se utilizará una pluma de grúa torre de 50 ml de largo (ver Gráfico N°2.6 y Gráfico N°2.7). La grúa torre estará empotrada en los cimientos del tercer sótano, tal que al vaciar la losa de los sótanos se dejara de vaciar un área de 2m x 2m, en donde estará pasando los castillos metálicos de la grúa torre, de 1.2m x 1.2m de sección, ver Figura N°2.2. Se arrendo una grúa torre marca Potain, Modelo MCI 85 B empotrada, con 50 m de largo de pluma y 34.5 m de alto inicial bajo el gancho. Así mismo la grúa torre podrá cargar un peso

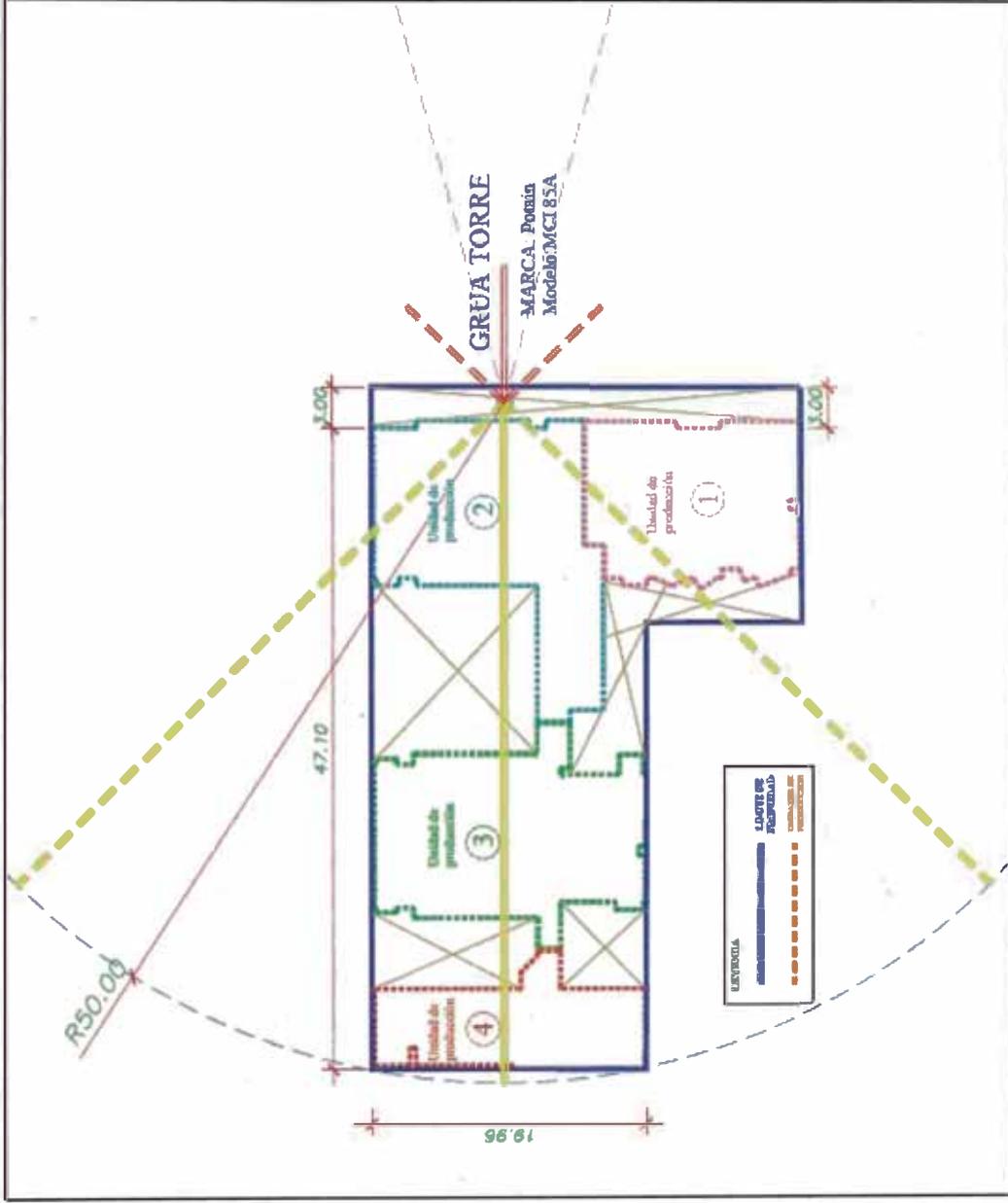


Gráfico N° 2.6 Ubicación y características de la grúa torre.

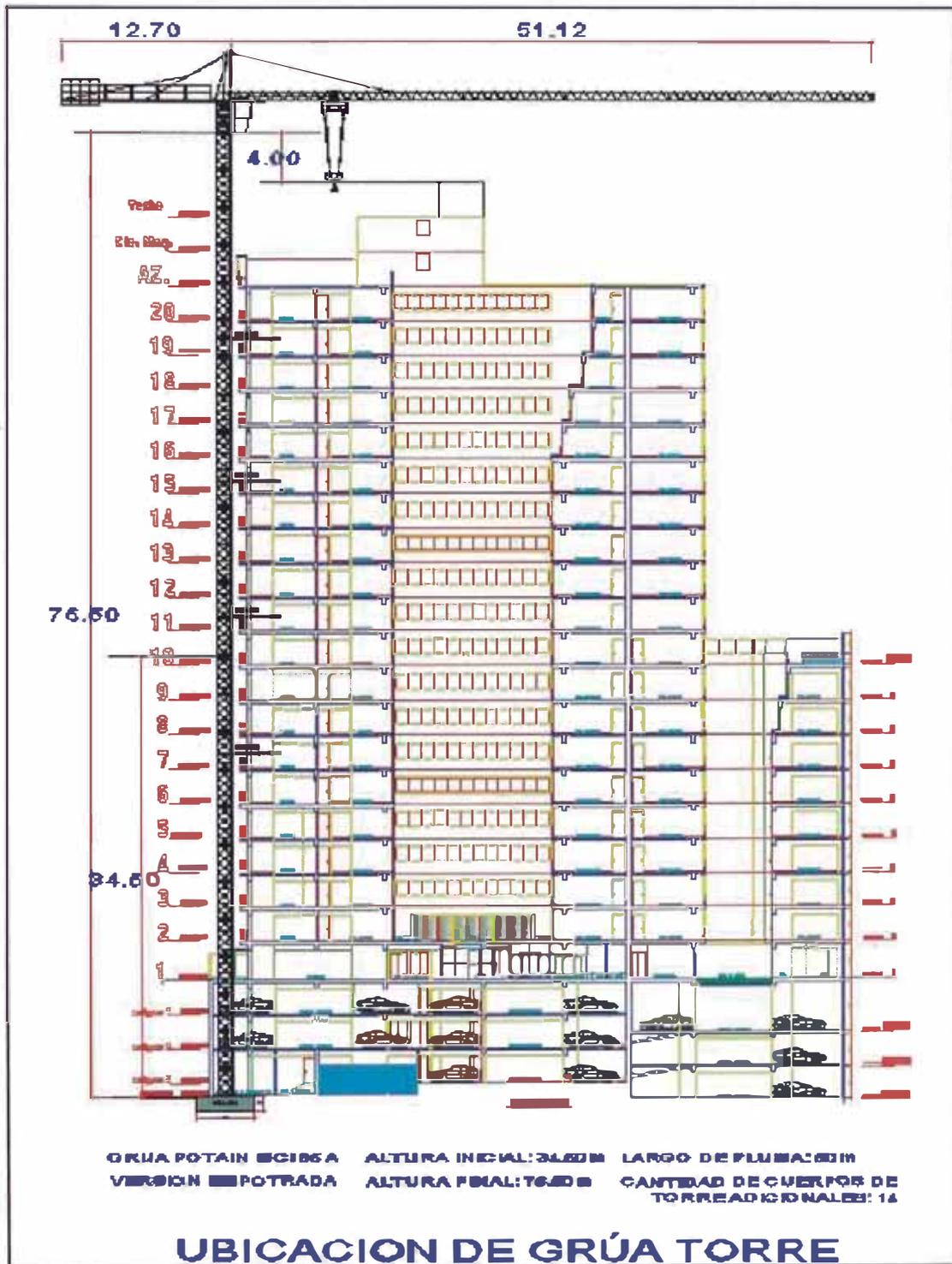


Gráfico N°2.7 Detalles de ubicación de grúa torre en plano de corte

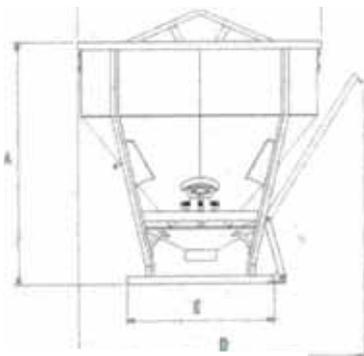
Fuente: Plano del Proyecto "Palma Real"

máximo de 3.9 tn, soportable en el eje de giro de la pluma hasta los 20m y 1.3 tn de carga en la punta de la pluma, lugar más lejano, que podrá carga 0.5 m³ de concreto premezclado en un balde metálico, ver Anexo N°5 Parte 2, Gráfico N°2.8 y Figura N°2.3. El pie de empotramiento de la grúa torre estará conformada por un castillo metálico empotrado en una zapata de concreto que estará en el nivel de cimentación de la edificación, en el tercer sótano, el cual posteriormente, retirada la grúa torre, quedará enterrada al realizar el piso o losa del tercer sótano.



Figura N°2.2. Pie de empotramiento de la grúa torre en los cimientos de la edificación.

Fuente: Imagen del Proyecto “Palma Real”



COD.	CAPACIDAD (L)	DIMENSIONES (mm)				PESO (kg)	
		A	B	C	D		
CT-50	500	1250	1050	880	1200	1300	105
CT-80	800	1490	1250	930	1450	2080	175
CT-99	1000	1670	1250	930	1450	2600	215
CT-150	1500	2180	1250	930	1450	3900	295

Gráfico N°2.8. Balde metálico con capacidad de almacenar 0.5 m³ de concreto.

Fuente: Boscaro



Figura N°2.3. Balde metálico con capacidad para 0.5 m3 de concreto.

Fuente: ETAC Perú.

2.4 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO DEL PROYECTO

El equipo de trabajo de la Obra "Palma Real" está conformado: en la cabeza de grupo el Ingeniero Residente, asistido por el Ingeniero Asistente, Prevencionista y maestro de Obra, trabajando cada uno en las funciones asignadas, dan a conocer el avance de obra del proyecto y las incidencias del grupo humano de trabajadores.

El grupo Inmobiliario subcontrató la ejecución de las especialidades Sanitarias, Instalación Sanitaria de agua y desagüe, Instalaciones Eléctricas e instalación de Acero habilitado. Las partidas que se ejecutaría por casa serian: Encofrados para losa (elementos horizontales) y placas (elementos verticales), losa (instalación de viguetas, bovedillas) y vaciado de concreto para losas y placas. Las tres subcontratas están conformadas de la siguiente manera: una cuadrilla para la instalación Eléctrica, encabezado por un Capataz; una cuadrilla para la Instalación Sanitaria, encabezado por un Capataz; una cuadrilla para la instalación de Acero Habilitado, encabezado por un Capataz.

Los trabajadores de la "casa", trabajadores que forman parte del Grupo inmobiliaria, están conformados en las partidas de: una cuadrilla para encofrado de elementos horizontales y una cuadrilla para encofrado de elementos

verticales, estas cuadrillas de encofradores está encabezado por un capataz; una cuadrilla que reporte su trabajo del día en las labores de instalación de viguetas prefabricas, instalación de bovedillas para losa, vaciado de concreto para placas y vaciado de concreto para losa, todo ello se muestra en el Anexo N°1, organigrama de Obra.

2.5 CRONOGRAMA GENERAL CONTRACTUAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE SUPERESTRUCTURA

En la tabla N°2.1 se muestra el cronograma general contractual del proyecto “Palma Real” de la superestructura de la edificación, en el cual se indica los tiempos y plazos para la ejecución de cada techo o losa de cada piso, así mismo se muestra el uso de grúa torre proyectado para ejecutar a partir de las placas y techo del tercer sótano.

Tabla N°2.1. Cronograma general contractual de ejecución de obra del proyecto de superestructura.

CRONOGRAMA GENERAL DE OBRA					
MES	DIAS	FECHAS	PISO	AREA (m2)	EQUIPO
SETIEMBRE	30 DIAS	1 DE SETIEMBRE AL 30 DE NOVIEMBRE	EXCAVACION MASIVA Y MUROS PANTALLA	1168.5	BOMBA CONCRETERA
OCTUBRE	30 DIAS			1168.5	
NOVIEMBRE	30 DIAS			1168.5	
DICIEMBRE	10 DIAS	1 AL 10 DE DICIEMBRE	CIMENTACION	1168.5*	USO DE GRUA TORRE Y BOMBA CONCRETERA
	20 DIAS	10 AL 30 DICIEMBRE	3ER SOTANO	1160.7	
ENERO	10 DIAS	1 AL 10 DE ENERO	2DO SOTANO	1118.4	
	10 DIAS	11 AL 20 DE ENERO	1ER SOTANO	1141.7	
	10 DIAS	21 AL 30 DE ENERO	1° PISO	915.7	
FEBRERO	7 DIAS	1 AL 7 DE FEBRERO	2° PISO	760.9	
	8 DIAS	8 AL 15 DE FEBRERO	3° PISO	748.3	
	7 DIAS	16 AL 22 DE FEBRERO	4° PISO	748.3	
	6 DIAS	23 AL 28 DE FEBRERO	5° PISO	748.3	
MARZO	7 DIAS	1 AL 7 DE MARZO	6° PISO	748.3	
	8 DIAS	8 AL 15 DE MARZO	7° PISO	748.3	
	7 DIAS	16 AL 22 DE MARZO	8° PISO	743.8	
	8 DIAS	23 AL 30 DE MARZO	9° PISO	740.1	
ABRIL	7 DIAS	1 AL 7 DE ABRIL	10° PISO	659.1	
	8 DIAS	8 AL 15 DE ABRIL	11° PISO	625.9	
	7 DIAS	16 AL 22 DE ABRIL	12° PISO	625.9	
	8 DIAS	23 AL 30 DE ABRIL	13° PISO	625.9	
MAYO	7 DIAS	1 AL 7 DE MAYO	14° PISO	625.9	
	8 DIAS	8 AL 15 DE MAYO	15° PISO	625.9	
	7 DIAS	16 AL 22 DE MAYO	16° PISO	623.7	
	8 DIAS	23 AL 30 DE MAYO	17° PISO	608.7	
JUNIO	7 DIAS	1 AL 7 DE JUNIO	18° PISO	603.1	
	8 DIAS	8 AL 15 DE JUNIO	19° PISO	595.6	
	7 DIAS	16 AL 22 DE JUNIO	20° PISO	546.9	
	2 DIAS	23 AL 24 DE JUNIO	piso cto Maq.	37.4	
	6 DIAS	25 AL 30 DE JUNIO	techo cto Maq.	48.1	
			MATERIALES		GRUA TORRE

Fuente: Documentación del Proyecto “Palma Real”

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO DE LA GRÚA TORRE

Analizaremos el proyecto de edificación en su fase de superestructura y en la fase de estabilidad de la producción, es decir cuando el personal obrero ha ganado una cierta familiaridad y experiencia en la realización de los procesos simples del trabajo. En el proyecto se tiene una modulación de estructura típica, a partir del tercer piso, teniendo en el primer piso y segundo piso una modulación relativamente distinta, con ambientes comunes como área de recepción, áreas de juegos para niños y jóvenes, área de gimnasia, área de usos múltiples y área de restaurante, para el arrendamiento.

Para el análisis de la productividad y eficiencia de la producción, con el uso de grúa torre y bomba concretera, tomaremos una muestra de la productividad en los pisos típicos, el cual comienza desde el tercer piso. Se tomó muestras de la trabajosidad de la mano de obra del tercer piso hasta el noveno piso de la edificación, en donde se mostró el trabajo con ritmo continuo, en el cual el personal obrero ha alcanzado la suficiente familiaridad en su labor diario.

3.1 MÉTODO DE PRODUCCIÓN EN CADENA

El método de producción y realización del proceso constructivo fue siguiendo la metodología de la producción en cadena, en el cual cada desarrollo de los procesos simples se realiza en grupos de trabajos, que realizan cada uno de los procesos simples de superestructura, como lo son las partidas para losa: encofrado, acero, bovedillas para techo, viguetas prefabricadas y concreto y así mismo las partidas de los muros portantes (placas estructurales): acero, encofrado y concreto.

Tanto las estructuras de cobertura (losa), como los elementos verticales (placas estructurales), deben de trabajar en distintos frentes de trabajo y en paralelo, con fin de dar nuevos frentes de trabajo para el día siguiente.

Secuencia de construcción para placas estructurales

ACERO → ENCOFRADO → CONCRETO

Secuencia de construcción para losa

ACERO → ENCOFRADO → VIGUETAS → BOVEDILLAS → CONCRETO

Secuencia de construcción en cada unidad de producción.

Unid. Produc. 1 → Unid. Produc. 2 → Unid. Produc.3 → Unid. Produc.4

Secuencia de construcción en cada uno de los espacios

..... → PISO 3 → PISO 4 → PISO 5 → PISO 6 → PISO 7 →

3.2 TRABAJO REALIZADO POR LA GRÚA TORRE

Transporte de materiales. Por decisión inicial del proyecto se usó grúa torre para el transporte de materiales, como el movimiento de encofrado de una unidad de producción a otra, transporte de ladrillo bovedilla en canastillas, transporte de acero habilitado ya sea en la descarga por ingreso de camión de pedido o por el transporte del acero de la zona almacenada; todas estas labores estarían destinadas a realizarse por la mañana. Por la tarde se realizaría el transporte de concreto premezclado en balde metálico de 0.5 m³ de capacidad para elementos verticales (placas estructurales).

Se tendrán espacios fijos para el almacenamiento de los materiales, en caso no se pueda descargar directamente los materiales en la unidad de producción que se requiera, en el nivel del piso que se esté trabajando.

Se muestra en un gráfico las zonas destinadas para cada material y así mismo los ambientes destinados para la oficina técnica, oficina del almacenero y oficina de prevención, Ver Gráfico N°3.1.

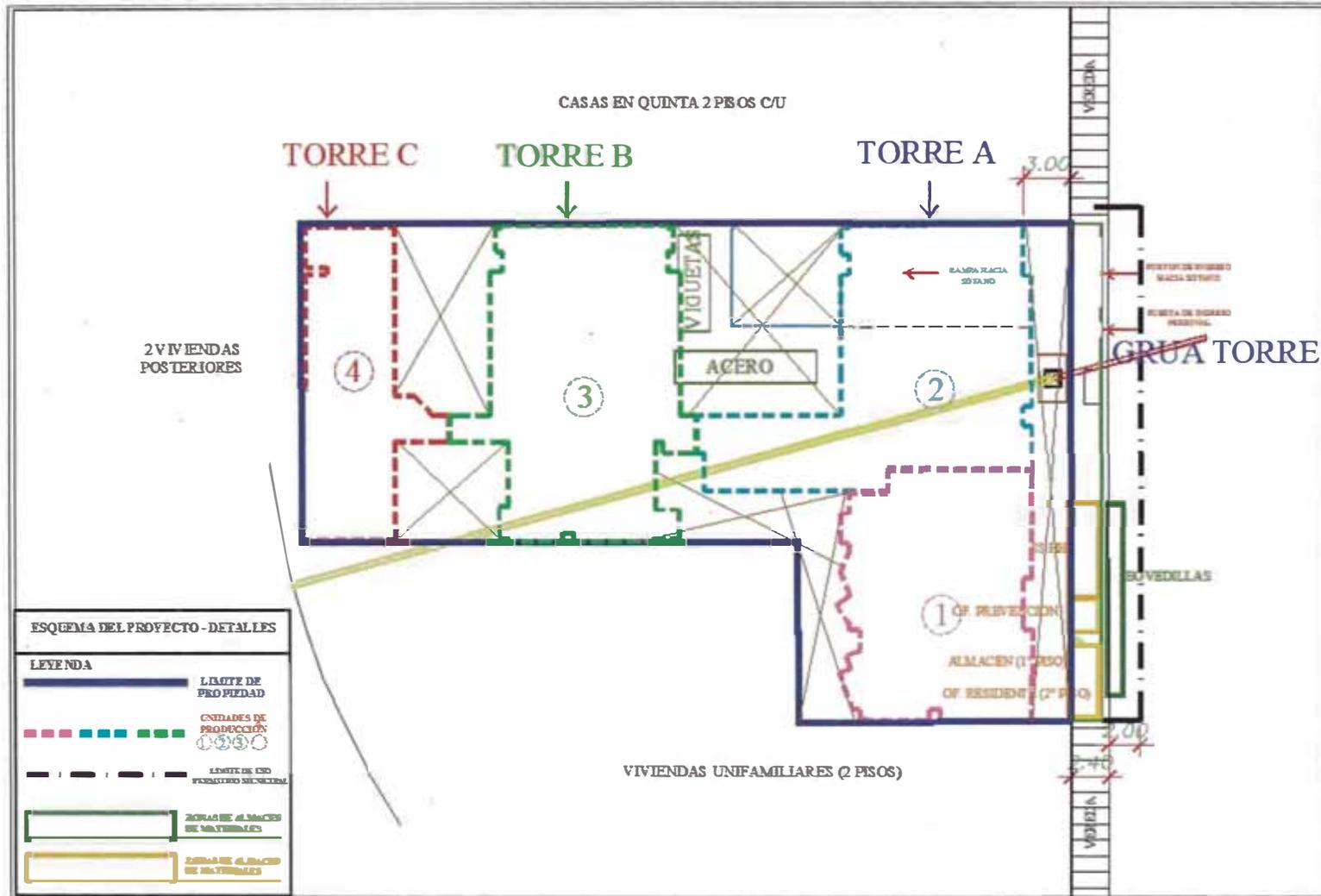


Gráfico N°3.1. Áreas comunes de almacenamiento de materiales y Oficinas de obra.

3.3 TRABAJO REALIZADO POR LA BOMBA CONCRETERA

Transporte de concreto premezclado. El transporte de concreto premezclado, con este equipo, es únicamente en el horario solicitado de concreto, que nos permite realizar el vaciado continuo de concreto premezclado para los elementos horizontales de gran volumen, como son las losas de las cuatro unidades de producción, cuando la grúa torre está ejecutando el transporte de concreto premezclado para elementos verticales (Placas).

3.4 ÍNDICE DE LA TRABAJOSIDAD DE LA MANO DE OBRA

El índice de trabajosidad de la mano de obra, es la cantidad de recursos consumidos por el personal obrero en las distintas procesos simples constructivos, con la intervención de la grúa torre y bomba concretera.

La muestra analizada comprende treinta días de trabajo, desde el martes 26/02/2014 hasta el lunes 31/03/2014, en cuyo periodo muestral de trabajo es desde el vaciado de concreto en placas del sector 2 y sector 3, del cuarto piso, hasta el vaciado de placas del sector 3 y el vaciado de losa del sector 1, todos ellos del noveno piso.

Las cuadrillas utilizadas, para realizar los trabajos en donde intervenga la grúa torre y bomba concretera, en la etapa de superestructura de la edificación es:

Cuadrillas establecidas para los procesos constructivos:

Una cuadrilla de 5 op + 4 pe se reparte los siguientes trabajos en el día:

Cuando realizan habilitaciones:

Habilitación e instalación de viguetas: 1op + 2pe.

Habilitación e instalación de ladrillo: 4 op + 2 pe.

Cuando se realiza vaciado de concreto:

Vaciado de concreto placas: 1op + 1pe.

Vaciado de concreto losa: 5 op+ 2 pe.

Encofrado y desencofrado de losa: 7 parejas: 7 op + 7pe.

Encofrado y desencofrado de placas: 5 parejas: 5 op + 5pe.

En el Anexo N°2 se muestra la cantidad de recursos horas-hombre (h-h) utilizados en cada una de las partidas involucradas: en placas (elementos verticales) y en losa (elementos horizontales), desde el tercer piso al noveno piso, realizado desde el 25 de febrero 2014 al 31 de marzo de 2014. En el lado izquierdo de las tablas del Anexo N°2, se indica el índice de trabajosidad del presupuesto, de cada una de las partidas que involucra el uso de grúa torre. Los índices de trabajosidad del presupuesto también se puede mostrar, al sumar las horas hombre en cada uno de los precios unitarios del presupuesto indicado en el Anexo N°3; como son por ejemplo el ratio: 0.93 hh/m² para el trabajo de encofrado metálico, para elementos verticales (placas); el ratio: 1.18 hh/m² para el trabajo de encofrado metálico, para elementos horizontales (losa). En el caso de vaciado de concreto para elementos verticales (placas) se indica un valor de ratio del P.U. de 1.6 hh/m² y para elementos horizontales (losa) un valor de ratio del P.U. de 1.37 hh/m², estos dos valores fueron realizando considerando el vaciado de concreto en ambos casos con bomba concretara, se muestra los precios unitarios (P.U.) en el anexo N°3, y en la realidad el vaciado de concreto para elementos verticales se realizó con grúa torre. Cada uno de estos ratios (cantidad de recursos consumidos por unidad de trabajo) del presupuesto, son cantidades que se deberán comparar con cada uno de los ratios reales de cada uno de los días del periodo muestral, realizando un promedio semanal y un promedio final, este último se indica en el Anexo N°2 - Parte 3, al lado derecho de color verde de cada una de las partidas analizadas. Las cantidades totales de horas hombre de la muestra de análisis, es la suma de las cantidades de horas hombre de todos los días y se muestra de color naranja al lado derecho del Anexo N°2 – Parte 3, el cual servirá para calcular el costo real ejecutado.

3.5 RECOPIACIÓN DEL PRESUPUESTO CONTRACTUAL Y PRECIOS UNITARIOS

En el **Anexo N°4** se muestra el **presupuesto de estructuras** del proyecto “Palma Real”, dentro del presupuesto se puede ver las partidas correspondientes a los elementos horizontales (placas) y elementos verticales (losa), cada uno de ellos lo hemos resaltamos de color verde, debidamente identificados por el título en color celeste; estas partidas indicadas son las partidas en donde ha

intervenido la grúa torre y la bomba concretera, tanto para el periodo muestral como en casi todo el tiempo de alquiler de grúa torre, desde que se inició su operación.

Para análisis posteriores también se indican los **precios unitarios** de las partidas indicadas, resaltados en color verde, del presupuesto de estructura del proyecto "Palma Real", ver el **Anexo N°3**.

Así mismo se quiere mostrar en el **Anexo N°5** el **presupuesto de cotización de la Grúa torre Potain MCI 85 B**, calculada para 6 meses de arriendo, el cual nos servirá para calcular el costo final mensual por el uso de Grúa Torre.

3.6 COSTO DE INVERSIÓN POR USO DE GRÚA TORRE MODELO POTAIN MCI 85 B

A continuación, se muestra en la tabla N°3.1, los costos fijos de inversión para el montaje, zapata para empotrar y desmontaje necesario para la instalación de la grúa torre. Los montos indicados están en Nuevos soles, se consideró el cambio de moneda (1 dólar = 2.90 Nuevos Soles) de la cotización, del Anexo N°5, indicado en dólares. Así mismo cabe indicar que los costos presentados no incluyen I.G.V.

Tabla N°3.1. Costos Fijos de inversión por uso de grúa torre modelo Potain MCI 85 B.

ITEM	COSTOS FIJOS	UND	CANT	P.U. (S/.)	TOTAL	
MONTAJE	1	TRANSPORTE A OBRA	gl	1	2,900.00	2,900.00
	2	MONTAJE HASTA 35.70 m	gl	1	8,120.00	8,120.00
	3	GRUA AUXILIAR CARGA EN PATIO GRUAS ETAC PERU	gl	1	1,740.00	1,740.00
	3	GRUA AUXILIAR MONTAJE EN OBRA (APROX. 18 horas de trabajo + 3 de traslado)	gl	1	5,481.00	5,481.00
	4	CERTIFICADO DE MONTAJE DE GRUA TORRE DESMONTABLE	UND	1	600.00	600.00
	5	VENTA DE TRAMOPATAS DE EMPOTRAR DE 1.2 x 1.2 x 1.50m	UND	1	6,090.00	6,090.00
	6	ZAPATA DE LA GRUA TORRE DIM. 4.50m x 4.50m x h= 1.50m	UND	1	12,437.17	12,437.17
	7	TELESCOPAJE DE 3 m CADA UNO SOBRE AUTONOMIA: 14 UND	UND	14	725.00	10,150.00
	8	COLOCACIÓN DE ARRIOSTRAMIENTO SOBRE ALTURA DE AUTONOMIA: 04 UND	UND	4	870.00	3,480.00
9	ANCLAJES PARA ARRIOSTRAMIENTO: 12 UND	UND	12	435.00	5,220.00	
DESMONTAJE	10	DESMONTAJE DESDE ALTURA FINAL REQUERIDA	gl	1	10,585.00	10,585.00
	11	GRUA AUXILIAR DESMONTAJE EN OBRA (aprox. 18 horas de trabajo + 3 de traslado)	gl	1	6,090.00	6,090.00
	12	GRUA AUXILIAR DESCARGA EN PATIO GRUAS ETAC PERU	gl	1	1,740.00	1,740.00
	13	TRANSPORTE REGRESO	gl	1	2,900.00	2,900.00
	12	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE GRUPO ELECTROGENO	DIA	1	660.00	660.00
*SUB-TOTAL COSTOS FIJOS					78,193.17	

Fuente: Documentación del Proyecto "Palma Real"

Tabla N°3.2. Costos mensuales de inversión por uso de grúa torre modelo Potain MCI 85 B.

ITEM	COSTOS MENSUALES	UND	CANT	P.U.	TOTALS/.
1	ARRIENDO BASICO MENSUAL DEL EQUIPO HASTA 200 HORAS	MES	1	13,340.00	13,340.00
2	OPERADOR MENSUAL HASTA 200 HORAS MES (excluye domingos y festivos)	MES	1	5,626.00	5,626.00
3	ALQUILER MENSUAL DE PERSONAL RIGER (CAT. PEON) DE LA GRUA TORRE	H	2	2,618.00	5,236.00
4	REVISION MENSUAL DE GRUA TORRE DESMONTABLE HASTA 54 m DE PLUMA 72 m DE ALTURA	MES	1	928.00	928.00
5	ALQUILER MENSUAL DE GRUPO ELECTROGENO (POTENCIA: 90 W, VOLTAJE: SALIDA DE 440 VOLTIOS, HERTZ: DE 50-60)	MES	1	4,789.62	4,789.62
6	ALQUILER MENSUAL DE TANQUE DE COMBUSTIBLE 350 GAL	MES	1	227.15	227.15
7	COMBUSTIBLE PARA GRUPO ELECTROGENO (APROX. 240 GAL/MES)	MES	1	3,180.00	3,180.00
8	ALQUILER MENSUAL DE CUBO DE DESCARGA INFERIOR CON CANALETA DE 500 Lt	UNID	1	420.00	420.00
9	ALQUILER MENSUAL DE CANASTILLA PARA CARGA DE MATERIALES HASTA 1500 Kg	UNID	2	400.00	800.00
10	ALQUILER MENSUAL DE AUTOTRANSFORMADOR	MES	1	725.00	725.00
11	ARRIENDO DE TRAMO DE TORRE DE 3m. 1.20 m x 1.20 m : 14 und	mes	8.25	290.00	2,392.50
12	ARRIENDO DE MARCOS DE ARROSTRAMIENTO: 04 und	mes	8	145.00	1,160.00
13	ARRIENDO DE VIGAS PARA ARROSTRAMIENTO: 04 Juegos	mes	8	435.00	3,480.00
11	ALQUILER DE GRUA TORRE POR HORA EXTRA ADICIONAL	hora	1	66.70	
12	ALQUILER DE OPERADOR DE GRUA POR HORA EXTRA ADICIONAL	hora	1	42.20	
SUB-TOTAL COSTOS MENSUALES					42304.27
SUB TOTAL COSTO DE ALQUILER X HORA					211.52

Fuente: Documentación Proyecto "Palma Real"

Los costos mensuales de inversión para el arrendamiento de grúa torre se indican en la tabla N°3.2, el cual se encuentra todos los gastos necesarios, mensuales, para el funcionamiento correcto de la grúa; así como el costo mensual del personal que lo manipulará; se indica un costo mensual de S/. 42,304.27 Nuevos Soles y por lo tanto un costo por hora de S/. 211.52 Nuevos Soles, considerando 200 horas de trabajo por mes, el cual equivale a 25 días de trabajo de 8 horas por día ó 48 horas semanales (8.5 horas de lunes a viernes y 5.5 el sábado).

Los costos fijos que se indica en la tabla N°3.1 y el costo mensual de la tabla N°3.2 se indican en el presupuesto Contractual, en el Anexo N°4 - Parte 1, resaltado de color amarillo.

3.7 ANÁLISIS DEL COSTO CONTRACTUAL VS COSTO REAL DEL PERIODO MUESTRAL DE TRABAJO

3.7.1 Costo contractual del periodo muestral de 30 días laborables

A continuación se muestra el presupuesto de las partidas involucradas, para el periodo muestral, sacada del presupuesto contractual de estructuras, indicada en el Anexo N°4, cuyas partidas están resaltadas de verde y amarillo.

Tabla N°3.3. Costo Contractual del periodo muestral.

DESCRIPCION	Und	A	B	(A) x (B)	COSTO
		METRADO MUESTRAL	P.U. CONTRACTUAL	COSTO PARCIAL	PRESUPUESTO
		METRADO	P.U. *	PARCIAL	TOTAL
TRANSPORTE VERTICAL Y HORIZONTAL DE MATERIALES					66,403.76
Alquiler de Grúa Torre(incluido costo de instalación y desinstalación de Grúa Torre)	mes+5días	1	66,403.76	66,403.76	
PLACAS					91,060.97
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA PLACAS - NIVEL 1 AL NIVEL 20	m2	4,320.06	13.46	58,157.56	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 210 kg/cm2 EN PLACAS	m3	579.00	56.83	32,903.41	
VIGAS					47,862.00
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS - NIVEL 1 AL NIVEL 20	m2	1,450.00	22.03	31,942.18	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 210 kg/cm2 EN VIGAS	m3	299.19	53.21	15,919.81	
LOSAS ALIGERADAS					80,664.99
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSAS ALIGERADAS	m2	2,406.55	16.15	38,877.01	
VIGUETAS PREFABRICADAS (INC. LADRILLO)	m2	2,451.85	9.16	22,465.40	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 210 kg/cm2 EN LOSAS ALIGERADAS	m3	363.14	53.21	19,322.58	
LOSAS MACIZAS					14,809.15
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSAS MACIZAS - Nivel 01 al nivel 20	m2	589.33	12.12	7,140.32	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 210 kg/cm2 EN LOSAS MACIZAS	m3	151.87	50.50	7,668.83	
ESCALERAS					1,468.70
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN ESCALERAS	m2	57.00	16.15	920.82	
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 210 kg/cm2 EN ESCALERAS	m3	10.85	50.50	547.88	
COSTO CONTRACTUAL DE LA MUESTRA DE ANALISIS S/.					302,269.56

Para realizar el costo contractual del periodo muestral, se realizó el metrado de cada una de las partidas mencionadas en la tabla N°3.3, desde la fecha 25-02-2014 hasta el 31-03-2014, obteniendo los valores correspondientes en la Columna A. Los costos de los P.U. indicados en la columna B, de la tabla N°3.3, son parte de los costos que están en los precios unitarios del Anexo N°3, en donde se considera los costos unitarios de mano de obra y costo unitario de alquiler de bomba concretera, según sea el caso, no se considera el costo de herramientas manuales y materiales, ya que consideramos que en teoría (contractual) y en costo ejecutado es el mismo o simplemente no representa importancia de análisis para este estudio, por ser simplemente un valor constante, dado que su alquiler no depende del trabajo que realice el personal obrero. Cada uno de los costos de los precios unitarios indicados en la tabla N°3.3, lo podemos ver en color amarillo en cada uno de los precios unitarios del Anexo N°3; debemos agregar el alquiler de grúa torre destinada para el transporte de materiales, para 30 días laborables de uso (costo indicado en la tabla N°3.4); no se ha considerado la partida de acero en placas y losas, debido a que este se ha sub contratado y por ende el costo contractual y el costo real se considera el mismo y no es tema de estudio para este trabajo, debido a que siempre se ha contado con el suficiente personal para culminar las labores, en el tiempo oportuno. Multiplicando los valores de la columna A y la columna B, de la tabla N°3.3, obtendremos los costos contractuales del periodo muestra que

involucra la mano de obra, alquiler de grúa torre y bomba concretera, obteniendo un costo de S/ 302,269.56 Nuevos soles.

Para calcular el costo contractual de alquiler de grúa torre para el periodo muestral de 30 días analizado, partiremos del cálculo del costo fijo y el costo mensual de grúa torre, ya indicados en las tablas N°3.1 y N°3.2 respectivamente o indicados en el presupuesto, Anexo N°4. Como el alquiler de grúa torre es para 6 meses, entonces se tendrá un costo total 1, indicado en la tabla N°3.4, que es resultado del costo fijo más 6 meses el costo mensual, el cual nos da S/. 332,018.79 Nuevos Soles, el cual dividido en 6 meses nos da un costo final por mes de 55,336.47 y por lo tanto dividiendo este último valor entre 200 horas nos da un costo de grúa torre por hora de S/. 276.68 Nuevos soles. El periodo muestral analizado es de 30 días de trabajo el cual representa 240 horas de trabajo normales de 8 horas por día; por lo tanto nuestro presupuesto contractual, por uso de grúa torre para el periodo muestral seria S/. 66,403.76 Nuevos Soles, el cual se indica en el presupuesto contractual para el periodo muestral, tabla N°3.4.

Tabla N°3.4. Costo de alquiler final contractual de grúa torre para el periodo muestral.

CARACTERÍSTICAS	TOTAL S/.	OPERACIÓN	denominación
COSTOS FIJOS	78,193.17	costo total de la tabla 3.1	A
COSTOS MENSUALES	42,304.27	costo total de la tabla 3.2	B
COSTO POR 6 MESES	253,825.62	6 x B	C
COSTO TOTAL 1	332,018.79	A+C	D
COSTO x MES DE LA GRUA	55,336.47	D / 6	E
CANTIDAD DE HORAS/MES (25 días=200 h)	200.00	-	F
COSTO x HM DE LA GRUA	276.68	E / F	G
COSTO HM POR 30 días (240 h)	66,403.76	G x 30 x 8	H

3.7.2 Costo real del periodo muestral

El costo real del periodo muestral estará constituido por la cantidad de recursos consumidos de la mano de obra, de cada una de las partidas involucradas, el costo de alquiler de bomba concretera, según la cantidad de volumen de concreto bombeado y el alquiler de grúa torre por los días usados. Las cantidades usadas, dentro del periodo muestral, se indica en la columna CANTIDAD de la tabla N°3.5, de esta columna indicar, que la cantidad ejecutada de volumen bombeado de concreto con bomba concretera fue de 930 m3, comparado con los 825 m3 de volumen de concreto para losa, indicados

implícitamente en la tabla N°3.3, al realizar la suma de valores de concreto en vigas, losa aligerada, losa maciza y escalera. La diferencia de concreto bombeado, que es 105 m³ de concreto, representa la cantidad de concreto, para placas, que se vaciaron con bomba concretera en 6 fechas distintas del periodo muestral, indicados en color amarillo, en el Anexo N°2-Parte 2; las razones del no uso de la grúa torre fue por problemas con misma y dos días de telescopaje de grúa. Estos sucesos suelen pasar con la grúa y es importante indicarlo, dado que son días que no te permite usar la grúa, el cual para no parar el avance de obra se debe de realizar el vaciado de placas (elementos verticales) con bomba concretera.

Tabla N°3.5. Costo real del periodo muestral

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	COSTO PARCIAL
EQUIPOS				
Alquiler de Grúa Torre(incluido costo de instalación y desinstalación de Grúa Torre) x 25 días = 1 mes	mes+5días	1	72,937.46	72,937.46
Equipo de Bombeo de Concreto para el vaciado de losas	m3	930.0	31.50	29,295.00
PLACAS				
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA PLACAS	H-H	3209.3	15.15	48,604.85
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 210 kg/cm2 EN PLACAS	H-H	378.5	15.15	5,732.38
LOSA				
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSA	H-H	5164.8	15.15	78,220.90
LADRILLO BOVEDILLA	H-H	901	15.83	14,262.83
VIGUETAS PREFABRICADAS	H-H	491	14.46	7,099.86
CONCRETO PREMEZCLADO F'C= 210 kg/cm2 PARA LOSA	H-H	700.5	16.03	11,226.01
COSTO REAL EJECUTADO 5/.				267,379.29

La cantidad de días a considerar, para el cálculo del costo por alquiler de grúa torre para el periodo muestral, es de 30 días y se indica en la tabla N°3.6.

Tabla N°3.6. Costo de alquiler de grúa torre para el periodo muestral.

CARACTERISTICAS	TOTAL S/.	OPERACIÓN	denominación
Alquiler de Grúa Torre x hora adicional	66.70	indicada en Anexo N°4-Parte 1	I
Alquiler de operador de grua x hora adicional	42.20	indicada en Anexo N°4-Parte 1	J
alquiler grua +operador x hora adicional	108.90	A+B	K
costo de 2 horas adicionales / día (promedio)	217.79	2xC	L
costo por 30 días de horas adicionales	6533.7	30xD	M
COSTO DE EQUIPO GRUA TORRE POR 30 DIAS DE ESPACIO MUESTRAL	72,937.46	H+M	N
COSTO DE EQUIPO GRUA TORRE POR DIA	2431.25	N/30	Ñ

En la tabla N°3.6, indicamos que en promedio se ha reportado dos horas adicionales de uso de grúa torre posterior al horario de trabajo de las 5pm, generando un adicional de alquiler de grúa y operador por un costo de S/. 6533.70 Nuevos Soles, por 30 días laborables, el cual sumando al costo de S/.

66,403.76 Nuevos Soles, indicado en la tabla N°3.4, se obtiene un costo total de alquiler de grúa torre, por el uso de 30 días, de S/ 72,937.46 Nuevos Soles, indicado en la tabla N° 3.6 y como resultado de costo, en la tabla N°3.5.

3.7.3 Resultados Costo Contractual vs Costo real del periodo muestral.

De los costos realizados entre el costo contractual indicado en el tabla N°3.3 y el costo real indicado en el tabla N°3.5, para el periodo muestral de 30 días laborables, se determinó que se tuvo un gasto real, menor al contractual, en S/ 34,890.28 Nuevos Soles indicado en la tabla N°3.7.

Tabla N°3.7. Costo contractual vs costo real del periodo muestral

RESUMEN COSTO CONTRACTUAL VS COSTO REAL DE ALQUILER DE GRUA TORRE DEL ESPACIO MUESTRAL (30 días laborables)		OPERACIÓN
COSTO CONTRACTUAL DE LA MUESTRA DE ANALISIS	302,269.56	Tabla N°3.3
COSTO REAL EJECUTADO	267,379.29	Tabla N°3.5
DIFERENCIA	34,890.28	

3.8 SECUENCIA DE AVANCE DEL TRABAJO EJECUTADO DENTRO DEL PERIODO MUESTRAL.

A continuación, se muestra la secuencia de avance ejecutado, de cada una de las partidas de las cuatro unidades de producción, indicados en el Anexo N°6.

El avance del día se muestra de color mostaza y el avance de días anteriores de color verde. Los avances del día están representados en porcentaje de avance de la unidad de producción, sea S-1; S-2; S-3 o S-4.

Para leer el Anexo N°6 se debe buscar desde la fecha más antigua, del proceso constructivo que se encuentra en la parte final del cuadro, hasta la fecha más actual, que está en la parte inicial del cuadro. Por ejemplo: El día lunes 31/03/2014 se muestra que el avance de obra está en el piso 9, en donde se está ejecutando labores en las cuatro unidades de producción; en el sector S-1, se ejecutó partidas en losa con el 8% final (8%f) de la partida de instalación de acero y el vaciado de concreto dicho sector; en el sector S-2, se ejecutó las partidas en losa con el 69% siguiente (69%*s*) de la instalación de acero, 50% siguiente (50%*s*) de la instalación de encofrado, 65% final (65%f) de la

instalación de viguetas y 70% final (70%f) de la instalación de bovedillas; en el sector S-3, se ejecutó las partidas de placa con 56% final (56%f) de la instalación de encofrado y 56% final (56%f) del vaciado de concreto; por último en el Sector S-4, se ejecutó la partida de placa con la instalación del 100% del acero. Igualmente podemos indicar otro ejemplo, como el día viernes 21-03-2014, en el cual podemos ver que se está ejecutando labores en las cuatro unidades de producción; en el sector S-1, se ha instalado el 21% final (21%f) del encofrado de placas del piso 8 y seguidamente el vaciado del 100 % del concreto en placas del sector; en el sector S-2, se ha ejecutado las partidas de instalación de acero del 47.5% inicial (47.5%i) del peso, seguidamente del 48.5% inicial (48.5%i) del encofrado de placas, seguido de vaciado de concreto en placas del 43 % inicial (43%i) de volumen del sector; en el sector S-3, se ejecutó el 16% final (16%f) del peso de la instalación de acero del sector, seguidamente de 10% final (10%f) del área de instalación de bovedilla para losa, seguido del 100% del vaciado de losa del sector; en el sector S-4, se ejecutó las partidas de losa del piso 7 correspondientes al 78% siguientes (78%s) en peso de la instalación de acero en losa, el 100% del área de encofrado de losa, el 100% de la instalación de viguetas y el 50% inicial (50%i) de la instalación de bovedilla para losa.

LEYENDA	
	AVANCE DEL DIA
	AVANCE ANTERIOR

3.9 ANÁLISIS DE LA TRABAJOSIDAD DE LA MANO DE OBRA DEL PERIODO MUESTRAL DE 30 DÍAS LABORABLES

El periodo muestral analizado, desde el martes 26/02/2014 hasta el lunes 31/03/2014, es de 30 días laborables. El Anexo N°2 muestra la trabajosidad del personal de obra, de cada una de las partidas indicadas de la superestructura, en el cual ha intervenido la Grúa torre para el transporte de materiales y el vaciado de concreto en elementos verticales y el uso de bomba concretera, para el vaciado de concreto en elementos horizontales (losa).

En el análisis de trabajosidad del personal, no se ha estudiado la partida de instalación de acero para elementos horizontales y verticales, ya que estas partidas han sido sub contratada y no es materia de estudio en el presente Informe.

Las cantidades de horas hombre por día, es la suma de las cantidades de horas-hombre, de las partidas involucradas en el proceso de construcción de la superestructura y lo podemos ver en la parte inferior del Anexo N°2 en HH ACUMULADO; Así mismo se muestra la cantidad de área de losa vaciada y se indica en la fila, área acumulada (m²); las horas-hombre y el área de losa ejecutada, en los 30 días de periodo muestral, nos genera los siguientes gráficos y valores promedios, mostrados en el Anexo N°7, del cual podemos tener como resultados, que el rendimiento del personal de obra en el proyecto, en la fase de superestructura, es de 0.375 m²/ hh y que se ha utilizado en promedio 368.7 hh por día de trabajo, de toda las cuadrillas, indicada en cada una de las partidas ya mencionadas.

3.10 COSTO CONTRACTUAL DE MANO DE OBRA, GRÚA TORRE Y BOMBA CONCRETERA PARA TODAS LAS PARTIDAS DEL PRESUPUESTO

A partir del presupuesto contractual del proyecto, indicado en el Anexo N°4, se realizó el cálculo del costo de la mano de obra, una grúa torre y bomba concretera, para todas las partidas involucradas del proyecto de superestructura; para lo cual realizaremos los costos de las partidas que se involucran con el uso de una grúa torre, desde que inicia en operación la grúa torre, una vez instalada en obra, desde el vaciado de columnas en elementos verticales en los sótanos y vaciado de la primera losa en elementos horizontales en los sótanos, indicado en el Anexo N°8, siendo el costo en S/. 1'299,278.89 Nuevos Soles.

3.11. ANÁLISIS GRÚA TORRE VS BOMBA CONCRETERA PARA EL USO DE VACIADO DE CONCRETO PREMEZCLADO

Realizaremos el análisis del uso grúa torre y bomba concretera para el vaciado de concreto premezclado: concreto en losa y concreto en placa. Para este trabajo se realizará las mediciones de tiempos de transporte de concreto con balde metálico en la grúa torre, usada en el proyecto "Palma Real", a fin de calcular el tiempo del ciclo de transporte de concreto en el balde desde que se realiza la carga de concreto en balde hasta inmediatamente antes que se realice una nueva carga de concreto, al regresar con el balde vacío. Hay que tener en

cuenta la distancia de recorrido vertical y horizontal que realiza la grúa en la ida, cuando el balde va lleno de concreto y de regreso, cuando el balde va vacío.

3.11.1 Ciclo del transporte de concreto en balde con el uso de grúa torre en el proyecto “Palma Real”

El ciclo de transporte de concreto en balde, transportado por la grúa torre, comenzará desde que se vacía el concreto del mixer, al balde metálico (llamado en obra “chute”); seguidamente se realiza el transporte vertical del “chute”, lleno de concreto premezclado, con un volumen de 0.5 m³; seguidamente la grúa torre realiza el giro horizontal respectivo; seguidamente el desplazamiento del carro con el gancho de la grúa torre, que desplaza el “chute” hasta la ubicación de la zona a descargar el concreto; seguidamente el carro baja verticalmente el gancho, en el cual se encuentra enganchado el “chute”, hasta la posición indicada para realizar el vaciado de concreto, apoyado del personal encargado de tirar la palanca, que está en el Chuté, permitiendo soltar el concreto y descargarlo. Este recorrido realizado es el recorrido de ida que realiza el “chute” lleno de concreto y será el mismo recorrido pero en sentido contrario que realice el chute de regreso, pero con el “chute” vacío, hasta llegar a tocar el piso, para realizar una nueva recarga. Por lo tanto el ciclo de transporte de concreto con “chute” será el transporte de ida, cuando el chute va lleno de concreto y el transporte de regreso, cuando “el chute” regresa vacío.

Se realizaron mediciones, para estimar los tiempos de cada uno de los desplazamientos que realiza la grúa torre en su ciclo de transporte de concreto, con un balde metálico de 0.5 m³ de capacidad, a fin de calcular el tiempo empleado que invierte la grúa torre, al realizar el transporte de concreto con balde metálico.

En la tabla N° 3.8, se muestra el tiempo promedio que se necesita para cargar el “Chute” de concreto, descargado del mixer, para lo cual se ha tomado quince muestras de tiempo, obteniendo un promedio de 21 segundos para cargar 0.5 m³ de concreto, descargados de un mixer.

Tabla N°3.8. Tiempo promedio de carga de concreto en balde metálico de 0.5 m3

TIEMPO DE CARGA DE CONCRETO EN BALDE DE 0.5 M3																	
N° muestra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	PROMEDIO	VALOR (seg)
Tiempo (seg)	19	20	23	24	25	24	25	22	20	25	19	21	18	18	17	21.3	21

Por lo tanto se tiene una velocidad de carga : 1.43 m3/ min

Seguidamente se muestra, en el tabla N°3.9, el tiempo promedio de vaciado de concreto desde balde metálico hacia losa, para lo cual se tomó quince muestras, del cual se obtuvo como promedio de vaciado de 0.5 m3 de concreto hacia la losa, de 6 segundos.

Tabla N°3.9. Tiempo promedio de descarga de concreto en balde metálico de 0.5 m3 para vaciar losa.

TIEMPO DE DESCARGAR DE CONCRETO EN BALDE DE 0.5 M3 PARA VACIAR LOSA																	
N° muestra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	PROMEDIO	VALOR (seg)
Tiempo (seg)	7	6	7	6	6	5	6	7	7	6	5	6	5	6	5	6.0	6

Por lo tanto se tiene una velocidad de carga : 5 m3/ min

Similar a lo anterior se muestra la tabla N°3.10, el cual permite a través de una muestra de quince datos, encontrar el tiempo promedio de vaciado de concreto en balde de 0.5 m3 a elementos verticales (placas), obteniendo un tiempo promedio de 10 segundos, para descargar 0.5 m3 de concreto a los elementos horizontales (losa).

Tabla N°3.10. Tiempo promedio de descarga de concreto en balde de 0.5 m3 para vaciar placas.

TIEMPO DE DESCARGAR DE CONCRETO EN BALDE DE 0.5 M3 PARA VACIAR PLACAS																	
N° muestra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	PROMEDIO	VALOR (seg)
Tiempo (seg)	8	9	8	9	9	10	10	10	11	9	10	11	10	10	9	9.5	10

Por lo tanto se tiene una velocidad de descarga : 3 m3/ min

Seguidamente se muestra el cálculo de la velocidad de ascenso o descenso, del balde metálico de 0.5 m3 lleno de concreto, para lo cual se tomó quince muestras de tiempo en el recorrido de 23.4 m vertical del balde metálico,

mostrándose los resultados en la tabla N°3.11, obteniendo como promedio de velocidad de 0.85 m/s.

Tabla N°3.11. Cálculo de la velocidad de ascenso y descenso del balde metálico lleno de concreto (0.5 m3).

h(m)	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
t(s)	29	28	27	30	26	25	27	29	28	28
V(m/s)	0.81	0.84	0.87	0.78	0.90	0.94	0.87	0.81	0.84	0.84

velocidad promedio 0.85 m/s

Así mismo se muestra en la tabla N°3.12, la velocidad promedio de ascenso o descenso del balde metálico vacío, en este caso, también el balde metálico recorrió 25.4 m verticales, obteniendo una velocidad promedio de 1 m/s.

Tabla N°3.12. Cálculo de la velocidad de ascenso o descenso del balde metálico vacío.

h(m)	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
t(s)	25	27	23	26	24	27	23	25	26	26
V(m/s)	1.02	0.94	1.10	0.98	1.06	0.94	1.10	1.02	0.98	0.98

velocidad promedio 1.01 m/s

A continuación se muestra en la tabla N°3.13, el cálculo de la velocidad de giro de la grúa torre, para lo cual se ha tomado diez muestras, obteniendo una velocidad promedio de giro de 0.87 revoluciones por minuto (rpm).

Tabla N°3.13. Cálculo de la velocidad de giro de la grúa torre al transportar el balde metálico.

t(s)	5	7	4	8	6	6	7	7	6	4
revoluciones/segundo	0.014	0.015	0.017	0.022	0.012	0.011	0.015	0.010	0.012	0.017

Velocidad de giro prom. : 0.0144 rps
0.87 rpm

Seguidamente se muestra en la tabla N°3.14, el cálculo de la velocidad de traslación del carro de la grúa torre, al transportar el balde metálico sea lleno de

concreto o vacío, para lo cual se tomó diez muestras, obteniendo una velocidad promedio de 43.1 metros por minuto.

Tabla N°3.14. Cálculo de la velocidad de transporte del carro de la grúa torre al desplazar el balde metálico.

d(m)	6.50	3.5	13.5	5.5	5.0	3.5	6.5	13.5	5.5	6.5
t(s)	9	6	14	8	8	5	9	16	9	9
V(m/s)	0.722	0.583	0.964	0.688	0.625	0.700	0.722	0.844	0.611	0.722

Velocidad de translación promedio :	0.718 m/seg
	43.1 m/min

Por último se muestra en el anexo N°9, doce fechas de vaciado de concreto premezclado con bomba concretora, en el cual se calculó el tiempo de espera promedio por cambio de mixer, para reanudar el vaciado de concreto. En cada una de las muestras se indica, en la parte superior, la fecha de vaciado de concreto, el día, el volumen de concreto vaciado, el tiempo ininterrumpido invertido de vaciado de concreto, sin considerar los tiempos por cambio de mixer, y por último el rendimiento, cantidad de volumen vaciado por cada hora. En la parte central del cuadro se indica la cantidad de mixer usados, para el volumen requerido de vaciado de losa y la cantidad de cambios de mixer, que sería uno menos que la cantidad de mixer usados. En la parte inferior del cuadro se indica cada uno de los tiempos de espera, así mismo el total de tiempo de espera y por último el tiempo de espera promedio por cambio de mixer. Como resumen se indica en la tabla N° 3.15, el tiempo de espera promedio de cada una de las doce muestras, indicadas al detalle en el anexo N°9, por lo tanto se tiene un tiempo promedio por espera de mixer de 15 minutos.

Tabla N°3.15. Tiempo de espera promedio para retomar el vaciado de concreto.

RESUMEN DEL TIEMPO DE ESPERA PARA RETOMAR DEL VACIADO DE CONCRETO													PROMEDIO	und
numero de muestras	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°		
tiempo de espera	18	23.5	16	12.5	19.5	6.7	17.2	13.5	22	6.2	14.2	10.5	15.0	min

de mixer, estacionamiento de mixer en el punto de vaciado, re mezclado de concreto, muestra de probetas y medición del slump, para retomar el vaciado de concreto.

A) CÁLCULO DEL CICLO DE VACIADO DE CONCRETO PARA LOSA, CON BALDE METÁLICO DE 0.5 M³, EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

Cada uno de los tiempos y velocidades necesarias en cada uno de los recorridos de ascenso, descenso, traslación y rotación que realiza la grúa torre, para transportar el balde metálico de 0.5 m³, cuando va de ida, al llevar el balde metálico lleno de concreto y cuando va de regreso, al llevar el balde metálico vacío, nos permitirá calcular el ciclo de transporte de concreto en balde metálico de 0.5 m³.

Algunos datos como: el giro promedio, distancia de traslación del carro, descenso vertical del balde, variarán dependiendo de la unidad de producción de la losa donde se esté trabajando, en cualesquiera de las cuatro unidades de producción definidos: UNIDAD DE PRODUCCIÓN 1 (S-1), UNIDAD DE PRODUCCIÓN 2 (S-2), UNIDAD DE PRODUCCIÓN 3 (S-3) y UNIDAD DE PRODUCCIÓN 4 (S-4).

A continuación, se calculará el tiempo que demora en llevar el balde de concreto de 0.5 m³, desde la zona de carga (zona donde está el mixer) hasta la zona de descarga (zona donde se va a descargar el concreto) en cada una de las cuatro unidades de producción.

PARA EL SECTOR 1: Se tomará la muestra en el nivel 7, losa del piso 6.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga será en el centro geométrico del área del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4 m
Giro promedio de la grúa torre	42°
Desplazamiento promedio del carro	1.5 m
Descenso vertical del balde	6.6 m

En la tabla N°3.16, se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 1, con balde de 0.5 m³ de capacidad, en el cual se muestra tanto el cálculo de tiempo requerido en el recorrido de ida, al llevar la grúa torre el balde de 0.5 m³ lleno de concreto y el cálculo del recorrido de regreso, al llevar el balde vacío. Se tiene como tiempo de ciclo requerido, de ida y vuelta en balde de 0.5 m³, para el sector 1 en 1 minuto y 60 segundos.

Tabla N°3.16. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del Sector 1, con balde de 0.5 m³.

	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4\text{m})/(0.85\text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	42°	$(42^\circ/360^\circ)/(0.87/60\text{ s})$	8.0
	desplazamiento del carro de la grúa	1.5 m	$1.5\text{m}/(43\text{ m}/60\text{ s})$	2.1
	descenso vertical del balde	6.6m	$6.6\text{ m} / (0.85\text{ m/s})$	7.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	6
	ascenso vertical del balde vacío	6.6m	$6.6\text{m} / (1\text{m/s})$	6.6
	giro promedio de la grúa	42°	$(42^\circ/360^\circ)/(0.87/60\text{ s})$	8.0
	desplazamiento del carro de la grúa	1.5 m	$1.5\text{m}/(43\text{ m}/60\text{ s})$	2.1
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4\text{m})/(1\text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S1 PARA EL VACIADO DE LOSA =				112.6
				1 min 53 s

PARA EL SECTOR 2: Se tomará la muestra en el nivel 7, losa del piso 6.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga será en el centro geométrico del área del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	100°
Desplazamiento promedio del carro	8 m
Descenso vertical del balde	6.6m

En la tabla N°3.17 se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 2, con balde de 0.5 m³ de capacidad, en el cual se muestra tanto el cálculo de tiempo requerido en el recorrido de ida, al llevar la grúa torre el balde de 0.5 m³ lleno de concreto y el cálculo del recorrido de regreso, al llevar el balde vacío. Se tiene como tiempo de ciclo requerido, de ida y vuelta, en balde de 0.5 m³, para el sector 2 en 2 minuto y 33 segundos.

Tabla N°3.17. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 2, con balde de 0.5 m³.

	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4\text{m})/(0.85\text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	$(100^\circ/360^\circ)/(0.87/60\text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	8 m	$8\text{m}/(43\text{ m}/60\text{ s})$	11.2
	descenso vertical del balde	6.6m	$6.6\text{ m} / (0.85\text{ m/s})$	7.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	6
	ascenso vertical del balde vacío	6.6m	$6.6\text{m} / (1\text{m/s})$	6.6
	giro promedio de la grúa	100°	$(100^\circ/360^\circ)/(0.87/60\text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	8m	$8\text{m}/(43\text{ m}/60\text{ s})$	11.2
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4\text{m})/(1\text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S2 PARA EL VACIADO DE LOSA =				153
				2 min 33 s

PARA EL SECTOR 3: Se tomará la muestra en el nivel 7, losa del piso 6.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga será en el centro geométrico del área del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	100°
Desplazamiento promedio del carro	15m
Descenso vertical del balde	6.6

En la tabla N°3.18, se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 3, con balde de 0.5 m³ de capacidad, en el cual se muestra tanto el cálculo de tiempo requerido, en el recorrido de ida, al llevar la grúa torre el balde de 0.5 m³ lleno de concreto y el cálculo del recorrido de regreso, al llevar el balde vacío. Se tiene como tiempo de ciclo requerido de ida y vuelta, en balde de 0.5 m³ para el sector 3, en 2 minutos y 52 segundos.

Tabla N°3.18. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 3, con balde de 0.5 m³.

	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4m)/(0.85 \text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	$(100°/360°)/(0.87/60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	15m	$15m/(43 \text{ m}/60 \text{ s})$	20.9
	descenso vertical del balde	6.6m	$6.6 \text{ m} / (0.85 \text{ m/s})$	7.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	6
	ascenso vertical del balde vacío	6.6m	$6.6m / (1 \text{ m/s})$	6.6
	giro promedio de la grúa	100°	$(100°/360°)/(0.87/60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	15m	$15m/(43 \text{ m}/60 \text{ s})$	20.9
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4m)/(1 \text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S3 PARA EL VACIADO DE LOSA =				172
				2 min 52 s

Fuente: Elaboración Propia.

PARA EL SECTOR 4: Se tomará la muestra en el nivel 7, losa del piso 6.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga será en el centro geométrico del área del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
giro promedio de la grúa torre	100°
desplazamiento promedio del carro	28m
descenso vertical del balde	6.6m

En la tabla N°3.19, se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 4, con balde de 0.5 m³ de capacidad, en el cual se muestra, tanto el cálculo de tiempo requerido en el recorrido de ida, al llevar la grúa torre el balde de 0.5 m³ lleno de concreto y el cálculo del recorrido de regreso, al llevar el balde vacío. Se tiene como tiempo de ciclo requerido de ida y vuelta, en balde de 0.5 m³ para el sector 4, en 3 minutos y 29 segundos.

Tabla N°3.19. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa del sector 4, con balde de 0.5 m³.

	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4m)/(0.85 \text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	$(100°/360°)/(0.87/60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	28m	$28m/(43 \text{ m}/60 \text{ s})$	39.1
	descenso vertical del balde	6.6m	$6.6 \text{ m} / (0.85 \text{ m/s})$	7.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	6
	ascenso vertical del balde vacío	6.6m	$6.6m / (1m/s)$	6.6
	giro promedio de la grúa	100°	$(100°/360°)/(0.87/60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	28m	$28m/(43 \text{ m}/60 \text{ s})$	39.1
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4m)/(1 \text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S3 PARA EL VACIADO DE LOSA =				209
				3 min 29 s

Fuente: Elaboración Propia.

B) CÁLCULO DEL CICLO DE VACIADO DE CONCRETO PARA PLACAS, CON BALDE METÁLICO DE 0.5 M³, EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

Para realizar el cálculo del tiempo de ciclo del transporte de ida, al llevar el balde metálico con 0.5 m³ de concreto y de regreso, al llevar el balde metálico vacío, para el vaciado de concreto en placas estructurales, debemos calcular los tiempos de ascenso, descenso, traslación y rotación que hace la grúa torre, para transportar el balde metálico. Las distancias recorridas serán iguales a las ya calculadas, para el transporte de balde para el vaciado de losa, sólo cambiará las distancias de giro y traslación promedios, tomados en un centro promedio ponderado de recorrido de las placas, que conforman la unidad de producción. Por lo tanto, se mostrará cada uno de los parámetros necesarios para calcular el ciclo del transporte de concreto, en balde de 0.5m³, en cada una de las cuatro unidades de producción: UNIDAD DE PRODUCCIÓN 1 (S-1), UNIDAD DE PRODUCCIÓN 2 (S-2), UNIDAD DE PRODUCCIÓN 3 (S-3) y UNIDAD DE PRODUCCIÓN 4 (S-4).

PARA EL SECTOR 1: Se tomará la muestra en el nivel 7, PLACAS del piso 7.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga, será el centro geométrico de áreas en planta de las placas del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	37°
Desplazamiento promedio del carro	4 m
Descenso vertical del balde	4.1m

En la tabla N°3.20, se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto para las placas del sector 1, con balde de 0.5 m³ de capacidad. Se tiene como tiempo de ciclo requerido de ida y vuelta en balde de 0.5 m³ para el sector 1, en 1 minuto y 56 segundos.

Tabla N°3.20. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 1, con balde de 0.5 m³.

PLACAS-S1	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4m)/(0.85 \text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	37°	$(37°/360°)/(0.87/60 \text{ s})$	7.1
	desplazamiento del carro de la grúa	4 m	$4 \text{ m}/(43 \text{ m}/60 \text{ s})$	5.6
	descenso vertical del balde	4.1m	$4.1 \text{ m} / (0.85 \text{ m/s})$	4.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	10
	ascenso vertical del balde vacío	4.1m	$4.1m/(1m/s)$	4.1
	giro promedio de la grúa	37°	$(37°/360°)/(0.87/60 \text{ s})$	7.1
	desplazamiento del carro de la grúa	4m	$4m/(43 \text{ m}/60 \text{ s})$	5.6
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4m)/(1 \text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S1 PARA EL VACIADO DE LÓSA =				116
				1 min 56 s

PARA EL SECTOR 2: Se tomará la muestra en el nivel 7, PLACAS del piso 7.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga, será en el centro geométrico de áreas en planta de las placas del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	100°
Desplazamiento promedio del carro	6m
Descenso vertical del balde	4.1m

En la tabla N°3.21, se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto para las placas del sector 2, con balde de 0.5 m³ de capacidad. Se tiene como tiempo de ciclo requerido de ida y vuelta, en balde de 0.5 m³ para el sector 2, en 2 minutos y 26 segundos.

Tabla N°3.21. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 2, con balde de 0.5 m³.

PLACAS-S2	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	(23.4m)/(0.85 m/s)	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	(100°/360°)/(0.87/60 s)	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	6m	6m/(43 m/60 s)	8.4
	descenso vertical del balde	4.1	4.1 m / (0.85 m/s)	4.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	10
	ascenso vertical del balde vacio	4.1	4.1m / (1m/s)	4.1
	giro promedio de la grúa	100°	(100°/360°)/(0.87/60 s)	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	6m	6m/(43 m/60 s)	8.4
	descenso vertical del balde	23.4 m	(23.4m)/(1 m/s)	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S2 PARA EL VACIADO DE LOSA =				146
				2 min 26 s

PARA EL SECTOR 3: Se tomará la muestra en el nivel 7, PLACAS del piso 7.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga, será en el centro geométrico de áreas en planta de las placas del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	100°
Desplazamiento promedio del carro	15m
Descenso vertical del balde	4.1m

En la tabla N°3.22 se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto para las placas del sector 3, con balde de 0.5 m³ de capacidad. Se tiene como tiempo de ciclo requerido de ida y vuelta en balde de 0.5 m³ para el sector 3, en 2 minutos y 51 segundos.

Tabla N°3.22. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 3, con balde de 0.5 m³.

PLACA S-3	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	(23.4m)/(0.85 m/s)	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	(100°/360°)/(0.87/60 s)	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	15m	15m/(43 m/60 s)	20.9
	descenso vertical del balde	4.1	4.1 m / (0.85 m/s)	4.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	10
	ascenso vertical del balde vacio	4.1	4.1m /(1m/s)	4.1
	giro promedio de la grúa	100°	(100°/360°)/(0.87/60 s)	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	15m	15m/(43 m/60 s)	20.9
	descenso vertical del balde	23.4 m	(23.4m)/(1 m/s)	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S3 PARA EL VACIADO DE LOSA =				171
				2 min 51 s

PARA EL SECTOR 4: Se tomará la muestra en el nivel 7, PLACAS del piso 7.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga, será en el centro geométrico de áreas en planta de las placas del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	100°
Desplazamiento promedio del carro	28m
Descenso vertical del balde	4.1m

En la tabla N°3.23, se muestra el cálculo del ciclo de vaciado de concreto para las placas del sector 4, con balde de 0.5 m³ de capacidad. Se tiene como tiempo de ciclo requerido de ida y vuelta en balde de 0.5 m³ para el sector 4, en 3 minutos y 27 segundos.

Tabla N°3.23. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto para placas del sector 4, con balde de 0.5 m³

PLACAS-S4	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	-----	21.0
	ascenso vertical del balde	23.4 m	(23.4m)/(0.85 m/s)	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	(100°/360°)/(0.87/60 s)	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	28m	28m/(43 m/60 s)	39.1
	descenso vertical del balde	4.1	4.1 m / (0.85 m/s)	4.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	-----	10
	ascenso vertical del balde vacio	4.1	4.1m /(1m/s)	4.1
	giro promedio de la grúa	100°	(100°/360°)/(0.87/60 s)	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	28m	28m/(43 m/60 s)	39.1
	descenso vertical del balde	23.4 m	(23.4m)/(1 m/s)	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S3 PARA EL VACIADO DE LOSA =				207
				3 min 27 s

3.11.2 Cálculo del tiempo utilizado para el vaciado de concreto en losa y placas de cada una de las unidades de producción, usando un balde de 0,5 m³ de capacidad para concreto transportado por Grúa Torre.

Con el cálculo de los ciclos de tiempo empleado para el transporte de concreto con grúa torre, empleando balde de 0.5 m³ de capacidad, se estimará los tiempos empleados que se necesitaría para realizar el vaciado de concreto con grúa torre en losa y placas de cada una de las de las cuatro unidades de producción.

A) Tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa usando un balde de 0.5 m³ transportado por grúa torre

En las tablas N° 3.24, N° 3.25, N°3.26 y N° 3.27 se muestra los tiempos estimados para el vaciado de concreto en las losas, del sector 1, sector 2, sector 3 y sector 4 respectivamente, usando grúa torre con balde de 0.5 m³, para lo cual se usó el ciclo del transporte del balde de 0.5 m³, transportado por grúa torre, en cada uno de los sectores y el tiempo promedio de espera por cambio de mixer.

Tabla N°3.24. Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 1, usando grúa torre con balde de 0.5 m³.

UNIDAD DE PRODUCCION 1 (S-1) - LOSA				
S1	Volumen de concreto : 34 m ³	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	4	u
	cantidad de viajes realizados con balde	34 m ³ / 0.5 m ³	68	u
	tiempo por cambios (15min/cambio)	15 min x 4 cambios	60	min
	tiempo por el transporte de concreto con balde	68 viajes x (1min 53 s)	128	min
TIEMPO TOTAL PARA EL VACIADO DE CONCRETO			188	3h 8 min

Tabla N°3.25. Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 2, usando grúa torre con balde de 0.5 m³.

UNIDAD DE PRODUCCION 2 (S-2) - LOSA				
S2	Volumen de concreto : 50 m ³	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	6	u
	cantidad de viajes realizados con balde	50 m ³ / 0.5 m ³	100	u
	tiempo total por cambios (15min/cambio)	15 min x 6 cambios	90	min
	tiempo total por el transporte de concreto con balde	100 viajes x (2min 33 s)	255	min
TIEMPO TOTAL CONSUMIDOS			345	5h 45 min

Tabla N°3.26. Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 3, usando grúa torre con balde de 0.5 m3.

UNIDAD DE PRODUCCION 3 (S-3) - LOSA				
S3	Volumen de concreto : 48 m3	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	5	u
	cantidad de viajes realizados con balde	48 m3 / 0.5 m3	96	u
	tiempo total por cambios (15min/cambio)	15 min x 5 cambios	75	min
	tiempo total por el transporte de concreto con balde	96 viajes x (2min 52 s)	276	min
TIEMPO TOTAL CONSUMIDOS			351	5h 51min

Tabla N°3.27. Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 4, usando grúa torre con balde de 0.5 m3.

UNIDAD DE PRODUCCION 4 (S-4) - LOSA				
S4	Volumen de concreto : 22 m3	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	2	u
	cantidad de viajes realizados con balde	22 m3 / 0.5 m3	44	u
	tiempo total por cambios (15min/cambio)	15 min x 2 cambios	30	min
	tiempo total por el transporte de concreto con balde	48 viajes x (2min 52 s)	153	min
TIEMPO TOTAL CONSUMIDOS			183	3h 3min

B) Tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas usando un balde de 0.5 m3 transportado por grúa torre.

Se calculará los tiempos estimados que se emplearía para realizar el vaciado de concreto en todas las placas, de cada unidad de producción.

En las tablas N° 3.28, N° 3.29, N°3.30 y N° 3.31 se muestra los tiempos estimados para el vaciado de concreto en placas del sector 1, sector 2, sector 3 y sector 4 respectivamente, usando grúa torre con balde de 0.5 m3, para lo cual se usó el ciclo del transporte del balde de 0.5 m3, transportado por grúa torre, en cada uno de los sectores y el tiempo promedio de espera por cambio de mixer.

Tabla N°3.28 Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 1 usando grúa torre con balde de 0.5 m3.

UNIDAD DE PRODUCCION 1 (S-1) - PLACAS				
S-1	PLACAS SECTOR 1: PL1, PL2, PL3, PL4, PL5, PL6 : V= 18.5 m3	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	2	u
	cantidad de viajes realizados con balde	18.5 m3 / 0.5 m3	37	u
	tiempo por cambios (15min/cambio)	15 min x 2 cambios	30	min
	tiempo por el transporte de concreto con balde	37 viajes x (1min 56 s)	72	min
TIEMPO TOTAL PARA EL VACIADO DE CONCRETO			102	1h 42 min

Tabla N°3.29 Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 2, usando grúa torre con balde de 0.5 m3.

UNIDAD DE PRODUCCION 2 (S-2) - PLACAS				
PLACAS SECTOR 2: PL6', PL7, PL8, PL9, PL10, PL11 : V= 37 m3		cálculo	cantidad	Und
S-2	número de cambios de mixers	-----		4 u
	cantidad de viajes realizados con balde	37 m3 / 0.5 m3		74 u
	tiempo por cambios (15min/cambio)	15 min x 4 cambios		60 min
	tiempo por el transporte de concreto con balde	74 viajes x (2min 26 s)		180 min
TIEMPO TOTAL PARA EL VACIADO DE CONCRETO		-----		240 2h 40 min

Tabla N°3.30 Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 3, usando grúa torre con balde de 0.5 m3.

UNIDAD DE PRODUCCION 3 (S-3) - PLACAS				
PLACAS SECTOR 3: PL12, PL13, SPL14, PL15 : V= 33 m3		cálculo	cantidad	Und
S-3	número de cambios de mixers	-----		4 u
	cantidad de viajes realizados con balde	33 m3 / 0.5 m3		66 u
	tiempo por cambios (15min/cambio)	15 min x 4 cambios		60 min
	tiempo por el transporte de concreto con balde	66 viajes x (2min 51 s)		188 min
TIEMPO TOTAL PARA EL VACIADO DE CONCRETO		-----		248 4h 8 min

Tabla N°3.31 Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas del sector 4, usando grúa torre con balde de 0.5 m3.

UNIDAD DE PRODUCCION 4 (S-4) - PLACAS				
PLACAS SECTOR 4: PL16, 2PL17, PL18 : V= 17 m3		cálculo	cantidad	Und
S-4	número de cambios de mixers	-----		2 u
	cantidad de viajes realizados con balde	17 m3 / 0.5 m3		34 u
	tiempo por cambios (15min/cambio)	15 min x 2 cambios		30 min
	tiempo por el transporte de concreto con balde	34 viajes x (3min 27 s)		117 min
TIEMPO TOTAL PARA EL VACIADO DE CONCRETO		-----		147 2h 27 min

3.11.3 Resumen de los tiempos estimados que se utilizarían para realizar el vaciado de concreto premezclado usando balde de 0.5 m3 transportado con grúa torre en losa y placas en cada una de las unidades de producción

CASO 1: Si realizáramos el vaciado de concreto, en unidades consecutivas, en donde en una unidad mayor realizáramos el vaciado de losa de concreto y en la unidad menor realizáramos el vaciado de concreto de todas las placas, entonces tendríamos la siguiente secuencia de vaciado por día a mencionar:

VACIADO DE CONCRETO		
	LOSA	PLACAS
DIA 1	S2	S1
DIA 2	S3	S2
DIA 3	S4	S3
DIA 4	S1	S4
DIA 5	S2	S1

Siendo:

S1: unidad de producción 1 (SECTOR 1)

S2: unidad de producción 2 (SECTOR 2)

S3: unidad de producción 3 (SECTOR 3)

S4: unidad de producción 4 (SECTOR 4)

Entonces, tendremos los tiempos estimados necesarios para realizar el vaciado de concreto de placas y losas, de unidades consecutivas, vaciado con balde de 0.5 m³, mostrado en la tabla N°3.32.

Tabla N°3.32 Tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas y losa en los distintos días, usando grúa torre con balde de 0.5 m³. Caso 1.

DIA 1				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 2	50	m ³	345	7.5
PLACAS SECTOR 1: PL1, PL2, PL3, PL4, PL5, PL6	18.5	m ³	102	
	68.5	m ³		
DIA 2				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 3	48	m ³	351	9.9
PLACAS SECTOR 2: PL 6' PL7, PL8, PL9, PL10, PL11	37	m ³	240	
	85	m ³		
DIA 3				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 4	22	m ³	183	7.2
PLACAS SECTOR 3: PL 12, PL13, 5PL14, PL15	33	m ³	248	
	55	m ³		
DIA 4				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 1	34	m ³	188	5.6
PLACAS SECTOR 4: PL 16, 2PL17, PL 18	17	m ³	147	
	51	m ³		

De lo mostrado en la tabla N°3.32, podemos ver que el día 1 y el día 3 de trabajo, de vaciado de concreto con balde metálico, demanda casi la totalidad del día de trabajo, teniendo más de siete horas ininterrumpidas de vaciado de concreto con el balde. En el día 2 podemos ver, que el tiempo necesario para realizar el vaciado de concreto de la losa, del sector 3 y las placas del sector 2, conllevaría en trabajar la grúa torre, en un tiempo de casi 10 horas ininterrumpidas, en transportar el balde de 0.5 m³ con concreto y así mismo el personal encargado para vaciado de concreto. En el día 4 podemos ver, que se requiere de casi 6 horas de trabajo ininterrumpido de vaciado de concreto con

balde metálico, siendo un tiempo, en ese caso, más manejable para un día de trabajo. Por lo general, los tiempos necesarios en los tres días (día 1, día 2 y día 3) de cuatro días en total son tiempos críticos de uso de la grúa torre, que en un caso real estaríamos fuera del horario de trabajo normal.

CASO 2: Si realizáramos el vaciado de concreto, en unidades intercaladas no consecutivas de las unidades de producción, en donde si en una unidad se esté vaciando losa de concreto, en dos unidades anteriores a este, se esté ejecutando el vaciado de concreto en placas, entonces tendríamos la siguiente secuencia de vaciado por día a mencionar:

VACIADO DE CONCRETO		
	LOSA	PLACAS
DIA 1	S3	S1
DIA 2	S4	S2
DIA 3	S1	S3
DIA 4	S2	S4
DIA 5	S3	S1

Siendo:

S1: unidad de producción 1 (SECTOR 1)

S2: unidad de producción 2 (SECTOR 2)

S3: unidad de producción 3 (SECTOR 3)

S4: unidad de producción 4 (SECTOR 4)

Entonces tendremos los tiempos estimados necesarios, para realizar el vaciado de concreto de placas y losas, de unidades intercaladas según la tabla N°3.33 mostrado.

Tabla N°3.33 Tiempo estimado para el vaciado de concreto en placas y losa, en los distintos días, usando grúa torre con balde de 0.5 m3. Caso 2.

DIA 1				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 3	48	m3	351	7.6
PLACAS SECTOR 1: PL1, PL2, PL3, PL4, PL5, PL6	18.5	m3	102	
	66.5	m3		
DIA 2				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 4	22	m3	183	7.1
PLACAS SECTOR 2: PL 6' PL7, PL8, PL9, PL10, PL11	37	m3	240	
	59	m3		
DIA 3				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 1	34	m3	188	7.3
PLACAS SECTOR 3: PL 12, PL13, 5PL14, PL15	33	m3	248	
	67	m3		
DIA 4				
DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	T(min)	T(h)
LOSA DEL SECTOR 2	50	m3	345	8.2
PLACAS SECTOR 4: PL 16, 2PL17, PL 18	17	m3	147	
	67	m3		

De lo mostrado en la tabla N°3.33, vemos que los cuatro casos: día 1, día 2, día 3 y día 4 de las tablas anteriores, el tiempo utilizado para realizar el vaciado de concreto premezclado es casi las 8 horas ininterrumpidos de trabajo de la grúa torre, al transportar el balde concretero de 0.5 m3; este caso también es crítico ya que hay que considerar que el personal de grúa torre tiene 1 hora de receso para el almuerzo, tan igual que todo el personal.

3.11.4 Análisis del uso de alquiler de bomba concretera para el vaciado de concreto premezclado.

Se tiene conocimiento, que el costo de alquiler de bomba concretera, para el vaciado de concreto premezclado está supeditado por lo siguiente:

- El costo del servicio es por metro cúbico (m3) de concreto bombeado, siendo S/ 30.00 por cada m3 de concreto, tal como se indica en los precios unitarios del presupuesto.

- La cantidad mínima de costo por alquiler de bomba concretera es el equivalente a 25 m³ de concreto bombeado. En caso el vaciado sea menor el costo a cobrar será de 25 m³ de concreto bombeado.

En el Anexo N°9 se puede mostrar el rendimiento de cada una de las fechas analizadas de vaciado de concreto, indicado en color amarillo, siendo el rendimiento promedio de vaciado de concreto usando bomba concretera para losa en 20.7 m³/h; aquí sólo se está considerando los tiempos de inicio y final de vaciado, de cada uno de los mixers, y un rendimiento promedio final de vaciado de concreto en losa usando bomba concretera en **12.4 m³/h**, aquí se está incluyendo los tiempos de espera reales entre mixers, para reinicio de vaciado de concreto premezclado, por causas de espera de mixer, ubicación de mixer a la bomba concretera, re mezclado de concreto, control de calidad y visto bueno de concreto. Asimismo cabe indicar que el vaciado de concreto no ha sido de manera continua si no intermitente, a fin de permitir pequeños momentos de esparcido del concreto premezclado.

Podemos indicar así mismo que en 5 fechas de 6, del Anexo N°2-Parte 2 indicados en color amarillo, se ha realizado el vaciado de concreto íntegramente con bomba y no se ha utilizado la grúa torre, por problemas que se han presentado con el equipo; en estas fechas se han tomado los datos de los tiempos de inicio y final de cada uno de los mixers, en el vaciado de concreto de placas, transportadas en este caso con bomba concretera. Si bien la cantidad de muestras no es lo suficiente confiable, para calcular el rendimiento del vaciado de concreto en placas con bomba, nos permitirá tener un valor estimado de rendimiento para este proyecto.

En el anexo N°10, indicamos los rendimientos de vaciado de concreto en placas, usando bomba concretera, en las 5 oportunidades que se presentaron. Las ocasiones que se presentaron fueron días en que la grúa torre no estaba disponible ya sea por que se presento algún problema técnico con la grúa torre y/o porque se necesitaba realizar el telescopaje, ascenso de grúa torre. El rendimiento de vaciado de concreto en elementos verticales con bomba concretera considerando los tiempos por cambios de posición de la bomba en una misma placa, cambios de posición de la bomba de una placa a otra y un vaciado de concreto intermitente (no continuo) el cual nos permita realizar el

vaciado de concreto por capas, se tiene un rendimiento de 10 m³/h, y si adicionalmente agregamos los tiempo de espera reales y por cambio de mixer para reanudar el vaciado de concreto, se obtiene un rendimiento promedio de **7.8 m³/h**. Cabe indicar que en el resultado del rendimiento mencionado está incluido los tiempos de espera que se presentó en un caso no usual pero que si se presenta en los vaciados de concreto con bomba y es lo mostrado en la fecha del 20/03/2014, en el cual se ha presentado problemas con la bomba concretera, al realizar el cambio de posición del vaciado de un elemento vertical a otro elemento vertical, para lo cual se retiran las tuberías de acero instalados a un elemento estructural vertical y se procede a llevar a otro elemento vertical, en el proceso de desinstalar las tuberías de acero se debe primero limpiar las tuberías de acero, en el cual la bomba succiona el concreto remanente dentro de los tubos a fin de liberar las últimas tuberías a retirar y es en ese proceso en el que se puede producir el atasco de concreto remanente en las tuberías, por lo que los tiempos de esperar en las dos ocasiones presentadas en dicha fecha se muestran de color naranja teniendo un tiempo de espera de 40 minutos y 60 minutos para realizar el vaciado total de 17 m³, lo cual no son tiempos de espera no usuales que se presentan. Si no consideráramos el rendimiento bajo que se obtuvo en la fecha 20/03/2014 entonces de obtendría un rendimiento promedio de vaciado de concreto en elementos verticales usando bomba concretera de 8.5 m³/h.

A partir de los valores de rendimiento mostrados en color verde del anexo N°10, se realizó un promedio ponderado obteniendo un valor de **7.8 m³/h** para el vaciado de concreto en elementos verticales usando bomba concretera; comparando este último resultado con el rendimiento promedio ponderado obtenido para el vaciado de concreto, de elementos horizontales usando bomba concretera, el cual es **12.4 m³/h** (promedio ponderado de los valores de color verde del anexo N°9), se puede decir que existe casi un 60% más de dificultad, con respecto al vaciado de concreto en losa usando bomba concretera, para realizar el vaciado de concreto en placas usando bomba concretera y esto se debe principalmente al vaciado puntual que se realiza a los elementos verticales ya que se debe de realizar el vibrado por cada capa de 30 cm verticales así como la poca facilidad para maniobrar la manguera de jebe que tiene como punta las tuberías metálicas y los tiempos que se necesitan para cambiar las

tuberías de una posición a otra para el vaciado de concreto de un nuevo elemento vertical.

3.11.5 Análisis comparativo de la bomba concreta concretera y grúa torre para el transporte de concreto premezclado.

Si bien el uso de Grúa torre MCI 85 B empotrada, es para el uso del transporte de materiales y el transporte de concreto para elementos verticales, usando un balde de 0.5 m³ de capacidad, y es el tipo de trabajo que se destinó para el proyecto “Palma Real”, así mismo bomba concretera para el vaciado de concreto de elementos horizontales (losa), resulto un ahorro en el periodo muestral de 30 días laborables, de S/. 34, 890.28 Nuevos Soles, tal como se indica en la tabla N° 3.7. Este ahorro se da por el uso de la tecnología de la Grúa Torre y bomba concretera que permitió agilizar el transporte de materiales en general y transporte de concreto, así mismo cabe indicar la influencia de los instrumentos tecnológicos (Grúa Torre y bomba concretera) al rendimiento de la mano de obra, control y supervisión que se ha realizado a la mano de obra, que influye en el costo del presupuesto.

3.12 ALTERNATIVA DEL USO DE DOS GRÚAS TORRE MCI 85 B PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES Y TRANSPORTE DE CONCRETO PARA EL PROYECTO “PALMA REAL”

Si bien la grúa torre MCI 85 B usado en el proyecto “Palma Real” realiza exclusivamente el transporte de materiales por la mañana y por la tarde realiza consecutivamente el transporte de concreto, con balde metálico de 0.5 m³; se ha presentado la necesidad, en casi todos los días del periodo muestral, usar la grúa torre para el transporte de materiales a nuevos frentes de trabajo, cuando la grúa torre está realizando consecutivamente el vaciado de concreto con balde metálico, por lo que algún transporte adicional por la tarde está supeditado a que la grúa torre este libre; los momentos libres de la grúa torre se ha presentado cuando se realiza cambio de mixer o parar el transporte de concreto por algunos minutos para realizar el transporte de materiales para otros frentes; algunas veces se ha presentado la necesidad de realizar el transporte de materiales

después de culminado el transporte de concreto con grúa torre, ya que se tenía un mixer esperando, aparte del que se estaba usando.

Si optáramos la posibilidad del uso de dos grúas torre del mismo modelo MCI 85 B en vez del uso de una grúa torre MCI 85 B y una bomba concretera, como sucedió en el Proyecto "Palma Real", se tendría la posibilidad de no necesitar tiempos adicionales de mano de obra por tener la disponibilidad de al menos una grúa torre cuando el otro esté ocupado.

La distribución del trabajo en el día para dos Grúas torre Modelo MCI 85 B podría ser la siguiente:

GRÚA TORRE N°1:

Turno mañana: Transporte de materiales de construcción.

Turno tarde : Transporte de concreto para elementos verticales (placas).

GRÚA TORRE N°2:

Turno mañana: Transporte de materiales de construcción.

Turno tarde : Transporte de concreto para elementos horizontales (losa).

De la distribución de trabajos de las dos grúas torre podemos ver que, la grúa torre N°2 realizaría por la tarde el transporte de concreto para losa, lo cual podemos indicar que tendría en promedio 4 horas de 1pm a 5pm, para realizar el trabajo del transporte de concreto en balde para losa. Según lo indicado en el capítulo 3.11.2 se mencionó que para vaciar la losa en cada uno de los sectores S1, S2, S3 y S4, transportado por grúa torre con balde para 0.5 m³ de concreto, se necesitaría de un tiempo aproximado de: 3h 48min, 5h 45min, 5h 51min y 3h 3min respectivamente. Las cantidades de tiempo que se necesita para vaciar losa con un balde de 0.5 m³ en el sector 2 y sector 3 es relativamente excesivo ya que necesita más de 4 horas para realizar el vaciado, tiempo necesario para no tener horas extras de trabajo.

Para disminuir los tiempos empleados en el transporte de concreto con balde, que emplea la grúa torre en losa de los sectores 2 y 3, debemos emplear un balde de mayor capacidad, siendo el inmediatamente superior comercial el de

0.80 m³ de capacidad para concreto, para que esto sea posible debemos usar la grúa torre a menor alcance, transportando un peso de balde de 175 kg, ver Gráfico N°2.8, y un peso de concreto de 1920 kg para 0.80 m³, sumando estos valores tenemos un peso total máximo de 2095 kg = 2.095 tn, por lo que se podría utilizar el mismo modelo de grúa torre MCI 85 B a una distancia máxima de 35m de pluma el cual soportaría una carga máxima en punta de 2.2 tn, características que se definirían para la grúa torre N°2, el cual por la distancia del alcance de pluma sólo podría atender las unidades de producción S1, S2 y S3, quedando a realizar, trabajos de la unidad de producción S4, por la grúa torre N°1.

3.12.1 Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa, en cada una de las tres unidades de producción, usando la grúa torre N°2

A continuación calcularemos el tiempo para un ciclo, que se invertiría al transportar concreto con la grúa torre N°2, con un balde de 0.8 m³ de capacidad, para las losas del sector 1, sector 2 y sector 3, similar a lo realizado en el Ítem A del capítulo 3.11.1.

PARA EL SECTOR 1: Se tomará la muestra en el nivel 7, losa del piso 6.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga será en el centro geométrico del área del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4 m
Giro promedio de la grúa torre	42°
Desplazamiento promedio del carro	1.5 m
Descenso vertical del balde	6.6 m

En la tabla N°3.34 se muestra el cálculo de los tiempos necesarios para el recorrido de ida y de vuelta del balde de 0.8 m³ de capacidad, al llevar concreto descargados desde el mixer, vaciarlos en el centro geométrico del sector 1 y regresar hasta el punto de inicio. Se obtiene como tiempo del ciclo del transporte de concreto, en balde de 0.8 m³ transportado por grúa torre, en 2 minutos y 9 segundos.

Tabla N°3.34 Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa con balde de 0.8 m³ transportado con grúa torre para el sector 1.

	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	$(0.8 \text{ m}^3) \times (21 \text{ seg} / 0.5 \text{ m}^3)$	33.6
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4 \text{ m}) / (0.85 \text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	42°	$(42^\circ / 360^\circ) / (0.87 / 60 \text{ s})$	8.0
	desplazamiento del carro de la grúa	1.5 m	$1.5 \text{ m} / (43 \text{ m} / 60 \text{ s})$	2.1
	descenso vertical del balde	6.6m	$6.6 \text{ m} / (0.85 \text{ m/s})$	7.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	$(0.8 \text{ m}^3) \times (6 \text{ seg} / 0.5 \text{ m}^3)$	9.6
	ascenso vertical del balde vacío	6.6m	$6.6 \text{ m} / (1 \text{ m/s})$	6.6
	giro promedio de la grúa	42°	$(42^\circ / 360^\circ) / (0.87 / 60 \text{ s})$	8.0
	desplazamiento del carro de la grúa	1.5 m	$1.5 \text{ m} / (43 \text{ m} / 60 \text{ s})$	2.1
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4 \text{ m}) / (1 \text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S1 PARA EL VACIADO DE LOSA =				128.8
				2 min 9 s

PARA EL SECTOR 2: Se tomará la muestra en el nivel 7, losa del piso 6.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga será en el centro geométrico del área del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	100°
Desplazamiento promedio del carro	8 m
Descenso vertical del balde	6.6m

En la tabla N°3.35, se muestra el cálculo de los tiempos necesarios para el recorrido de ida y de vuelta del balde de 0.8 m³ de capacidad, al llevar concreto descargados desde el mixer, vaciarlos en el centro geométrico del sector 2 y regresar hasta el punto de inicio. Se obtiene como tiempo del ciclo, del transporte de concreto en balde de 0.8 m³ transportado por grúa torre, en 2 minutos y 49 segundos.

Tabla N°3.35. Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa con balde de 0.8 m³ transportado con grúa torre para el sector 2.

	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	$(0.8 \text{ m}^3) \times (21 \text{ seg} / 0.5 \text{ m}^3)$	33.6
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4 \text{ m}) / (0.85 \text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	$(100^\circ / 360^\circ) / (0.87 / 60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	8 m	$8 \text{ m} / (43 \text{ m} / 60 \text{ s})$	11.2
	descenso vertical del balde	6.6m	$6.6 \text{ m} / (0.85 \text{ m/s})$	7.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	$(0.8 \text{ m}^3) \times (6 \text{ seg} / 0.5 \text{ m}^3)$	9.6
	ascenso vertical del balde vacío	6.6m	$6.6 \text{ m} / (1 \text{ m/s})$	6.6
	giro promedio de la grúa	100°	$(100^\circ / 360^\circ) / (0.87 / 60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	8m	$8 \text{ m} / (43 \text{ m} / 60 \text{ s})$	11.2
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4 \text{ m}) / (1 \text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S2 PARA EL VACIADO DE LOSA =				169
				2 min 49 s

PARA EL SECTOR 3: Se tomará la muestra en el nivel 7, losa del piso 6.

La distancia a considerar como punto promedio de descarga será en el centro geométrico del área del sector, por lo tanto se tendrá:

Distancia vertical de ascenso	23.4m
Giro promedio de la grúa torre	100°
Desplazamiento promedio del carro	15m
Descenso vertical del balde	6.6

En la tabla N°3.36, se muestra el cálculo de los tiempos necesarios para el recorrido de ida y de vuelta del balde de 0.8 m³ de capacidad al llevar concreto, descargados desde el mixer, vaciarlos en el centro geométrico del sector 3 y regresar hasta el punto de inicio. Se obtiene como tiempo del ciclo del transporte de concreto, en balde de 0.8 m³ transportado por grúa torre, en 3 minutos y 9 segundos.

Tabla N°3.36 Cálculo del ciclo de vaciado de concreto en losa con balde de 0.8 m³ transportado con grúa torre para el sector 3.

	Descripción	distancia	cálculo	tiempo(seg)
recorrido IDA	llenado de concreto en balde	-----	$(0.8 \text{ m}^3) \times (21 \text{ seg} / 0.5 \text{ m}^3)$	33.6
	ascenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4 \text{ m}) / (0.85 \text{ m/s})$	27.5
	giro promedio de la grúa	100°	$(100^\circ / 360^\circ) / (0.87 / 60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	15m	$15 \text{ m} / (43 \text{ m} / 60 \text{ s})$	20.9
	descenso vertical del balde	6.6m	$6.6 \text{ m} / (0.85 \text{ m/s})$	7.8
recorrido REGRESO	vaciado de concreto del balde	-----	$(0.8 \text{ m}^3) \times (6 \text{ seg} / 0.5 \text{ m}^3)$	9.6
	ascenso vertical del balde vacío	6.6m	$6.6 \text{ m} / (1 \text{ m/s})$	6.6
	giro promedio de la grúa	100°	$(100^\circ / 360^\circ) / (0.87 / 60 \text{ s})$	19.2
	desplazamiento del carro de la grúa	15m	$15 \text{ m} / (43 \text{ m} / 60 \text{ s})$	20.9
	descenso vertical del balde	23.4 m	$(23.4 \text{ m}) / (1 \text{ m/s})$	23.4
TIEMPO DEL CICLO DE RECORRIDO DEL BALDE EN EL S3 PARA EL VACIADO DE LOSA =				189
				3 min 9 s

3.12.2 Tiempo utilizado para el vaciado de concreto en losa, en cada una de las tres unidades de producción, usando la grúa torre N°2

Una vez calculado el tiempo del ciclo de transporte del balde con capacidad para 0.8 m³, realizado por la grúa torre N°2, se calculará los tiempos que se invierten para realizar el vaciado de concreto en toda la losa, en cada una de las unidades de producción en donde podría trabajar la grúa torre N°2, que son las unidades de producción S1, S2 y S3.

Se muestra en las tabla N°3.37, tabla N°3.38 y tabla N°3.39 los tiempos que se invierten en realizar el vaciado de concreto en las tres unidades de producción, usando una la grúa torre N°2 con el balde metálico de 0.8 m³ de capacidad.

Tabla N°3.37 Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 1 usando grúa torre con balde de 0.8 m³.

UNIDAD DE PRODUCCION 1 (S-1) - LOSA				
S1	Volumen de concreto : 34 m³	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	4	u
	cantidad de viajes realizados con balde	34 m ³ / 0.8 m ³	43	u
	tiempo por cambios (15min/cambio)	15 min x 4 cambios	60	min
	tiempo por el transporte de concreto con balde	43 viajes x (2min 9 s)	92	min
	TIEMPO TOTAL PARA EL VACIADO DE CONCRETO	-----	152	2h 32 min

Tabla N°3.38 Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 2 usando grúa torre con balde de 0.8 m³.

S2	Volumen de concreto : 50 m³	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	6	u
	cantidad de viajes realizados con balde	50 m ³ / 0.8 m ³	63	u
	tiempo total por cambios (15min/cambio)	15 min x 6 cambios	90	min
	tiempo total por el transporte de concreto con balde	63 viajes x (2min 49 s)	178	min
	TIEMPO TOTAL PARA EL VACIADO DE CONCRETO	-----	268	4h 28 min

Tabla N°3.39 Cálculo del tiempo estimado para el vaciado de concreto en losa del sector 3 usando grúa torre con balde de 0.8 m³.

UNIDAD DE PRODUCCION 3 (S-3) - LOSA				
S3	Volumen de concreto : 48 m³	cálculo	cantidad	Und
	número de cambios de mixers	-----	5	u
	cantidad de viajes realizados con balde	48 m ³ / 0.8 m ³	60	u
	tiempo total por cambios (15min/cambio)	15 min x 5 cambios	75	min
	tiempo total por el transporte de concreto con balde	60 viajes x (3min 9 s)	189	min
	TIEMPO TOTAL CONSUMIDOS	-----	264	4h 24 min

Fuente: Elaboración Propia.

Como ya se indicó, en la unidad de **producción 4 (sector 4)** se usaría la grúa torre N°1, con capacidad de balde de 0.5 m³ de concreto premezclado, el cual necesitaría 3h 3 min de tiempo para vaciar 22 m³ de concreto premezclado, para la losa del sector 4.

De los tiempos invertidos para el transporte y vaciado de concreto premezclado, en cada una de las unidades de producción, vemos que al usar la Grúa torre N°2, con capacidad de balde de 0.8 m³, para vaciar concreto a las losas de los sectores 1, 2 y 3 necesitaremos 2h 32 min, 4h 28 min y 4h 24 min de tiempo

respectivamente, el cual nos permitiría realizar los trabajos de transporte y vaciado de concreto con Grúa Torre, dentro del horario normal de trabajo por la tarde, hasta las 5pm.

El vaciado de concreto del sector 4 se realizaría con la grúa torre N°1, debido a que la Grúa torre N°2 no llegaría al sector 4, dado que tendría un alcance máximo de 35m. Entonces el vaciado de concreto en losa de las unidades de producción 1, 2 y 3 se realizaría con la Grúa torre N°2, de 35 m de alcance de pluma y carga máxima en punta de 2.2 tn, el cual permitiría cargar un balde metálico con 0.8 m³ de concreto premezclado.

Respetar el horario normal de trabajo, por la mejor distribución de tiempo en el transporte de materiales y concreto premezclado, realizada por las dos Grúas torres (Grúa Torre N°1 y Grúa Torre N°2), conllevaría eliminar las horas extras del uso de grúas torres, posterior de las 5pm en los días de semana y posterior a la 1pm los días sábados, lo que conllevaría eliminar las horas extras del personal, que está en las partidas con dependencia del uso de la grúa torre, como lo son: la instalación de viguetas, bovedillas y vaciado de concreto en losa y el vaciado de concreto en placas.

3.12.3 Alternativa de ubicación de las grúas torre N°1 y grúa torre N°2.

En el Gráfico N°3.2, se muestra una alternativa de solución de las posiciones que deberían estar ubicadas las dos grúas torres MCI 85 B indicadas como GRÚA TORRE N°1 y GRÚA TORRE N°2. Las posiciones de las grúas torres mostradas fueron ubicadas teniendo en cuentas la mínima separación de las grúas torre, que es la distancia de contra pluma más 3 metros de seguridad y la diferencia de altura entre torre que deberá ser de al menos 7.7 m, distancia mínima libre que permita a la grúa de mayor altura poder realizar el transporte de materiales, esta distancia no considera el transporte de pre armados como el encofrado y menos las columnas de acero pre armado, cuya distancia vertical libre de entre grúas es de al menos 12 m, estas dos limitantes son los mínimos requerimientos para evitar el choque de grúas torre entre uno y otro. En la disposición mostrada de grúas torre en el Gráfico N°3.2, se puede apreciar la distancia más alejada de la grúa torre N°2 en la losa del sector 3, el cual llega a un alcance de pluma de 35 m, siendo la zona más alejada del sector 3 de 35.4 m; la zona no cubierta que esta fuera del área de giro de la grúa torre N°2 se

muestra de color cyan, área que en total representa 25 m² de losa del sector 3; del área no cubierta por la grúa torre se puede mencionar que por medida de seguridad del personal, a pesar que todo el perímetro en voladizo de la losa está cercada con barandas, no se realiza ninguna maniobra de descenso de materiales con grúa torre o acción temeraria en los límites de losa por lo que se dejará 1 metro libre a todo el perímetro en voladizo a las acciones ya mencionada; por lo descrito, de los 25 m² de área de losa no cubierta por la grúa torre N°2 en el sector 3, descontando el ancho de 1 m a los límites de losa, ya que en esta zona se realizar el vaciado de concreto de manera manual, esparcido con lampa, se muestra de color azul el área real que no cubriría la grúa torre N°2 para el vaciado de concreto con balde metálico siendo 7 m², el cual no es un área considerable, por lo que lo puede realizar el personal obrero encargado de esparcir la mezcla de concreto, de la cuadrilla de vaciado de concreto. Por lo tanto los sectores que cubriría la Grúa torre N°2 sería los sectores 1, sector 2 y sector 3, con lo cual se cubriría los sectores que demanda la mayor cantidad de tiempo de vaciado de concreto. El sector 4 no se podría vaciar con la grúa torre N°2 ya que tendría un alcance máximo de pluma de 35m y 2.2 tn de carga en punta; por lo que el vaciado de concreto tanto para elementos verticales y horizontales del sector 4 se realizaría con la grúa torre N°1, de 50 m de alcance de pluma y carga en punta de 1.3 tn, el cual permite cargar un balde con capacidad para 0.5 m³ de concreto.

En el anexo N°14 podemos mostrar con mayor ampliación, lo esquematizado en el Gráfico N°3.2, en el cual se puede mostrar las ubicaciones en planta de la grúa torre N°1 y grúa torre N°2, así como los alcances de pluma de cada uno de ellos y el entorno de casas vecinas colindantes y manzanas aledañas, afín de mostrar el número de pisos de los predios. En el anexo N° 15 se muestra la elevación inicial de la grúa torre N°1 y grúa torre N°2 con altura inicial de 34.5 m y 25.5 m respectivamente con respecto al fondo de cimentación y zapata de las grúas torre así como las alturas de grúas torre con respecto al nivel cero de la edificación, el cual es el nivel de la vereda de la calle, siendo de 25.5m de altura para la grúa torre torre N°1 y 16.5 m de altura para la grúa torre N°2, esta altura de la grúa torre N°2 permite sobrepasar que están dentro del área de giro de pluma de 35 m, teniendo como altura máxima a casas de cuatro pisos de 12 m de altura máxima, sobrepasando los cables eléctricos aéreos y postes de alumbrado público. Para el caso de la altura inicial de 25.5 m de altura para la

grúa torre N°1, con respecto a la vereda se tiene, dentro de su área de giro de pluma de 50 m, una edificación de 9 pisos, representando 27 m de altura, por lo que tendrá una restricción de giro hacia dicha zona de edificación. En el anexo N°14, se muestra las restricciones recomendadas por seguridad para cada una de las grúas torre, siendo para la grúa torre N°1 giro por la derecha hasta en 202° y por la izquierda hasta un giro de 83°, en el caso de la grúa torre N°2 giro por la derecha hasta en 83° y por la izquierda hasta en 180°. La zona de descarga de materiales en el exterior, proveniente de camiones y/o concreto premezclado de los mixers, se realizaría por el lado derecho, en el caso para la grúa torre N°2 y por el lado izquierdo, en el caso de la grúa torre N°1; En la parte superior del anexo N°15 se muestra los materiales de construcción a transportar por las grúas torre como lo son: el transporte de acero, transporte de ladrillo bovedilla en jaulas, transporte de concreto en cubo metálico, transporte de viguetas prefabricadas y transporte de encofrado, para este último se utilizaría encofrado habilitado, sólo para algunos casos en el sector 3, cuando la modulación de las placas en zona de ascensores permite realizar el transporte completo del encofrado al realizar el encofrado de la placa 15, placa 12 o placa 13 del sector 3.

En el gráfico inferior del anexo N°15, se muestra la altura de grúas torre una vez realizado el primer telescopaje, elevación de grúas torre con tres castillos metálicos de 3 m cada uno, a cada una de las dos grúas torre; en la tabla N°3.40, se muestra las alturas de las dos grúas torres una vez realizados cada uno de los cinco telescopajes que se realizarían.

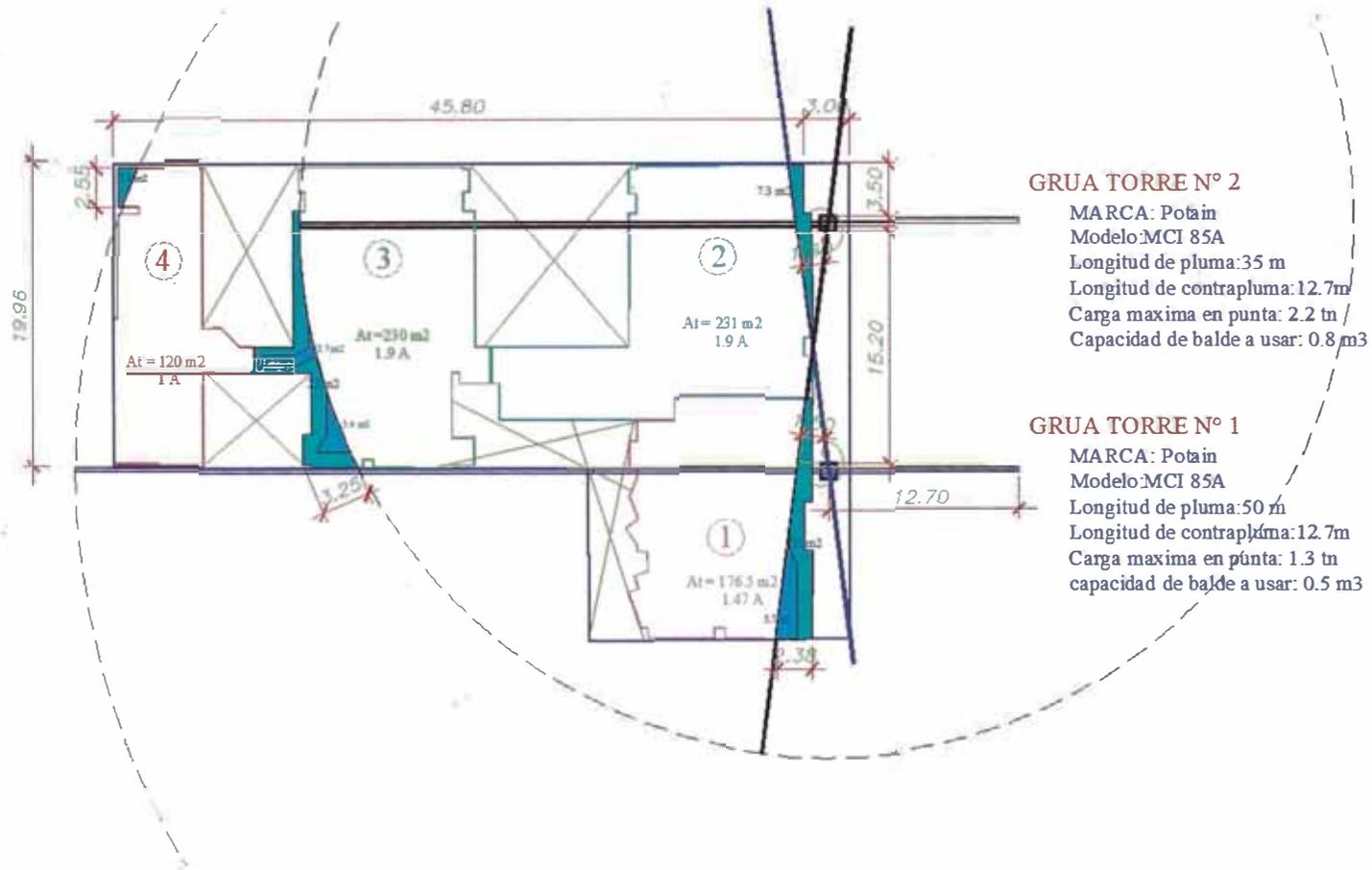
Tabla N°3.40 Alturas de grúa torre N°1 y grúa torre N°2.

	Elevación		grúa torre N°1		grúa torre N°2	
			h (m)	H (m)	h (m)	H (m)
Altura inicial	-	Altura N°1	Nivel +25.5 m	34.5 m	Nivel +16.5 m	25.5 m
1° telescopaje	9 m	Altura N°2	Nivel +34.5 m	43.5 m	Nivel +25.5 m	34.5 m
2° telescopaje	9 m	Altura N°3	Nivel +43.5 m	52.5 m	Nivel +34.5 m	43.5 m
3° telescopaje	9 m	Altura N°4	Nivel +52.5 m	61.5 m	Nivel +43.5 m	52.5 m
4° telescopaje	9 m	Altura N°5	Nivel +61.5 m	70.5 m	Nivel +52.5 m	61.5 m
5° telescopaje	9 m	Altura N°6	Nivel +70.5 m	79.5 m	Nivel +61.5 m	70.5 m

h: altura de grúa torre respecto al nivel cero N+0.00 m, nivel de vereda.

H: altura de grúa torre respecto al inicio de cimentación de la grúa torre.

Gráfico N°3.2. Alternativa de ubicación para el uso de dos grúas torres y áreas no cubiertas por las grúas.



En el Anexo N°16 se muestra la elevación final de grúas torre al realizar el quinto telescopaje, así como el esquema de la edificación al culminar de realizar el último piso y el cuarto de ascensores de la superestructura de la edificación.

3.12.4 Costo de mano de obra y el uso de dos grúas torre para el periodo muestral de 30 días laborables

En el anexo N°11 se muestra el cálculo del costo de la mano de obra y uso de dos grúas torre modelo MCI 85 B uno con alcance para 50 m y carga en punta de 1.3 tn. y otro con alcance de 35 m y carga en punta de 2.2 tn. por un periodo de 30 días laborables; se obtiene un costo de S/. 280,587.61 Nuevos soles.

3.13 RESUMEN DE LOS COSTO COMPARATIVOS ANALIZADOS PARA EL PERIODO MUESTRAL Y PARA TODAS LAS PARTIDAS DEL PRESUPUESTO DE LA SUPERESTRUCTURA

Al realizar las comparaciones del costos real del periodo muestral, indicado en la tabla N°3.5, en el cual se usa el alquiler de una grúa torre modelo MCI 85 B y bomba concretera, se tiene una inversión de S/. 267,379.29 Nuevos soles y el costo de obra al usar dos grúas torres modelo MCI 85 B indicado en el Anexo N° 11 en S/. 280,587.61 Nuevos Soles, los dos casos por un tiempo de 30 días laborables; podemos indicar que existe un costo similar de inversión, siendo en el caso del uso de dos grúas torres, en el anexo N°11, mayor en costo en S/ 13,208.32 Nuevos Soles, que el costo de la tabla N°3.5, que usa una sola grúa torre y bomba concretera. Similar a lo realizado en el Anexo N°11, se ha realizado el anexo N°12, calculando el costo de la mano de obra y las dos grúas torre, por un periodo de seis meses calendarios, teniendo un costo de inversión de S/. 1'402,938.06 Nuevos Soles, el cual equivale a 150 días laborables. Así mismo se ha calculado en el anexo N°12, el costo de 13 días laborables de uso de mano de obra y uso de las dos grúas torre, para el transporte de otros materiales, como el transporte de ladrillo para tabiquería, arena fina para tarrajeo y otros productos de acabados de volumen y peso que se requiera distribuir en cada uno de los pisos, a fin de minimizar el transporte vertical de materiales; todo lo mencionado es una vez culminado de realizar el vaciado de concreto en

losa del último techo; en el anexo N°12 se considera el tiempo efectivo, del uso de mano de obra y equipos de grúas torre, para el vaciado de concreto y transporte de materiales en la superestructura de la edificación, en 137 días laborables, equivalente a 5.5 meses, para lo cual se tiene un costo de S/. 1'281,350.09 Nuevos Soles.

Al realizar la comparación de los costos del anexo N°12, en S/. 1'281,350.09 Nuevos Soles y el costo del anexo N°8, en S/. 1'299,278.89 Nuevos Soles; podemos ver que el valor del anexo N°12 planificado con dos grúas torre MCI 85 B es menor en costo en S/. 17,928.80 Nuevos Soles con respecto al valor del presupuesto contractual del anexo N°8, por lo que quiere decir que sí es factible, en el aspecto económico, el uso de dos grúas torres para el proyecto "Palma Real", ya que el costo está dentro del presupuesto contractual.

En la tabla N°3.41 se muestra un resumen de los costos analizados de la mano de obra, uso de grúa torre y bomba concretora para el periodo muestral y para todas las partidas de la superestructura. Del cuadro podemos mencionar que el análisis realizado tanto en el caso del periodo muestral como en todas las partidas del presupuesto al usar dos grúas torre, es menor que el costo contractual y por lo tanto es factible en el aspecto económico el uso de dos grúas torre en el proyecto. Si bien se ha presentado un ahorro referencial en una curva costo-tiempo de los costos contractuales, costos planificados y costos ejecutados, siendo para el periodo muestral los costos ejecutados menor S/ 13,208.32 que el costo planificado para el uso de dos grúas torre y los costos planificados menor en S/ 21,681.95 que el costo contractual, al analizar los costos finales de todas las partidas de la superestructura se obtiene que los costos planificados para el uso de dos grúas torre es menor en S/ 17,928.80 que el costo contractual y se debería tender un costo final ejecutado con el uso de una grúa torre y bomba concretora al valor del costo planificado con el uso de dos grúas torre que es S/ 1,281,350.09.

Tabla N°3.41 Costos comparativos analizados de la mano de obra, equipos grúa torre y bomba concretera para el periodo muestral y para todas las partidas de la superestructura.

	A	B	C		
	COSTOS CONTRACTUALES MANO DE OBRA GRUA TORRE MCI 85 B BOMBA CONCRETERA	COSTO REAL EJECUTADO MANO DE OBRA GRUA TORRE MCI 85 B BOMBA CONCRETERA	COSTO PLANIFICADO MANO DE OBRA GRUA TORRE MCI 85 B GRUA TORRE MCI 85 B	DIFERENCIA A-C	DIFERENCIA C-B
TIEMPO DEL PERIODO MUESTRAL	30 días laborables	30 días laborables	30 días laborables		
COSTO DEL PERIODO MUESTRAL ANALISADO (30 días laborados)	S/. 302,269.56	S/. 267,379.29	S/. 280,587.61	S/. 21,681.95	S/. 13,208.32
TIEMPO DE UN MES	25 días laborables	25 días laborables	25 días laborables		
COSTO DEL PERIODO MUESTRAL ANALISADO (30 días laborados)	S/. 251,891.30	S/. 222,816.08	S/. 233,823.01	S/. 18,068.29	S/. 11,006.93
TIEMPO DE EJECUCIÓN DE USO DE GRUA TORRE	6 MESES	5.5 MESES	5.5 MESES	0.5 MESES	
COSTO DE PRESUPUESTO	S/. 1,299,278.89		S/. 1,281,350.09	S/. 17,928.80	

Así mismo se quiere mostrar en resumen, los análisis realizados al proyecto "Palma Real". Los siguientes rendimientos y costos a la ejecución de vaciado de concreto premezclado ya sea con bomba concretera o con grúa torre se indica en la Tabla N°3.42; en la tabla podemos mencionar que el mejor rendimiento encontrado para el vaciado de concreto para losa es sin duda el uso de bomba concretera, seguidamente el uso de grúa torre MCI 85 B con 35 m de alcance y con balde de 0.8 m³ con un rendimiento de 11.7 m³/h. Si bien la bomba concretera es el de mejor rendimiento para el vaciado de concreto en elementos horizontales su uso se limita exclusivamente al vaciado de concreto, caso distinto al de la grúa torre, el cual permite realizar el transporte de cualquier tipo de material de construcción incluido el transporte de concreto con balde. Cabe mencionar que el tiempo promedio normal del uso de la grúa torre para el vaciado de concreto es de entre 4 a 5 horas máximo por día, dado que el resto de tiempo se realiza el transporte de materiales para otros frentes de trabajo. Así mismo se muestran en la Tabla N°3.42 datos comparativos de costos por el uso de grúa torre o bomba concretera considerando su máximo rendimiento diario así como el costo de la cuadrilla necesaria para el vaciado de concreto por día.

Tabla N°3.42 Comparativo en el rendimiento y costos entre la grúa torreN°1, grúa torre N°2 y bomba concretera.

	GRUA TORRE N°1		GRUA TORRE N°2		BOMBA CONCRETERA (para vaciados hasta 50 m de alcance horizontal)
	GRUA TORRE MCI 85 B 35 m de alcance y balde de 0.8 m ³		GRUA TORRE MCI 85 B 50 m de alcance y balde de 0.50 m ³		
LOSA (elementos estructurales horizontales)	11.7 m ³ /h		8.8 m ³ /h		12.4 m ³ /h
PLACAS (Elementos estructurales verticales)			8.77 m ³ /h		7.8 m ³ /h
Tiempo de vaciado de concreto para el sector 2 de mayor área y con el mayor volumen de concreto promedio en losa con 50 m ³	4.3 h		5.7 h		4.0 h
exclusividad del uso del equipo	uso para transportar todo tipo de materiales		uso para transportar todo tipo de materiales		Exclusivo sólo para bombeado de concreto
Cantidad de personal promedio requerido para realizar el vaciado de concreto en losa según el equipo usado	C= 2 op + 1 pe		C= 2 op + 1 pe		C= 5 op + 2 pe
	1 op. manejo de balde 1 pe. esparcido y vibrado 1 op. Nivelado y alisado		1 op. manejo de balde 1 pe. esparcido y vibrado 1 op. Nivelado y alisado		2 pe. traslado manguera 1 op. Esparcido y pto topográfico 1 op. Vibrado de concreto 3 op. Nivelado y alisado
FORMA DE ALQUILER	Por tiempo usado (mes), mínimo 4 meses de alquiler		Por tiempo usado (mes), mínimo 4 meses de alquiler		Por cantidad de volumen de concreto bombeado, mínimo 25 m ³ / día
Rendimiento promedio del equipo para el vaciado de concreto en losa con uso de 8 h/ día	94 m ³		70 m ³		99 m ³
Costo de alquiler de equipo por un día (8h = 1 día)	S/. 276.68		S/. 276.68		S/. 2,970.00
Costo de alquiler de equipo por hora	S/. 2,213.46		S/. 2,213.46		S/. 360.00
Comparativo de costos para el vaciado de concreto premezclado (S/. Por cada m ³)	S/. 2.94		S/. 28.64		S/. 30.00
Campo de acción del equipo a usar	LOSA DEL SECTOR 1 LOSA DEL SECTOR 2 LOSA DEL SECTOR 3		PLACAS DEL SECTOR 1 PLACAS DEL SECTOR 2 PLACAS DEL SECTOR 3 PLACAS DE SECTOR 4		LOSA DEL SECTOR 1 LOSA DEL SECTOR 2 LOSA DEL SECTOR 3 LOSA DEL SECTOR 4
Tiempo de arrendamiento del equipo	6 meses (25 días, 200 horas/mes) sin horas extras		6 meses (25 días, 200 horas/mes)		2833 m ³ de concreto para elementos horizontales
Costo de inversión aproximado por el uso de equipo para todo el proyecto	sin horas extras	S/. 309,884.2	sin horas extras	S/. 309,884.2	S/. 84,990.00 Costo del vaciado de concreto para elementos horizontales
	con 2 horas extras	S/. 408,449.8	con 2 horas extras	S/. 408,449.8	
Costo de inversión de la cuadrilla de vaciado por día (8h)	S/. 379.9		S/. 379.9		S/. 897.4
Costo de inversión de la cuadrilla de vaciado por hora	S/. 47.5		S/. 47.5		S/. 112.2
Costo de inversión de la cuadrilla de vaciado por el tiempo de vaciado	S/. 209.0		S/. 275.4		S/. 448.7

3.14 PLANEAMIENTO Y PROGRAMACIÓN PARA EL USO DE DOS GRÚA TORRE MCI 85 B PARA EL PROYECTO “PALMA REAL” O PROYECTO CON LAS CONDICIONES SIMILARES

En el siguiente capítulo se realizará el planeamiento y programación del uso de dos grúas torres para el proceso de construcción de la superestructura del proyecto “Palma Real”.

3.14.1 Planeamiento para el uso de dos grúas torre Potain modelo MCI 85 B empotrada, como alternativa de uso en el proyecto “Palma Real”.

En el capítulo 3.12 se ha ido mencionando la conformación de los trabajos que realizaría las dos grúas torre Potain modelo MCI 85 B empotrada y que ahora lo mencionamos en la tabla N°3.43, en la cual se muestra las cargas de trabajo que en general deberán realizar las grúas torre indicadas durante el día, cuando se esté ejecutado los trabajos en los sectores 1, 2 y sector 3. Los trabajos en el sector 4 será realizado por la grúa torre N°1 por tener el alcance necesario de pluma y en donde la grúa torre N°2 realizará los trabajos del sector en donde le toque ejecutar trabajo, ver la programación de obra semanal a realizar.

Tabla N°3.43 Conformación de trabajo general en los dos turnos de la grúa torre N°1 y grúa torre N°2.

TURNO	HORARIO	GRUA TORRE N°1	GRUA TORRE N°2
		GRUA TORRE MCI 85 B 50 m de alcance, 1.3 tn de carga en punta y balde de 0.50 m ³	GRUA TORRE MCI 85 B 35 m de alcance, 2.2 tn de carga en punta y balde de 0.8 m ³
MAÑANA	07:30 am a 12:00 m	TRANSPORTE DE MATERIALES (ACERO, BOVEDILLA, VIGUETAS, ENCOFRADOS)	TRANSPORTE DE MATERIALES (ACERO, BOVEDILLA, VIGUETAS, ENCOFRADOS)
TARDE	01:00 pm a 5:00 pm	TRANSPORTE DE CONCRETO PARA ELEMENTOS VERTICALES	TRANSPORTE DE CONCRETO PARA ELEMENTOS HORIZONTALES

3.14.2 Programación para el uso de dos grúas torre Potain modelo MCI 85 B empotradas, usando un tren de actividades, como alternativa para el proyecto “Palma Real”

En el capítulo 2.2 se mencionó que se sectorizó el proyecto en cuatro unidades de producción. Para realizar una producción en cadena se debería ejecutar cada unidad de producción en cuatro días, por haber definido cuatro unidades de producción. La programación a realizar se considera libre de restricciones, en el

cual se considera tener en obra los materiales necesarios y en el momento oportuno en el día en que se necesite, afín de no interferir en la programación; la cuadrilla necesaria definida por el volumen de trabajo de cada sector y sin tener problema de stock de personal en obra. En la tabla N°3.44, se muestra el tren de actividades a usar para la programación de trabajos, para las dos grúas torre MCI 85 B empotrada; la secuencia de uso consecutivo de grúas torre se dará a partir del primer día en que se presente trabajos en las cuatro unidades de producción; en la tabla N°3.44 se muestra que en el DIA 4 se debería iniciar los trabajos en las cuatro unidades de producción, día en el cual se debe de culminar de realizar el vaciado de concreto en losa del sector 1. Como las unidades de producción están definidas en cuatro unidades, entonces se espera que sean cuatro días los necesarios para culminar el ciclo de trabajo en las cuatro unidades de producción. En la tabla N°3.44 se muestra el ciclo de trabajo en las cuatro unidades de producción desde el Día 4 al Día 8, el Día 9 se iniciaría nuevamente el ciclo de trabajo de cuatro días, pero en un piso superior. Se mostrará la programación del ciclo de trabajo de las dos grúas torres desde el Día 4 hasta el Día 8 afín de realizar la distribución de cargas de trabajo que realizaría cada una de las grúas torres, el cual lo mostramos en el Anexo N°13.

Tabla N°3.44. Tren de actividades a usar para la programación de trabajo de dos grúas torre.

DIA	S-1	S-2	S-3	S-4	S-1	S-2	S-3	S-4	S-1
DIA 1									
DIA 2									
DIA 3									
DIA 4	4-S1	4-S2	4-S3	4-S4					
DIA 5		5-S2	5-S3	5-S4	5-S1				
DIA 6			6-S3	6-S4	6-S1	6-S2			
DIA 7				7-S4	7-S1	7-S2	7-S3		
DIA 8					8-S1	8-S2	8-S3	8-S4	
DIA 9						9-S2	9-S3	9-S4	
DIA 10									

A partir del análisis realizado, en el proceso de realización de la programación del ciclo de trabajo de las dos grúas torres mostrado en el Anexo N°13, se definió las zonas de trabajo a ejecutar, para cada una de las dos grúas torre: Grúa torre N°1 y Grúa Torre N°2, el cual se muestra en la Tabla N°3.45.

Tabla N°3.45. Conformación de trabajo de la grúa torre N°1 y grúa torre N°2.

TRANSPORTE	DESCRIPCION	GRUA TORRE N°1	GRUA TORRE N°2
		Grúa torre Potain Modelo MCI 85 B, con 50 m de pluma, 1.3 tn carga en punta y balde de 0.5 m ³	Grúa torre Potain Modelo MCI 85 B, con 35 m de pluma, 2.2 tn carga en punta y balde de 0.8 m ³
ACERO, BOVEDILLA, VIGUETAS, ENCOFRADO	SECTORES EN GENERAL A EJECUTAR	SECTOR 1 Y SECTOR 4	SECTOR 2 Y SECTOR 3
	SECTORES ADICIONALES A EJECUTAR EN CASO ESPECIAL (cuando la grúa torre N°1 este ejecutando el sector 4)	SECTOR 4	SECTOR 1, SECTOR 2 y SECTOR 3
CONCRETO ELEMENTOS VERTICALES	SECTORES EN GENERAL A EJECUTAR	SECTOR 1, SECTOR 2, SECTOR 3 y SECTOR 4	SECTOR 3 (Cuando la grúa torre N°1 esté ejecutando la losa del sector 4)
CONCRETO ELEMENTOS HORIZONTALES		SECTOR 4	SECTOR 1, SECTOR 2 y SECTOR 3

CAPÍTULO IV: CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

El análisis de la productividad de los procesos constructivos en la construcción del edificio "Palma Real", en su fase de Superestructura y estabilidad de la producción, a través del análisis de un periodo muestral de 30 días laborables con el uso de una grúa torre Potain modelo MCI 85 B empotrada con 50 m de alcance de pluma y carga en punta de 1.3 tn para un balde de 0.5 m³ y una bomba concretera, ha permitido concluir:

- El uso de la grúa torre MCI 85 B empotrada y bomba concretera, ha permitido un ahorro económico para el proyecto, en el lapso de tiempo del periodo muestral, de treinta y cuatro mil nuevos soles aproximadamente. El costos ahorrado se debe a los comparativos realizados entre el costo de ejecución comparado con el costo del presupuesto contractual, el cual indica vaciado de concreto exclusivamente con bomba concretera. Todo lo indicado fue posible, con las medidas de seguridad adoptadas en el manejo y uso de grúa torre, bomba concretera por el personal calificado y el control de trabajosidad al personal obrero de cada una de las cuadrillas involucradas.
- El análisis de productividad, realizada a la mano de obra del personal en las partidas involucradas con el uso de grúa torre, permitió realizar un análisis de verificación y comparación entre los índices de trabajosidad ejecutados con los índices de trabajosidad contractuales y poder decir las siguientes conclusiones: El índice promedio de trabajosidad del personal obrero, en la instalación de encofrado de elementos verticales, fue de 0.75 hh/m² comparado con los 0.93 hh/m² contractuales; el traslado de encofrado ha sido oportunamente atendido por la grúa torre y permitió la apertura de nuevos frentes de trabajo para el personal obrero. Los índices promedios de trabajosidad ejecutados por el personal obrero en la instalación de encofrado horizontal, instalación de viguetas e instalación de ladrillo han sido 1.17 hh/m², 0.27 hh/m² y 0.42 hh/m² respectivamente, los valores tendieron a igualar a los valores contractuales de 1.18 hh/m², 0.26 hh/m² y 0.43 hh/m² respectivamente; en algunos casos en estas tres partidas se han presentado tiempos de espera del personal para la

recepción de los materiales ya sea de encofrado, viguetas o ladrillo, ya sea porque la grúa torre está culminando de realizar el transporte de materiales de otra partida (encofrado, vigueta o ladrillo de techo), el transporte del acero habilitado que llega a obra o se necesita transportar el acero de una unidad de producción a otra unidad; estos sucesos se han presentado en algunos casos, debido a que todo el transporte de materiales se realiza por la mañana, ya que por la tarde la grúa torre realiza el transporte de concreto en balde metálico de 0.5 m³ de capacidad, para los elementos estructurales verticales. En la partida vaciado de concreto de elementos verticales se tiene un índice de 1.6 hh/m³ contractuales el cual fue considerada en el P.U. con bomba concretera; al realizar el análisis del periodo muestral se obtuvo como índice promedio de 0.59 hh/m³ usando grúa torre con balde de 0.5 m³ de capacidad; si bien no son valores que podríamos comparar ya que la naturaleza de los equipos son distintos, si podemos ver que el índice ejecutado con grúa torre es casi la tercera parte que el índice contractual, considerado con bomba concretera; así mismo al realizar el análisis del uso de bomba concretera para el vaciado de concreto para elementos verticales se obtuvo un rendimiento final, considerando los tiempos de espera de mixer para reanudar el vaciado intermitente (no continuo) a fin que permita realizar el esparcido y vaciado de concreto por capas verticales de 30 cm y el uso de vibradora para mejor esparcido de concreto, un rendimiento promedio de 7.8 m³/h comparado con el rendimiento promedio obtenido al usar la grúa torre con balde de 0.5 m³ en 8.77 m³/h.

El índice promedio de la trabajosidad ejecutado, en el vaciado de concreto de elementos horizontales, fue de 0.85 hh/m³ comparado a los 1.37 hh/m³ contractuales; aquí podemos ver que el índice promedio obtenido está por debajo del índice contractual; indicar que el vaciado de concreto en losa de techo ha sido realizado a una velocidad intermitente, no continuo, el cual permita al personal realizar el esparcido y alisado de la losa, así mismo se han presentado tiempos de espera por cambio y/o llegada de mixer, para retomar el vaciado de concreto en losa, el cual a través de un análisis realizado se ha calculado en 15 minutos promedios por cada mixer; por lo mencionado se puede decir que el índice contractual es conservador y el índice obtenido está más acorde a la realidad y será tomado para posteriores análisis en nuevas obras.

- El uso de bomba concretera para el vaciado de concreto premezclado en elementos horizontales permitió un rendimiento promedio de 12.4 m³/h comparado a los 8.8 m³/h que se obtuvo al usar la grúa torre MCI 85 B empotrada, usada en el proyecto; sin duda usar la bomba concretera para el vaciado de losa permitió casi un 50% más de eficiencia que el uso de grúa torre MCI 85 B con capacidad de balde de 0.5 m³.

- El uso de grúa torre para el vaciado de concreto en elementos verticales permite relativamente un mayor rendimiento que la bomba concretera, que necesita instalar las tuberías metálicas hasta el punto de la estructura vertical a vaciar y está condicionada a la instalación de las tuberías por el personal obrero de la empresa contratista que provee el concreto premezclado, que posiblemente condicione el retraso y espera del personal para vaciar el concreto premezclado. Se obtuvo un rendimiento de 8.8 m³/h con el uso de grúa torre y 7.8 m³/h con el uso de bomba concretera.

- El análisis del periodo muestral determinó un horario promedio real de trabajo de lunes a viernes de 7:30 am a 6:30 pm y los sábados de 7:30am a 5:30 pm, comparado con el horario normal establecido de trabajo que es de lunes a viernes de 7:30 am a 5:00pm y los sábados de 7:30 am a 1:00 pm, por lo que se determinó un promedio de 10 horas de trabajo por día teniendo un promedio de 1.5 horas de lunes a viernes y 4.5 horas los días sábados.

- Como resultado del análisis realizado al periodo muestral, se obtuvo como rendimiento promedio del avance de losa por cada hora hombre ejecutada en 0.38 m²/hh, por cada día laborado, así como el rendimiento de vaciado de concreto en losa por cada hora hombre en 0.08 m³/ hh. Se obtuvo la cantidad de horas-hombre promedio por día trabajado en 370 horas, así como el área promedio de losa de techo ejecutado por día en 141 m² y la cantidad de volumen promedio de concreto ejecutado en losa por día en 29 m³. El área promedio de losa ejecutada por piso, dentro del periodo muestral que va desde el tercer techo al noveno techo es de 748 m², lo que genero en promedio de 6 días para ejecutar un piso completo (1 semana).

Realizando un comparativo con las similitudes de estudios realizados de las tesis: “Estudio del trabajo de las grúas torre en la construcción de viviendas masivas y métodos de mejora” y la tesis: “Estudio de la productividad de dos grúas torre en un proyecto constructivo” y del presente Informe, podemos concluir lo siguiente:

- Realizando un buen planeamiento y programación diario de actividades para la grúa torre, permitiría minimizar los tiempos muertos y/o tiempo de espera de la grúa torre afín de permitir mayor productividad de la mano de obra con intervención de la grúa torre.
- Subdividir la obra en unidades de producción de similares volúmenes de trabajo y utilizando un tren de trabajo que permita realizar las actividades, una detrás de otra, empezando con los elementos verticales, acero, encofrado y vaciado de concreto, que darían paso a los elementos horizontales, encofrado, acero, viguetas, ladrillo y vaciado de concreto, dicho proceso se daría en cada una de las unidades de producción, el cual permitiría realizar una secuencia de trabajo y la programación para la grúa torre.
- La existencia de los tiempos de espera para reanudar el vaciado de concreto de los mixers por causas de: espera de mixer, ubicarse el mixer a la zona de transporte de concreto, remezclado del concreto por el mixer, control de calidad del concreto y visto bueno para reinicio de vaciado de concreto, se ha determinado en 15 minutos aproximadamente por cada mixer que se usa para vaciado de concreto y de entre 1 hora a 1 hora y media de tiempo de espera por día y de entre 6 horas a 9 horas por semana, así mismo lo indica una de las tesis a través de los análisis realizadas en su obra.
- El tiempo promedio de inactividad de la grúa torre en el proyecto ha sido de entre 10% a 12% por día frente a los 20% de inactividad que se ha presentado en la grúa torre MC 85, en el proyecto de la UPC, de la tesis: “Estudio de la Productividad de dos grúas torre en un proyecto constructivo”.

- Tener trabajos contributorios paralelos a los planificados, en caso exista alguna espera de grúa torre en cierta actividad, como realizar algunos movimientos y/o transporte de materiales, que genere valor, ya sea traslado de acero de una unidad de producción a otra, para iniciar un nuevo frente de trabajo anticipado, ladrillo bovedilla a nuevo frente de trabajo, traslado de encofrado metálico desencofrado de pisos inferiores o cargas de material de residuos y/o desmonte a la zona de acopio; trabajos mencionados que siempre existirá en obra por ser trabajos repetitivos seguidos de la secuencia de un tren de trabajos.

- El uso de grúa torre es eficaz para el carguío y transporte de materiales el cual permite realizar movimientos de materiales, con toda la seguridad, eliminando definitivamente la mano de obra para el transporte de materiales a largas distancia y de peso. El personal obrero sólo deberá realizar el transporte de materiales menores a cortas distancias, el cual no represente un movimiento inseguro.

4.2 RECOMENDACIONES

El análisis de la productividad de los procesos constructivos en la construcción del edificio "Palma Real", en su fase de Superestructura y estabilidad de la producción, a través del análisis de un periodo muestral de 30 días laborables con el uso de una grúa torre Potain modelo MCI 85 B empotrada con 50 m de alcance de pluma y carga en punta de 1.3 tn para un balde de 0.5 m³ y una bomba concretera, ha permitido recomendar:

- Usar una grúa torre Modelo Potain MCI 85 B, con un alcance de pluma de 50 m y carga en punta de 1.3 tn, para un balde de 0.5 m³ de capacidad, es recomendable usarlo para vaciados de concreto, sea losas, placas o una combinación de ambos, en un volumen que no supere los 35 m³ para un periodo de medio tiempo (4 a 4.5 horas) por día, ya que el uso primordial de la grúa torre es realizar el transporte de materiales, ya sea Acero habilitado, ladrillo bovedilla, viguetas pre-fabricadas y encofrado habilitado durante el resto del día. Lo recomendable es primero realizar la habilitación y transporte de materiales con grúa torre y culminar el día, con el transporte de concreto premezclado en balde de 0.5 m³, el cual es el último proceso de construcción que materializa el avance físico de construcción.

- Al realizar el análisis comparativo entre el uso de la grúa torre MCI 85 B y el uso de bomba concretera, para el vaciado de concreto premezclado, se ha podido establecer la factibilidad económica del uso de dos grúa torre MCI 85 B siendo el costo menor en al menos 18,000 Nuevos soles por un periodo de 6 meses, siendo la grúa torre N°1 con alcance de pluma de 50 m y carga en punta de 1.3 tn para un balde de 0.5 m³ de capacidad, el cual realizaría parte del transporte de materiales por las mañanas y vaciado de concreto de elementos verticales por las tardes y la grúa torre N° 2 con alcance de pluma de 35 m y con capacidad de carga en punta de 2.2 tn para un balde de 0.80 m³ de capacidad, el cual completaría el transporte de materiales, por la mañana, y por la tarde el transporte de concreto para elementos horizontales.

- Es factibilidad, en el aspecto técnico, del uso de dos grúas torres, de los modelos indicados en la conclusión anterior, tanto en su ubicación en planta como en su elevación, con una separación entre castillos de al menos mayor que el largo de la contra pluma de una de ellas que es de 12.7 m afín de evitar el choque entre castillos de las torres de la grúas y una diferencia vertical entre plumas de al menos 12 metros entre una torre y otra el cual permita a la torre de mayor altura realizar el transporte de materiales bajo el gancho, que en este caso será la grúa torre N°1 con alcance de pluma de 50 m y carga en punta de 1.3 tn y por debajo se encontrará la grúa torre N°2 con alcance de pluma de 35 m y con capacidad de carga en punta de 2.2 tn, el planeamiento y programación realizado se muestra en el capítulo 3.14.

- Usar las dos grúas torres ya mencionados, permitirá realizar oportunamente el transporte de materiales ya sea el acero, ladrillo bovedilla para techo, viguetas pre fabricadas y el encofrado para los elementos verticales y horizontales a los frentes de trabajos, desde el inicio de labores, y disminuir los minutos de espera que pueda existir para asistir a un frente de trabajo, cuando se usa sólo una grúa torre. Las dos grúas torres permitirán asistir en el turno de la mañana todo tipo de transporte de materiales ya mencionados y por la tarde dedicarse íntegramente al transporte de concreto para los elementos verticales y horizontales. El uso de dos grúas torre permitirá aumentar la trabajosidad del personal en cada una de las partidas involucradas y permitiría realizar las partidas siguientes afín de garantizar que el vaciado de concreto que se realice por la tarde se termine en el tiempo oportuno y evitar las horas extras de personal después del horario normal de trabajo.

- El uso más eficiente de una bomba concretera será en edificaciones con lozas macizas colaborantes, en donde se utiliza laminas de acero como encofrado, o pre losas de concreto, sea uno u otro sistema, se permite realizar un vaciado de concreto libre de obstrucciones, en el cual el vaciado de concreto se realizaría de manera continua, caso contrario es cuando se utiliza losas aligeradas, el cual está conformado por viguetas y ladrillos del sistema convencional o por viguetas prefabricadas y ladrillos bovedillas, casos que impiden de alguna forma el libre vaciado de concreto en la losa, por la forma no plana de la capa, teniendo que realizar vaciados de concretos intermitentes a fin de poder esparcir el concreto

manualmente y realizar el vibrado entre ladrillo, afín de evitar huecos o cangrejas en losa; caso contrario sucedería con las losas colaborantes o pre losas, que permitiría realizar el vaciado continuo de concreto. El uso de pre losas era factible en el proyecto "Palma Real" siempre en cuando se hubiera realizado el diseño equivalente de los planos de estructuras existente a losas macizas afín de usar losas colaborantes o pre losas de concreto el nos permitiría vaciados de concreto continuos en elementos horizontales.

BIBLIOGRAFÍA

- CONSTRUCTIVO, Revista, Edición N° 81, Lima, Perú, 2013.
- Cartes Cossio Mariela Edith. "Grúas Torre". Tesis para optar el título de: Constructor Civil. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Construcción Civil. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile 2004.
- Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería. "Productividad real en obras civiles. Análisis de un caso". En IDI 2009, Los Reyunos, San Rafael. Mendoza, Argentina.
- Gómez Villanueva S. Y Zumarán Rivera J. "Estudio de Trabajo de las grúas torre en la construcción de viviendas masivas y método de mejora". Tesis para optar el título profesional. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima 2014.
- Mercado Rapre, Jhonny Eduardo. "Estudio de la Productividad de dos grúas torre en un proyecto constructivo". Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima 2011.
- Mercedes Contreras, Denis. "Torre Grúa: Un Ascensor de Obra" Tesis para optar el título profesional. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima 2013.