

**Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción
Programa de Licenciatura**



“Optimización del montaje de estructuras prefabricadas de concreto“

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio Mauricio Mena Monge
200031186

Cartago, Agosto del 2007

Optimización del montaje de estructuras prefabricadas de concreto



Abstract

This project consists of the measurement and optimization of the assembling of concrete prefabricated structures in "R-Plus" industrial system and the "Horizontal Flex" system. Some of the project objectives are to investigate and analyze the concrete structures assembling. Make a improved proposition to reduce activity's execution times and place a tool for an appropriate planning and budgeting to this kind of works.

The concrete structures are made of: water, fine aggregates (sand), strong aggregates (stones), cement, strands and small rods. Basically the structures assembly methods are executed with tower cranes and mobile cranes which characteristics must satisfy the project needs as: location of the elements, load capacity, height, speed assembly, bearing soil capacity, work fronts and the location of the cranes.

It had been obtained different factors: physical, technological, economical and labor factors, indeed it had been identified, specific points that can help to save time in the execution of a project.

Resumen

El siguiente proyecto trata sobre la medición y optimización del montaje de estructuras prefabricadas de concreto en los sistemas R-Plus o Naves Industriales y el sistema Horizontal a Flexión de la empresa Estructuras de Concreto S.A (ESCOSA). Los objetivos de este trabajo son analizar el montaje de estructuras prefabricadas de concreto, realizar una propuesta de mejora para reducir los tiempos de ejecución de actividades y además, proponer una herramienta adecuada para la planificación y presupuestos de obras de este tipo.

Los materiales constituyentes de las estructuras prefabricadas de concreto son: el agua, agregados finos (arena), agregados gruesos (piedra), cemento, torón y varillas. Básicamente los métodos de montaje de estructuras son realizados con grúas torre y grúas móviles con características que satisfagan las necesidades del proyecto como: ubicación de elementos, capacidad de carga, altura, velocidad de montaje, capacidad soportante del suelo, cantidad de frentes de trabajo y ubicación de grúas.

Como resultado se han obtenido diferentes factores físicos, tecnológicos, económicos y humanos, de los cuales se ha logrado identificar puntos específicos que nos pueden ahorrar tiempo en la ejecución de un proyecto.

Optimización del montaje de estructuras prefabricadas de concreto

JULIO MAURICIO MENA MONGE

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Agosto del 2007

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	4
Metodología.....	5
Procedimiento y análisis.....	14
Resultados.....	15
Estructuración de los sistemas.....	17
Tablas de actividades y rendimientos del sistema Horizontal a Flexión.....	18
Tablas de actividades y rendimientos sistema R-Plus.....	26
Análisis de resultados.....	35
Propuesta de optimización.....	40
Conclusiones.....	42
Glosario.....	44
Apéndices.....	45
Anexos.....	46
Bibliografía.....	47

Prefacio

La ejecución de un proyecto inicia con una idea o necesidad, y la manera como construyamos y apliquemos procedimientos efectivos es lo que nos dirá qué tan buenos o competitivos somos. De lo anterior surge la necesidad de evolución en el sector de la construcción y como producto tenemos el diseño y fabricación de las estructuras prefabricadas de concreto que reducen en gran medida los tiempos cronológicos de los proyectos, ya que las actividades de campo se disminuyen y lo que resta es instalar prefabricados.

Conforme avanza el ciclo de un proyecto se involucran gran cantidad de variables por considerar y entre ellas el control de actividades de la ruta crítica.

Básicamente la duración de actividades que involucran montaje de estructuras prefabricadas de concreto se van acumulando y provocan atrasos en entrega de proyectos que pueden ser desde horas, días y hasta meses, no obstante también existen muchos otros factores que influyen como: diseño de planos, producción de elementos, atrasos en transporte y además no se pueden discriminar factores externos como: lluvia, tormentas, fluido eléctrico, proveedores, accesos al sitio y disposición de personal.

El objetivo del proyecto es investigar el montaje de estructuras prefabricadas de concreto, analizar los rendimientos, procedimientos y realizar una propuesta de mejora que optimice los tiempos de ejecución de actividades.

Deseo agradecer a la empresa Estructuras de Concreto S.A. (ESCOSA) por el apoyo e interés en la superación de uno de sus equipos de trabajo como lo es el Departamento de Proyectos, dirigido por el Ing. en Construcción Marco Tulio Ramírez, agradezco a el Ing. Silvio

Chavarría Torrealba Director de Ingeniería de ESCOSA, por sus tiempos de consulta y aclaración de dudas, además a las personas involucradas en los proyectos: Condominio Monte Plata Torre B (Altos de Escazú) y Nave Industrial en Moravia. También dar las gracias por el apoyo a la Ingeniera de la Escuela de Ingeniería en Construcción Giannina Ortiz Quesada en este proceso como profesora guía.

Doy gracias a Dios por ser mi guía y consejero durante estos siete años de esfuerzo y dedicación, y por último dedico el presente proyecto a mi madre Liliana Lucía Monge Torres y padre Julio Mena Zamora que siempre me han apoyado espiritualmente, gracias de corazón.

Resumen ejecutivo

En muchas ocasiones nos preguntamos en qué consiste el éxito de un proyecto, y por lo general respondemos:

“El éxito de un proyecto es cuando se cumplieron las expectativas de tiempo y costo”.

La frase anterior es correcta, pero nunca debemos olvidar un parámetro muy importante ***“la calidad”.***

El éxito de los proyectos inicia desde la planificación anticipada argumentando y definiendo procesos críticos que se presentarán durante el desarrollo del mismo. En el transcurso de los proyectos se irán presentando circunstancias que con una buena gestión del tiempo y costo se podrán enfrentar sin ningún riesgo. El seguimiento y control de proyectos inicia en la estimación de tiempos de actividades y sub-actividades que en forma de cadena permita el avance de una o varias tareas.

El presente proyecto de graduación pretende establecer las matrices propias para la ejecución del montaje de estructuras prefabricadas de concreto, cuya herramienta quedará disponible para estudiantes y público en general del Instituto Tecnológico, además de una retroalimentación para el departamento de presupuestos y proyectos de la empresa Estructuras de Concreto S.A.

Para el conjunto de muestras analizadas en los sistemas Horizontal a Flexión y R-Plus se describieron minuciosamente cada una de las actividades para obtener puntos críticos en los cuales se pueda mejorar la eficiencia del proceso de montaje.



Imagen #1: Sistema Horizontal a Flexión, proyecto Altos de Escazú Torre B (en construcción nivel 6).



Imagen #2: Sistema Nave Industrial (R-Plus), proyecto Bodega en Moravia.

Introducción

La humanidad a través de su constante evolución se ha visto en la necesidad de buscar soluciones cada vez más eficientes para su hábitat y crecimiento infraestructural. Es por esto que se han creado a lo largo del tiempo sistemas de industrialización que junto con la tecnología permitan desarrollar sistemas constructivos eficientes y capaces de ser realizados.

Esta realidad obliga al ser humano a crear, optimizar y mejorar sistemas constructivos que estén vigentes con las exigencias del mercado, y para ello es de vital importancia una planeación y control exhaustivo durante el desarrollo de un proyecto.

Las necesidades constructivas involucran flexibilidad, seguridad, rapidez, aireación, iluminación, aprovechamiento del espacio, durabilidad, costo, calidad y estética. Con este propósito se han introducido sistemas prefabricados donde su fabricación se realiza en una planta, se transportan al sitio los elementos, se acoplan y se fijan.

Entre la gran variabilidad de edificaciones e infraestructura este proyecto de investigación abarca el sistema conocido como Naves Industriales que básicamente permite un gran aprovechamiento del espacio, altura, claros entre columnas y accesos. El otro sistema analizado es el Horizontal a Flexión, nombre que deriva a causa de que sus elementos horizontales trabajan a flexión.

Se espera que este proyecto contribuya en alguna medida a facilitar problemas constructivos que afectan el montaje de estructuras prefabricadas de concreto, mejorar rendimientos y procedimientos de montaje, estimación y programación de obras e introducir a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería en Construcción a conocer más sobre este tema que va orientado a evolucionar día con día.

Objetivos

Objetivo general del proyecto:

- Investigar el montaje de estructuras prefabricadas de concreto, analizar los rendimientos, procedimientos y realizar una propuesta de mejora que optimice los tiempos de ejecución de las actividades principales.

Objetivos específicos:

- Generar información actualizada de rendimientos para el montaje de estructuras prefabricadas de concreto.
- Determinar los factores que afectan el montaje de estructuras prefabricadas.
- Establecer tablas de actividades y sub-actividades que nos brinden información para la programación de obras de este tipo.
- Realizar propuestas de mejora para el montaje de prefabricados de concreto.

Metodología

Tipo de estudio

Se realizó una investigación en lo que se refiere a la evaluación y mejoramiento del montaje de estructuras prefabricadas de concreto, basado en observaciones periódicas de las cuales se obtuvieron datos de campo que se analizaron y tabularon adecuadamente para presentar la información en forma clara.

El estudio es también de tipo descriptivo en lo referente al estudio de métodos y técnicas de mejoramiento, esto para cada una de las actividades que afectan el montaje de estructuras prefabricadas.

En lenguaje técnico vamos a definir el tipo de trabajo como: “un análisis estadístico”, desglosándolo de dos maneras, estadística descriptiva y estadística inferencial.

La estadística descriptiva tiene que ver con la obtención de datos, describir y resumir de forma adecuada y entendible la información presentada.

La estadística inferencial se refiere posteriormente a una vez descrito y resumido los datos, determinar los métodos y presentación de conclusiones de dicho análisis.

Población y muestras

Las unidades de estudio para este proyecto serán la totalidad de las cuadrillas de operarios, ayudantes y peones que se dediquen única y exclusivamente al montaje de estructuras

prefabricadas de concreto para los proyectos Altos de Escazú Torre B y Nave Industrial. Además del equipo y herramienta a utilizar, es importante destacar que el estudio y toma de tiempos es una técnica de muestreo y como tal depende del número de observaciones que se realicen para obtener una visión representativa del proceso.

Dentro del proceso estadístico se realizó un muestreo aleatorio simple, de los cuales se tomaron dos proyectos distintos en lo que se refiere al sistema constructivo, pero la repetición constante de las actividades dentro de un mismo proyecto hace posible su análisis.

Dentro de las muestras por analizar tenemos dos tipos de variables, las variables discretas o cualitativas, que básicamente corresponden a atributos, cualidades o características y las variables continuas o cuantitativas que denotan cantidades.

Variables cualitativas:

- Sistemas: Horizontal a flexión y R-Plus.
- Elementos: placas, columnas, vigas, losas multitubulares y largueros.
- Estatus de trabajador: peón, ayudante, operario, segundo y maestro de obras.

Variables cuantitativas:

- Peso
- Área
- Longitud
- Volumen
- Tiempo

Por lo tanto definiremos nuestra población a los sistemas Horizontal a Flexión y R-Plus, y como subgrupo de estos al montaje individual de cada uno de los elementos (muestras).

Mediciones en sitio y entrevistas

Las mediciones en sitio se realizaron con programaciones periódicas para los dos proyectos, tomando en cuenta distintas horas y días en una jornada laboral de seis días a la semana.

Cronológicamente las mediciones de los proyectos no coinciden con el inicio del mismo, pero si se entrelazaron a finales del mes de septiembre e inicios de octubre. El proyecto del sistema Horizontal a Flexión se inició con mediciones cuando éste tenía un 38% de avance, y el proyecto de la Nave Industrial un 7%.

Se realizaron entrevistas a personas relacionadas con el campo, o sea con conocimientos básicos, esto para obtención de información y aporte de ideas.

Técnicas de observación

Dado el carácter investigativo-descriptivo del trabajo, en la evaluación y mejora de rendimientos de montaje de estructuras prefabricadas de concreto (se utilizó la observación directa) lo que permitió la percepción de detalles que encierran el proceso constructivo del montaje. Se realizó el mayor número de observaciones posibles en cada proceso para obtener valores confiables.

Descripción de los sistemas a analizar

Sistema Horizontal a Flexión

Este es un sub-sistema que se deriva del Sistema Multipiso de ESCOSA y consiste en la utilización de elementos horizontales como: vigas de carga, vigas de amarre y losas multitubulares de entrepiso con características de resistencia a la compresión ($f'c$) del concreto de 350kg/cm^2 a los 28 días. Su nombre nos indica que son elementos horizontales que trabajan a flexión.

Una de las principales ventajas de la utilización de este sistema es que mientras en el sitio de la obra se construyen los elementos verticales, simultáneamente en planta se producen las vigas y losas de entrepiso, ahorrando tiempo, disminuyendo costos y agilizando los procesos constructivos.

Los elementos de este sistema son pretensados, lo cual nos brinda un beneficio estructural gracias a contraflechas que restan las deflexiones debido a cargas muertas y temporales, además un importante beneficio del sistema pretensado es la disminución en el acero, siendo este sustituido por el torón que soporta grandes esfuerzos de tensión.

Por medio de la utilización de una sobrelosa chorreada en sitio, y asegurando la sección compuesta entre ésta y la losa multitubular por medio de la superficie rugosa, se obtiene un sistema monolítico, asegurando el diafragma rígido, y por lo tanto, ofreciendo un excelente comportamiento sismorresistente. La losa multitubular es un elemento de concreto preesforzado que posee unos orificios longitudinales que logran reducir el peso, alcanzando claros largos con peraltes bajos.

La utilización de vigas y losas prefabricadas en un proyecto de construcción en sitio beneficia los rendimientos y mejora los costos y la limpieza de la obra.

Entre las ventajas técnicas y económicas del sistema se tiene:

- Producción de concreto con control numérico de pesos y humedades.

- Los aceros de pretensión poseen resistencia y características de relajamiento certificadas.
- Permite ahorro en cuanto al tiempo de instalación, ya que no requiere apuntalamiento ni formaleta.
- Elimina la necesidad de utilizar vigas secundarias.
- El concreto prefabricado ofrece una superficie uniforme y limpia, con una textura lisa, pudiéndose dejar así, pintar o repellar (añadiendo un adherente) según se desee.

Sistema R-Plus (Nave Industrial)

Las estructuras industriales poseen distintos usos y finalidades. Entre ellas podemos mencionar, bodegas de almacenamiento, plantas industriales, fábricas, hangares, almacenes y parques industriales, entre otros.

Los sistemas industriales los conforman cinco tipologías o series llamadas con nombre distinto para su fácil identificación, pero básicamente todos se conforman de ocho elementos estructurales prefabricados: placas principales, placas secundarias para columna de fachada, columnas principales, columnas fachada, viga-cercha, viga-canoa, viga-techo, panel de cerramiento y larguero.

La Serie R-Plus se utiliza para módulos que varían de 10.00m a 25.00m de frente y de 10.00m a 12.00m de fondo. Su altura útil varía de 3.90 m a 10.00m según exigencias del cliente.

Dentro de las características de los aceros utilizados en los distintos elementos se utilizan varillas grado 40 y grado 60 y torones pretensados de diámetros 1/2", 3/8" y 5/16" (12.5, 9.5 y 8 mm respectivamente).

El sistema R-Plus posee ventajas como una rápida y fácil instalación, además de una gran versatilidad con respecto a la modulación entre marcos y a diferentes alturas.

Contexto de los proyectos

Los dos proyectos analizados en la investigación están localizados en el GAM (Gran Área Metropolitana) específicamente en San Rafael de Escazú el proyecto Condominio Altos de Escazú Torre B y el proyecto de la Nave Industrial en Moravia centro.

Se presentan a continuación dos tablas con información general, de manera que permitan una adecuada perspectiva para ser considerada en los procedimientos, análisis y obtención de los resultados finales.

Sistema Horizontal a Flexión

Proyecto Altos de Escazú Torre B

Aspectos Generales	Descripción
Ubicación Geográfica:	Escazú, San José
Plazo de Construcción (Obra gris):	12 meses
Sistema Prefabricado:	Horizontal a Flexión
Área de Construcción:	7612 m ²
Total de Niveles:	11 u
Área por nivel:	692 m ²
Altura total:	50 m

Características específicas	Cantidad	Unidad
-----------------------------	----------	--------

1. Losas multitubulares		
Área de losas promedio	7.20	m ²
Cantidad losas / nivel	124	u
Espesor de losas	13.00	cm
Claro máximo losas	6.00	m
Peso promedio losas	0.94	ton

2. Vigas de carga		
Sección	30X70	cm
Cantidad / nivel	30	u
Claro máximo	10.40	m
Peso promedio	1.30	ton
3. Vigas de amarre		
Sección	30X70	cm
Cantidad / nivel	11	u
Claro máximo	6.00	m
Peso promedio	0.95	ton

Sistema Industrial R-Plus

Proyecto Nave Industrial

Aspectos Generales	Descripción
Ubicación Geográfica:	Moravia, San José
Plazo de Construcción (Obra gris):	6 semanas
Sistema Prefabricado:	R-Plus
Área de Construcción:	2400 m ²
Total de Niveles:	1 u
Área por nivel:	2400 m ²

Características específicas	Cantidad	Unidad
-----------------------------	----------	--------

1. Panel de cerramiento		
Área de losas promedio	11,40	m ²
Cantidad losas	112	u
Espesor de losas	13.00	cm
Claro máximo losas	10.50	m
Peso promedio losas	2.50	ton
2. Placas		
Sección	2x2	m
Cantidad	27	u
Espesor	25.00	cm
Peso promedio	2.00	ton
3. Columnas		
Sección	50x50, 50x35	cm
Cantidad	27	u
Altura máxima	12.00	m

Peso promedio	4.00	ton
4. Viga cercha		
Sección	35x75	cm
Cantidad	14	u
Claro máximo	21.50	m
Peso promedio	7.00	ton
5. Viga techo		
Sección	30x50	cm
Cantidad	6	u
Claro máximo	9.00	m
Peso promedio	3.30	ton
6. Viga canoa		
Sección	30x50	cm
Cantidad	12	u
Claro máximo	11.65	m
Peso promedio	4.70	ton
7. Larguero		
Sección	30x35	cm
Cantidad	96	u
Claro máximo	11.80	m
Peso promedio	0.75	ton

Método de construcción utilizado

Sistema Horizontal a Flexión

El sistema horizontal a flexión como proceso consiste en ir cubriendo paños con vigas de carga en un sentido para luego completarlos con las vigas de amarre y posteriormente con losas multitubulares. Se recomienda que una vez cerrado el paño de un sector se coloque inmediatamente el acero ya que debido a agentes externos como: sismos, caída de materiales, derrumbes de tierra o mala colocación de puntales, pueden provocarse movimientos que, hagan colapsar la estructura que todavía no está "amarrada" con el concreto.

El montaje de vigas de carga inicia desde la colocación de lingas en los extremos, luego la grúa realiza sus respectivas maniobras hasta llegar a la colocación de la viga entre columnas o muros. Los muros o columnas tienen previsto una placa de acero que permite soldar un herraje (angular de 3"x3"x1/4") que soportará temporalmente en los extremos a la viga (importante es tomar en cuenta la altura del armado de estas columnas o muros ya que lo contrario imposibilitará el empotramiento de los anclajes de la viga con la armadura). Luego los ayudantes ajustan puntales dobles a cierta distancia de manera que también soporten carga. Una vez instaladas las vigas de carga se procede al montaje de las losas multitubulares que tienen pesos variables dependiendo de su largo y espesor. Los peraltes de losa van de 9cm, 13cm, 16cm, 20cm y 25cm, proporcionalmente aumenta su peso y éste es de vital importancia para calcular capacidades máximas de carga de la grúa a utilizar y del sistema de apuntalamiento. De igual manera que las vigas se recomienda que una vez montadas las losas sobre las vigas de carga se instalen el acero "ues" y dobelas que fueron consideradas según diseño para proceder con la chorrea de nudos y completamientos. Cuando hablamos de "ues" en losas, estamos hablando del acero que amarra monolíticamente la losa con las vigas, contrario de la malla instalada en la parte superior de la losa.

Para el arriestre temporal de las vigas de carga y amarre se deben utilizar puntales (2x, 3x y 4x) distanciados según sección y longitud del claro. También se pueden utilizar andamios de carga que tienen una aplicación muy eficaz para soportar cargas elevadas, eso sí, el costo adicional es bastante alto.

El apuntalamiento de las vigas de carga tiene una variante con respecto a las vigas de amarre, ya que éste apuntalamiento requiere puntales diagonales que en la viga se apoyan sobre las ménsulas hacia el suelo firme en forma inclinada con respecto a la vertical.

A continuación se presenta una serie de fotografías que nos permite visualizar algunos puntos del proceso:

Imágenes proyecto Horizontal a Flexión



Imagen #3: Grúa torre proyecto Altos de Escazú Torre B (nivel 0+20.70m, sexto entrepiso).



Imagen #6: Acabado final de sistema Horizontal a Flexión.



Imagen #4: Apuntalamiento de vigas de carga y vigas de amarre.



Imagen #7: Losas multitubulares montadas sobre viga de carga.



Imagen #5: Losas multitubulares de entrepiso instaladas.



Imagen #8: Proceso de construcción en nivel 0+24.15m (séptimo nivel de entrepiso).

Sistema R-Plus (Nave Industrial)

El sistema industrial R-Plus consiste en ir acoplando elementos como si fuera un “rompecabezas” en tercera dimensión. Los elementos constituyentes poseen códigos que facilitan la ubicación y el acoplamiento de los mismos, de tal manera que la descarga de elementos debe estar cercano al lugar de montaje definitivo.

El primer paso de este sistema consiste en iniciar con las placas de cimentación prefabricadas. Luego se montan sobre las placas las columnas exteriores, seguidamente de las columnas intermedias para luego concluir nuevamente con columnas externas. El montaje de columnas tiene una ventaja constructiva, ya que puede dar inicio desde la instalación de la primera placa, de esta manera la interfase entre ambas actividades disminuye el tiempo de ejecución.

El nudo de concreto entre placa-columna una vez fraguado permite continuar con el montaje de paneles de cerramiento los cuales se ubican entre columnas de dos ejes consecutivos. El siguiente elemento son las vigas cerchas, que por su gran peso (8 ton) requieren de dos grúas con capacidades mínimas de 25 ton para que cada una maniobre la viga en un extremo y en coordinación simultánea se monte sobre la columna respectiva.

El siguiente paso consta en el montaje de vigas de techo que finalizan los nudos superiores (capitel) de las columnas centrales para proceder a la chorrea del mismo. Las vigas-canoa al igual que las vigas-techo se montan de último debido a que son las que cierran el acople del nudo. Para finalizar el montaje de la estructura se procede a la instalación de los largueros que por su carga menor facilita su maniobra con la grúa.

A continuación se presentan una serie de imágenes del proceso de montaje:

Imágenes proyecto R-Plus



Imagen #9: Montaje de columnas principales.



Imagen #10: Montaje de viga cercha con dos grúas móviles.



Imagen #11: Montaje de viga techo con grúa móvil.



Imagen #12: Montaje de panel de cerramiento, atrás montaje de largueros.



Imagen #13: Unión de columna (en capitel) con viga cercha y viga canoa.



Imagen #14: Estructura principal de nave industrial.

Montaje de estructuras de concreto con grúa móvil (grúa camión) y grúa torre

Las grúas móviles a diferencia de las grúas torre pueden trasladarse de un lugar a otro, lo cual facilita ubicaciones estratégicas dependiendo del sitio de banqueo. Por otro lado las grúas torre tienen como gran ventaja su "altura".

En nuestro país existe gran variedad de grúas móviles con capacidades desde 15 toneladas hasta 140 toneladas para la industria de la construcción, para otro tipo de proyectos y trabajos menores, existen de 300 toneladas que se utiliza en plantas hidroeléctricas y grúas de 5 toneladas utilizadas por empresas de mantenimiento y reparaciones en general.

Para el proyecto de la Nave Industrial se utilizó una grúa móvil de 35 toneladas de capacidad máxima. Una característica mecánica de las grúas en general es que entre más extendido esté el "boom" (flecha) menor será su capacidad de carga.

Entre las ventajas de una grúa móvil tenemos:

- Movilización relativamente rápida.
- Muy útil para labores de corta altura.
- Facilidad de encontrar en el mercado.
- Costo de alquiler menor en comparación con las grúas torre.

Sin embargo existen muchas limitantes entre ellas:

- Tiempos muertos entre banqueo y banqueo.
- Alturas máximas de 15 m (grúa de 80 toneladas), que equivale a 3 entresijos más el techo.
- El alquiler mínimo por día es de seis horas.
- Producen hundimientos en el terreno en las áreas de contacto con los estabilizadores.

El proyecto del sistema horizontal a flexión utilizó una grúa torre marca Richier. Esta grúa fue la adecuada por ajustarse a las necesidades del proyecto como: altura de 52m bajo gancho, radio de giro que alcanza los 45m y capacidad de carga en el extremo del boom de 2.5 toneladas.

Actualmente en el país las grúas torre están tomando un auge acelerado debido al crecimiento de proyectos verticales, siendo ésta la principal característica por la cual son cotizadas.

Además de la altura tiene ventajas adicionales como:

- Alcances longitudinales de 45m.
- Capacidad de carga alta cerca del mástil (cuerpo principal).
- Velocidad de ascenso y descenso bastante eficiente.
- No tiene tiempos muertos de banqueo, o sea que puede trabajar constantemente.
- No sólo es utilizada para realizar montaje de estructuras, sino que también la utilizan para transportar materiales, chorreas de concreto con tolba, traslado de formaletas, equipo y maquinaria menor.

Entre las desventajas tenemos:

- El alto consumo de corriente.
- El elevado costo del alquiler.
- El costo del traslado cuando se encuentra en desuso.
- La escasez en el mercado.

La seguridad en montaje de estructuras prefabricadas de concreto es bastante importante ya que por descuido, ignorancia, falta de planeamiento y presión de tiempo, puede ocurrir un accidente catastrófico. Cuando se realizan labores de montaje el peligro rodea toda la construcción, de manera que siempre debe existir personal calificado para indicar maniobras al operador de la grúa. Por lo general el operador de la grúa tiene un ayudante que sabe los principios básicos de la operación, y por medio de comunicación por radio o visual el ayudante está obligado a dar indicaciones como:

- Indicación de ascenso y descenso.

- Indicación de transporte lento.
- Detenerse inmediatamente.
- Señas de izaje, entre otras.

Exceder la capacidad de carga de la grúa es una situación que usualmente se da en la utilización de ésta. Las tablas de carga del fabricante nos permiten determinar la capacidad de la grúa, por lo tanto no se debe exceder dichas capacidades para evitar daños en la estructura.

Cuando se realizan montajes de estructuras de concreto muchas veces se olvidan factores externos que deben ser considerados como:

- Velocidad del viento que provoca una carga adicional en los elementos y sobre la grúa.
- Pérdida de la nivelación de la grúa, por lo tanto el centro de gravedad se desplazará hacia el lado recargado.
- Realizar movimientos súbitos o rápidos incrementa la carga en el brazo (boom).
- La forma de amarrar la carga requiere experiencia y conocimiento básico de las cargas. Las fuerzas deben ser lingadas de manera que estén sobre el centro de gravedad, por lo tanto se debe verificar que los grilletes, pinzas y ganchos no repartan asimétricamente las cargas.
- La utilización de mecates en los extremos de vigas, paneles multitubulares etc, ayuda a maniobrar dichos elementos.

El montaje de estructuras prefabricadas depende de la experiencia que tenga el operador para realizar maniobras dentro de la construcción, así como la cantidad de trayectorias (verticales-horizontales) y bancadas que realice para llegar al punto exacto de ubicación entre ejes del elemento.

Procedimiento y análisis de datos

Una vez realizado el proceso de recolección de datos basado en la investigación y descripción, la información fue procesada y analizada cumpliendo lo siguiente:

a) Ordenamiento y clasificación:

Las actividades que conforman cada sistema analizado se ordenan considerando personal requerido, tiempo de cuadrillas y volumen de trabajo realizado, expresado en unidades (u), que representan: losas multitubulares, vigas de carga, vigas de amarre, vigas de techo, vigas cercha, vigas canoa, columnas, placas, paneles de cerramiento y largueros.

b) Cálculo del pre-rendimiento:

Se determinó con la siguiente fórmula:

$$R_i = (t \times n) / V, \text{ donde:}$$

R_i = Rendimiento en horas-hombre/unidad

t = Tiempo empleado en la actividad

n = Número de trabajadores que participan en la actividad

V = Volumen de trabajo realizado

c) Proceso estadístico:

c.1) Eliminación de datos extremos

c.2) Cálculo de la media aritmética de los rendimientos:

$$R = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) / n, \text{ donde:}$$

R = Rendimiento promedio o media aritmética

R_i = Rendimientos registrados en paso b.

n = Número de rendimientos

c.3) Cálculo de la desviación estándar dada por la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(R_1 - R)^2 + (R_2 - R)^2 + (R_3 - R)^2}{nR}}$$

donde:

σ = Desviación estándar

R_i = Rendimientos registrados en paso b.

R = Rendimiento promedio o media aritmética

n = Número de rendimientos

c.4) Cálculo del coeficiente de variación:

$$C.V. = (\sigma / R) \times 100, \text{ donde:}$$

C.V. = Coeficiente de variación

σ = Desviación estándar

R = Rendimiento promedio o media aritmética

d) Estimación y aplicación de factores de ajuste.

Debido a que los tiempos de montaje son netos, y existen ciertos tiempos que los trabajadores consumen en otras actividades como:

- Transporte de puntales y andamios
- Movilización de escaleras
- Transporte de la grúa de materiales como: acero, varilla, mallas electrosoldadas, bloques, etc.
- Movilización de grúa móvil y banqueo
- Chorreas urgentes
- Interrupción por materiales que impiden movimientos
- Atrasos por falta de personal
- Atrasos por falta de equipo como: pinzas, mecatos, cabos de varilla, lingas, etc.
- Satisfacción de necesidades fisiológicas.
- Espera de órdenes.
- Reparación de grúas.

Por lo tanto se deben incrementar en los casos que sea necesario los tiempos consumidos en otras actividades.

De tal manera el “**factor de ajuste**”¹ se obtiene de la siguiente manera:

$$F_a = T_c / H_e \times 100 \quad H_e = H_d - T_c$$

donde:

F_a = Factor de ajuste

T_c = Tiempo consumido en otras actividades

H_e = Horas efectivas de trabajo

H_d = Horas diarias de trabajo

Finalmente el rendimiento a tabular “ R ” se obtendrá de la siguiente manera (factor de afectación en forma decimal):

$$R_f = R (1 + F_a)$$

Tomado de Folleto Costos de la Construcción Cartago, 2003

Resultados

A continuación se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto, los cuales consisten en el registro de dieciséis actividades divididas en sub-actividades. Dichas actividades se desglosan tres para cada nivel del sistema horizontal a flexión y siete para el sistema R-Plus (nave industrial), obteniendo como resultado un total de sesenta y ocho sub-actividades.

Las cantidades registradas para cada sistema corresponden a la totalidad de actividades que representa el montaje de los componentes prefabricados, no así la tabulación de otras actividades que se desarrollan durante el proceso constructivo que no corresponden al montaje de elementos prefabricados.

Primer resultado: lista de actividades para cada sistema.

Información tabulada:

- Cuadro de actividades y sub-actividades. Presenta en forma tabulada el desglose de actividades en sub-actividades, así como la tarea predecesora, cuadrilla, herramienta, equipo y material final obtenido.

Sistema Horizontal a Flexión

Nivel VI:

- Actividad 1: Montaje de vigas de carga
- Actividad 2: Montaje de vigas de amarre
- Actividad 3: Montaje de losas multitubulares

Nivel VII:

- Actividad 1: Montaje de vigas de carga
- Actividad 2: Montaje de vigas de amarre
- Actividad 3: Montaje de losas multitubulares

Nivel VIII:

- Actividad 1: Montaje de vigas de carga
- Actividad 2: Montaje de vigas de amarre
- Actividad 3: Montaje de losas multitubulares

Sistema Nave Industrial R-Plus:

- Actividad 1: Colocación de placas
- Actividad 2: Montaje de columnas
- Actividad 3: Montaje de paneles de cerramiento
- Actividad 4: Montaje de vigas-cercha
- Actividad 5: Montaje de vigas-techo
- Actividad 6: Montaje de vigas-canoa
- Actividad 7: Montaje de largueros

Para ambos sistemas se grafica el diagrama de Gantt, de manera que, facilite visualizar las actividades de ambos sistemas. Mediante el diagrama de Gantt se puede visualizar de una manera gráfica la secuencia de las actividades de ambos sistemas, así como tareas predecesoras que de cierta forma se pueden intercambiar dependiendo de su relación y holgura.

El segundo resultado obtenido es el rendimiento en horas grúa y horas hombre para cada actividad de los sistemas mencionados anteriormente.

Información tabulada:

- Cuadro resumen de rendimientos en horas grúa por elemento prefabricado. Presenta en forma tabulada los rendimientos multiplicados por el factor de ajuste.
- Gráfico de rendimientos en horas grúa por elemento prefabricado.
- Gráfico de coeficiente de variación en horas grúa por elemento y horas hombre por elemento.
- Gráfico de pre-rendimientos versus rendimientos modificados.

- Cuadro resumen de rendimientos en horas hombre por elemento prefabricado. Presenta en forma tabulada los rendimientos multiplicados por el factor de ajuste.
- Gráfico de rendimientos en horas hombre por elemento prefabricado.

El tercer punto es el rendimiento global por área, por volumen y por peso para los sistemas Horizontal a Flexión y sistema R-Plus.

- Cuadro de rendimientos globales por área, volumen y peso.

El factor de ajuste por tiempos “*muertos*” aplicado en el cálculo del rendimiento de montaje con grúas y cálculo del rendimiento de mano de obra se obtuvo con los siguientes datos, obtenidos en proyectos anteriores y entrevistas a bodegueros de cada proyecto:

Datos factor de ajuste de rendimiento de grúa móvil:

Banqueos (3 diarios)	1.000 Hr
Espera de ordenes	1.500 Hr
Movilización	0.500 Hr
Café (mañana)	0.250 Hr
Almuerzo	0.500 Hr
Café (tarde)	0.250 Hr
Servicio sanitario	<u>0.083 Hr</u>
Tc	4.083 Hr

Hd = 10.50 Hr

Cálculo Fa:

$$He = 10.50 - 4.083 = 6.417$$

$$Fa = 4.083 / 6.417 \times 100 = \mathbf{63.63\%}$$

Datos factor de ajuste de rendimiento grúa torre:

Café (mañana)	0.250 Hr
Almuerzo	0.500 Hr
Café (tarde)	0.250 Hr
Servicio sanitario	0.083 Hr
Espera de ordenes	1.500 Hr
Tiempos subir-bajar del gruoero	<u>0.750 Hr</u>
Tc	3.333 Hr

Hd = 10.50 Hr

Cálculo Fa:

$$He = 10.50 - 3.333 = 7.167$$

$$Fa = 3.333 / 7.167 \times 100 = \mathbf{46.50\%}$$

Datos factor de ajuste de rendimiento mano de obra:

Café (mañana)	0.250 Hr
Almuerzo	0.500 Hr
Café (tarde)	0.250 Hr
Servicio sanitario	<u>0.083 Hr</u>
Tc	1.083 Hr

Hd = 10.50 Hr

Cálculo Fa:

$$He = 10.50 - 1.083 = 9.417$$

$$Fa = 1.083 / 9.417 \times 100 = \mathbf{11.50\%}$$

ESTRUCTURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LOS SISTEMAS

SISTEMA HORIZONTAL A FLEXIÓN

1. MONTAJE DE VIGAS DE CARGA

2. MONTAJE DE VIGAS DE AMARRE

3. MONTAJE DE LOSA

SISTEMA R-PLUS

1. COLOCACIÓN DE PLACAS

2. MONTAJE DE COLUMNAS

3. MONTAJE DE PANEL DE CERRAMIENTO

4. MONTAJE DE VIGAS CERCHA

5. MONTAJE DE VIGAS DE TECHO

6. MONTAJE DE VIGAS CANOA

7. MONTAJE DE LARGUEROS

SISTEMA HORIZONTAL A FLEXIÓN

CUADRO DE ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1: MONTAJE DE VIGA DE CARGA

CUADRO #1: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			MATERIAL
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	Cantidad	
1	Definición de niveles	-	3 Ayudantes+ 1 Operario	Nivel	1	Viga carga prefabricada
2	Colocación de herrajes	1		Soldador	1	
3	Colocación de puntales verticales	2		Puntal 3x	2 @ 1m	
Montaje de viga de carga						
4	Lingado de viga	3		Eslingas	4	
5	Transporte de viga	4		Grúa torre	1	
6	Montaje sobre herrajes	5		Grúa torre	1	
7	Ajuste de puntales verticales	6		Mazo	2	
8	Instalación de puntales laterales	7	Puntal 4x	1 @ 3m		

ACTIVIDAD 2: MONTAJE VIGA DE AMARRE

CUADRO #2: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			MATERIAL
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	Cantidad	
1	Definición de niveles	-	3 Ayudantes+ 1 Operario	Nivel	1	Viga amarre prefabricada
2	Colocación de herrajes	1		Soldador	1	
3	Colocación de puntales verticales	2		Puntal 3x	2 @ 2m	
Montaje de viga de carga						
4	Lingado de viga	3		Eslingas	4	
5	Transporte de viga	4		Grúa torre	1	
6	Montaje sobre herrajes	5		Grúa torre	1	
7	Ajuste de puntales verticales	6	Mazo	2		

ACTIVIDAD 3: MONTAJE DE LOSAS MULTITUBULARES

CUADRO #3: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			MATERIAL
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	Cantidad	
1	Lingado de panel	-	3 Ayudantes+ 1 Operario	Eslingas	4	Losa multitubular prefabricada
2	Transporte de panel	1		Grúa torre	1	
3	Maniobras montaje de panel	2		Grúa torre	1	
4	Deslingado de panel	3		-	2	
5	Alineado de losa	4		Barra de acero, cinta métrica	2, 1	

Cronograma Proyect

RENDIMIENTO DE HORAS GRUA POR ELEMENTO

CUADRO #4: RENDIMIENTOS (Hrs-Grúa) NIVEL 6					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
Nivel 6	Hrs-Gr/elem	σ	C.V	(Grúa)	Hrs-Gr/elem
Viga de carga	0,61	0,162	26,83%	46,50%	0,89
Viga de amarre	0,30	0,125	42,02%		0,44
Losa multitubular	0,05	0,015	31,18%		0,07

CUADRO #5: RENDIMIENTOS (Hrs-Grúa) NIVEL 7					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
Nivel 7	Hrs-Gr/elem	σ	C.V	(Grúa)	Hrs-Gr/elem
Viga de carga	0,49	0,130	26,48%	46,50%	0,72
Viga de amarre	0,29	0,036	12,65%		0,42
Losa multitubular	0,05	0,013	27,67%		0,07

CUADRO #6: RENDIMIENTOS (Hrs-Grúa) NIVEL 8					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
Nivel 8	Hrs-Gr/elem	σ	C.V	(Grúa)	Hrs-Gr/elem
Viga de carga	0,45	0,122	26,76%	46,50%	0,67
Viga de amarre	0,24	0,074	31,47%		0,35
Losa multitubular	0,04	0,010	24,51%		0,06

Gráfico N°1: Pre-Rendimientos vs Rendimientos modificados Sistema Horizontal a Flexión

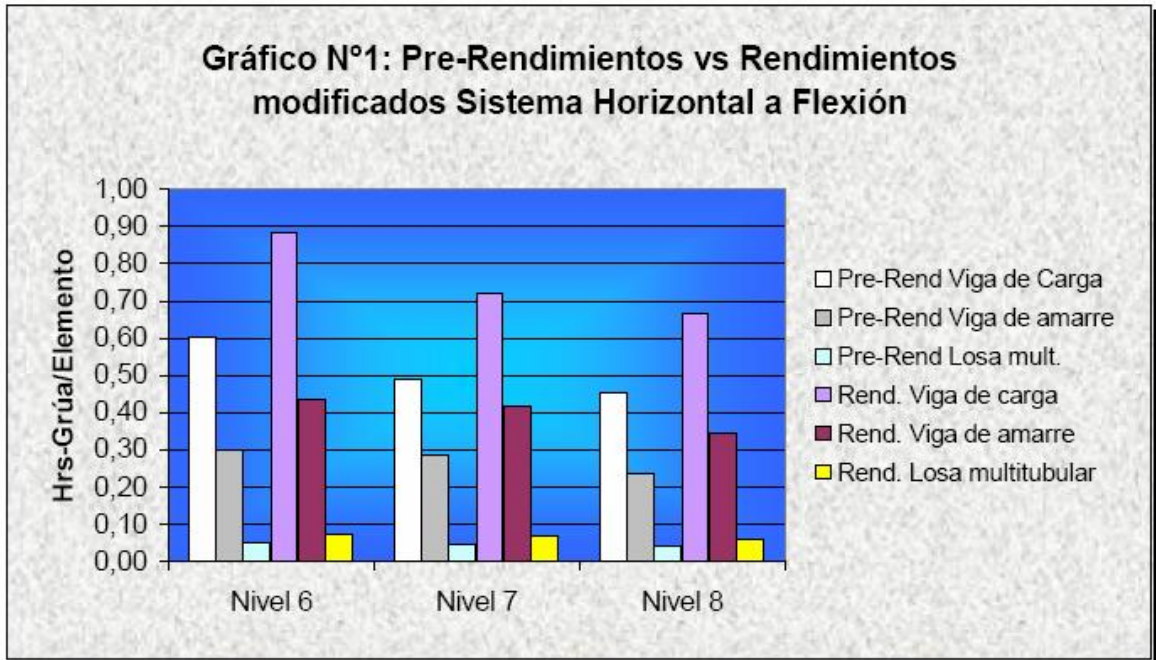
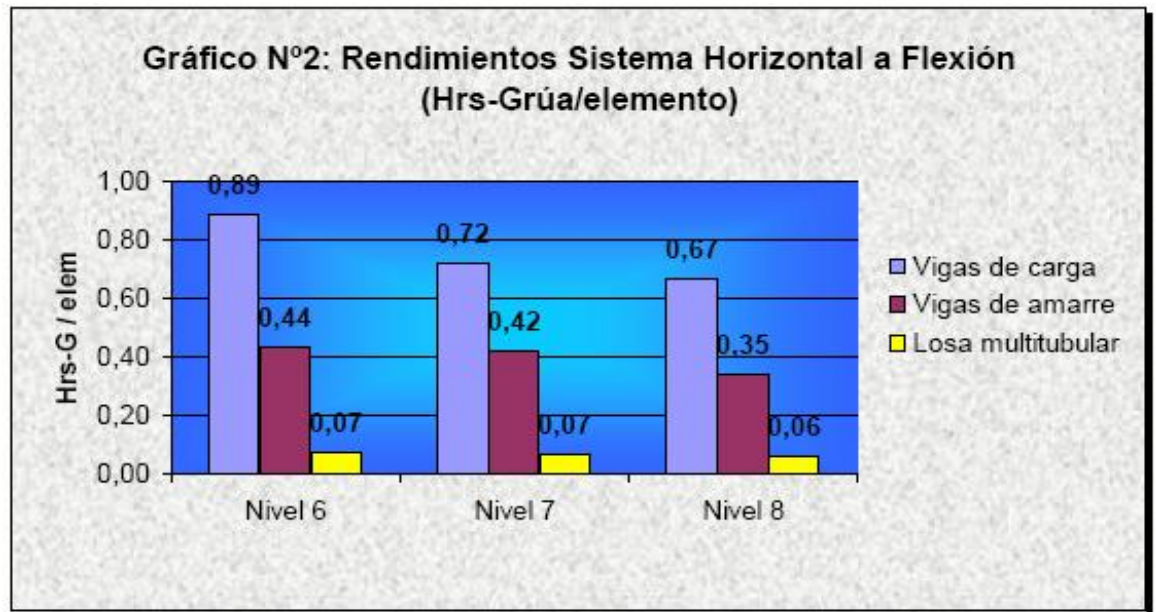


Gráfico N°2: Rendimientos Sistema Horizontal a Flexión (Hrs-Grúa/elemento)



RENDIMIENTO HORAS HOMBRE POR ELEMENTO

CUADRO #7: RENDIMIENTOS (Hrs-Hombre) NIVEL 6					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
Nivel 6	Hrs-H/elem	σ	C.V	(M.Obra)	Hrs-H/elem
Viga de carga	2,16	0,655	30,37%	11,50%	2,41
Viga de amarre	1,00	0,415	41,53%		1,12
Losa multitubular	0,16	0,055	35,40%		0,17

CUADRO #8: RENDIMIENTOS (Hrs-Hombre) NIVEL 7					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
Nivel 7	Hrs-H/elem	σ	C.V	(M.Obra)	Hrs-H/elem
Viga de carga	1,47	0,390	26,48%	11,50%	1,64
Viga de amarre	0,82	0,149	18,19%		0,92
Losa multitubular	0,14	0,037	27,33%		0,15

CUADRO #9: RENDIMIENTOS (Hrs-Hombre) NIVEL 8					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
Nivel 8	Hrs-H/elem	σ	C.V	(M.Obra)	Hrs-H/elem
Viga de carga	1,74	0,457	26,22%	11,50%	1,94
Viga de amarre	0,90	0,274	30,47%		1,00
Losa multitubular	0,16	0,048	29,74%		0,18

Gráfico N°3: Pre-Rendimientos vs Rendimientos Sistema Horizontal a flexión

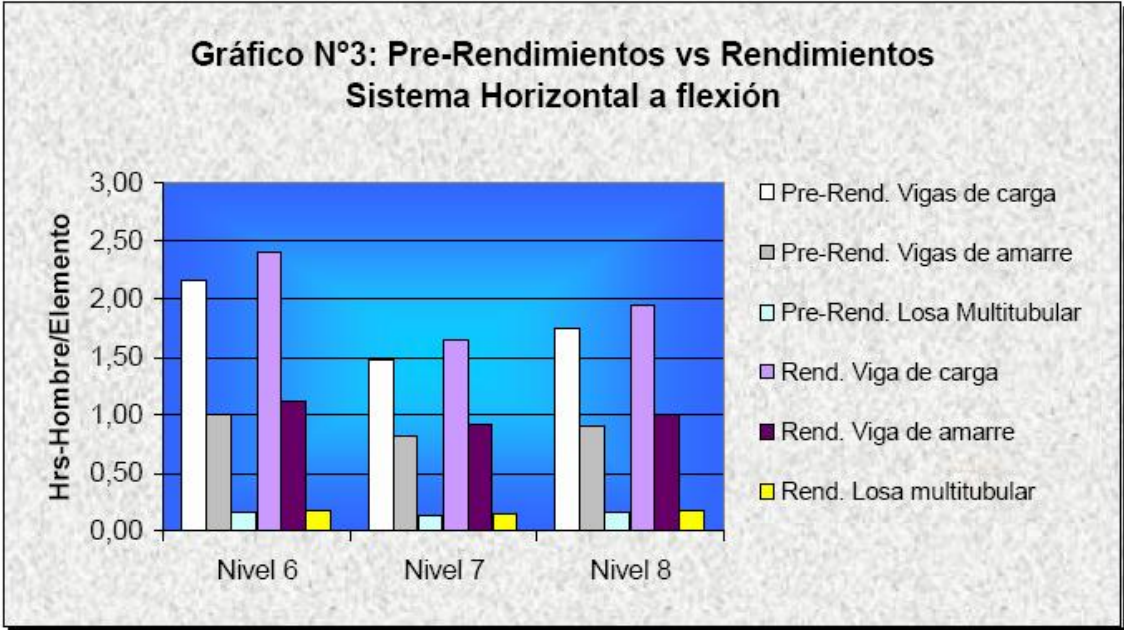
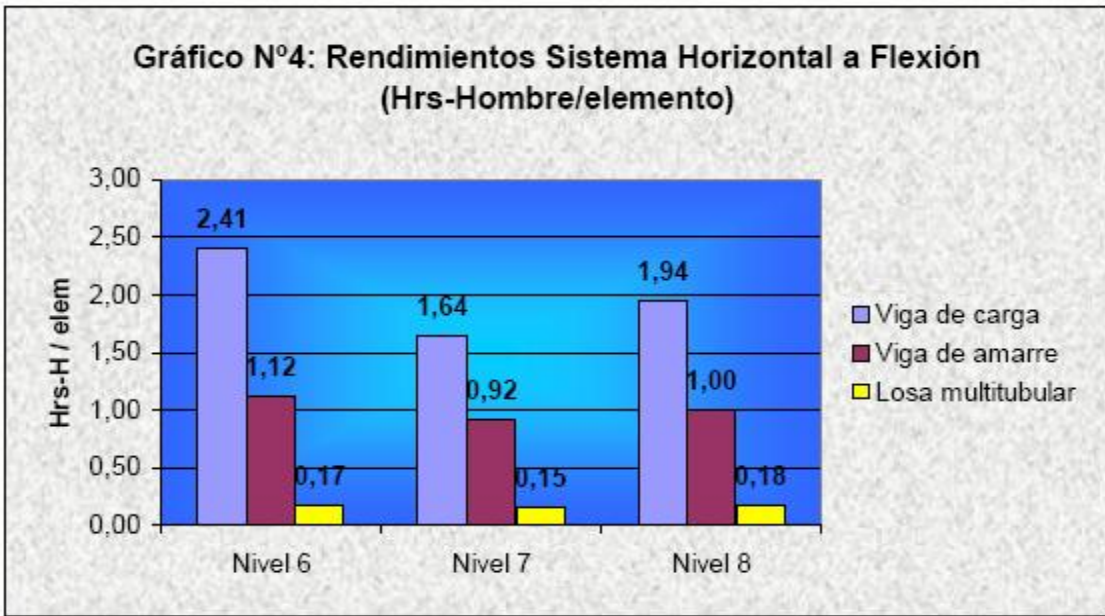
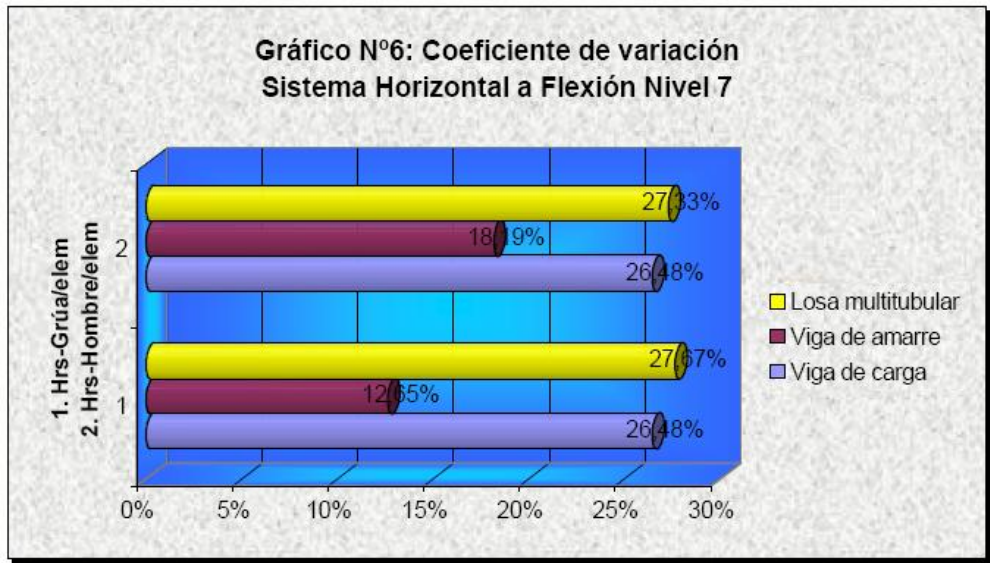
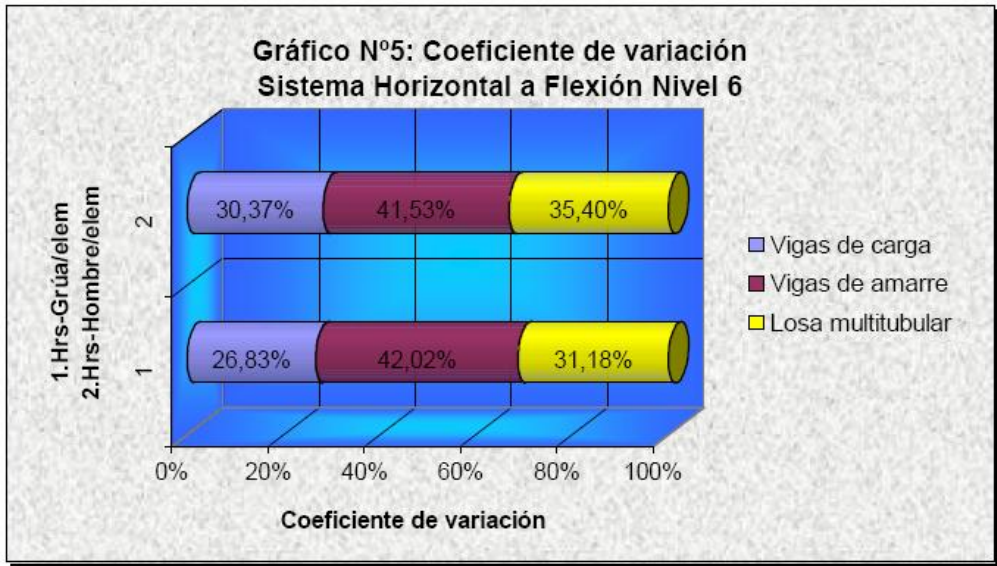
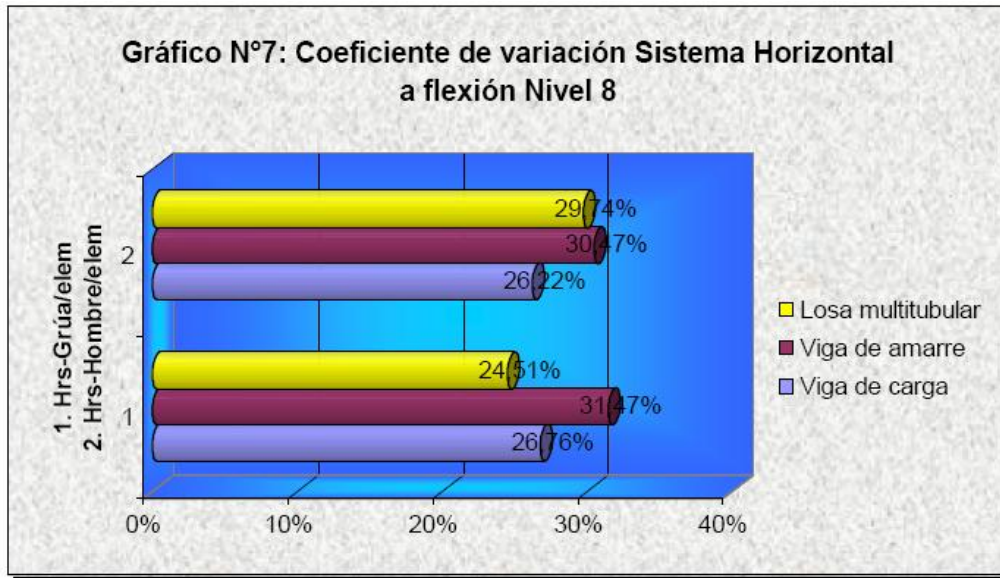


Gráfico N°4: Rendimientos Sistema Horizontal a Flexión (Hrs-Hombre/elemento)







RENDIMIENTOS GLOBALES

CUADRO #10: RENDIMIENTOS POR: m2, m3, ton						
ELEMENTO	POR AREA		POR VOLUMEN		POR PESO	
	Hrs-Gr/m ²	Hrs-H/m ²	Hrs-Gr/m ³	Hrs-H/m ³	Hrs-Gr/ton	Hrs-H/ton
Viga de carga	0,032	0,104	1,354	4,443	0,564	1,851
Viga de amarre	0,006	0,018	0,912	2,817	0,380	1,174
Losa multitubular	0,011	0,031	0,152	0,444	0,063	0,185

SISTEMA NAVE INDUSTRIAL R-PLUS

CUADRO DE ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1: COLOCACIÓN DE PLACAS

CUADRO #11: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	MATERIAL	
Cantidad						
1	Nivelación y trazado	-	-	Back Hoe	1	Tierra, lastre
2	Zanjeo	1		Cinta métrica, nivel	1	-
3	Relleno de toba cemento	2		Compactador	1	Toba cemento
Montaje de Placa						
4	Instalación de eslingas en placa	-	2 Ayudantes + 2 Operarios	Eslingas	2	Placa prefabricada
5	Levantamiento y colocación de placa	4		Grúa móvil	1	
6	Instalación de cuerdas	5		Cuerdas	2	
7	Aplomada	6		Plomo	4	
8	Palanqueo	7		Barra acero	3	

ACTIVIDAD 2: MONTAJE DE COLUMNAS

CUADRO #12: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	MATERIAL	
Cantidad						
1	Colocación de eslingas	-	2 Ayudantes + 4 Operarios	Eslingas	2	Columna prefabricada
2	Transporte aéreo de columna	1		Grúa móvil	1	
3	Montaje sobre placa prefabricada	2		Grúa móvil	1	
4	Colocación de varillas para apuntalar	3		Varilla # 8 (75cm) y escalera	2, 1	
5	Colocación de puntales	4		Puntal 3x	4	
6	Colocación de plomos (2 plomos)	5		Plomo	2	
7	Ajuste de puntales	6		Maso	2	
8	Introducción de calzas	7		Alfajillas (cabos 1"x3")	8	
9	Relleno de concreto unión placa-columna	8		Concreto expansivo fc=350kg/cm2	0,3	Concreto
10	Introducción de vibrador sobre concreto	9		Vibrador de barra	1	

ACTIVIDAD 3: MONTAJE DE VIGA CERCHA

CUADRO #13: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	MATERIAL	
Cantidad						
1	Colocación de eslingas	-	2 Ayudantes+ 3 Operarios	Eslingas	4	Viga cercha prefabricada
2	Ubicación de cercha	1		Grúa móvil	1	
3	Ascenso con dos izajes	2		Grúa móvil	2	
4	Descenso	3		Grúa móvil	2	
5	Verificación de empotramiento	4		Cinta métrica	2	
6	Colocación de estacas	5		Mazo	2	
7	Soldar herrajes (viga-columna)	6		Máquina de soldar	2	Cordón de soldadura
8	Deslingado	7		-	-	-

ACTIVIDAD 4: MONTAJE DE VIGA TECHO

CUADRO #14: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	MATERIAL	
Cantidad						
1	Lingado	-	2 Ayudantes + 2 Operarios	Eslingas	4	Viga techo prefabricada
2	Ascenso	1		Grúa móvil	1	
3	Verificación de empotramientos	2		Cinta métrica	1	
4	Colocación de estacas	3		Mazo	2	
5	Deslingado	4		-	-	

ACTIVIDAD 5: MONTAJE DE VIGA CANOA

CUADRO #15: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	MATERIAL	
Cantidad						
1	1. Lingado	-	2 Ayudantes + 3 Operarios	Eslingas	4	Viga canoa prefabricada
2	2. Ascenso	1		Grúa móvil	1	
3	4. Verificación de empotramientos	2		Cinta métrica	2	
4	5. Colocación de estacas	3		Mazo	2	
5	6. Deslingado	4		-	-	

ACTIVIDAD 6: MONTAJE PANEL DE CERRAMIENTO

CUADRO #16: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	MATERIAL	
			Cantidad			
1	Colocación de "U s" en panel	-	2 Ayudantes + 2 Operarios	U" s	2	Panel de cerramiento prefabricado
2	Lingado	1		Eslingas	1	
3	Ascenso vertical	2		Grúa móvil	2	
4	Descenso vertical	3		Grúa móvil	2	
5	Verificación de empotramiento	4		Cinta métrica	2	
6	Movilización horizontal	5		Barra acero	1	
7	Deslingado	6		-	-	

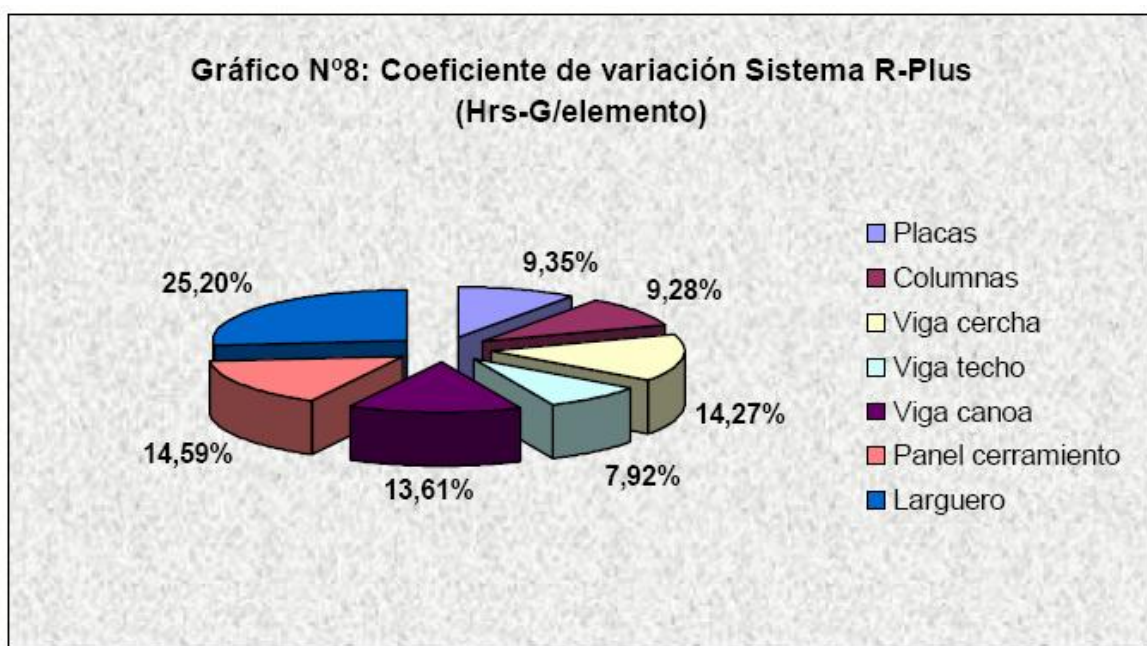
ACTIVIDAD 7: MONTAJE DE LARGUEROS

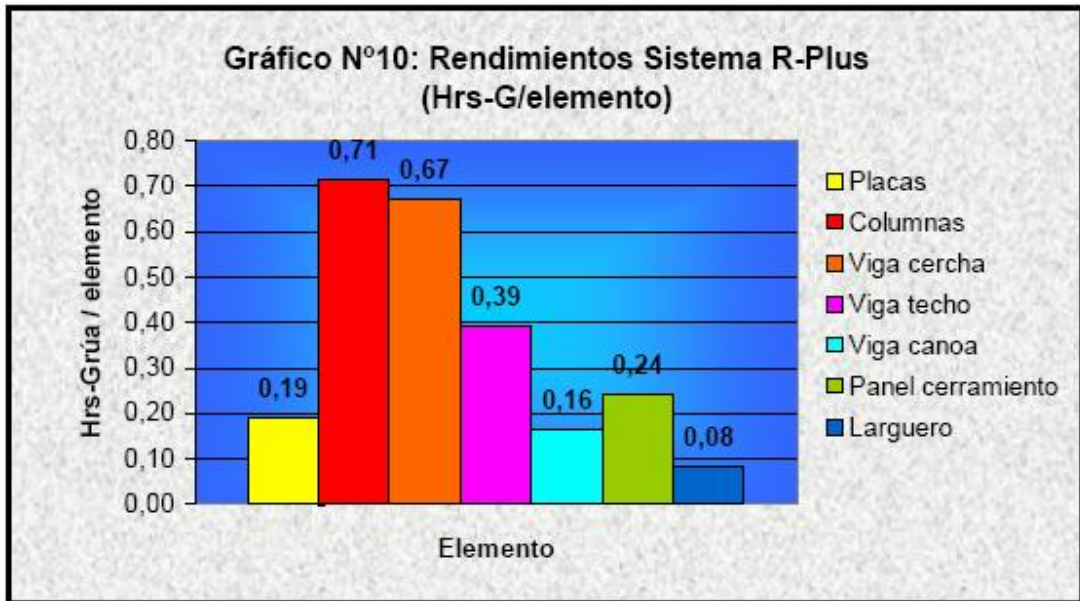
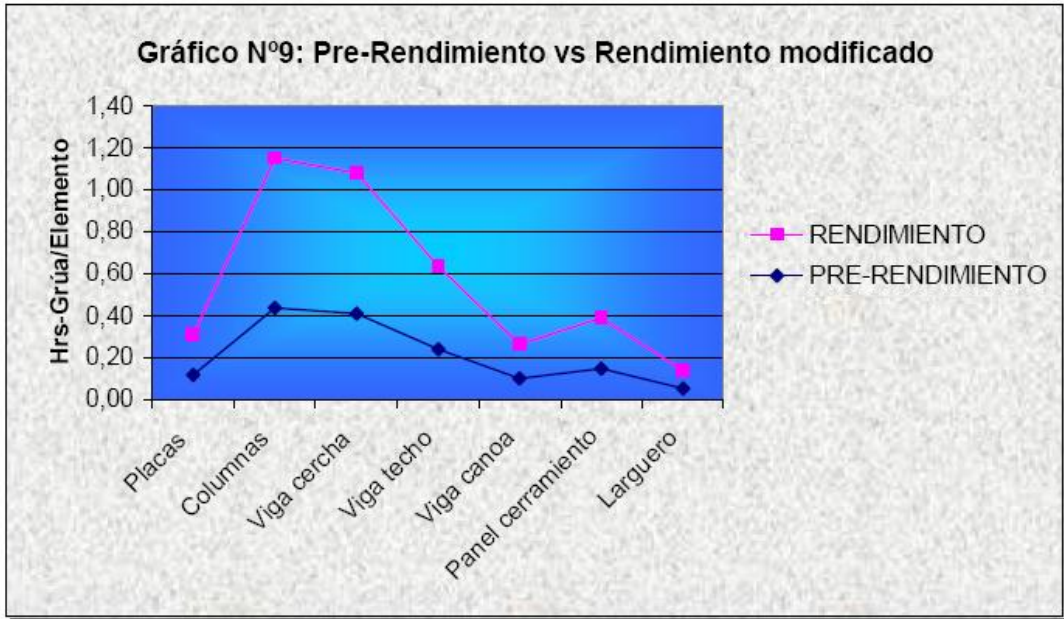
CUADRO #17: ACTIVIDADES Y SUB-ACTIVIDADES						
ITEM	SUB-ACTIVIDAD	PREDECESORA	RECURSOS			
			CUADRILLA	HERRAMIENTA Y EQUIPO	MATERIAL	
			Cantidad			
1	Lingado	-	1 Ayudante + 2 Operarios	Eslingas	2	Largueros prefabricados
2	Ascenso	1		Grúa móvil	1	
3	Instalación extremos	2		Grúa móvil	1	
4	Colocación tornillos (fijación)	3		Llave corona	2	
5	Deslingado	4		-	-	

Cronograma Proyect

RENDIMIENTO HORAS GRUA POR ELEMENTO

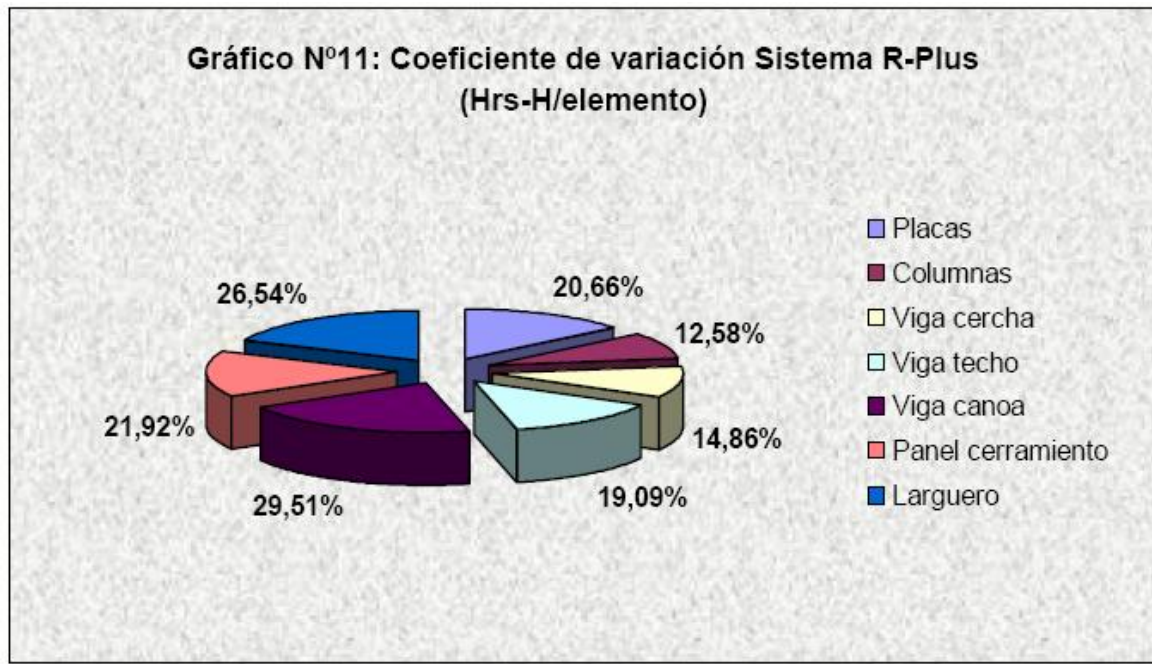
CUADRO #18: RENDIMIENTOS Horas-Grúa/elemento					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
	Hrs-Gr/elem	σ	C.V	(Grúa)	Hrs-Gr/elem
Placas	0,12	0,011	9,35%	63,63%	0,19
Columnas	0,44	0,040	9,28%		0,71
Viga cercha	0,41	0,058	14,27%		0,67
Viga techo	0,24	0,019	7,92%		0,39
Viga canoa	0,10	0,014	13,61%		0,16
Panel cerramiento	0,15	0,022	14,59%		0,24
Larguero	0,05	0,013	25,20%		0,08

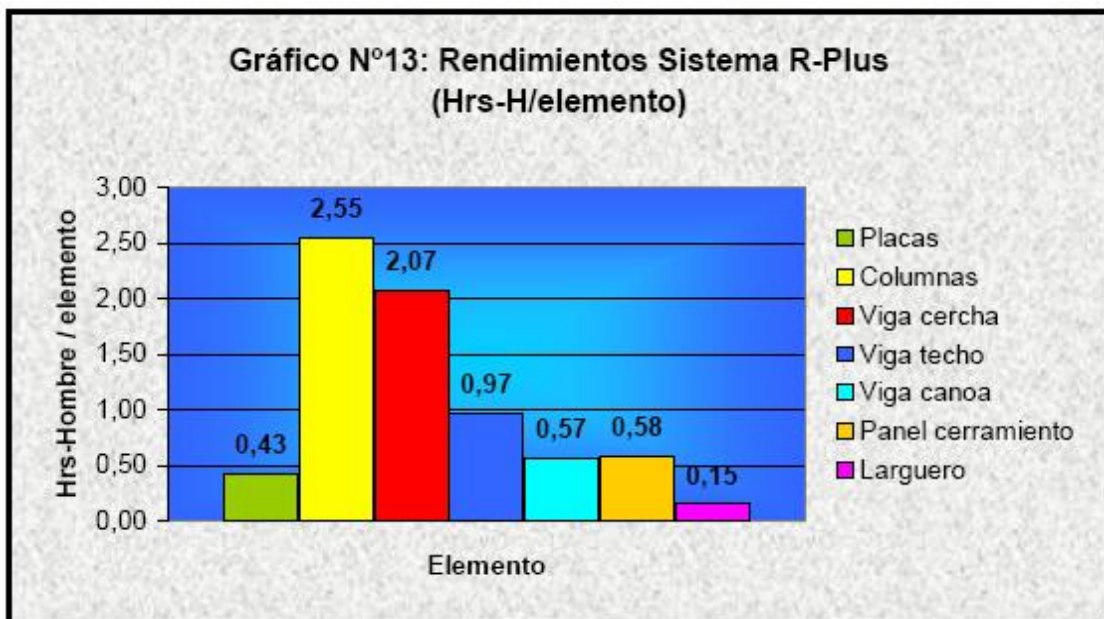
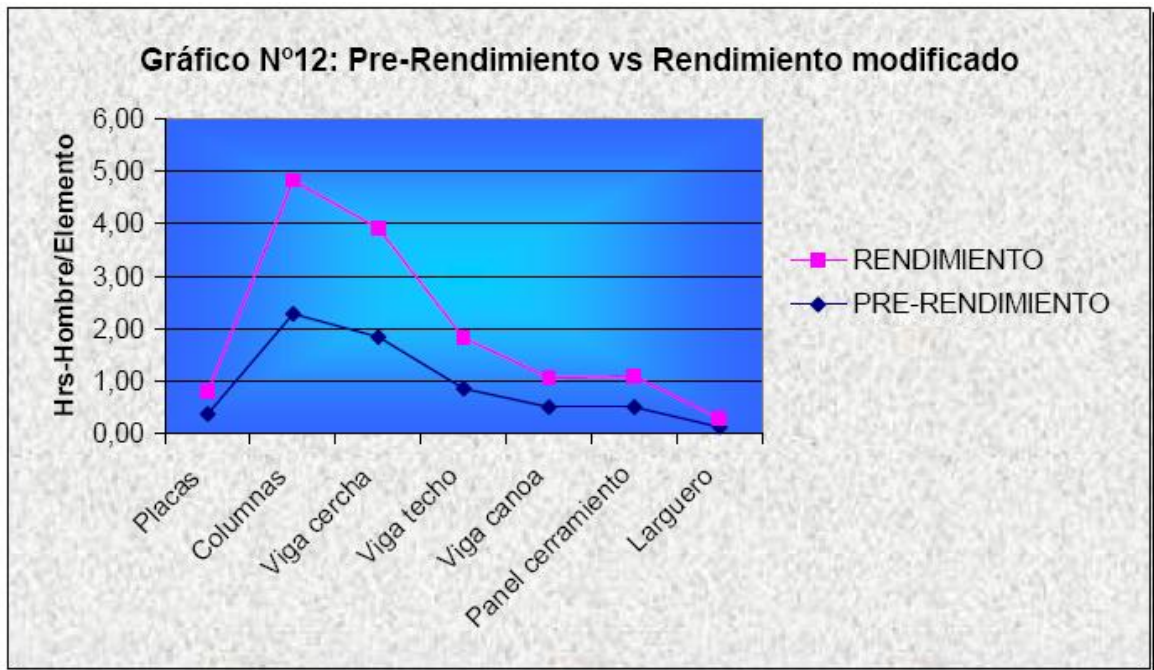




RENDIMIENTO HORAS HOMBRE POR ELEMENTO

CUADRO #19: RENDIMIENTOS Horas-Hombre/elemento					
ELEMENTO	PRE-RENDIMIENTO	DESVIACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACION	FACTOR DE AJUSTE	RENDIMIENTO
	Hrs-H/elem	σ	C.V	(M.Obra)	Hrs-H/elem
Placas	0,38	0,079	20,66%	11,50%	0,43
Columnas	2,28	0,287	12,58%		2,55
Viga cercha	1,85	0,275	14,86%		2,07
Viga techo	0,87	0,165	19,09%		0,97
Viga canoa	0,51	0,150	29,51%		0,57
Panel cerramiento	0,52	0,114	21,92%		0,58
Larguero	0,14	0,036	26,54%		0,15





RENDIMIENTOS GLOBALES SISTEMA R-PLUS

CUADRO #20: RENDIMIENTOS GLOBALES						
ELEMENTO	POR AREA		POR VOLUMEN		POR PESO	
	Hrs-Gr/m ²	Hrs-H/m ²	Hrs-Gr/m ³	Hrs-H/m ³	Hrs-Gr/ton	Hrs-H/ton
Placas	0,002	0,005	0,182	0,513	0,076	0,214
Columnas	0,006	0,029	0,340	1,528	0,142	0,637
Viga cercha	0,003	0,012	0,182	0,709	0,076	0,295
Viga techo	0,001	0,002	0,227	0,703	0,094	0,293
Viga canoa	0,001	0,003	0,066	0,289	0,028	0,121
Panel cerramiento	0,009	0,027	0,184	0,554	0,077	0,231
Larguero	0,003	0,006	0,212	0,483	0,088	0,201

Análisis de resultados

Los valores de rendimientos obtenidos fueron bastante confiables ya que su proceso de recolección y descripción fue bastante minucioso y objetivo, dándonos estimaciones reales y eliminando aquellos datos dudosos o que estuvieran fuera de los límites establecidos.

Los cuadros de actividades y sub-actividades nos brindan una amplia información del orden de tareas a realizar, así como la cantidad requerida de trabajadores, sean ayudantes, peones y operarios. La otra información tabulada es la cantidad y tipo de recursos a utilizar para lograr los objetivos de cada una de las sub-actividades, lo cual es indispensable que cada uno de estos recursos hallan sido tomados en cuenta en el inventario de bodega que suplirá el proyecto, de lo contrario sumará tiempos en búsqueda de los mismos.

Para el sistema Horizontal a Flexión en el cuadro de actividades y sub-actividades (*cuadros N°1, N°2 y N°3*) se observan factores negativos y positivos que inciden en el montaje:

- *La definición de niveles de fondo de viga* (vigas de carga y amarre) tienen que quedar bien ubicados ya que de lo contrario variarán el N.P.T (Nivel de Piso Terminado) como fue en algunas ocasiones.
- *Colocación de herrajes*. Para realizar esta tarea se consideraron dos aspectos para lograr rapidez: 1) apuntalamiento temporal con soldadura 6013 y 2) resoldado final con soldadura 7018. La soldadura final es la capaz de resistir la carga que le transmite el sistema al herraje.

- *Colocación de puntales verticales* (Tipo 3x). Esta sub-actividad se observó que muchas veces no previeron la junta de pares de puntales (guapeado) para estar listos una vez colocada la viga sobre los herrajes, por lo tanto la grúa demoraba más mientras preparaban la obra falsa.
- *Lingado de viga*. Se realizó en forma eficiente con ganchos, caso contrario que demora más tiempo es con la utilización de grilletes, ya que el grillete tiene que ser enroscado dos veces, una para desenganchar y otra para enganchar.
- *Transporte de viga*. Esta tarea fue muy variable ya que depende de la ubicación lateral, altura y posición del camión con respecto a la base de la grúa.
- *Montaje sobre herrajes*. Se observó que presenta el siguiente atraso. Una vez lingada la viga se levanta a una altura de 1.80m y el operario con la cinta métrica marca una línea de centro en el fondo de la viga (ambos extremos), esto para ser ubicada fácilmente con el eje de la columna o muro que la recibe.
- *Ajuste de puntales verticales*. No se realizó de la mejor manera, ya que, la tuerca que ajusta la elongación del puntal era necesario roscarla mucha distancia, por lo tanto demoraba más.
- *Instalación de puntales laterales* (Tipo 4x). Esta tarea se efectuó de manera correcta ya que los operarios ya tenían previsto un "pin" (en varilla #4) o alfajilla (pieza de madera de 2"x3") fijada en el suelo, esto para evitar el desplazamiento de la componente horizontal que ejerce la viga al puntal telescópico.
- *Lingado de panel multitubular*. Al igual que las vigas se utilizaron lingas, pero a

diferencia es que éstas son de un diámetro menor para facilidad de manejo, sin embargo tiene un inconveniente y es a la hora de deslingar el panel ya que las gasas en los extremos de la linga se presanan en medio del panel a colocar y el anterior .

- *Alineado de panel multitubular* (en dos sentidos, eje x y eje y). Actividad de vital importancia debido al apoyo de la losa sobre la ménsula de la viga (7.5cm) ya que, si se sobrepasa en un extremo entonces el otro no cumplirá con el mínimo, es decir, el alineamiento de este elemento es un “tanteo” que realizan los operadores con las barras de acero haciendo palanca con los aros de las vigas prefabricadas.

Analizando el sistema R-Plus en el cuadro de actividades y sub-actividades (*cuadros del N°11 al N°17*) también se denotan factores que pueden mejorarse, entre ellos:

- *Montaje de viga cercha*. Ubicación de viga. Esta sub-actividad está de más, ya que, desde la descarga del camión se tenía que tener previsto la ubicación, de manera que, solo se realizara un izaje de ascenso y no dos como fue el caso.
- *Verificación de empotramientos en vigas cercha, techo y canoa*. Se observó que dada la experiencia del personal de montaje y operador de grúa se realizó con suficiente rapidez. En esta actividad se destaca como el recurso humano influye en gran medida, ya que un operador de experiencia limitada no tiene las mismas cualidades desarrolladas como: pulso, vista, estabilidad de la carga con el brazo de la grúa, etc.

En el diagrama de Gantt para el sistema Horizontal a Flexión se observa la secuencia de montaje iniciando con las vigas de carga, vigas de amarre y finalizando con las losas multitubulares. El montaje de las vigas de carga es una tarea crítica debido a que son las que soportan las losas multitubulares, contrario tenemos las vigas de amarre que no son críticas, pero si pueden intervenir en el proceso en casos específicos, por ejemplo, la modulación de multitubulares puede sobrepasar por centímetros

la línea del eje de la viga de amarre, consecuentemente si ya se tenía colocada la losa y sucede esta situación, habrá que desmontar la losa, montar la viga de amarre y luego volver a colocar la losa multitubular, proceso de montaje extendido. Constructivamente es mejor colocar elementos con características comunes: vigas de carga y vigas de amarre, esto debido a las labores que realizan los operarios, ya que, si se está apuntalando es mejor realizarlo como un proceso continuo y no tener lapsos de intercambio de tareas que contribuyen a la reubicación y reasignación de labores. El montaje de las losas multitubulares si dependen en un 95% del montaje de vigas de carga, el restante 5% es para las losas apoyadas en obra falsa, casos de losas que llegan a muros sin ménsula. Otro factor indicado en el diagrama es el recurso de la mano de obra y grúa. La mano de obra juega un papel importantísimo a la hora de asignar tareas a operarios sin que éstos tengan que realizar otras tareas al mismo instante (sobre-asignación), situación que se presenta muy bien en el diagrama cuando se está terminando de ajustar los puntales verticales (de la viga de carga) ya el ayudante A y el ayudante B tienen que estar lingando la viga de amarre.

Para el sistema R-Plus en el diagrama de Gantt se identifica el orden lógico de montaje iniciando con la colocación de placas, luego montaje de columnas que se empotran en las placas, montaje de paneles de cerramiento entre columnas, éstas tienen un canal en el cual se enriela el panel, luego el montaje de las vigas cercha, montaje de vigas canoa y techo, para concluir con el montaje de los largueros. Entre estas actividades existe una gran dependencia de unas con otras, proceso constructivo que se manejó de la manera correcta por experiencia de montajes anteriores realizar por la empresa. Las vigas cercha se montaron antes que las vigas canoa y las vigas de techo, debido a los traslapes de acero en los nudos de las columnas (capitel). También se realizó de manera correcta el montaje prioritario de los paneles de cerramiento antes que las vigas canoa, de lo contrario las vigas impedirían el deslizamiento de los paneles sobre la sección de las columnas.

En los dos proyectos analizados su personal de trabajo tiene jornadas laborales continuas, por lo que las cuadrillas de trabajadores están

acostumbradas a trabajar por horas, lo cual tiene como consecuencia “el tortuguismo”, fenómeno muy común en el ambiente de la construcción y en este proceso es sinónimo de igualdad debido a la variación de rendimientos de montaje.

Los datos eliminados para la estimación de los rendimientos tienen causas justificables que intervinieron en el proceso de dicha medición, causas que perjudicaron o alargaron actividades muy por encima de la media aritmética. Entre los factores encontrados tenemos:

- paralización de montaje de elementos por horas de almuerzo y café,
- paralización por escasez de puntales de soporte,
- paralización por falta de herramienta y equipo que laboraba en otro frente de trabajo,
- paralización por errores en estructura que soporta el prefabricado (herrajes y muros),
- paralización por abastecimiento eléctrico para la grúa torre,
- paralización por desconocimiento de la ubicación de elementos en ejes y en la mayoría de los casos por complicación de montaje debido a errores de elementos.

Estos errores de elementos básicamente fueron: dimensiones no correspondientes al diseño, elementos fisurados, lagarteados o quebrados, vigas que con sus aros abiertos chocan con los paneles de manera que dificultan la movilización y colocación, además de entrega de prefabricado fuera del tiempo establecido.

Dichas causas produjeron efectos que con la acumulación incrementan tiempos en actividades críticas, siendo éstas las que prolongan los plazos de montaje y en consecuencia plazos de entrega del proyecto.

Con la información recopilada en el campo se ha desglosado los rendimientos en dos tipos diferentes para cada uno de los sistemas:

- **Rendimiento en horas grúa por elemento prefabricado.** Tiempo consumido en horas grúa móvil o torre

desde el lingado de los elementos, transporte, ubicación y colocación final.

- **Rendimiento en horas hombre por elemento prefabricado.** Tiempo requerido en horas hombre para realizar el montaje de un elemento prefabricado, sin considerar chorreas de nudos, armadura y completamientos.

Así también se han determinado rendimientos para el cálculo de actividades por área, volumen y peso. Estos rendimientos son de gran utilidad como herramienta en momentos de estimación y presupuestación rápida para la toma de decisiones, eso sí, hay que tener una visualización bastante amplia del alcance y magnitud, ya que no es lo mismo realizar un presupuesto detalladamente a uno global.

En el *gráfico N°1 y N°3* se realiza una comparación de los pre-rendimientos versus los rendimientos afectados por el factor de ajuste. Los factores de ajuste en muchas ocasiones no son considerados pero esto es lo que produce estimaciones fuera del tiempo estipulado, ya que por ejemplo el operador de la grúa móvil alcanza un 37% del tiempo muerto y un 14.3% de su jornada laboral (10.5 horas) solamente en espera de órdenes, lo cual es un porcentaje alto que se puede mejorar con una buena comunicación. Otro parámetro que hace diferencia en los factores de ajuste es la movilización de la grúa con respecto a la estacionaria (torre), la variación es de un 17.13% (factor de ajuste grúa móvil 63.63%, factor de ajuste grúa torre 46.50%).

En el *gráfico N°2* (Rendimientos del sistema Horizontal a Flexión en horas grúa por elemento) se observa la variación decreciente de los rendimientos por nivel y por elemento, ésta variación se debe principalmente a la práctica constante que permite conocer y mejorar los procesos de montaje de las actividades repetitivas. En el mismo gráfico la variación también se debe a la rotación y cambio de personal laboral. La constante rotación de personal ya sea por despido, migración, incapacidad y nivel de aprendizaje (falta de experiencia) hace perder tiempo en nuevas capacitaciones que al estar sucediendo producen discontinuidades en los rendimientos.

La diferencia de rendimientos entre elementos del sistema horizontal a flexión se debe principalmente a la nivelación y aplome. La viga de carga una vez lingada y ubicada sobre el herraje respectivo requiere más tiempo de ajuste de puntales (gatas) porque hay mayor cantidad que en las vigas de amarre, además de la utilización adicional de puntales diagonales. Luego de que se estaba seguro del ajuste de puntales, se deslingaba de la grúa y se hacían reajustes, pero, sin la ayuda de la grúa. Caso totalmente contrario tenemos los rendimientos altos en las losas multitubulares, que no necesitan aplomarse ni nivelarse debido a que ese tiempo ya fue consumido por las vigas de carga.

La desviación estándar general presentada en los cuadros N°4 al N°9, N°18 y N°19 nos indican el rango en que se encuentra cada uno de los rendimientos. Este rango de variación nos permite utilizar diferentes valores de rendimientos para un mismo rendimiento, de manera que conociendo las condiciones de sitio, tipo de proyecto, ubicación, recursos, accesos, tiempo cronológico, entre otros, nos da valores extremos (mínimos y máximos) que pueden variar dicho rendimiento.

El coeficiente de variación nos indica qué tan confiables son los datos debido a su variabilidad. En el sistema Horizontal a Flexión tenemos un coeficiente de 42.02% (gráfico N°5) para el montaje de vigas de amarre en horas grúa, lo cual nos indica un valor cercano al 50% que, de una u otra manera nos hace ver este rendimiento de manera pesimista, estimando que un valor cercano al 10% es mucho más confiable. De igual manera en el sistema R-Plus existe una actividad que también se encuentra en un porcentaje alto y es el montaje de vigas canoa con un 29.51% (cuadro #19), la variabilidad alta se debe a que para esta actividad se tomaron solamente cuatro muestras.

En el proceso de construcción del sexto nivel en el sistema Horizontal a Flexión se observó que el recurso humano se sobre-asignó. Durante el transcurso de actividades de montaje ayudantes y operarios abandonaban su labor para realizar otro tipo de tareas como: quitar formaleta, acarrear material, entre otras, motivo por el cual

el rendimiento es el más alto de los tres niveles 2.41 Hrs-H/elemento, Gráfico N°4.

Dentro del análisis de los sistemas se realiza la siguiente observación:

- **Sistema Horizontal a flexión.**

El montaje de este sistema fue realizado por un contratista que era supervisado por un ingeniero residente, además de un ingeniero de montaje de la empresa Estructuras de Concreto S.A.

- **Sistema Industrial R-Plus.**

Totalmente contrario al sistema Horizontal a flexión este montaje fue realizado con personal de montaje de Estructuras de Concreto S.A, personal de años de experiencia en montaje de prefabricados.

Dado lo anterior es por lo cual la mayor cantidad de observaciones con respecto a la utilización de elementos prefabricados se le realiza al sistema Horizontal a flexión, ya que, es un personal que no está lo suficientemente capacitado para este tipo de labores, sin embargo, la constante repetición de actividades hace al trabajador que se capacite para realizar dicha labor, caso que tenemos con la disminución de los rendimientos de montaje del nivel 6 al nivel 8 (ver cuadros N°7, N°8 y N°9).

Propuestas de optimización

Para optimizar el montaje de estructuras prefabricadas de concreto fue necesario un análisis de cada una de las actividades, sub-actividades y entorno actuales que componen los diferentes sistemas, de manera que nos brinden las directrices y procedimientos para mejorar la eficiencia del proceso de montaje.

Sistema Horizontal a Flexión

1. Se debe contar con un operador encargado solamente en labores de montaje, dicho operador debe ser responsable y retener al máximo su cuadrilla de montaje sin que se la alteren o varíen para no tener que capacitar nuevo personal. Además se deben depurar las cuadrillas, manteniendo siempre operarios eficientes en labores de montaje y los menos eficientes en actividades como “guapeado” de puntales, desarme de obras falsas y ajuste de gatas.
2. Para facilitar la ubicación inmediata de elementos para montar se demarcará previamente en muros o columnas el elemento (viga de carga o viga de amarre) que se colocará en la parte superior, de manera que se visualice rápidamente el elemento. Dicha labor se realizará una vez chorreados los muros estructurales de soporte, para ello el operador ubicará con planos el lugar exacto y demarcará con una tiza o crayón

el código del elemento que se monta sobre ese muro o columna.

3. Realizar un cronograma de actividades de la grúa torre. En dicho cronograma se establecerán las actividades que realizará la grúa, respetando las horas disponibles a las que se dedicará a una sola actividad sin intervención de otras. En este cronograma se establecerán actividades como: montaje de prefabricados, acarreo de material, chorreas de concreto, horas de comida, satisfacción de necesidades del operador, mantenimiento electromecánico, entre otras.
4. Realizar propuestas a los trabajadores de terminar tareas por actividad y no por horas laborables. Por ejemplo fijarse metas de cantidad de elementos a montar por día o por semana y así disminuir el cronograma general. De esta manera se elimina por completo el fenómeno del “tortuguismo” y se motiva el personal otorgando salidas diarias antes de la hora prevista.
5. Realizar reuniones de coordinación en períodos cortos donde se especificarán objetivos diarios de montaje. En esta reunión acudirán el ingeniero, el maestro de obras, el operador de la grúa y un representante de la cuadrilla de montaje. De esta manera se eliminarán los tiempos muertos que se producen por dudas o indecisiones en el orden y organización del proceso de actividades de montaje.
6. Se recomienda en todo momento la utilización de un radio intercomunicador para que facilite las maniobras de montaje, y así lograr una mayor fluidez del proceso.
7. Implementar desde la planta de producción el marcado (en bajo relieve) de una línea central en los extremos de fondo de viga, esto para reducir el tiempo de montaje, ya que se requiere primero

ascender la viga a 1.80m, medir la mitad del ancho y marcar con un crayón, para luego dar línea con centros de ejes.

8. Este sistema funciona en conjunto con la confección y colado de columnas, por lo tanto se debe tener muy claro a que altura se debe llegar con el concreto y la armadura, para así evitar complicaciones en el montaje de vigas, básicamente con el empotramiento de "escuadras" (o patas) previstas en la viga con las columnas o muros.
9. Se recomienda aumentar la cuadrilla de montaje a un operario B, más un ayudante D. El operario B faltante se encargará solamente en labores de montaje junto con el operario A, mientras que el ayudante D realizará labores de colocación de puntales, "guapeado", lingado de elementos entre otras tareas.
10. Para evitar diferencias de nivel de piso terminado a nivel de piso terminado del siguiente entepiso debido a contraflechas de losas multitubulares, se recomienda trabajar los niveles de fondo de viga 1cm (un centímetro) debajo de lo requerido.

Sistema R-Plus (Nave Industrial)

1. La organización de sitio con respecto al acomodo de material prefabricado y ubicación de banqueo de grúa, deberá ser definida previamente por el ingeniero a cargo y no por el maestro de obras u operador de la grúa móvil. Esto se realizará por medio de una pequeña reunión en el sitio en la que interviene el personal previamente mencionado, y se verán puntos como: lugar en donde el trailer descargará los prefabricados de manera que en ese mismo sitio la grúa descargue y monte los elementos, sin tener que realizar otro banqueo.
2. El ingeniero a cargo del montaje deberá realizar cálculos periódicamente, de manera que le ahorre tiempo al operador de la grúa. Los cálculos básicamente son sobre las capacidades de la grúa en banqueos específicos o mucho mejor dibujar en formato electrónico los radios y alcances de capacidad de la grúa.
3. Para lograr una reducción en los rendimientos globales de elementos, también se debe pensar en reducir el número de piezas. Por ejemplo hacer en una sola pieza la placa y columna prefabricada, de manera que la grúa solo hará un movimiento y no dos.
4. Realizar análisis de grúas de mayor capacidad versus tiempo de entrega. La grúa de mayor capacidad aumenta el costo del proyecto, pero disminuye el tiempo de ejecución debido a la facilidad de maniobra de elementos prefabricados, además para este sistema nos beneficia el montaje de vigas cercha con sólo una grúa. El acortar el proceso de montaje disminuye la cantidad de horas hombre a lo largo del proyecto.
5. Entre las observaciones realizadas durante el proceso de construcción se destacan errores de coordinación que hubieran facilitado el manipuleo de elementos prefabricados. Básicamente consiste en el orden de apilamiento de elementos en el trailer para las losas multitubulares. Se deben de colocar las losas a utilizar de primero en el montaje en la parte de abajo del trailer, para que cuando éstas se descarguen queden de primero en la parte de arriba. Este orden aumenta o disminuye el número de movimientos que debe de realizar la grúa que esté realizando dicho montaje.
6. El ingeniero responsable debe realizar chequeos constantemente del cronograma general del proyecto, específicamente en actividades de montaje, para ubicar puntos de desplazamiento entre tareas predecesoras, y así considerar los tiempos de inicio entre una tarea y otra.

Lo que se pretende es cuantificar los parámetros de manera porcentual en el instante en que una actividad comience antes de haber finalizado la actividad anterior. De esta manera se dará un seguimiento y control que nos retroalimente en caso de omisión de errores en actividades de montaje.

Conclusiones

- Se logró obtener información actualizada sobre los rendimientos en horas-grúa por elemento y horas-hombre por elemento de los sistemas Horizontal a Flexión y sistema R-Plus.
- Se estableció el proceso de asignación de recursos, mano de obra, actividades y sub-actividades de los dos sistemas analizados.
- Se identificaron las directrices que nos ayudan a optimizar el montaje de estructuras prefabricadas de concreto, en algunos casos parecieran obvias, sin embargo son directrices que frecuentemente no se utilizan debido a que suponemos que ya los involucrados están concientes de que debe realizarse de una manera que, solucionarán en su debido momento.
- Entre las actividades de los diferentes procesos constructivos se determinó aquellas tareas de mayor peso en horas grúa que son: el montaje de vigas de carga con 0.89 Hrs-G/elemento para el sistema Horizontal a Flexión y 0.71 Hrs-G/elemento para las columnas del sistema R-Plus.
- De igual manera se determinó aquellas tareas de mayor peso en horas hombre que son: el montaje de vigas de carga con 2.41 Hrs-H/elemento para el sistema Horizontal a Flexión y 2.55 Hrs-H/elemento para las columnas del sistema R-Plus.
- Los rendimientos globales por área, volumen y peso son de gran utilidad como herramienta en momentos de estimación y presupuestación rápida para la toma de decisiones.
- El estoqueado (apilamiento de material) debe estar cercano a su lugar de montaje final en la estructura. Por lo tanto a la hora de descarga de elementos debe estar previsto un lugar adecuado, cercano y accesible a la grúa para su acarreo aéreo.
- Se enlistaron las causas que perjudican o intervienen en los procesos de montaje y como consecuencia alargan los tiempos de ejecución de actividades críticas.
- La asignación de tareas para la grúa torre del proyecto Altos de Escazú Torre B, es insuficiente para la cantidad de trabajo adicional al montaje.
- Se debe trabajar con cuadrillas de trabajadores continuas, de manera que la repetición de una actividad sea común y entre más repeticiones hagan, más fácil lo hallarán.
- La planificación adecuada de la secuencia de montaje es vital para la organización en sitio de donde se debe acomodar el material en espera, para luego utilizar la menor cantidad de movimientos de las grúas.
- La elaboración de cronogramas más detallados nos brinda una información más amplia de las actividades y sub-actividades por realizar en procesos de montaje, así como sus recursos.
- La propuesta de imponer a los trabajadores a laborar por tarea

terminada puede aumentar el rendimiento en actividades de montaje.

- La sobre-asignación de recursos en actividades retrasa las siguientes tareas y conforme avanza el proyecto se van acumulando y desordenando los procesos del mismo.

Glosario

Apuntalamiento: sostenimiento temporal de una estructura o elemento. Por lo general en prefabricados es realizado con puntales telescópicos de diferentes capacidades de carga.

Banqueo: movimiento mecánico. Lugar donde se estabiliza la grúa móvil temporalmente.

Cabacote: área de corte en losas multitubulares.

Capitel: extremo superior de las columnas. Unión estructural de columnas con viga cercha y viga canoa.

Celda: pared de concreto vertical de losas multitubulares.

Contraflecha: concavidad de elementos pretensados.

Claro: distancia entre dos columnas o muros. Siempre se debe indicar si el claro es de centro de eje a centro de eje o, de cara a cara de muro o columna.

Completamiento: espacio vacío para colocar armadura y concreto de unión de elementos.

Dovelas: varillas longitudinales de entrepiso.

ESCOSA: Estructuras de Concreto S.A.

Flecha: elemento estructural de la grúa torre. Es el brazo (boom) por donde se desplaza el carro transportador por medio de un cable enhebrado. También pandeo longitudinal de losas multitubulares.

Frente de trabajo: lugar por donde se iniciará una tarea o actividad con su debido personal y recursos. En proyectos donde lo amerite existirán varios frentes de trabajo.

Gancho: dispositivo de anclaje con cables.

Grillete: dispositivo de enganche.

Guapeado: juntar pares de puntales telescópicos por medio de una alfajilla de madera.

Izaje: puntos y movimientos para maniobrar cargas suspendidas.

Herraje: dispositivo para sostener carga.

Larguero: más conocido en la construcción como clavador. Estructura soportante de láminas de techo.

Linga (eslinga): cable para manejo de carga.

Lagarteado: característica posterior al fraguado del concreto. Reventaduras alargadas en el concreto.

Mástil: estructura principal de soporte de las grúas torre.

Ménsula: apoyo de concreto previsto en vigas de carga.

Obra falsa: estructura temporal conformada por puntales telescópicos (2x, 3x, 4x), andamios de carga, vigas de aluminio, alfajillas de 2x3"-3x3"-4x2"

Pasteca: polea de ascenso y descenso. Dispositivo en grúas torre.

Pastilla: sección de vigas (carga y amarre) proporcionada solamente por concreto. Inicia en el fondo de viga hasta nivel superior de altura de chorrea de concreto.

Pinza: también conocido como balancín. Dispositivo de acero, el cual se agarra del gancho de la grúa para levantamiento de losas de entrepiso.

Plazo: tiempo de ejecución de un proyecto.

Pretensado: tensado del acero (alambre, cables torcidos en torones o varillas) previo al colado del concreto.

Postensado: los tendones miembros se esfuerzan después de que ha endurecido el concreto.

Puntal telescópico: o "gata" es una estructura individual de soporte de cargas, de sección circular y altura variables. Tipos de puntales: junior, 2x, 3x, 4x.

Sobrelosa: losa de concreto adicional a la losa de entrepiso, contiene la malla electro soldada. Es la superficie de contacto con el acabado final de piso.

Tolba: tanque utilizado para chorrea de concreto premezclado.

Totuguismo: cultura de pasividad en el trabajo.

Torón: cable de acero entrelazado. Diámetros utilizados varían de ½", 3/8" y 5/16".

Ues: acero de refuerzo utilizado en losas multitubulares.

Apéndices

1. Tabla recopilación de tiempos de montaje, Sistema Horizontal a flexión.
2. Tabla recopilación de tiempos de montaje, Sistema R-Plus.
3. Memoria de cálculo sistema Horizontal a Flexión.
4. Memoria de cálculo sistema R-Plus.
5. Cronograma final del Proyecto de Graduación.

Anexos

1. Tablas de capacidades de carga de grúa torre marca Richier.
2. Tablas de capacidades de carga de grúa móvil marca Coles.
3. Planta típica, proyecto Altos de Escazú Torre B, Sistema Horizontal a Flexión, ubicación de grúa torre.
4. Planta de Fundaciones, elevaciones (fachada principal) y secciones sobre ejes del proyecto Nave Industrial.

Referencias

- Chatfield, Carl, Johnson Timothy. 2003. Paso a Paso Microsoft Office Project 2003. E.E.U.U: Editorial Microsoft Corporation. 604 p.
- Corrales, Rodríguez Ana Elena, Santillán Marín Selene. 2004. Rendimientos del Montaje de los Elementos Prefabricados para el Sistema Multipiso. Informe de Trabajo Final de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Fidelitas. 158 p.
- Departamento de Montaje, 1994. Operación de Grúas, Estructuras de Concreto S.A.. San José, Costa Rica. 150 p.
- María, Lemus Eduardo Ernesto. 1985. Evaluación y Análisis del rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificios de uno a cuatro pisos. Informe final de práctica de especialidad. Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 110 p.
- Miller, Irwin, Freund. 1986 primera edición. Probabilidad y estadística para ingenieros, tercera edición. Estados Unidos: Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 574p.
- Ortiz, Quesada Giannina, Paniagua Madrigal Eduardo. 2003. Costos de la Construcción, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 78 p.
- Ortiz, Quesada Giannina, Datos para facilitar la administración de recursos en la construcción de viviendas, 2000. Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 110p.
- Paniagua, Cascante Ana Nancy. 2006. Rendimientos de la mano de obra en casas de madera. Proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 97 p.
- Paniagua, Madrigal Eduardo M. Sc. 2005. Programación de Proyectos, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 68 p.
- Paniagua, Madrigal Eduardo M. Sc. 1998. Rendimientos de mano de obra en la construcción de edificaciones, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 26 p.
- Sheldon, M. Ross. 2002. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. 1era edición. Editorial McGRAW-HILL. 585p.
- Walpole, Ronald E. 1999. Probabilidad y estadística para ingenieros. 6a edición. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 574p.
- Altamirano, Ing José Luis, 2006, Gerente Departamento de Presupuestos, Estructuras de Concreto S.A. Entrevista
- Torrealba, Ing Silvio Chavarría, 2006, Gerente Departamento de Ingeniería, Estructuras de Concreto S.A. Entrevista
- Steller, Ing Ahías, MAE, 2006, Ingeniero Departamento de Proyectos, Estructuras de Concreto S.A. Consulta personal.
- Ramírez, Ing Marco Tulio Ramírez, MBA, Director de Proyectos, Departamento de Proyectos,

Estructuras de Concreto S.A. Consulta personal.

Probabilidad y estadística, cuaderno de apuntes, 2004, Escuela de Ingeniería en Producción Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

http://

http://

**TABLA RECOPIACION DE TIEMPOS DE MONTAJE EN CAMPO
SISTEMA HORIZONTAL A FLEXION**

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Viga de carga						Peones
2 Viga de amarre						Ayudantes
3 Losa multitubular						Operarios
						Segundos
						M Obras

Observaciones:

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Viga de carga						Peones
2 Viga de amarre						Ayudantes
3 Losa multitubular						Operarios
						Segundos
						M Obras

Observaciones:

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Viga de carga						Peones
2 Viga de amarre						Ayudantes
3 Losa multitubular						Operarios
						Segundos
						M Obras

Observaciones:

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Viga de carga						Peones
2 Viga de amarre						Ayudantes
3 Losa multitubular						Operarios
						Segundos
						M Obras

Observaciones:

REALIZADO POR:

REVISADO POR:

**TABLA RECOPIACION DE TIEMPOS DE MOTAJE EN CAMPO
SISTEMA R-PLUS**

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Placa						Peones
2 Columna						Ayudantes
3 Viga techo						Operarios
4 Viga cercha						Segundos
5 Viga canoa						M Obras
6 Larguero						
7 Panel cerram.						

Observaciones:

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Placa						Peones
2 Columna						Ayudantes
3 Viga techo						Operarios
4 Viga cercha						Segundos
5 Viga canoa						M Obras
6 Larguero						
7 Panel cerram.						

Observaciones:

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Placa						Peones
2 Columna						Ayudantes
3 Viga techo						Operarios
4 Viga cercha						Segundos
5 Viga canoa						M Obras
6 Larguero						
7 Panel cerram.						

Observaciones:

ELEMENTO	CODIGO	FECHA	TIEMPOS DE MONTAJE			CUADRILLA Montaje
			Hora inicio	Hora finaliza	Diferencia (min)	
1 Placa						Peones
2 Columna						Ayudantes
3 Viga techo						Operarios
4 Viga cercha						Segundos
5 Viga canoa						M Obras
6 Larguero						
7 Panel cerram.						

Observaciones:

REALIZADO POR:

REVISADO POR:

MEMORIA DE CALCULO
SISTEMA: HORIZONTAL A FLEXION

Vigas de Carga Nivel 6to

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VC50-16	08-sep	30	4	0,50	2,00
2	VC50-18	08-sep	25	3	0,42	1,25
3	VC50-32	08-sep	35	4	0,58	2,33
4	VC50-21	11-sep	35	4	0,58	2,33
5	VC50-25	14-sep	21	4	0,35	1,40
6	VC50-17	14-sep	36	4	0,60	2,40
7	VC50-19	14-sep	33	4	0,55	2,20
8	VC50-20	18-sep	45	4	0,75	3,00
9	VC50-17	20-sep	40	3	0,67	2,00
10	VC50-27	20-sep	50	3	0,83	2,50
11	VC50-34	20-sep	48	3	0,80	2,40
12	VC50-11	20-sep	40	3	0,67	2,00
13	VC50-16A	25-sep	24	3	0,40	1,20
14	VC50-21A	25-sep	53	4	0,88	3,53
15	VC50-31	25-sep	25	3	0,42	1,25
16	VC50-33	29-sep	41	4	0,68	2,73
		$\Sigma =$	581,00	57,00	9,68	34,53
		x =	36,31	3,56	0,61	2,16
				$\sigma =$	0,162	0,655
				CV =	26,83%	30,37%

Vigas de Amarre Nivel 6to

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VA50-11	08-sep	20	4	0,33	1,33
2	VA50-9	11-sep	21	4	0,35	1,40
3	VA50-10	11-sep	20	3	0,33	1,00
4	VA50-9	18-sep	9	3	0,15	0,45
5	VA50-11	20-sep	30	3	0,50	1,50
6	VA50-9	22-sep	10	4	0,17	0,67
7	VA50-9	22-sep	10	3	0,17	0,50
8	VA50-10	26-sep	23	3	0,38	1,15
		$\Sigma =$	143,00	27,00	2,38	8,00
		x =	17,88	3,38	0,30	1,00
				$\sigma =$	0,125	0,415
				CV =	42,02%	41,53%

Losas Multitubulares Nivel 6to

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	ME13-107	11-sep	3	4	0,05	0,20
2	ME13-18	11-sep	5	3	0,08	0,25
3	ME13-18	11-sep	3	3	0,05	0,15
4	ME13-18	11-sep	3	4	0,05	0,20
5	ME13-18	11-sep	3	3	0,05	0,15
6	ME13-18	11-sep	3	4	0,05	0,20
7	ME13-11	11-sep	5	3	0,08	0,25
8	ME13-11	11-sep	3	3	0,05	0,15
9	ME13-11	11-sep	4	4	0,07	0,27
10	ME13-11	11-sep	4	3	0,07	0,20
11	ME13-11	11-sep	4	3	0,07	0,20
12	ME13-53	14-sep	3	3	0,05	0,15
13	ME13-53	14-sep	2	3	0,03	0,10
14	ME13-53	14-sep	2	3	0,03	0,10
15	ME13-53	14-sep	5	3	0,08	0,25
16	ME13-53	14-ago	3	3	0,05	0,15
17	ME13-53	14-sep	3	3	0,05	0,15
18	ME13-53	14-sep	3	3	0,05	0,15
19	ME13-138	14-sep	3	3	0,05	0,15
20	ME13-140	14-sep	3	3	0,05	0,15
21	ME13-11	14-sep	4	4	0,07	0,27
22	ME13-11	14-sep	3	3	0,05	0,15
23	ME13-18	18-sep	2	3	0,03	0,10
24	ME13-18	18-sep	4	3	0,07	0,20
25	ME13-18	18-sep	2	3	0,03	0,10
26	ME13-18	18-sep	4	4	0,07	0,27
27	ME13-18	18-sep	2	3	0,03	0,10
28	ME13-18	18-sep	2	3	0,03	0,10
29	ME13-81	18-sep	3	4	0,05	0,20
30	ME13-11	19-sep	2	3	0,03	0,10
31	ME13-11	19-sep	2	3	0,03	0,10
32	ME13-11	20-sep	3	3	0,05	0,15
33	ME13-11	20-sep	4	4	0,07	0,27
34	ME13-11	20-sep	2	3	0,03	0,10
35	ME13-11	20-sep	4	3	0,07	0,20
36	ME13-112	20-sep	3	3	0,05	0,15
37	ME13-112	20-sep	3	3	0,05	0,15
38	ME13-112	20-sep	3	3	0,05	0,15
39	ME13-112	20-sep	2	3	0,03	0,10
40	ME13-102	20-sep	2	3	0,03	0,10
41	ME13-112	20-sep	2	3	0,03	0,10
42	ME13-18	21-sep	2	3	0,03	0,10
43	ME13-18	21-sep	3	3	0,05	0,15
44	ME13-18	21-sep	2	3	0,03	0,10
45	ME13-18	21-sep	3	3	0,05	0,15
46	ME13-81	21-sep	5	3	0,08	0,25
47	ME13-18	21-sep	3	4	0,05	0,20
48	ME13-18	21-sep	3	3	0,05	0,15
49	ME13-59	21-sep	3	3	0,05	0,15
50	ME13-115	22-sep	5	3	0,08	0,25
51	ME13-31	22-sep	2	3	0,03	0,10
52	ME13-109	22-sep	3	3	0,05	0,15
53	ME13-103	22-sep	2	3	0,03	0,10
54	ME13-105	22-sep	5	3	0,08	0,25
55	ME13-31	22-sep	5	3	0,08	0,25
56	ME13-134	22-sep	4	4	0,07	0,27

57	ME13-108	22-sep	3	3	0,05	0,15
58	ME13-11	22-sep	3	3	0,05	0,15
59	ME13-11	22-sep	2	3	0,03	0,10
60	ME13-11	22-sep	3	4	0,05	0,20
61	ME13-11	22-sep	2	3	0,03	0,10
62	ME13-11	22-nov	3	3	0,05	0,15
63	ME13-11	22-sep	2	3	0,03	0,10
64	ME13-104	22-sep	2	3	0,03	0,10
65	ME13-118	23-sep	2	3	0,03	0,10
66	ME13-31	23-sep	3	3	0,05	0,15
67	ME13-31	23-sep	2	3	0,03	0,10
68	ME13-116	23-sep	2	3	0,03	0,10
69	ME13-138	25-sep	2	3	0,03	0,10
70	ME13-53	25-sep	3	3	0,05	0,15
71	ME13-53	25-sep	2	3	0,03	0,10
72	ME13-53	25-sep	3	3	0,05	0,15
73	ME13-53	25-sep	2	3	0,03	0,10
74	ME13-53	25-sep	2	3	0,03	0,10
75	ME13-53	25-sep	3	3	0,05	0,15
76	ME13-53	25-sep	2	3	0,03	0,10
77	ME13-139	25-sep	3	3	0,05	0,15
78	ME13-106	25-sep	2	3	0,03	0,10
79	ME13-18	25-sep	4	4	0,07	0,27
80	ME13-18	25-sep	3	3	0,05	0,15
81	ME13-18	25-sep	2	3	0,03	0,10
82	ME13-18	25-sep	2	3	0,03	0,10
83	ME13-18	25-sep	2	3	0,03	0,10
84	ME13-18	25-sep	3	3	0,05	0,15
85	ME13-81	25-sep	2	3	0,03	0,10
86	ME13-119	25-sep	5	3	0,08	0,25
87	ME13-102	25-sep	4	3	0,07	0,20
88	ME13-11	25-sep	3	4	0,05	0,20
89	ME13-11	25-sep	3	3	0,05	0,15
90	ME13-11	25-sep	3	3	0,05	0,15
91	ME13-11	25-sep	3	3	0,05	0,15
92	ME13-11	25-sep	2	3	0,03	0,10
93	ME13-11	25-sep	3	3	0,05	0,15
94	ME13-11	25-sep	4	3	0,07	0,20
95	ME13-142	29-sep	2	2	0,03	0,07
96	ME13-124	29-sep	3	3	0,05	0,15
97	ME13-130	29-sep	2	3	0,03	0,10
98	ME13-144	29-sep	3	3	0,05	0,15
99	ME13-112	29-sep	3	4	0,05	0,20
100	ME13-112	29-sep	3	2	0,05	0,10
101	ME13-112	29-sep	3	3	0,05	0,15
102	ME13-112	29-sep	2	4	0,03	0,13
103	ME13-112	29-sep	4	4	0,07	0,27
104	ME13-121	29-sep	5	3	0,08	0,25
105	ME13-126	29-sep	3	3	0,05	0,15
106	ME13-126	29-sep	5	3	0,08	0,25
107	ME13-122	30-sep	3	4	0,05	0,20
108	ME13-126	04-oct	2	4	0,03	0,13
$\Sigma =$			319,00	340,00	5,32	16,85
$x =$			2,95	3,15	0,05	0,16
				$\sigma =$	0,015	0,055
				$CV =$	31,18%	35,40%

Vigas de Carga Nivel 7mo

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VC50-32	09-oct	33	3	0,55	1,65
2	VC50-24	06-oct	42	3	0,70	2,10
3	VC50-23	04-oct	25	3	0,42	1,25
4	VC50-25	06-oct	43	3	0,72	2,15
5	VC50-17	13-oct	35	3	0,58	1,75
6	VC50-19	13-oct	35	3	0,58	1,75
7	VC50-21	17-oct	41	3	0,68	2,05
8	VC50-36	23-oct	31	3	0,52	1,55
9	VC50-37	21-oct	20	3	0,33	1,00
10	VC50-16A	18-oct	20	3	0,33	1,00
11	VC50-25	18-oct	19	3	0,32	0,95
12	VC50-18A	16-oct	30	3	0,50	1,50
13	VC50-31	16-oct	30	3	0,50	1,50
14	VC50-24A	13-oct	22	3	0,37	1,10
15	VC50-23	16-oct	25	3	0,42	1,25
16	VC50-33	13-oct	25	3	0,42	1,25
17	VC50-38	25-oct	25	3	0,42	1,25
	$\Sigma =$		501,00	51,00	8,35	25,05
	$x =$		29,47	3,00	0,49	1,47
				$\sigma =$	0,130	0,390
				CV =	26,48%	26,48%

Vigas de Amarre Nivel 7mo

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VA50-9	06-oct	18	3	0,30	0,90
2	VA50-10	04-oct	20	3	0,33	1,00
3	VA50-9	11-oct	17	2	0,28	0,57
4	VA50-11	13-oct	13	3	0,22	0,65
5	VA50-10	13-oct	18	3	0,30	0,90
6	VA50-9	17-oct	15	3	0,25	0,75
7	VA50-14	21-oct	18	3	0,30	0,90
8	VA50-13	23-oct	18	3	0,30	0,90
	$\Sigma =$		137,00	23,00	2,28	6,57
	$x =$		17,13	2,88	0,29	0,82
				$\sigma =$	0,036	0,149
				CV =	12,65%	18,19%

Losas Multitubulares Nivel 7mo

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	ME13-18	04-oct	2	3	0,03	0,10
2	ME13-18	10-oct	2	3	0,03	0,10
3	ME13-18	10-oct	3	3	0,05	0,15
4	ME13-18	10-oct	4	2	0,07	0,13
5	ME13-18	10-oct	2	3	0,03	0,10
6	ME13-111	10-oct	3	3	0,05	0,15
7	ME13-11	10-oct	3	3	0,05	0,15
8	ME13-11	10-oct	2	3	0,03	0,10
9	ME13-11	10-oct	3	3	0,05	0,15
10	ME13-11	10-oct	4	2	0,07	0,13
11	ME13-53	10-oct	4	3	0,07	0,20
12	ME13-53	10-oct	2	3	0,03	0,10
13	ME13-53	10-oct	2	3	0,03	0,10
14	ME13-138	10-oct	2	3	0,03	0,10
15	ME13-11	10-oct	2	3	0,03	0,10
16	ME13-11	10-oct	2	3	0,03	0,10
17	ME13-18	10-oct	3	3	0,05	0,15
18	ME13-18	10-oct	3	3	0,05	0,15
19	ME13-18	10-oct	3	3	0,05	0,15
20	ME13-53	11-oct	6	3	0,10	0,30
21	ME13-140	11-oct	4	3	0,07	0,20
22	ME13-53	11-oct	2	3	0,03	0,10
23	ME13-102	11-oct	3	3	0,05	0,15
24	ME13-81	10-oct	3	3	0,05	0,15
25	ME13-11	11-oct	2	3	0,03	0,10
26	ME13-11	11-oct	3	3	0,05	0,15
27	ME13-11	11-oct	5	3	0,08	0,25
28	ME13-11	11-oct	3	3	0,05	0,15
29	ME13-11	11-oct	3	3	0,05	0,15
30	ME13-11	11-oct	3	3	0,05	0,15
31	ME13-11	11-oct	2	3	0,03	0,10
32	ME13-107	11-oct	3	3	0,05	0,15
33	ME13-11	11-oct	2	3	0,03	0,10
34	ME13-11	11-oct	2	3	0,03	0,10
35	ME13-53	11-oct	3	3	0,05	0,15
36	ME13-114	11-oct	2	3	0,03	0,10
37	ME13-112	11-oct	2	3	0,03	0,10
38	ME13-112	11-oct	2	3	0,03	0,10
39	ME13-112	11-oct	3	3	0,05	0,15
40	ME13-18	11-oct	2	3	0,03	0,10
41	ME13-18	11-oct	3	3	0,05	0,15
42	ME13-18	11-oct	3	3	0,05	0,15
43	ME13-18	11-oct	3	3	0,05	0,15
44	ME13-18	11-oct	3	3	0,05	0,15
45	ME13-115	13-oct	3	3	0,05	0,15
46	ME13-31	13-oct	3	3	0,05	0,15
47	ME13-31	13-oct	2	3	0,03	0,10
48	ME13-134	13-oct	3	3	0,05	0,15
49	ME13-53	18-oct	2	3	0,03	0,10
50	ME13-112	13-oct	2	3	0,03	0,10
51	ME13-109	11-oct	3	3	0,05	0,15
52	ME13-105	11-oct	3	3	0,05	0,15
53	ME13-110	11-oct	3	3	0,05	0,15
54	ME13-18	11-oct	3	3	0,05	0,15

55	ME13-18	16-oct	3	3	0,05	0,15
56	ME13-18	16-oct	4	3	0,07	0,20
57	ME13-18	16-oct	3	3	0,05	0,15
58	ME13-18	16-oct	3	3	0,05	0,15
59	ME13-18	16-oct	3	3	0,05	0,15
60	ME13-18	16-oct	4	3	0,07	0,20
61	ME13-81	16-oct	3	3	0,05	0,15
62	ME13-121	16-oct	3	3	0,05	0,15
63	ME13-112	16-oct	3	3	0,05	0,15
64	ME13-112	16-oct	3	3	0,05	0,15
65	ME13-106	18-oct	2	3	0,03	0,10
66	ME13-31	16-oct	2	3	0,03	0,10
67	ME13-31	16-oct	3	3	0,05	0,15
68	ME13-118	16-oct	3	3	0,05	0,15
69	ME13-112	16-oct	4	3	0,07	0,20
70	ME13-112	16-oct	2	3	0,03	0,10
71	ME13-112	16-oct	2	3	0,03	0,10
72	ME13-108	16-oct	3	2	0,05	0,10
73	ME13-103	17-oct	2	3	0,03	0,10
74	ME13-11	17-oct	2	3	0,03	0,10
75	ME13-11	17-oct	2	3	0,03	0,10
76	ME13-11	17-oct	2	3	0,03	0,10
77	ME13-138	18-oct	3	3	0,05	0,15
78	ME13-81	18-oct	3	3	0,05	0,15
79	ME13-130	26-oct	2	3	0,03	0,10

$\Sigma =$	219,00	234,00	3,65	10,77
------------	--------	--------	------	-------

$x =$	2,77	2,96	0,05	0,14
-------	------	------	-------------	-------------

$\sigma =$	0,013	0,037
------------	--------------	--------------

CV =	27,67%	27,33%
-------------	---------------	---------------

Vigas de Carga Nivel 8vo

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VC50-16	26-oct	25	3	0,42	1,25
2	VC50-18	26-oct	36	3	0,60	1,80
3	VC50-32	27-oct	48	4	0,80	3,20
4	VC50-20	30-oct	35	4	0,58	2,33
5	VC50-23	28-oct	16	4	0,27	1,07
6	VC50-25	28-oct	23	4	0,38	1,53
7	VC50-24	30-oct	15	4	0,25	1,00
8	VC50-17	30-oct	29	4	0,48	1,93
9	VC50-21	25-oct	37	3	0,62	1,85
10	VC50-19	30-oct	23	4	0,38	1,53
11	VC50-17	01-nov	20	4	0,33	1,33
12	VC50-34	01-nov	21	4	0,35	1,40
13	VC50-19	01-nov	30	4	0,50	2,00
14	VC50-27	01-nov	25	4	0,42	1,67
15	VC50-21	03-nov	25	4	0,42	1,67
16	VC50-16	03-nov	27	4	0,45	1,80
17	VC50-18A	03-nov	27	4	0,45	1,80
18	VC50-33	03-nov	28	4	0,47	1,87
19	VC50-25	06-nov	25	4	0,42	1,67
20	VC50-24A	06-nov	30	4	0,50	2,00
21	VC50-31	06-nov	25	4	0,42	1,67
22	VC50-38	09-nov	30	4	0,50	2,00

$\Sigma =$	600,00	85,00	10,00	38,37
$x =$	27,27	3,86	0,45	1,74
$\sigma =$			0,122	0,457
$CV =$			26,76%	26,22%

Vigas de Amarre Nivel 8vo

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VA50-11	25-oct	18	3	0,30	0,90
2	VA50-9	28-oct	18	4	0,30	1,20
3	VA50-10	27-oct	20	4	0,33	1,33
4	VA50-9	28-oct	10	4	0,17	0,67
5	VA50-11	01-nov	9	4	0,15	0,60
6	VA50-9	01-nov	11	4	0,18	0,73
7	VA50-14	09-nov	13	4	0,22	0,87

$\Sigma =$	99,00	27,00	1,65	6,30
$x =$	14,14	3,86	0,24	0,90
$\sigma =$			0,074	0,274
$CV =$			31,47%	30,47%

Losas Multitubulares Nivel 8vo

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# Ayudantes)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	ME13-81	27-oct	2	3	0,03	0,10
2	ME13-18	27-oct	2	3	0,03	0,10
3	ME13-18	27-oct	2	3	0,03	0,10
4	ME13-18	27-oct	2	3	0,03	0,10
5	ME13-18	27-oct	3	3	0,05	0,15
6	ME13-18	27-oct	2	3	0,03	0,10
7	ME13-18	27-oct	2	3	0,03	0,10
8	ME13-18	27-oct	2	3	0,03	0,10
9	ME13-111	27-oct	2	3	0,03	0,10
10	ME13-11	27-oct	2	3	0,03	0,10
11	ME13-11	27-oct	2	3	0,03	0,10
12	ME13-11	27-oct	2	3	0,03	0,10
13	ME13-11	27-oct	2	3	0,03	0,10
14	ME13-11	27-oct	2	3	0,03	0,10
15	ME13-11	27-oct	2	3	0,03	0,10
16	ME13-11	27-oct	2	3	0,03	0,10
17	ME13-107	27-oct	3	3	0,05	0,15
18	ME13-125	27-oct	3	4	0,05	0,20
19	ME13-53	28-oct	3	4	0,05	0,20
20	ME13-53	28-oct	2	4	0,03	0,13
21	ME13-53	28-oct	3	4	0,05	0,20
22	ME13-53	28-oct	3	4	0,05	0,20
23	ME13-53	28-oct	3	4	0,05	0,20
24	ME13-53	28-oct	2	4	0,03	0,13
25	ME13-53	28-oct	3	4	0,05	0,20
26	ME13-107	28-oct	3	4	0,05	0,20
27	ME13-140	28-oct	2	4	0,03	0,13
28	ME13-18	31-oct	2	4	0,03	0,13
29	ME13-21	31-oct	4	4	0,07	0,27
30	ME13-18	31-oct	2	4	0,03	0,13
31	ME13-18	31-oct	2	4	0,03	0,13
32	ME13-18	31-oct	2	4	0,03	0,13
33	ME13-18	31-oct	2	4	0,03	0,13
34	ME13-18	31-oct	3	4	0,05	0,20
35	ME13-110	31-oct	3	4	0,05	0,20
36	ME13-109	31-oct	3	4	0,05	0,20
37	ME13-11	31-oct	2	4	0,03	0,13
38	ME13-11	31-oct	3	4	0,05	0,20
39	ME13-11	31-oct	2	4	0,03	0,13
40	ME13-11	31-oct	2	4	0,03	0,13
41	ME13-11	31-oct	2	4	0,03	0,13
42	ME13-11	31-oct	2	4	0,03	0,13
43	ME13-102	31-oct	2	4	0,03	0,13
44	ME13-105	31-oct	2	4	0,03	0,13
45	ME13-115	01-nov	2	4	0,03	0,13
46	ME13-112	01-nov	2	4	0,03	0,13
47	ME13-112	01-nov	2	4	0,03	0,13
48	ME13-112	01-nov	3	4	0,05	0,20
49	ME13-112	01-nov	3	4	0,05	0,20
50	ME13-112	01-nov	4	4	0,07	0,27
51	ME13-114	01-nov	3	4	0,05	0,20
52	ME13-31	01-nov	3	4	0,05	0,20

53	ME13-31	01-nov	3	4	0,05	0,20
54	ME13-134	01-nov	2	4	0,03	0,13
55	ME13-103	01-nov	2	4	0,03	0,13
56	ME13-11	01-nov	2	4	0,03	0,13
57	ME13-11	01-nov	3	4	0,05	0,20
58	ME13-11	01-nov	4	4	0,07	0,27
59	ME13-11	01-nov	3	4	0,05	0,20
60	ME13-11	01-nov	3	4	0,05	0,20
61	ME13-11	01-nov	3	4	0,05	0,20
62	ME13-81	01-nov	2	4	0,03	0,13
63	ME13-18	01-nov	3	4	0,05	0,20
64	ME13-18	01-nov	2	4	0,03	0,13
65	ME13-18	01-nov	3	4	0,05	0,20
66	ME13-18	01-nov	2	4	0,03	0,13
67	ME13-31	03-nov	4	4	0,07	0,27
68	ME13-31	03-nov	2	4	0,03	0,13
69	ME13-116	03-nov	2	4	0,03	0,13
70	ME13-112	03-nov	3	4	0,05	0,20
71	ME13-112	03-nov	3	4	0,05	0,20
72	ME13-112	03-nov	3	4	0,05	0,20
73	ME13-108	03-nov	3	4	0,05	0,20
74	ME13-18	03-nov	4	4	0,07	0,27
75	ME13-11	03-nov	2	4	0,03	0,13
76	ME13-11	03-nov	3	4	0,05	0,20
77	ME13-18	06-nov	3	4	0,05	0,20
78	ME13-138	06-nov	3	4	0,05	0,20
79	ME13-53	06-nov	2	4	0,03	0,13

$\Sigma =$	199,00	299,00	3,32	12,67
------------	--------	--------	------	-------

$x =$	2,52	3,78	0,04	0,16
-------	------	------	-------------	-------------

$\sigma =$	0,010	0,048
------------	--------------	--------------

$CV =$	24,51%	29,74%
--------	---------------	---------------

MEMORIA DE CALCULO
SISTEMA: NAVE INDUSTRIAL R-PLUS

PLACAS

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# operarios)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	P-5	14-sep	7	3	0,12	0,35
2	P-5	14-sep	7	3	0,12	0,35
3	P-5	14-sep	7	3	0,12	0,35
4	P-5	14-sep	8	4	0,13	0,53
5	P-5	14-sep	6	3	0,10	0,30
6	P-2	15-sep	7	3	0,12	0,35
7	P-2	15-sep	7	4	0,12	0,47
8	P-2	15-sep	7	3	0,12	0,35
9	P-2	15-sep	6	3	0,10	0,30
10	P-2	15-sep	8	3	0,13	0,40
11	P-3	16-sep	7	4	0,12	0,47
12	P-1	16-sep	6	3	0,10	0,30
13	P-1	17-sep	7	3	0,12	0,35
14	P-1	17-sep	8	4	0,13	0,53
15	P-1	17-sep	7	3	0,12	0,35
		$\Sigma =$	105,00	49,00	1,75	5,75
		$x =$	7,00	3,27	0,12	0,38
				$\sigma =$	0,011	0,079
				$CV =$	9,35%	20,66%

COLUMNAS

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# operarios)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	C50-7	20-sep	23	6	0,38	2,30
2	C50-1	20-sep	31	5	0,52	2,58
3	C50-7	20-sep	25	5	0,42	2,08
4	C50-7	20-sep	27	6	0,45	2,70
5	C50-7	20-sep	28	5	0,47	2,33
6	C50-8	20-sep	30	5	0,50	2,50
7	C50-10	20-sep	23	5	0,38	1,92
8	C50-10	20-sep	25	5	0,42	2,08
9	C50-10	21-sep	26	5	0,43	2,17
10	C50-10	21-sep	24	5	0,40	2,00
11	C50-10	21-sep	25	5	0,42	2,08
12	CF-3	21-sep	29	6	0,48	2,90
13	C50-2	21-sep	27	5	0,45	2,25
14	C50-4	21-sep	28	5	0,47	2,33
15	C50-4	22-sep	25	5	0,42	2,08
16	C50-4	22-sep	26	6	0,43	2,60
17	C50-4A	22-sep	23	5	0,38	1,92
		$\Sigma =$	445,00	89,00	7,42	38,83
		$x =$	26,18	5,24	0,44	2,28
				$\sigma =$	0,040	0,287
				$CV =$	9,28%	12,58%

VIGA CERCHA

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# operarios)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VCE-1	02-oct	30	4	0,50	2,00
2	VCE-1	02-oct	20	5	0,33	1,67
3	VCE-1	02-oct	22	5	0,37	1,83
4	VCE-1	02-oct	25	5	0,42	2,08
5	VCE-1	02-oct	27	4	0,45	1,80
6	VCE-1	03-oct	23	4	0,38	1,53
7	VCE-1	03-oct	29	5	0,48	2,42
8	VCE-1	03-oct	21	5	0,35	1,75
9	VCE-1	03-oct	24	4	0,40	1,60
$\Sigma =$			221,00	41,00	3,68	16,68
$x =$			24,56	4,56	0,41	1,85
$\sigma =$					0,058	0,275
$CV =$					14,27%	14,86%

VIGA TECHO

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# operarios)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	VT-1	03-oct	13	3	0,22	0,65
2	VT-1	03-oct	16	4	0,27	1,07
3	VT-1	03-oct	14	4	0,23	0,93
4	VT-1	04-oct	15	3	0,25	0,75
5	VT-1	05-oct	14	4	0,23	0,93
$\Sigma =$			72,00	18,00	1,20	4,33
$x =$			14,40	3,60	0,24	0,87
$\sigma =$					0,019	0,165
$CV =$					7,92%	19,09%

VIGA CANOA

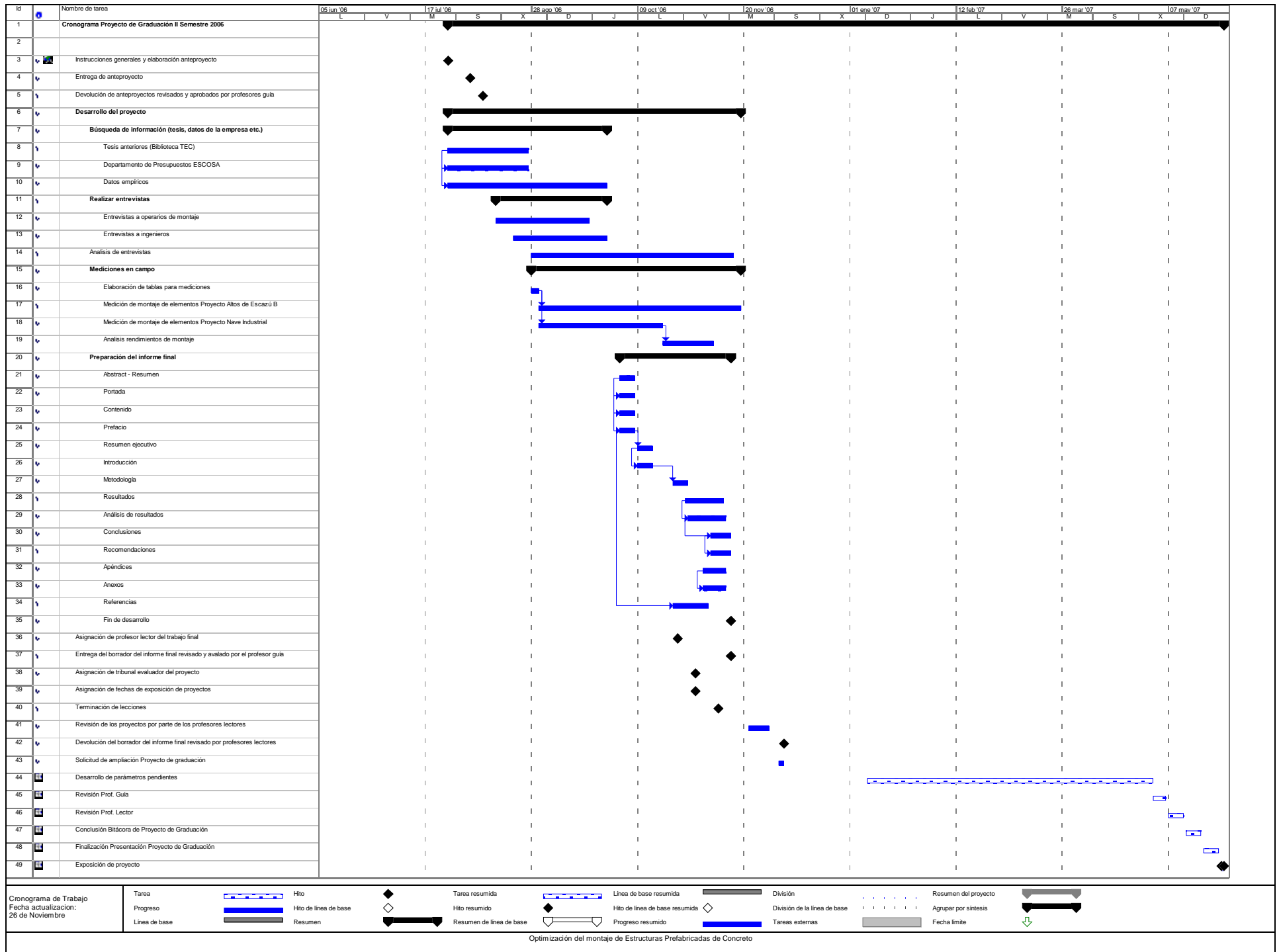
n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# operarios)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	CA-1	12-oct	6	5	0,10	0,50
2	CA-1	12-oct	5	4	0,08	0,33
3	CA-1	14-oct	6	5	0,10	0,50
4	CA-4	14-oct	7	6	0,12	0,70
$\Sigma =$			24,00	20,00	0,40	2,03
$x =$			6,00	5,00	0,10	0,51
$\sigma =$					0,014	0,150
$CV =$					13,61%	29,51%

PANEL DE CERRAMIENTO

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# operarios)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	MH-1A	23-sep	8	3	0,13	0,40
2	MH-1	23-sep	9	4	0,15	0,60
3	MH-1	23-sep	7	3	0,12	0,35
4	MH-1	23-sep	11	4	0,18	0,73
5	MH-1B	25-sep	8	4	0,13	0,53
6	MH-1A	25-sep	7	4	0,12	0,47
7	MH-1	25-sep	8	3	0,13	0,40
8	MH-1	26-sep	10	3	0,17	0,50
9	MH-1	26-sep	9	4	0,15	0,60
10	MH-1B	28-sep	8	3	0,13	0,40
11	MH-4A	28-sep	10	4	0,17	0,67
12	MH-4	28-sep	9	3	0,15	0,45
13	MH-4	29-sep	11	3	0,18	0,55
14	MH-4	03-sep	9	4	0,15	0,60
	$\Sigma =$		124,00	49,00	2,07	7,25
	$x =$		8,86	3,50	0,15	0,52
				$\sigma =$	0,022	0,114
				CV =	14,59%	21,92%

LARGUEROS

n°	CODIGO	FECHA	TIEMPO (min)	CUADRILLA (# operarios)	HORAS GRÚA (Hrs-G/elemento)	HORAS HOMBRE (Hrs-H/elemento)
1	LI-1	12-oct	4	2	0,07	0,13
2	LI-1	12-oct	2	3	0,03	0,10
3	LI-1	12-oct	3	3	0,05	0,15
4	LI-1	12-oct	3	3	0,05	0,15
5	LI-1	12-oct	3	3	0,05	0,15
6	LI-1	11-oct	4	3	0,07	0,20
7	LI-1	11-oct	2	2	0,03	0,07
8	LI-1	11-oct	2	3	0,03	0,10
9	LI-1	11-oct	3	3	0,05	0,15
10	LI-1	10-oct	2	3	0,03	0,10
11	LI-1	10-oct	4	2	0,07	0,13
12	LI-1	10-oct	3	3	0,05	0,15
13	LI-1	10-oct	3	3	0,05	0,15
14	LI-1	13-oct	3	2	0,05	0,10
15	LI-1	13-oct	4	2	0,07	0,13
16	LI-1	13-oct	4	3	0,07	0,20
	$\Sigma =$		49,00	43,00	0,82	2,17
	$x =$		3,06	2,69	0,05	0,14
				$\sigma =$	0,013	0,036
				CV =	25,20%	26,54%





Estructuras de Concreto S.A.		
Grúa Torre Richier		
Capacidad en Kilogramos		
Radio de Trabajo	Pluma de 45 m	Pluma de 40 m
45,0	2500	
42,5	2675	
40,0	2900	3265
36,5	3220	3535
35,0	3400	3700
30,0	4035	4535
27,5	4535	5035
25,0	5000	5575
23,5	5350	6000
21,5	6000	6000
20,0	6000	6000



TABLA DE CAPACIDADES DE CARGA GRÚA COLES

STABILIZZATE IN KG COMBINAZIONE BRACCIO

ANGOLO BRACCIO CARICATO	BRACCIO SFILATO DA 8,08 A 19,81 CON						ANGOLO BRACCIO CARICATO
	Estensione meccanica da 5,49		Estensione a traliccio da 7,50		Estensione meccanica da 5,49m + estensione a trailiccio da 7,50m		
	kg	Max. Braccio	kg	Max. Raggio	kg	Max. Raggio	
77,5°	6210	4,60					77,5°
75°	5930	5,65					75°
72,5°	5640	6,70	3810	7,65	2330	9,60	72,5°
70°	5310	7,80	3810	8,70	2140	11,00	70°
65°	4550	9,85	3520	11,00	1690	13,65	65°
60°	4120	11,55	3050	12,90	1360	16,00	60°
55°	3270	13,50	2570	14,90	1100	18,60	55°
50°	2600	15,20	2000	16,70	1000	20,70	50°
45°	2080	16,85	1570	18,40	860	22,65	45°
40°	1560	18,40	1240	20,00			40°
35°	1270	19,75	1050	21,35			35°

Portate riferite agli angoli (v. tabelle) sono reltive agli angoli con braccio carico e non al raggio. I raggi indicati (v. tabelle) si riferisco solo a bracio completamente sfilato.

DIAGRAMMA DELLE PORTATE "COLES-HYDRA IRUK" 25T 360° Matricola 36223

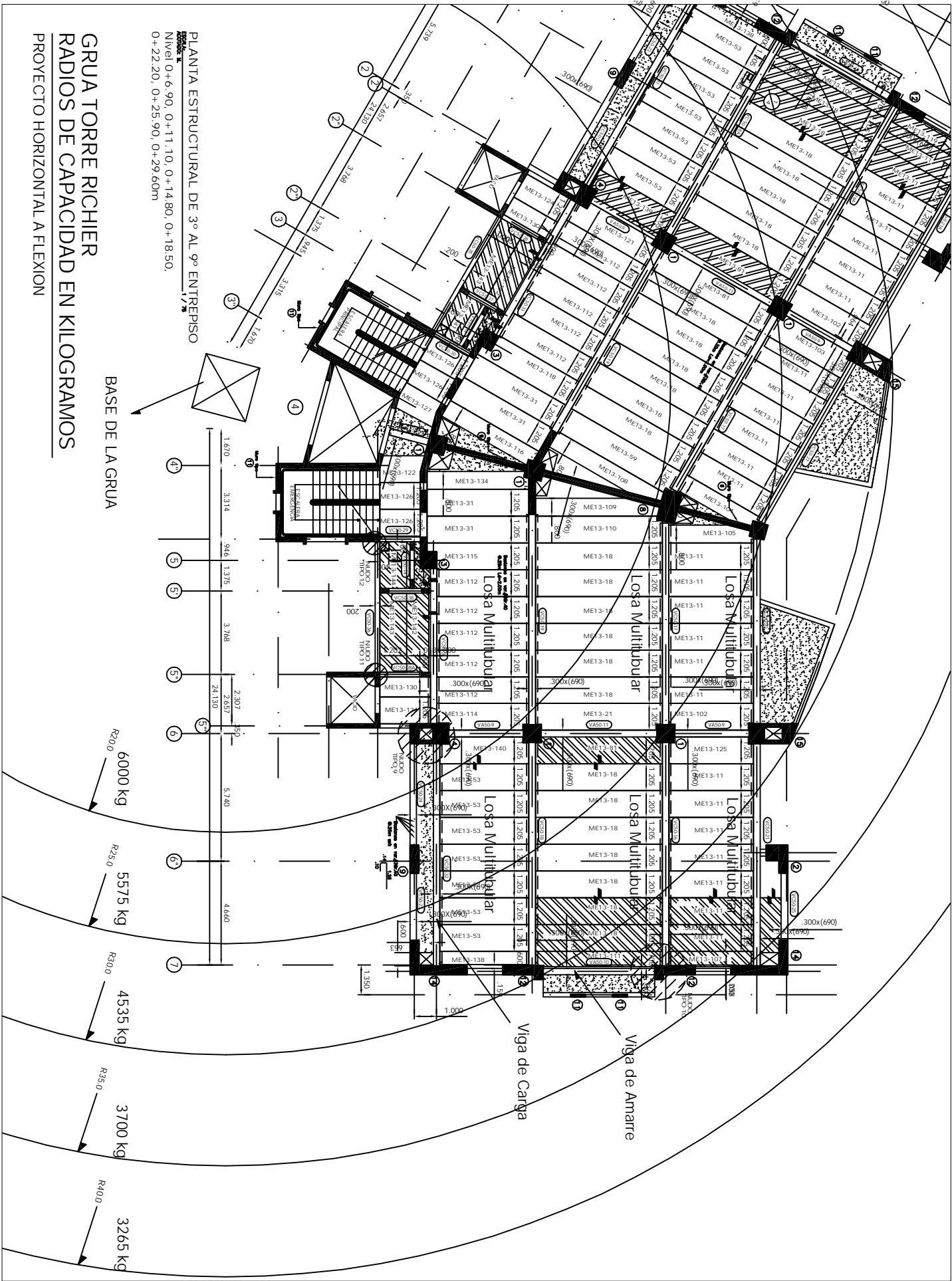
STATE LATERALI E POSTERIORI STABILIZZATE IN KG

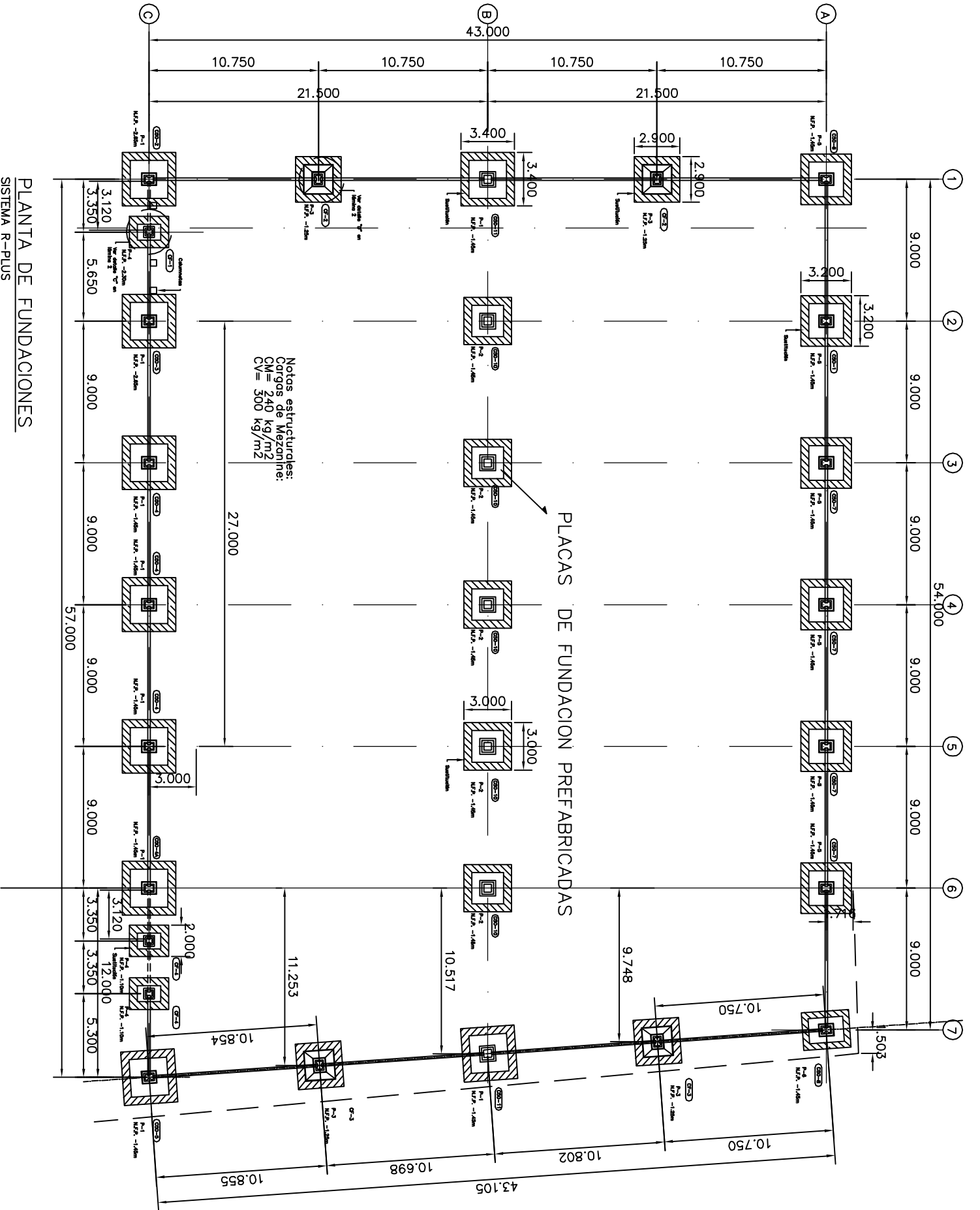
BRACCIO IN METRI	BRACCIO IN SFILAMENTO CON ESTESIONE RETRATTA						BRACCIO IN METRI
	8,08m Idraul. Retrat.	da 8,08m a 10,67m	da 10,67m a 12,80m	da 12,80m a 15,24m	da 15,24m a 17,68m	da 17,68m a 19,81m	
3,00	23.880,0	17.800,0	17.330,0	15.900,0	12.290,0	9.960,0	3,00
3,50	19.700,0	16.850,0	16.380,0	14.950,0	11.770,0	9.730,0	3,50
4,50	15.430,0	14.570,0	14.570,0	13.430,0	10.770,0	9.250,0	4,50
6,00	11.150,0	11.150,0	11.150,0	10.680,0	9.820,0	8.300,0	6,00
7,50		7.830,0	7.830,0	7.830,0	7.830,0	7.350,0	7,50
9,00			5.930,0	5.930,0	5.930,0	5.930,0	9,00
10,50			4.310,0	4.310,0	4.310,0	4.310,0	10,50
12,00				3.360,0	3.360,0	3.360,0	12,00
15,00					2.080,0	2.080,0	15,00

CAPACITA DI GANCIO E PESO DEL BOZZELLO

Staglie	12	11	10	9	8	7	6
in kg	24.000,0	22.000,0	20.000,0	18.000,0	16.000,0	14.000,0	12.000,0
bozzello	360	360	360	360	360	360	360

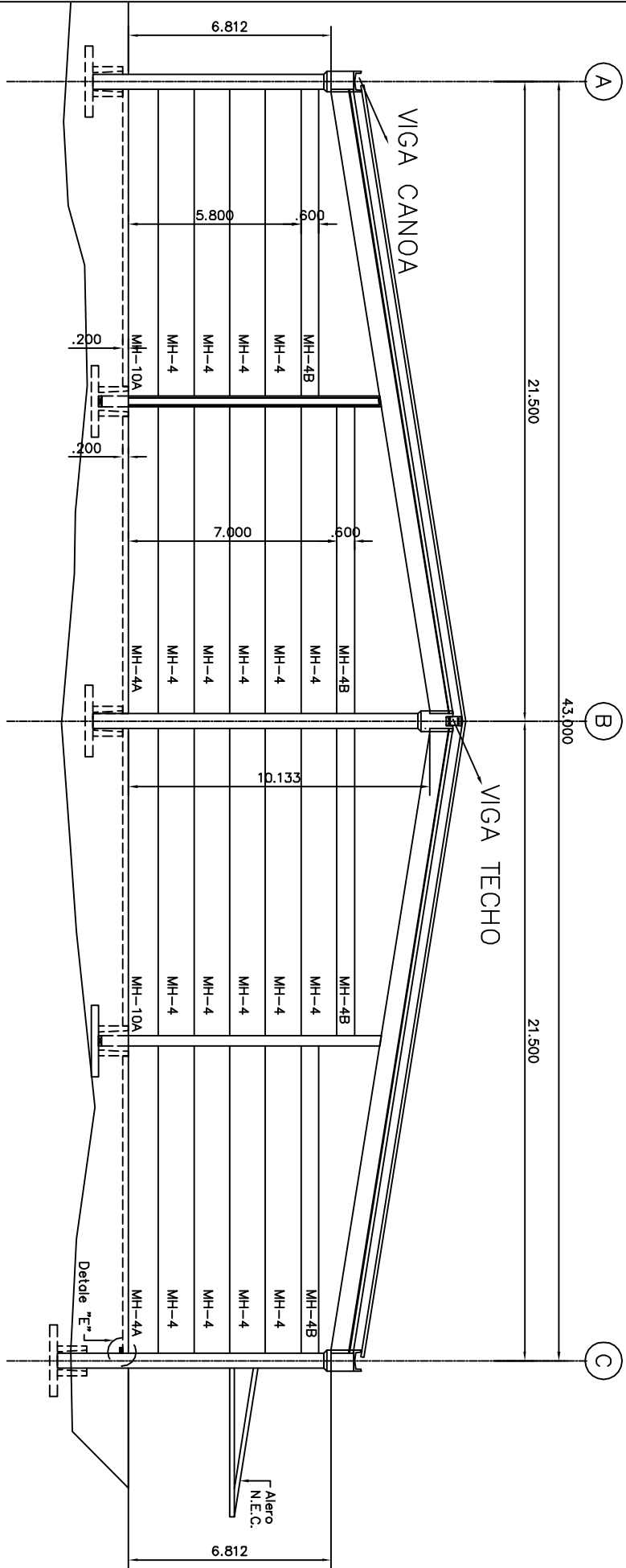
Staglie	5	4	3	2	1
in kg	10.000,0	8.000,0	6.000,0	4.000,0	2.000,0
bozzello	360	360	360	250	120



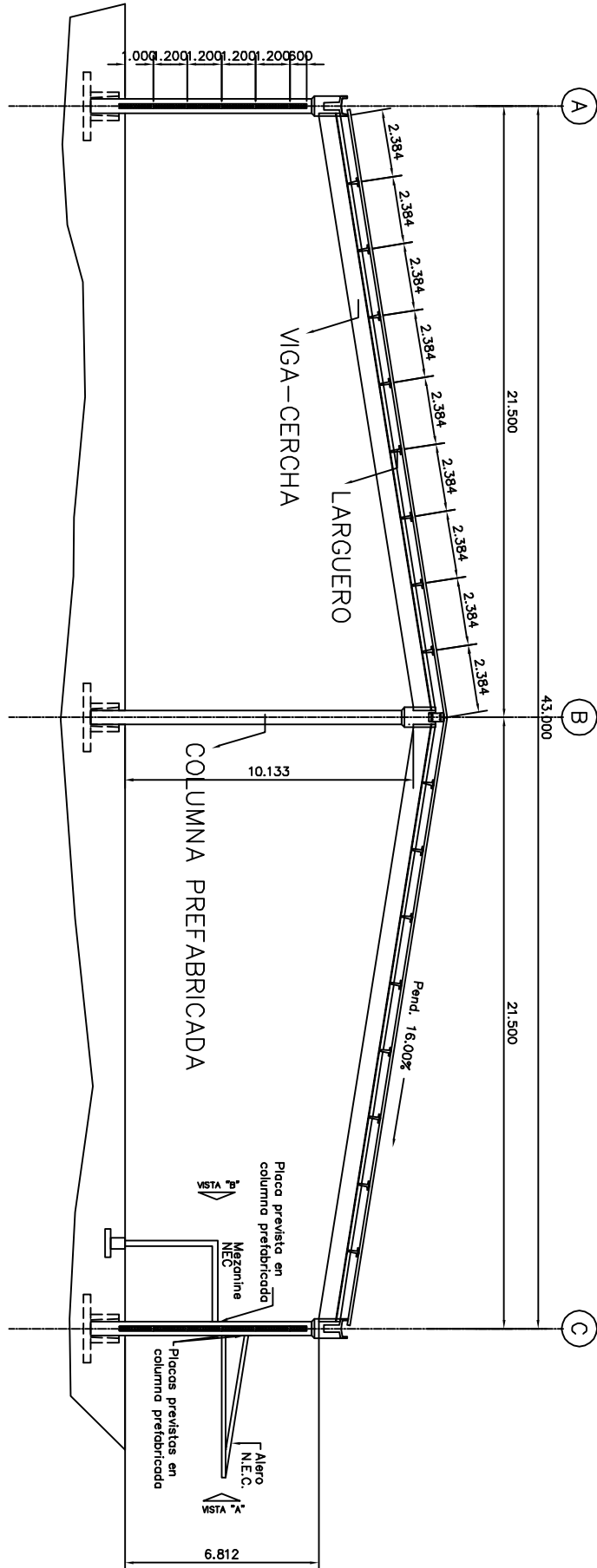


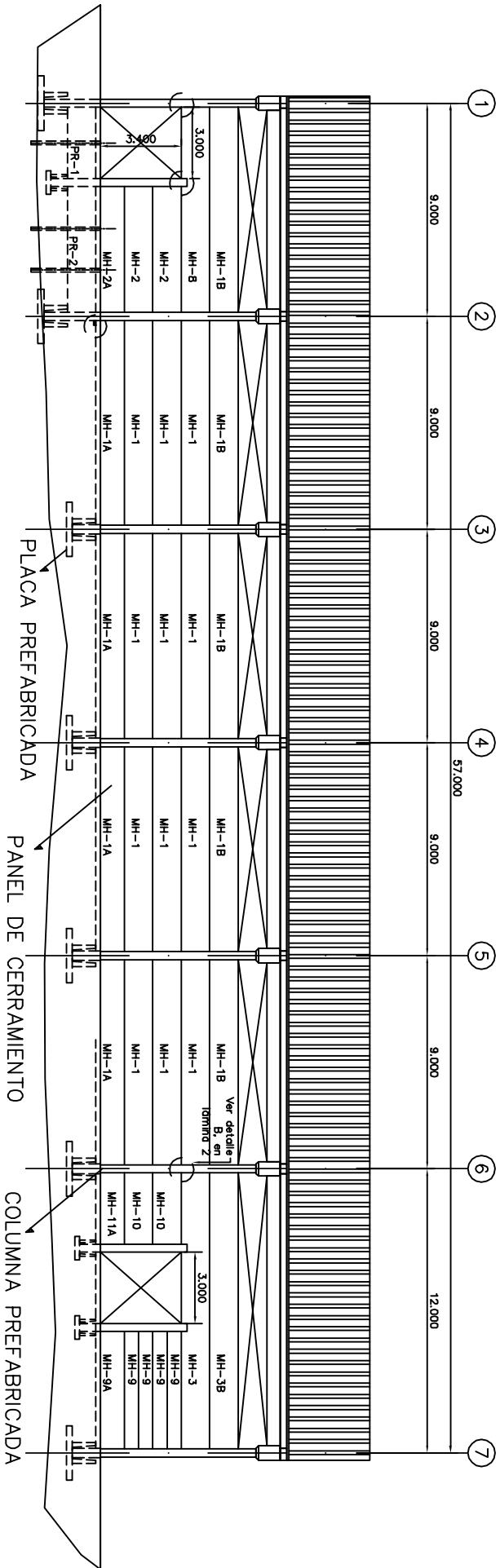
PLANTA DE FUNDACIONES
 SISTEMA R-PLUS

Elevación en eje "1"
SIN ESCALA



SECCION EN EJE "4"
SIN ESCALA





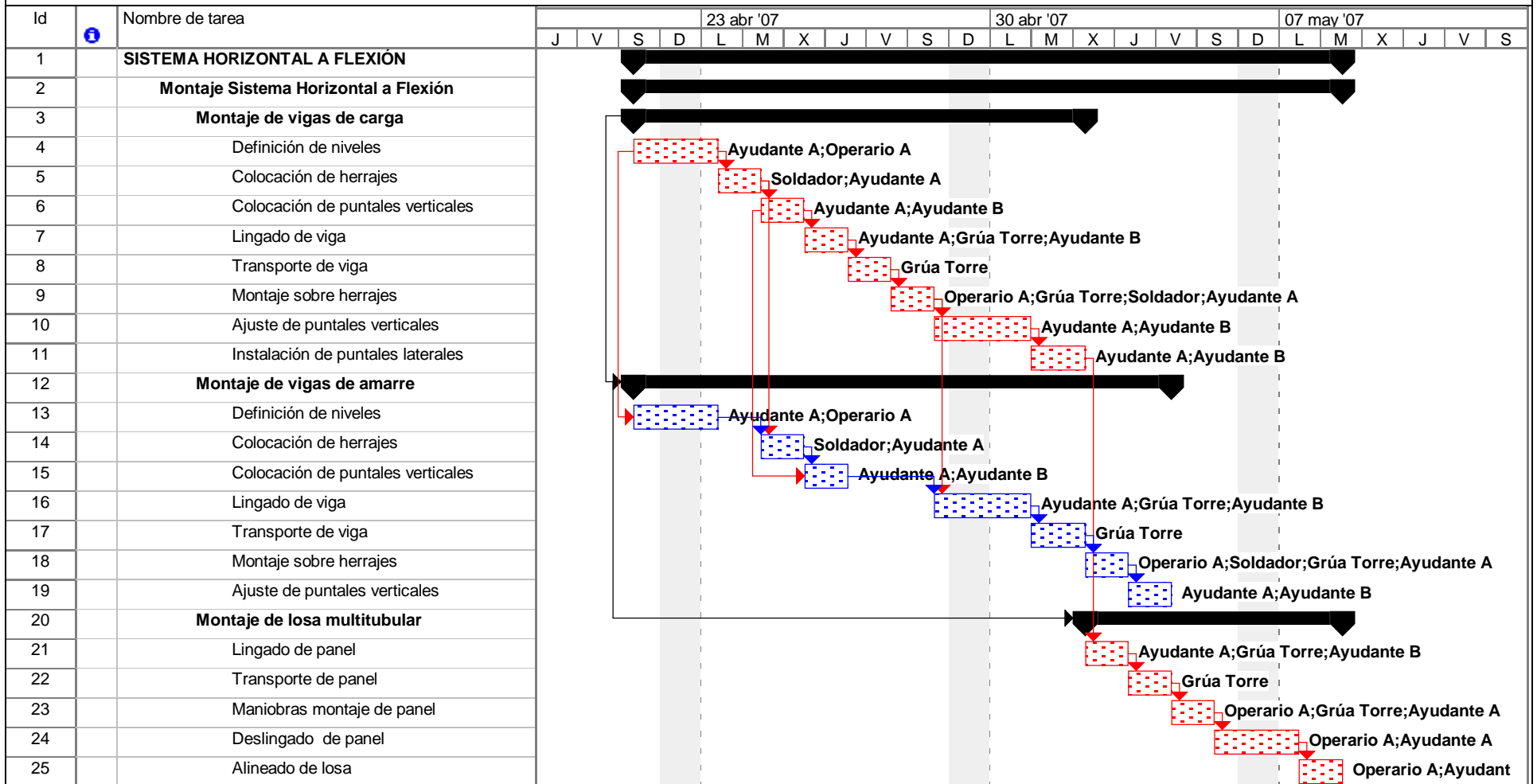
ELEVACION EN EJE "C"
Sin escala

PLACA PREFABRICADA

PANEL DE CERRAMIENTO

COLUMNA PREFABRICADA

Diagrama de Gantt: Sistema Horizontal a Flexión



Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
Tarea crítica		Tarea crítica resumida		Resumen del proyecto	
Progreso		Hito resumido		Agrupar por síntesis	
Hito		Progreso resumido		Fecha límite	
Resumen		División			

Optimización del montaje de estructuras prefabricadas de concreto

