

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y**  
**NATURALES**

**PRÁCTICA SUPERVISADA:**  
**CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA DE HORMIGON ARMADO PARA**  
**EDIFICIO COMERCIAL**



Autor: Villca Apaza, Vladimir

Tutor interno: Ing. Civil Nasser, José

Tutor externo: Ing. Civil Payer, Santiago

Marzo de 2017

## AGRADECIMIENTOS

En esta oportunidad de cumplir un sueño más en mi vida, doy las gracias a Dios por guiarme y darme las fuerzas de todos los días, logrando de esta manera conseguir mis propósitos.

Agradecer a mi familia:

Mi padre Raúl Villca, por su confianza en mí.

A mi abuelita Justina Copana, por ser mi madre y consejera.

Mi tío Iván Villca, por su compañía y ser un hermano y amigo.

A mi hermana Jackeline Villca, por su compañía y confianza.

Agradecer a compañeros de varios años de estudio de la Facultad: Cristián Ajalla, Luciano Velázquez, Miguel Iparraguirre y José Vilca.

Agradecer a amigos, por sus consejos y lecciones de vida.

Agradecer a mi Tutor externo Ingeniero Civil Santiago Payer, por su amistad, sus criterios profesionales, sus comentarios, su disposición permanente y por enseñarme a desenvolver frente a los diferentes actores de una obra.

A mi Tutor interno, el Ingeniero Civil José Nasser, por guiarme en el desarrollo de mi Práctica Supervisada.

A todos los Docentes de la Facultad que colaboraron conmigo.

Finalmente dar las gracias a la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, y la Universidad Nacional de Córdoba por haber sido mi segundo hogar.

|  |   |      |
|--|---|------|
|  |   | Pág. |
|  | AGRADECIMIENTOS                                       | 1    |
|  | INDICE GENERAL  |      |
|  | Índice general  | 2    |
|  | Índice de tablas                                      | 5    |
|  | Índice de figuras                                     | 6    |
| <br>                                   |   |      |
| CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN               |   |      |
| 1.1                                    | Resumen   | 8    |
| 1.2                                    | Objetivos   | 8    |
| 1.3                                    | Descripción de la Obra                                | 9    |
| 1.4                                    | El Proyecto   | 10   |
| 1.5                                    | El Comitente y el Contratista                         | 10   |
| 1.6                                    | Personal técnico de la obra                           | 10   |
| <br>                                   |   |      |
| CAPITULO 2: EQUIPOS                    |   |      |
| 2.1                                    | Equipos de excavación y movimiento de suelos          | 11   |
| 2.1.1                                  | Retroexcavadora                                       | 12   |
| 2.1.2                                  | Retroexcavadora y pala frontal                        | 14   |
| 2.1.3                                  | Cargador frontal                                      | 15   |
| 2.1.4                                  | Camiones para transporte                              | 16   |
| 2.1.5                                  | Excavadora de pilotes                                 | 16   |
| 2.1.6                                  | Minicargadora frontal                                 | 17   |
| 2.2                                    | Camion mixer y bomba de arrastre para hormigón fresco | 18   |
| 2.3                                    | Equipos de montaje - Grúas todo terreno               | 19   |
| 2.4                                    | Fabricación y transporte de materiales prefabricados  | 21   |
| 2.4.1                                  | Concepto  | 21   |
| 2.4.2                                  | Fabricación   | 21   |
| 2.4.3                                  | Transporte  | 22   |
| <br>                                   |   |      |
| CAPITULO 3: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO |   |      |
| 3.1                                    | Trabajos preliminares                                 | 26   |
| 3.1.1                                  | Obrador   | 26   |
| 3.1.2                                  | Replanteo y nivelación                                | 27   |
| 3.1.3                                  | Movimiento de suelos                                  | 27   |
| 3.2                                    | Fundaciones   | 29   |
| 3.2.1                                  | Muros de sostenimiento                                | 29   |
| 3.2.2                                  | Fundación profunda pilotes                            | 30   |
| 3.2.3                                  | Platea de ascensor                                    | 30   |
| 3.2.4                                  | Canal subterráneo                                     | 30   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.2.5 | Pilotes excavados manualmente, pozos romanos | 31 |
| 3.2.6 | Tensores de arrojamiento                     | 34 |
| 3.2.7 | Viga de fundación                            | 34 |
| 3.2.8 | Encofrado de fundaciones                     | 34 |
| 3.3   | Estructuras de hormigón armado in-situ       | 35 |
| 3.3.1 | Segundo subsuelo                             | 35 |
| 3.3.2 | Tabique perimetral de hormigón armado        | 45 |
| 3.4   | Canal norte                                  | 48 |
| 3.5   | Estructura del ascensor                      | 50 |

#### CAPITULO 4: MONTAJE DE PIEZAS PREFABRICADAS

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.1    | Generalidades   | 52 |
| 4.1.1  | Descripción de la maniobra de izaje   | 52 |
| 4.1.2  | Personal interviniente en el montaje  | 53 |
| 4.1.3  | Clasificación de las maniobras de izaje   | 54 |
| 4.1.4  | Planificación de las operaciones repetitivas  | 55 |
| 4.1.5  | Planificación de las operaciones críticas   | 55 |
| 4.1.6  | Trabajos en proximidad de líneas eléctricas energizadas   | 56 |
| 4.1.7  | Consideraciones generales para la operación   | 57 |
| 4.1.8  | Consideraciones generales sobre grúas   | 58 |
| 4.1.9  | Mantenimiento del equipo de izaje   | 59 |
| 4.1.10 | Consideraciones generales sobre el uso y mantenimiento de cables, eslingas, tensores y accesorios | 59 |
| 4.1.11 | Aspectos de seguridad específicos   | 63 |
| 4.2    | Tolerancias y holguras  | 63 |
| 4.3    | Descripción general del montaje   | 64 |
| 4.3.1  | Procedimiento   | 66 |
| 4.4    | Montaje de columnas   | 68 |
| 4.5    | Montaje de vigas  | 69 |
| 4.6    | Montaje de paneles para losa  | 70 |
| 4.7    | Rigidizadores durante el montaje  | 71 |
| 4.8    | Hormigón armado in situ sobre estructura prefabricada   | 73 |
| 4.8.1  | Carpeta de compresión Planta Baja   | 73 |
| 4.8.2  | Carpeta de compresión Segundo Nivel   | 74 |
| 4.9    | Mampostería encadenada  | 75 |
| 4.10   | Pavimento de hormigón armado  | 76 |
| 4.10.1 | Pavimento en planta baja  | 76 |
| 4.10.2 | Pavimento en primer subsuelo  | 77 |

#### CAPITULO 5: CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

81

ANEXO

- 1 Glosario de términos usados en este informe
- 2 Imágenes del proyecto en 3D.
- 3 Planos de montaje.
- 4 Plano general de estructura.
- 5 Señales manuales para grúas

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.1 Datos técnicos de la retroexcavadora CAT 390FL             | 12 |
| Tabla 2.2 Datos técnicos de retroexcavadora y pala frontal CAT LD110 | 14 |
| Tabla 2.3 Datos técnicos de cargador frontal CAT CT.2 Acert          | 15 |
| Tabla 2.4 Datos técnicos de la mini cargadora frontal Bobcad S130    | 17 |
| Tabla 2.5 Datos técnicos de bomba de arrastre TZR S 5,5              | 18 |
| Tabla 2.6 Tabla de capacidad de carga de grúa Liebherr 100 tn        | 19 |
| Tabla 2.7 Tabla de capacidad de carga de grúa Grove 45 tn            | 20 |
| Tabla 4.1 Planilla de columnas prefabricadas                         | 66 |
| Tabla 4.2 Planilla de vigas prefabricadas                            | 68 |
| Tabla 4.3 Planilla de asiento de neoprenos de las vigas              | 75 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Fig.1.1 Ubicación de la obra  |    |
| Fig. 2.1 Excavadora CAT 320FL   | 13 |
| Fig. 2.2 Retroexcavadora CAT LB110 4x4  | 14 |
| Fig. 2.3 Cargador frontal CAT CT Acert  | 15 |
| Fig. 2.4 Pilotera rotativa 20 metros con giro                                       | 16 |
| Fig. 2.5 Dimensiones Bobcat S130  | 17 |
| Fig. 2.6 Camión mixer y Bomba TZR   | 18 |
| Fig. 2.7 Verificación del conducto de impulsión                                     | 18 |
| Fig. 2.8 Dimensiones de grúa Liebherr 100 toneladas                                 | 19 |
| Fig. 2.9 Tractocamión con semirremolque   | 23 |
| Fig. 2.10 Boogui más cureña   | 23 |
| Fig. 2.11 Módulo de transporte  | 23 |
| Fig. 2.12 Patín trasero del boogui  | 23 |
| Fig. 2.13 Maniobra “espalda con espalda”  | 25 |
| Fig. 2.14 Detalle de apoyos durante el transporte                                   | 25 |
| Fig. 3.1 Vista área del izaje   | 26 |
| Fig. 3.2 Vista panorámica del obrador   | 27 |
| Fig. 3.3 Excavación del primer subsuelo   | 28 |
| Fig. 3.4 Excavaciones varias  | 28 |
| Fig. 3.5 Detalle del sostenimiento de taludes mediante cortina de pilotes           | 29 |
| Fig. 3.6 Excavación de pilotines  | 30 |
| Fig. 3.7 Encofrado de tabiques entre pilotines                                      | 30 |
| Fig. 3.8 Planta de fundaciones  | 31 |
| Fig. 3.9 Detalles de pilotes de fundación 1   | 32 |
| Fig. 3.10 Detalles de pilotes de fundación 2  | 33 |
| Fig. 3.11 Excavación de pilotes del segundo subsuelo                                | 34 |
| Fig. 3.12 Planta tensores tipo 2  | 35 |
| Fig. 3.13 Planta arquitectura y estructura del segundo subsuelo                     | 36 |
| Fig. 3.14 Planta estructura del segundo subsuelo                                    | 37 |
| Fig. 3.15 Armado de tabiques  | 37 |
| Fig. 3.16 Encofrado de los cabezales  | 38 |
| Fig. 3.17 Colado de hormigón en las vigas de fundación de la mampostería            | 38 |
| Fig. 3.18 Encofrado de la losa del segundo subsuelo                                 | 39 |
| Fig. 3.19 Estructura del tanque de reserva de agua para incendio                    | 40 |
| Fig. 3.20 Armaduras de los tabiques del tanque de agua para incendio                | 41 |
| Fig. 3.21 Encofrado de tabiques del tanque de agua de reserva de agua para incendio | 42 |
| Fig. 3.22 Encofrado de la losa de tapa del tanque de reserva de agua para incendio  | 42 |
| Fig. 3.23 Encofrado de losa de fondo del tanque de reserva de agua para incendio    | 43 |
| Fig. 3.24 Tapas laterales de inspección del tanque de reserva de agua para incendio | 43 |
| Fig. 3.25 Construcción del piso de hormigón armado del segundo subsuelo             | 44 |

|  |    |
|--|----|
| Fig. 3.26 Planta de la estructura de la escalera de hormigón armado      | 45 |
| Fig. 3.27 Corte de la estructura de la escalera de hormigón armado       | 46 |
| Fig. 3.28 Planta con la ubicación de los tabiques perimetrales           | 47 |
| Fig. 3.29 Detalles estructurales de los tabiques perimetrales            | 48 |
| Fig. 3.30 Encofrado cara interior de los tabiques perimetrales           | 49 |
| Fig. 3.31 Encofrado cara exterior de los tabiques perimetrales           | 49 |
| Fig. 3.32 Encofrado y colado de hormigón de los tabiques perimetrales    | 49 |
| Fig. 3.33 Detalles estructurales del desagüe pluvial                     | 50 |
| Fig. 3.34 Compactado de la base de asiento del desagüe pluvial           | 51 |
| Fig. 3.35 Armado de la base de asiento del desagüe pluvial               | 51 |
| Fig. 3.36 Atado de la armadura del desagüe pluvial                       | 51 |
| Fig. 3.37 Desagüe pluvial terminado                                      | 51 |
| Fig. 3.38 Detalle de la estructura del ascensor                          | 52 |
| Fig. 3.39 Armadura de la estructura del ascensor                         | 53 |
| Fig. 3.40 Encofrado de la estructura del ascensor                        | 53 |
| Fig. 4.1 Capacidad de carga de la grúa según el cuadrante                | 59 |
| Fig. 4.2 Detalle de la capacidad de carga en eslingas de acero           | 62 |
| Fig. 4.3 Detalle de la capacidad de carga en eslingas sintéticas         | 62 |
| Fig. 4.4 Capacidad nominal de carga en eslingas sintéticas               | 62 |
| Fig. 4.5 Ángulo de trabajo en eslingas de acero                          | 63 |
| Fig. 4.6 Grilletes de union  | 63 |
| Fig. 4.7 Dobleces o torceduras en eslingas de acero                      | 64 |
| Fig. 4.8 Izaje de columna  | 72 |
| Fig. 4.9 Detalles del empotramiento de la columna                        | 72 |
| Fig. 4.10 Detalle de la unión columna y viga mediante pasadores          | 73 |
| Fig. 4.11 Vista del detalle de unión de la columna y viga                | 73 |
| Fig. 4.12 Detalle de la unión viga columna mediante pasadores            | 73 |
| Fig. 4.13 Detalle de la unión viga columna mediante pasadores            | 73 |
| Fig. 4.14 Detalle de la unión columna y viga mediante soldadura          | 74 |
| Fig. 4.15 Vista de la soldadura  | 74 |
| Fig. 4.16 Rigidización mediante cruces de San Andres                     | 75 |
| Fig. 4.17 Detalle de la armadura de la carpeta de compresión             | 76 |
| Fig. 4.18 Vista de la armadura de la carpeta de compresión               | 76 |
| Fig. 4.19 Detalle de macizamiento en unión vigas y paneles de losa.      | 77 |
| Fig. 4.20 Detalle en planta de la unión                                  | 77 |
| Fig. 4.21 Vista de la unión previo al colado de hormigón                 | 77 |
| Fig. 4.22 Andamio para la construcción de mampostería                    | 78 |
| Fig. 4.23 Encofrado para los encadenados de la mampostería               | 78 |
| Fig. 4.24 Colado del hormigón para el pavimento rígido de la planta baja | 80 |
| Fig. 4.25 Detalle de las juntas entre el pavimento rígido y las columnas | 80 |

## CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1 RESUMEN

Para elaborar el presente Informe, se emplearon un mínimo de 200 horas de asistencia en obra, la cual es un Edificio que estará soportado por una estructura de hormigón armado prefabricado, para la cual gran parte de sus rubros son subcontratados. La empresa donde se desarrolló esta Práctica Supervisada, fue subcontratada para el rubro estructura resistente de hormigón armado, mientras que las instalaciones fueron objeto de otra subcontratación, que no es tema de este informe.

Para abordar este Informe, el mismo se ha dividido en cinco capítulos, el primero referido a la presentación de la obra, el segundo versa sobre los equipos, el tercero hace mención al procedimiento constructivo de estructuras de hormigón in-situ, el cuarto al procedimiento de montaje de piezas prefabricadas y finalmente se elabora un capítulo de conclusiones respecto a la obra y de la experiencia vivida durante la Práctica Supervisada.

### 1.2 OBJETIVOS

- Consolidar en práctica real, el estudio teórico aprendido durante la Carrera en diversos aspectos de la construcción de una obra de arquitectura.
- Confeccionar e interpretar la documentación técnica de la obra.
- Intercambiar opiniones con otros Profesionales en el área de trabajo y dialogar con ellos durante el proceso.
- Comprender la responsabilidad que lleva el desarrollo de la actividad y la toma de decisiones.
- Interpretar e identificar problemas durante el proceso del desarrollo de los trabajos y responder racionalmente.
- Integrar equipos de trabajo.

### 1.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se trata de un Edificio soportado por una estructura independiente de hormigón armado prefabricado, ubicado en avenida Colón 3950 de la Ciudad tiene como destino un local comercial y administrativo, en una superficie total de terreno de 2623,69 m<sup>2</sup> s/m. Está compuesto por planta baja, dos niveles altos, dos subsuelos y la azotea inaccesible.

La planta baja tiene dos ingresos para vehículos, uno para tránsito pesado y otro para livianos, y dos ingresos para el personal a la sala de oficinas y al área de servicios, 3 toilets y una kitchenette. El primer subsuelo es para cocheras y el segundo para los tanques de reserva de agua con ingreso por escalera de dos tramos. disponiendo un ingreso por escalera de dos tramos. El 1° y 2° niveles altos está destinado a oficinas con dos baños por planta. No hay tanque de reserva en la azotea y en esta solo se ubican los equipos centrales de aire acondicionado.

Respecto a los materiales constructivos, la estructura portante es prefabricada de hormigón armado, columnas, vigas y paneles pi para losa vinculas con la carpeta de compresión de hormigón armado. Las fundaciones, plantillas de apoyo de las instalaciones, cortina de pilotes y tabique perimetral son de hormigón armado convencional. El muro medianero es de mampostería de bloques cerámicos de 12 cms. de espesor. Los cerramientos laterales interiores son de placa de roca de yeso, mientras que el exterior en su totalidad es de vidrio templado. La escalera es metálica y el ascensor es accionado a pistón hidráulico. Carpinterías de aluminio, pisos de porcelanato y pavimento rígido, terminación superficial hormigón visto son el resto de los materiales empleado.

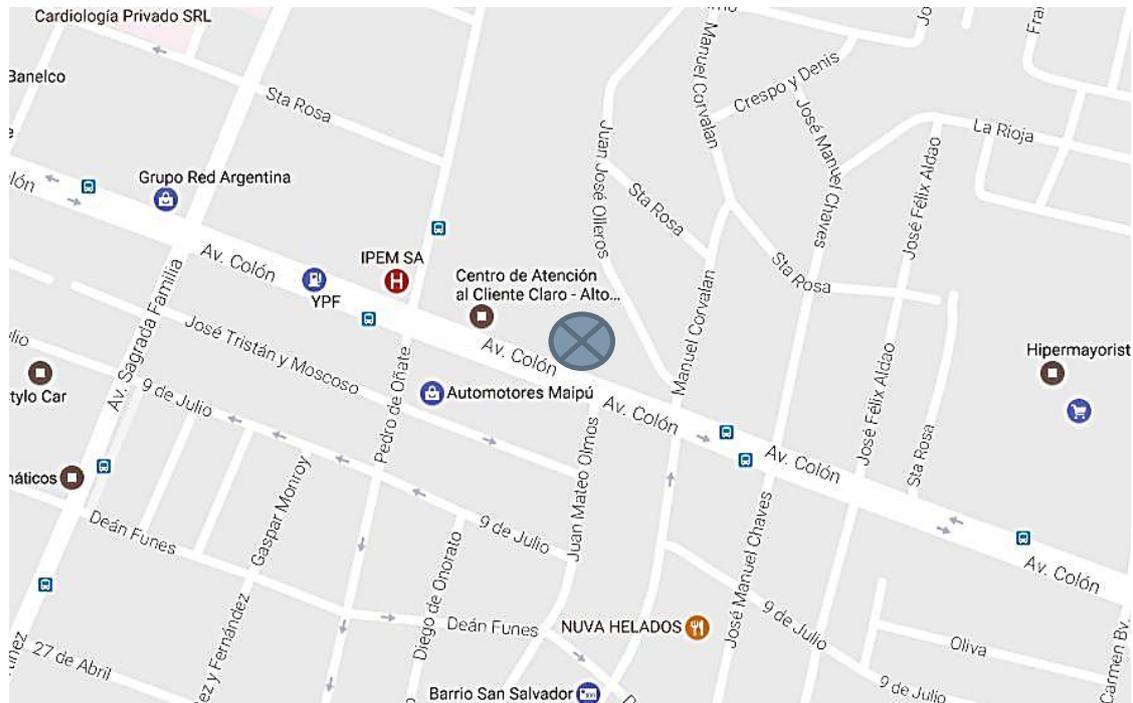


Fig. 1.1 Ubicación de la obra

## 1.4 EL PROYECTO

### **Antecedentes**

El terreno, con una geometría en planta de forma triangular, está en una depresión topográfica que canalizaba naturalmente las aguas hacia el Río Suquia de cauce de desagüe fluvial. El suelo es antrópico hasta la cota de -7 metros a partir del nivel de vereda y de gran pendiente en dirección aguas abajo. La empresa Maipu Automotores instalada en la misma zona adquiere el predio a la municipalidad de Córdoba con la obligación de construir un canal de desagüe pluvial.

### **Ejecución**

La comitente M. A. contrato al estudio de arquitectura Navas para la realización del proyecto, al estudio del ingeniero Larsson para el diseño y cálculo estructural y la construcción del edificio a la empresa constructora Astori Construcciones S.A., todo ello coordinado por un grupo de profesionales de la comitente quienes dirigieron la obra.

## 1.5 EL COMITENTE Y EL CONTRATISTA

Comitente: Maipú automotores S.A.

Contratista : Grupo de profesionales de Maipu Automotores SA

Proyecto arquitectónico: Estudio Navas.

Diseño y cálculo estructura estudio Larsson SRL.

Contratista principal Astori construcciones SA.

Proveedor de la estructura prefabrica Astori Estructuras SA

Subcontratista de hormigón armado: Santiago Payer.

Otras subcontrataciones: Impermeabilización de la base de apoyo del pavimento, pavimento, instalaciones, etc.

## 1.6 PERSONAL TÉCNICO DE LA OBRA

Comitente Maipu automotores SA.

Director de obra: Ing. Civil Gonzalez Sueyro, Eduardo

Encargado de obra: Arq. Fernandez, Pablo Andrés

Sucontratista: Ing. Civil Payer, Santiago

Técnico en Higiene y seguridad. Lincoln, Carlos Esteban

## CAPITULO 2: EQUIPOS

En este capítulo se describirán los equipos utilizados en la obra para los trabajos de excavaciones y movimiento de suelos, montaje de la estructura prefabricada y colado de hormigón. Se mencionaran las consideraciones generales y específicas que hay a tenerse para trabajar con estos equipos y finalmente se referenciará la legislación aplicada para cada equipo de trabajo.

### 2.1 EQUIPOS DE EXCAVACION Y MOVIMIENTO DE SUELOS

#### ***Recomendaciones generales durante el trabajo.***

- Identificar la máquina.
- Verificar el sistema de frenado que los inmovilice con máxima carga, en cualquier condición de trabajo y en la máxima pendiente admitida.
- Verificar alarmas de retroceso, audibles y luminosas
- Verificar que los espejos retrovisores se encuentren en buen estado
- Verificar la protección física de los elementos de transmisión mecánica
- Verificar la existencia de extinguidores de incendios tipo ABC
- Verificar superficies antideslizantes en paragolpes, pisos y peldaños
- Verificar la existencia y el estado de los cinturones de seguridad
- Verificar el estado de las marcas reflectantes, etc.

La maquinaria estará provista de dispositivos de seguridad necesarios para evitar:

- La caída o retorno brusco de la plataforma, cuchara, cubeta o receptáculo.
- La caída de personas y de los materiales fuera de los citados receptáculos y vehículos o por los huecos existentes en la caja.
- La puesta en marcha fortuita y las velocidades excesivas peligrosas.

Así mismo se deberá:

- Señalar la ubicación del pozo con una varilla de hierro
- Delimitar y señalar el perímetro en el cual se realicen trabajos con maquinarias y/o equipos de perforación.
- Prohibir el ingreso de cualquier personal a un pozo, zanja, excavación, etc. mientras se esté operando con una máquina.
- Respetar el plan de avance, no improvisar.
- Evitar el vuelco de la máquina por fatiga del terreno
- Delimitar la zona de excavación.
- Evitar riesgo de sobrecarga del terreno.
- Tener precaución con líneas eléctricas aéreas.
- No abandonar la máquina

### 2.1.1 Retroexcavadora

#### **Descripción.**

Esta máquina autopropulsada sobre orugas es muy versátil en construcciones y demoliciones de esta magnitud. Excava bajo y sobre el nivel de apoyo en el cual trabaja, permite moverse bajo cualquier pináculo de suelo que la misma prepara. Su brazo hidráulico le permite transformarse en taladro, o como grúa, puede excavar zanjas y pozos, su giro es de 360 grados en cualquier sentido.

En esta obra se utilizó esta máquina solo para excavaciones de grandes volúmenes, dejando las excavaciones pequeñas para la retroexcavadora.

Partes de la maquina:

- Chasis: estructura portante desplazable mediante cadenas o ruedas neumáticas. En el caso de ser de ruedas llevará unos estabilizadores para constituir las bases de apoyo.
- Corona de giro: sirve de apoyo de la estructura sobre el chasis, permitiendo a ésta girar mientras el chasis permanece en estación. De dentado exterior o interior atacado por un piñón con motor independiente y dotado de freno.
- Estructura que sostiene el resto de la excavadora: Motores, transmisiones, cabina, contrapeso, etc.
- Cuchara: fija o móvil y dispuesta en el extremo de un brazo móvil soportado por una pluma también móvil.
- Energía motriz: motor diésel o diésel-eléctrico.
- Sistemas de accionamiento: cilindros hidráulicos en su mayoría aunque también existen por cables y cabestrantes, transmisiones mecánicas, cilindros neumáticos, etc.

Las retroexcavadoras son de todos los tamaños, y potencias. A continuación se adjunta una planilla de datos técnicos para una excavadora estándar de trabajo.

| Excavadora hidráulica 390FL Cat     |       |                |
|-------------------------------------|-------|----------------|
| Potencia neta                       | 530   | Hp             |
| Sistema piloto: presión máxima      | 4,4   | Mpa            |
| Peso en orden de trabajo            | 86,84 | tn             |
| Profundidad máxima de excavación    | 7,16  | M              |
| Alcance máximo a nivel de suelo     | 12,23 | M              |
| Volumen de cuchara                  | 1,20  | m <sup>3</sup> |
| Altura de embarque                  | 4,89  | M              |
| Longitud de embarque                | 13,69 | M              |
| Ancho de transporte                 | 4,16  | M              |
| Velocidad maxima de desplazamiento  | 4,5   | Km/h           |
| Capacidad del tanque de combustible | 1240  | litros         |

Tabla 2.1 Datos técnicos de excavadora

#### **Recomendaciones específicas durante el trabajo**

Las siguientes recomendaciones son aplicables para el trabajo con retroexcavadoras y palas cargadoras:

- Considerar que la **cuchara** puede oscilar en todas las direcciones.
- No realizar movimientos de tierras sin antes haber puesto en servicio los apoyos hidráulicos de inmovilización.
- No usarla como Grúa.
- Tener precaución con los tendidos eléctricos.
- Anular el riesgo de vuelco
- Anular el riesgo de golpe al cargar

Legislación aplicable Ley de higiene y seguridad 19.587 Art. 103 a 109 “trabajo con máquinas”.

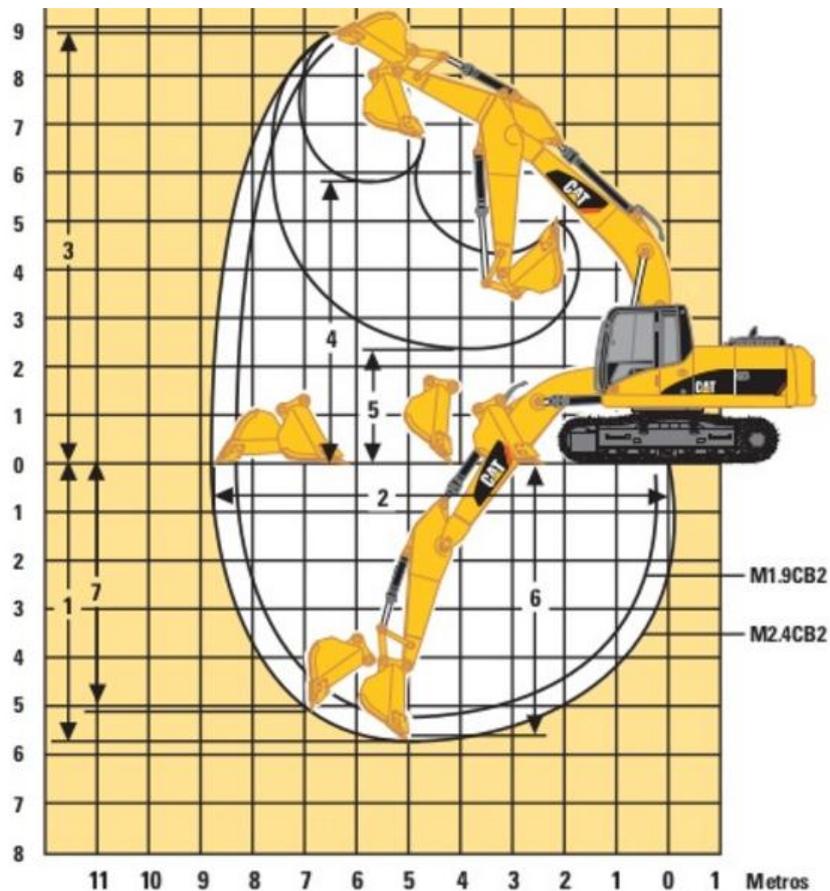


Fig.2.1 Excavadora CAT 320FL

### 2.1.2 Retroexcavadora y pala frontal

**Descripción.** Esta máquina es de doble uso, como excavadora y como pala mecánica, y por su tamaño mediano logra ser eficiente.

En la obra se lo requiere para movimiento de suelos en accesos dificultosos, como así para excavar zanjas donde irán las vigas de fundación y los tensores de hormigón. Otras veces es usado como rompe pavimento, remplazando la cuchara por el útil apropiado.

| Retroexcavadora LB110 4x4        |         |                |
|----------------------------------|---------|----------------|
| Potencia neta                    | 100     | hp             |
| Cargadora                        |         |                |
| Altura total                     | 4,26    | m              |
| Altura de descarga               | 2,778   | m              |
| Profundidad de excavación        | 0,089   | m              |
| Excavadora                       |         |                |
| Volumen de cuchara               | 1       | m <sup>3</sup> |
| Rotación de la cuchara           | 204/159 | graus          |
| Altura máxima de descarga        | 4       | m              |
| Profundidad máxima de excavación | 4,716   | m              |
| Altura de transpote              | 4,014   | m              |
| Ancho de transporte              | 2,235   | m              |
| Largo total                      | 7,13    | m              |
| Capacidad de combustible         | 130     | litros         |

Tabla 2.2 Datos técnicos de retroexcavadora

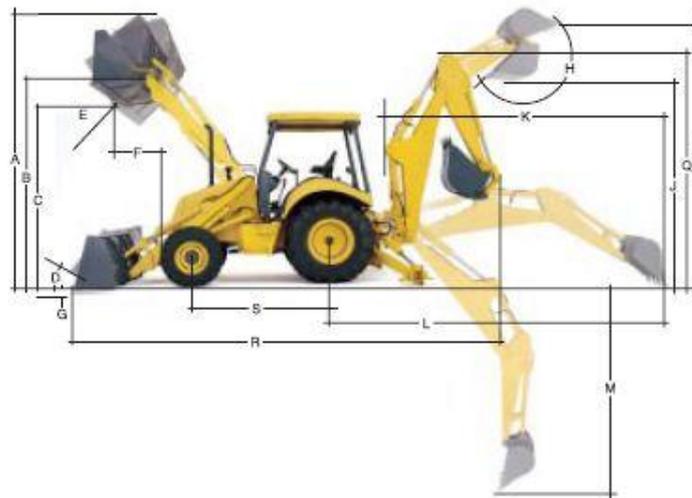


Fig. 2.2 Retroexcavadora CAT LB110 4x4

### 2.1.3 Cargador frontal

#### Descripción.

El cargador frontal es un equipo tractor, montado en orugas o en ruedas, que tiene una cuchara de gran tamaño en su extremo frontal. Estos cargadores son equipos de carga, acarreo y eventualmente excavaciones. En el caso de acarreo se recomienda usar en distancias cortas. Las capacidades de la cuchara son variables desde 2,9 a 19,1 m<sup>3</sup>, relacionado con el tamaño de la máquina.

#### Recomendaciones específicas durante el trabajo

- La obra estará señalizada y delimitada la zona de maniobra de la pala.
- El maquinista debe ser informado por su superior, del terreno donde va a maniobrar.
- Nunca se debe abandonar la pala con la cuchara izada y sin apoyar en el suelo.
- Cuando la cuchara esté transportando tierra se desplazará lo más baja posible

| Cargador frontal CAT C7.2 ACERT               |                    |
|---|--------------------|
| Potencia Neta                                 | 171 Kw             |
| Carga neta en funcionamiento                  | 19,213 tn          |
| Volumen de cucharón                           | 3,1 m <sup>3</sup> |
| Deposito de combustible                       | 275 litros         |
| Altura hasta la parte sup. del tubo de escape | 3,413 m            |
| Longitud total sin cucharón                   | 6,906 m            |
| Anchura máxima sobre los neumáticos           | 2,822 m            |

Tabla 2.3 Datos técnicos de cargador frontal

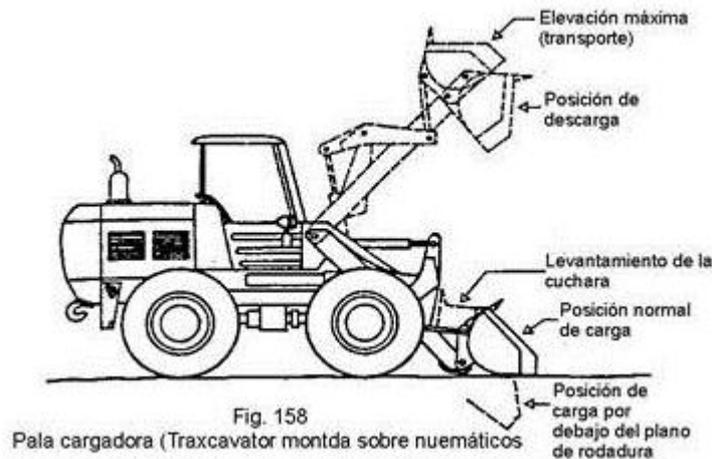


Fig. 2.3 Cargador frontal CAT CT Acert

### 2.1.4 Camiones para transporte

#### **Descripción**

El transporte por camiones está especialmente indicado cuando la distancia a transportar es compatible con el costo. En condiciones normales, éstos son convenientes cuando la distancia a transportar es superior a los 3 km, pero es común su uso a partir de los 500 m.

El camión exige para marchar económicamente un camino aceptable, no siendo recomendable su uso en pendientes excesivas. Los camiones para movimientos de suelo suelen ser de volquete, con vertido posterior o lateral.

**a. Camiones tipo batea:** Consisten en camión con semirremolque, pueden transportar materiales en grandes distancias, pero tienen menor maniobrabilidad.

**b. Camiones con chasis:** Son muy usados en las obras, no pueden llevar más de 24tn según la legislación vigente, pero usados fuera de ruta pueden llevar cualquier carga.

**c. Camiones fuera de ruta:** Existen múltiples tipos y pueden transportar hasta 70tn, usados para presas, caminos de montaña, etc.

### 2.1.5 Excavadora de pilotes

#### **Descripción.**

Es una perforadora de diámetro variable de 30cm a 120cm, su eficacia es para profundidades hasta 25 metros, y su trompa se eleva hasta los 8 metros de altura. La profundidad de perforación se logra gracias al sistema Kelly, que permite acoplar distintos vástagos según el avance en la profundidad el cual se va acoplando según el avance. Su traslado es a través de remolque, no siendo autopropulsada.

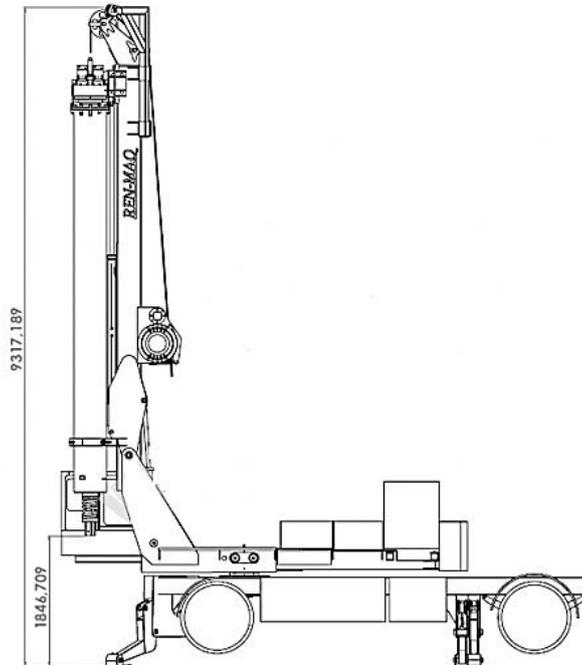


Fig. 2.4 Pilotera rotativa RP 20G 20 metros.

### 2.1.6 Minicargadora frontal

#### Descripción

Esta pequeña maquina es muy versátil para todo tipo de tareas de la construcción, ya que su tamaño compacto permite desplazarse por sitios de difícil acceso. El accionamiento mecánico – hidráulico que desarrolla le permite girar y cambiar de dirección sin necesidad de espacio, ya que gira sobre su propio eje. En la actualidad además de ser una pala cargadora frontal, se le han introducido varios accesorios, por lo que algunas veces puede trabajar como percutor, compactador de rodillo, perforador de pilote e inclusive como excavadora.

| Bobcat S130                        |             |
|------------------------------------|-------------|
| Potencia máxima                    | 34,3 Kw     |
| Carga nominal                      | 597 kg      |
| Carga de vuelco                    | 1195 kg     |
| Velocidad de desplazamiento máximo | 11,8 km/h   |
| Peso operativo                     | 2,465 tn    |
| Capacidad de combustible           | 50,3 litros |
| Accesorios reemplazables           | varios      |

Tabla 2.4 Datos técnicos de Bobcat S130

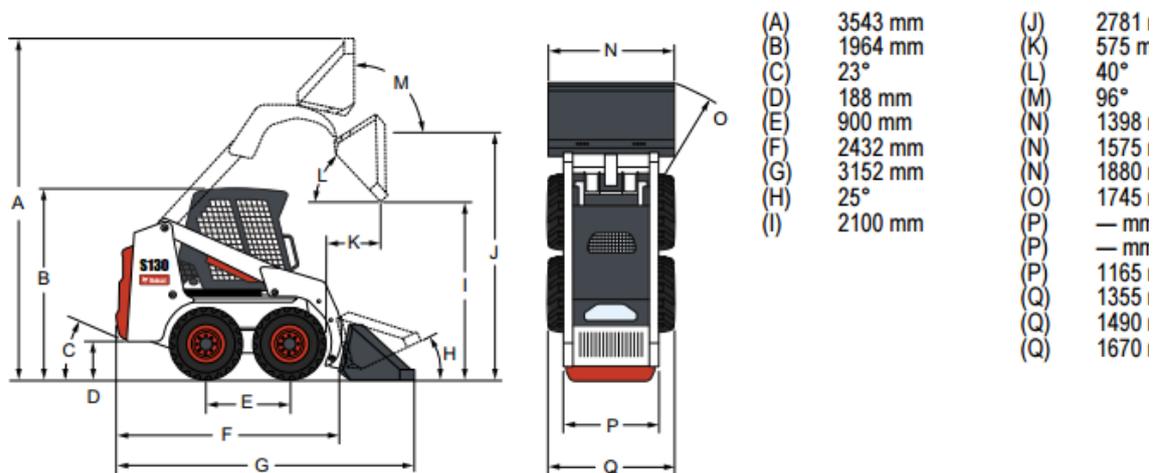


Fig. 2.5 Dimensiones Bobcat S130

## 2.2 CAMION MIXER Y BOMBA DE ARRASTRE PARA HORMIGÓN FRESCO

### **Descripción**

El camión mixer es una máquina de transporte de hormigón fresco desde la planta de elaboración hasta la obra con capacidad de 6 a 8 metros cúbicos. Durante el transporte el trompo gira en un sentido, y para descargar el hormigón lo hace en el sentido contrario. Lleva un tanque de reserva de agua que permite, previo a la descarga incorporar el resto de agua necesario a la masa de hormigón

La bomba de arrastre se adapta a las más variadas aplicaciones, cubriendo un amplio espectro para requerimientos de bombeo horizontal y vertical. Cuenta con batidor en tolva alimentadora y compresor neumático para limpieza de cañerías. El propósito de la maquina es impulsar el hormigón fresco hacia la cañería y ejercer sobre este una presión suficiente para el desplazamiento de la "vena" del material en estado plástico. El esfuerzo realizado debe vencer la resistencia de su propio peso más la perdida de carga que se irá produciendo por el rozamiento de la mezcla contra las paredes de la cañería, especialmente cuando ésta cambia de dirección con codos y curvas.

En la fig. 2.6 se muestra la bomba que se dispone en obra, su ubicación está cerca de la línea municipal, ya que el camión mixer descarga ahí el hormigón sobre la tolva de la bomba. En la fig. 2.7 se observa la prueba libre paso de conducto para lo cual se preparó, una mezcla de mortero muy fluida rico en cemento con el objeto de formar la primera película lubricante en las paredes de la cañería. Luego desde la bomba se introduce una bola de poliestireno expandido en el conducto y se la bombea saliendo en el otro extremo en una canasta dispuesta para tal fin. Esta prueba de paso libre de conducto, se hace antes y después de terminar el hormigón.



Fig. 2.6 Bomba TZR



Fig. 2.7 Verificación del conducto



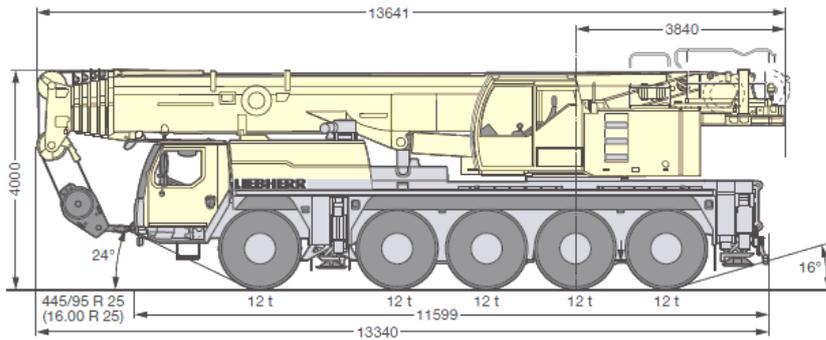


Fig. 2.8 Dimensiones de grúa Liebherr 100 toneladas

Durante la segunda etapa del montaje de piezas prefabricadas, se utilizó una grúa Grove de 45 toneladas. En la tabla 2.7 se muestra su capacidad de carga según la orientación de la pluma, notándose que esta es algo inferior cuando la grúa trabaja de costado.

| ON OUTRIGGERS FULLY EXTENDED - OVER SIDE |                     |               |               |               |               |               |               |                            | ON OUTRIGGERS FULLY EXTENDED - OVER REAR |                     |               |               |               |               |               |               |                            |  |
|--|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|--|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|--|
| Radius in Feet                           | Boom Length in Feet |               |               |               |               |               |               | 84 ft. ± 32 ft. Ext. **116 | Radius in Feet                           | Boom Length in Feet |               |               |               |               |               |               | 84 ft. ± 32 ft. Ext. **116 |  |
|  | *34                 | 40            | 44            | 54            | 64            | 74            | 84            |                            |  | *34                 | 40            | 44            | 54            | 64            | 74            | 84            |                            |  |
| 10                                       | 100,000 (70)        | 74,000 (73)   | 72,000 (76)   |               |               |               |               |                            | 10                                       | 100,000 (70)        | 74,000 (73)   | 72,000 (76)   |               |               |               |               |                            |  |
| 12                                       | 90,000 (66.5)       | 70,000 (70)   | 67,500 (73.5) | 64,000 (76.5) |               |               |               |                            | 12                                       | 90,000 (66.5)       | 70,000 (70)   | 67,500 (73.5) | 64,000 (76.5) |               |               |               |                            |  |
| 15                                       | 72,000 (61)         | 63,700 (65.5) | 61,000 (69)   | 55,000 (73)   | 44,700 (76)   |               |               |                            | 15                                       | 72,000 (61)         | 63,700 (65.5) | 61,000 (69)   | 55,000 (73)   | 44,700 (76)   |               |               |                            |  |
| 20                                       | 53,000 (50.5)       | 52,200 (57.5) | 49,800 (62)   | 44,000 (67.5) | 37,900 (71)   | 35,000 (74)   | 31,000 (76.5) |                            | 20                                       | 53,000 (50.5)       | 52,200 (57.5) | 49,800 (62)   | 44,000 (67.5) | 37,900 (71)   | 35,000 (74)   | 31,000 (76.5) |                            |  |
| 25                                       | 39,800 (38.5)       | 39,800 (48)   | 39,800 (54)   | 36,300 (61.5) | 31,900 (66)   | 29,200 (70)   | 27,500 (73.5) | 17,500 (76.5)              | 25                                       | 41,000 (38.5)       | 41,000 (48)   | 41,000 (54)   | 36,300 (61.5) | 31,900 (66)   | 29,200 (70)   | 27,500 (73.5) | 17,500 (76.5)              |  |
| 30                                       | 27,030 (21.5)       | 27,030 (37.5) | 27,030 (45)   | 27,030 (55.5) | 27,000 (60.5) | 25,000 (65.5) | 23,900 (69.5) | 16,600 (75)                | 30                                       | 29,690 (21.5)       | 29,690 (37.5) | 29,690 (45)   | 29,690 (55.5) | 27,000 (60.5) | 25,000 (65.5) | 23,900 (69.5) | 16,600 (75)                |  |
| 35                                       |                     | 20,280 (23)   | 20,280 (34.5) | 20,280 (48.5) | 20,280 (55)   | 20,280 (61)   | 20,280 (66)   | 14,500 (72.5)              | 35                                       |                     | 22,650 (23)   | 22,650 (34.5) | 22,650 (48.5) | 22,650 (55)   | 21,800 (61)   | 20,500 (66)   | 14,500 (72.5)              |  |
| 40                                       |                     |               | 18,950 (19)   | 15,950 (41)   | 15,950 (49)   | 15,950 (56.5) | 15,950 (62)   | 12,800 (70)                | 40                                       |                     |               | 18,090 (19)   | 18,090 (41)   | 18,090 (49)   | 18,090 (56.5) | 17,900 (62)   | 12,800 (70)                |  |
| 45                                       |                     |               |               | 12,840 (31.5) | 12,840 (42)   | 12,840 (51.5) | 12,840 (58)   | 11,400 (67)                | 45                                       |                     |               |               | 14,840 (31.5) | 14,840 (42)   | 14,840 (51.5) | 14,840 (58)   | 11,400 (67)                |  |
| 50                                       |                     |               |               | 10,640 (17.5) | 10,640 (46)   | 10,640 (53.5) | 10,640 (64.5) | 10,200 (70)                | 50                                       |                     |               |               | 12,330 (17.5) | 12,330 (35)   | 12,330 (46)   | 12,330 (53.5) | 10,200 (64.5)              |  |
| 55                                       |                     |               |               |               | 8,800 (26)    | 8,800 (40.5)  | 8,800 (49)    | 9,190 (61.5)               | 55                                       |                     |               |               |               | 10,440 (26)   | 9,100 (40.5)  | 9,100 (49)    | 8,440 (61.5)               |  |
| 60                                       |                     |               |               |               | 7,480 (12.5)  | 7,480 (34)    | 7,480 (44)    | 8,440 (59)                 | 60                                       |                     |               |               |               | 9,100 (12.5)  | 9,100 (34)    | 9,100 (44)    | 8,440 (59)                 |  |
| 65                                       |                     |               |               |               |               | 6,320 (25.5)  | 6,320 (38.5)  | 7,670 (56)                 | 65                                       |                     |               |               |               | 7,990 (25.5)  | 7,990 (38.5)  | 7,990 (44)    | 7,760 (56)                 |  |
| 70                                       |                     |               |               |               |               | 5,290 (14)    | 5,290 (32.5)  | 6,570 (53)                 | 70                                       |                     |               |               |               | 6,880 (14)    | 6,880 (32.5)  | 6,880 (44)    | 7,100 (53)                 |  |
| 75                                       |                     |               |               |               |               |               | 4,310 (25)    | 5,650 (49.5)               | 75                                       |                     |               |               |               |               | 5,770 (25)    | 6,630 (49.5)  |                            |  |
| 80                                       |                     |               |               |               |               |               | 3,440 (13.5)  | 4,810 (46)                 | 80                                       |                     |               |               |               |               | 4,660 (13.5)  | 6,130 (46)    |                            |  |
| 85                                       |                     |               |               |               |               |               |               | 4,120 (42.5)               | 85                                       |                     |               |               |               |               |               | 5,360 (42.5)  |                            |  |

Tabla 2.7 Tabla de capacidad de carga de grúa Grove 45 toneladas.

Legislación aplicable al trabajo con grúas.

- Reglamento Cirsoc 108: Cargas de diseño para estructuras durante su construcción.
- Ley de Higiene y Seguridad 19587 y Decretos reglamentarios
- IRAM 3920 – Seguridad en equipos de izaje. Condiciones generales para la operación y la calificación del personal.
- IRAM 3921 – Seguridad en equipos de izaje. Condiciones generales para la capacitación de los operadores.
- IRAM 3923/1 – Seguridad de equipos de izaje, inspecciones, métodos de ensayo y mantenimiento. Parte 1: Grúas móviles.

## 2.4 FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES PREFABRICADOS

La fabricación de elementos prefabricados de hormigón armado normalmente se lleva a cabo en plantas fijas de producción, las cuales cuentan con el equipo y personal especializado para elaborar, bajo estrictas normas de calidad, diferentes productos solicitados por la industria de la construcción. También se pueden fabricar elementos a pie de obra, que por su peso, tamaño o condiciones propias requieren que sean fabricados en sitio.

### 2.4.1 Concepto

El hormigón armado está concebido a solicitaciones de carga a compresión y flexión, y combinando esfuerzos debe verificar valores de tracción. Cuando no verifica estos últimos generalmente se fisura, es entonces que el hormigón pretensado surge para contrarrestar la escasa resistencia a tracción del hormigón.

### 2.4.2 Fabricación

**Sistema pretensado.** Es cuando los tendones se tensan mediante gatos hidráulicos antes vaciar el hormigón dentro de los moldes.

Aquí los cables de acero se tensan antes de vaciar el hormigón. Estos tendones son de cable torcido, varios torones de varios alambres cada uno, que se tensan entre apoyos fijos.

Se mide el alargamiento de los tendones, como así también la fuerza aplicada por los gatos, y se cuela el hormigón en torno a los tendones esforzados. En ocasiones se utiliza hormigón de alta resistencia inicial, para acelerar el endurecimiento del hormigón.

Luego de que el hormigón ha alcanzado la suficiente resistencia, se cortan los torones y estos se liberan en el interior del hormigón ya que están ligados por adherencia al mismo. En esta manera el pre esfuerzo es transferido al hormigón por adherencia.

**Sistema postensado.** Es otro método de pres forzado el cual el tendón que va dentro de unos conductos es tensado después de que el concreto ha fraguado. Así el pre esfuerzo es casi siempre ejecutado externamente contra el concreto endurecido y los tendones se anclan en el concreto inmediatamente después del pre esforzado. Este método puede aplicarse tanto a elementos prefabricados como a aquellos colados en sitio.

En el pos tensado, generalmente se colocan en los moldes las vainas huecas que contienen los tendones no esforzados, y que sigue el perfil deseado (catenaria), antes de vaciar el hormigón.

Las vainas se sujetan y atan con alambre a los refuerzos auxiliares de las vigas (armadura pasiva, estribos de viga) para prevenir su desplazamiento accidental y luego se vacía el hormigón. Cuando éste ha adquirido suficiente resistencia, se usa la misma pieza de hormigón proporciona la reacción para el gato esforzado.

La tensión se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero.

Los tendones se tensan normalmente todos a la vez, o bien utilizando el gato monotorón.

Normalmente se rellenan de mortero líquido las vainas de los tendones después de que estos han sido esforzados. Se fuerza el mortero al interior de la vaina en uno de los extremos, a alta presión, y se continúa el bombeo hasta que la pasta aparece en el otro extremo de la vaina. Cuando se endurece la pasta une al tendón con la pared interior de la vaina.

### **Almacenaje y estibas**

Todo elemento deberá almacenarse soportado únicamente en dos apoyos localizados en o cerca de los puntos usados para izaje y manejo de la pieza. En caso de utilizar otros puntos de apoyo para el almacenaje de las piezas, deberá revisarse su comportamiento para dicha condición de manipuleo.

Si por cuestiones de diseño se requieren más de dos apoyos, se deberá asegurar que el elemento no quede sin algún soporte debido a asentamientos diferenciales en los apoyos. Esto es particularmente importante en elementos presforzados donde el efecto del pre esfuerzo suele ser muy relevante.

La diferencia de temperaturas entre las superficies de un elemento, pueden causar alabeos del mismo. El cual debe ser minimizado, manteniendo el panel lo más plano posible. Los elementos deberán almacenarse de tal forma que el sol no sobrecaliente un solo lado.

Los elementos prefabricados almacenados en estibas deberán de separarse entre ellos por medio de barrotos o durmientes capaces de soportar el peso de los elementos. Los apoyos deberán alinearse verticalmente dejando libres y de fácil acceso a los accesorios de izaje. No se deben estibar elementos de distintos tamaños y longitudes sin antes revisar que el elemento inferior soporte la carga del el elemento superior en el punto en el que se aplique.

### **2.4.3 Transporte**

#### **Aspectos generales**

Al seleccionar el proceso constructivo es necesaria la correcta evaluación del transporte y la logística. En gran medida, del resultado de esta evaluación se decide si los elementos serán fabricados en planta fija, en planta móvil o a pie de obra. La incidencia del costo del transporte en el costo total de la obra es directamente proporcional a la distancia por recorrer y a la complejidad del flete. En condiciones normales, es aceptable que una obra que esté a menos de 350 km tenga un costo por transporte del orden 10 al 20 por ciento del costo total de los elementos prefabricados.

Existen dos tipos de fletes: los que por sus características de peso y dimensiones se ejecutan con equipos de transporte ordinario y los que exceden al peso y dimensiones permitidos en las normas y reglamentos locales o federales. Los primeros se realizan con camiones o tractocamiones y plataformas y los segundos con equipos de transporte especial, tales fueron usados en esta obra. Por los riesgos que implican el exceso de peso y dimensiones, estas maniobras las deben realizar empresas que cuentan con registro en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### **Equipos de transporte especial.**

**Semirremolque.** Vehículo automotor destinado a soportar y arrastrar semirremolques y remolques. Normalmente se utilizan vehículos con motores diésel de 300 a 450 HP. (fig. 2.9)

**Módulo.** Plataformas acoplables longitudinal y lateralmente, con ejes direccionales y suspensión hidráulica o neumática (fig. 2.10)



Fig. 2.9 Tractocamión con semirremolque



Fig. 2.10 Módulo de transporte

**Patín delantero y patín trasero.** Bastidores de uno o más ejes con llantas para transferir carga (fig. 2.12); también conocidos como "dollys", En ocasiones, estos dollys tienen dirección propia para facilitar las maniobras. (fig. 2.11 y fig. 2.12)



Fig. 2.11 Boogui mas cureña



Fig.2.12 Patín trasero del boogui

**Unidad piloto.** Vehículo de motor dotado de una torreta y señales de advertencia para conducir y abanderar el tránsito de las grúas industriales o las combinaciones vehiculares por los caminos y puentes.

Las combinaciones vehiculares especiales podrán aceptarse cuando se trate del transporte de carga indivisible (es decir, una sola viga) Con peso útil menor a 90 toneladas. El transportista deberá demostrar con una memoria de cálculo la distribución de cargas de la combinación y que la carga se desplaza con seguridad considerando las características geométricas de la ruta que se seguirá

### **Normas y reglamentos**

Dependiendo de la ruta a tomar, el transportista deberá respetar las normas y reglamentos vigentes de tal forma que si los viajes son locales deberá respetarse la legislación argentina de transporte de cargas y la configuración geométrica que corresponde al transporte de objetos indivisibles de gran peso o volumen, peso y dimensiones de las combinaciones vehiculares de las grúas industriales y su tránsito por caminos y puentes de jurisdicción federal. Además, deberá respetar la ley de caminos, puentes y autotransporte federal, el reglamento de autotransporte federal y servicios auxiliares, el reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los

vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.

En nuestro País la legislación aplica que el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte por caminos y puentes es que la dimensión máxima de una combinación vehicular para transitar en condiciones ordinarias es de 20,8 m magnitud que al restarle la dimension del tractocamión, resulta una pieza de 15,8 m de longitud máxima. El peso útil máximo permitido es de 26,4 toneladas, de tal forma que toda pieza que exceda estas cantidades debera que ser transportada por una compañía que cuente con el servicio especializado de carga. Para ello, la norma dicta restricciones. Entre las más importantes son:

- Los transportes se sujetarán a los siguientes horarios: de lunes a viernes con luz diurna y en la noche de 0:00 a 06:00 horas y los sábados de 06:00 a 14:00 horas. Durante las vacaciones normalmente se restringen los permisos.
- Las combinaciones vehiculares especiales no podrán transitar en convoy.
- Las rutas deben estar previstas y señaladas en el permiso y sólo podrán modificarse en caso de emergencia.
- Dependiendo de las dimensiones deben llevar una o dos unidades piloto las cuales deben conducir, abanderar y apoyar la logística de la transportación. Éstas deben cumplir con una serie de especificaciones técnicas y de operación referentes a color, iluminación, señalización, avisos y características físicas, entre otras.
- En condiciones climatológicas adversas, la combinación debe detenerse en un sitio seguro hasta que éstas sean favorables para continuar.
- Todas las unidades deberán transitar con las torretas y los faros principales encendidos.
- Dependiendo de la combinación vehicular y del tipo de carreteras, se especifican velocidades máximas y cargas máximas por llanta y por eje; dependiendo de las cargas, se especifican otros aspectos como la distancia entre ejes internos y la altura del centro de gravedad de la carga.

### **Accesorios y herramientas**

Existen accesorios y herramientas adicionales como mangueras de sistema de frenos de mayor longitud que las convencionales para remolques o patines traseros, extensiones para luces y torretas, letreros según lo marca la norma y cadenas y gatas para aseguramiento de la carga, entre otros.

Para la conducción de una combinación que requiera de unidad piloto, es conveniente que se cuente con sistemas de radio-comunicación.

Para maniobras complejas existen dollys o módulos direccionales que permiten maniobrabilidad en los patines traseros. También es frecuente que cuando en el acceso a una obra no hay espacio suficiente, se realicen maniobras con dos tractocamiones “espalda con espalda” (Fig. 2.12). Para operar los equipos direccionales se debe contar con herramientas y equipo especial.

### **Consideraciones generales adicionales**

*Puntos de apoyo.* Al transportar las piezas prefabricadas, éstas deberán estar apoyadas exclusivamente en los puntos considerados en el diseño, de lo contrario, podrán sufrir daños. Asimismo, en caso de formar estibas o tongas, los apoyos de las camas superiores deben coincidir perfectamente con los de las camas inferiores para evitar distribuciones de esfuerzos y momentos, distintas a las consideradas en el análisis. Al colocar las piezas en las unidades de transporte se deben apoyar sobre elementos de madera o en apoyos especialmente diseñados para ello (Fig.2.13).

Lo más razonable que los elementos prefabricados estén diseñados para apoyarse simplemente en sus extremos; sin embargo, por maniobrabilidad en el transporte, en ocasiones se requiere meter hacia adelante el patín trasero o colocar el apoyo posterior en voladizo. Al hacer ésto, se generan momentos negativos que sumados a los que genera el presfuerzo, deben ser contrarrestado con acero de refuerzo ordinario.

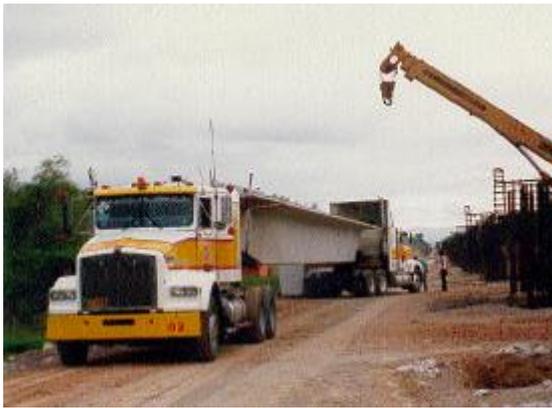


Fig. 2.12 Maniobra “espalda con espalda”.



Fig. 2.13 Detalle de apoyos durante el transporte

## CAPITULO 3: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

### 3.1 TRABAJOS PRELIMINARES

#### 3.1.1 Obrador

**Cercado de la obra:** Como se trata de una construcción de un edificio entre medianeras, se tuvieron que cercar el frente y fondo con estructura de chapa metálica, siendo removibles la entrada para permitir desplazamientos de la grúa móvil telescópica.

**Oficina técnica, comedor, vestuarios y sanitarios:** Estas instalaciones están sectorizadas colindantes a la obra en una vivienda colindante con la obra.

**Acopio de áridos:** Las fundaciones y los muros de sostenimiento se ejecutaron con Hormigón elaborado en planta central, por lo que no fue necesaria un acopio importante de áridos. Estos solo fueron necesarios para preparar morteros durante la etapa de ejecución de la mampostería.

**Acopio de las barras de acero:** Este fue realizado en distintas lugares de la obra, en función de las tareas que se iban realizando y de las tareas de máquinas y equipos. ubicaciones

**El taller de preparación de armadura:** Se ubicó a una distancia fuera de la zona de trabajo, para no entorpecer con estos.



Fig. 3.1. Vista aérea del izaje.



Fig. 3.2. Vista panorámica del obrador.

En la fig. 3.2, se observa la instalación del obrador con el sector de oficinas en la parte posterior

### 3.1.2 Replanteo y nivelación

El replanteo planimétrico se realizó tomando como ejes de referencia la línea municipal y el eje medianero este. El proceso de realización fue el siguiente: A partir del plano de ubicación en escala 1:1000 se verificaron las dimensiones lineales disponibles, dando de 8 a 10 centímetros la diferencia en el eje medianero este. Para replantear las fundaciones se ubicaron los ejes de los pozos distanciados modularmente y conservando estos ejes en todos los niveles.

Para replantear las columnas se utilizaron los mismos replanteos de los pozos.

### 3.1.3 Movimiento de suelos

Inicialmente el terreno natural se encontraba a nivel de cota de vereda en la línea municipal, en consecuencia se excavó todo el primer y segundo subsuelo con una retroexcavadora y pala mecánica. La empresa subcontratada para este excavado y movimiento de suelos fue DAHE S.A. Al suelo extraído se lo trasladó hacia otro sector de la ciudad, donde fue utilizado para relleno de terrenos bajos.

En la fig. 3.3. Se muestra la excavación del primer subsuelo en donde se dejaron montículos de suelos para que la pala mecánica pueda levantarla y cargarla a en los camiones de transporte. Se observa también el talud próximo a la línea municipal, desde donde la máquina procede a excavar en taludes de 90 grados, con un ancho de 4,5 metros cada 3 metros de separación.



Fig. 3.3. Excavación del primer subsuelo.



Fig. 3.4. Excavaciones varias.

La fig.3.4. Muestra el segundo subsuelo excavado el cual tiene una rampa temporal de acceso para extraer el suelo acumulado de las excavaciones de los pozos romanos. Dicho movimiento de suelos se realiza con la pala mecánica. En la misma imagen se observa la excavación del primer subsuelo con la excavación de taludes verticales separados modularmente.

**Procedimiento:** En los primeros días, el trabajo consistió en extraer todo el suelo del primer subsuelo, no siendo necesario la disposición de cuadrillas de obreros para excavar manualmente. La retroexcavadora procedió a excavar desde el fondo del terreno hacia adelante. Logrado excavar todo el nivel del primer subsuelo se dispusieron cuadrillas de trabajo para el perfilado manual de la excavación y la preparación de armaduras y cabezales. El paso siguiente fue hacer la cortina de pilotes para el sostenimiento de taludes de la excavación y poder excavar los pilotes perimetrales de las columnas.

## 3.2 FUNDACIONES

### 3.2.1 Muro de sostenimiento

Constituido por una cortina de pilotes rodeando todo el perímetro del terreno, excepto en colindancia con el edificio existente sobre medianera oeste. Partiendo del nivel excavado a -3.5 metros (ver fig. 3.5), se procedió a excavar los pilotines en una longitud mínima de 2.60 metros con perforadora helicoidal, (ver fig.3.6), luego se introdujo la armadura izándola con la misma máquina, y se realizó el colado de hormigón hasta la cota de -3,5 metros. Al día siguiente se encofró la altura restante del pilotín, en el cual se utilizaron encofrados metálicos y se continuó con el colado del hormigón. La última etapa fue ejecutar los tabiques de hormigón entre pilotines con una malla electrosoldada dispuesta en para constituir una bóveda vertical.

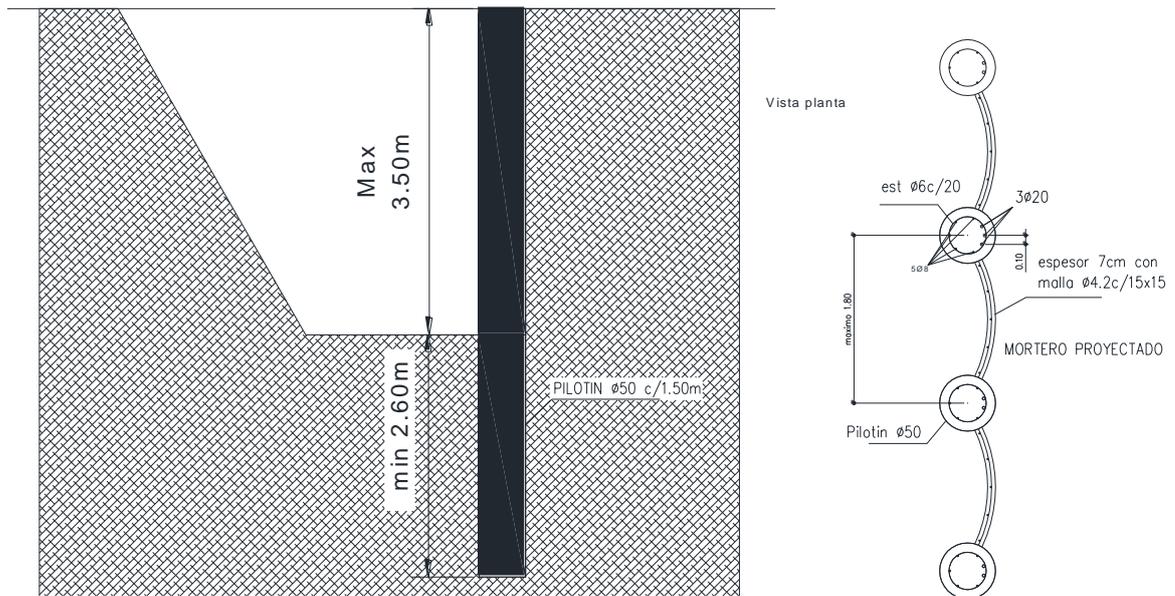


Fig. 3.5. Detalle del sostenimiento de taludes mediante cortina de pilotes

Respecto a la edificación en sobre medianera oeste, no se realizó ninguna submuración debido a que posee fundaciones a cotas profundas.



Fig. 3.6. Excavación de pilotines.



Fig. 3.7. Encofrado de tabiques entre pilotines.

En la fig. 3.7., se muestra una tercera etapa de la ejecución de la cortina de pilotes adyacente al muro medianero de la vivienda unifamiliar utilizada como obrador. Se realiza en encofrado de ambos lados con madera terciada, que permite conformar una

superficie curva las cuales deben ser rigidizadas verticalmente cada 60 cm con puntales verticales.

### 3.2.2 Fundación profunda mediante pilotes

Son pozos romanos con cota de fundación variable entre -13 a -18 metros de profundidad, con y sin campana, según la carga y fustes entre 60 y 80 cm. (ver fig. 3.8). Se muestra el plano de fundaciones, del que se estudiara el pilote P2 y las riostran que lo vinculan.

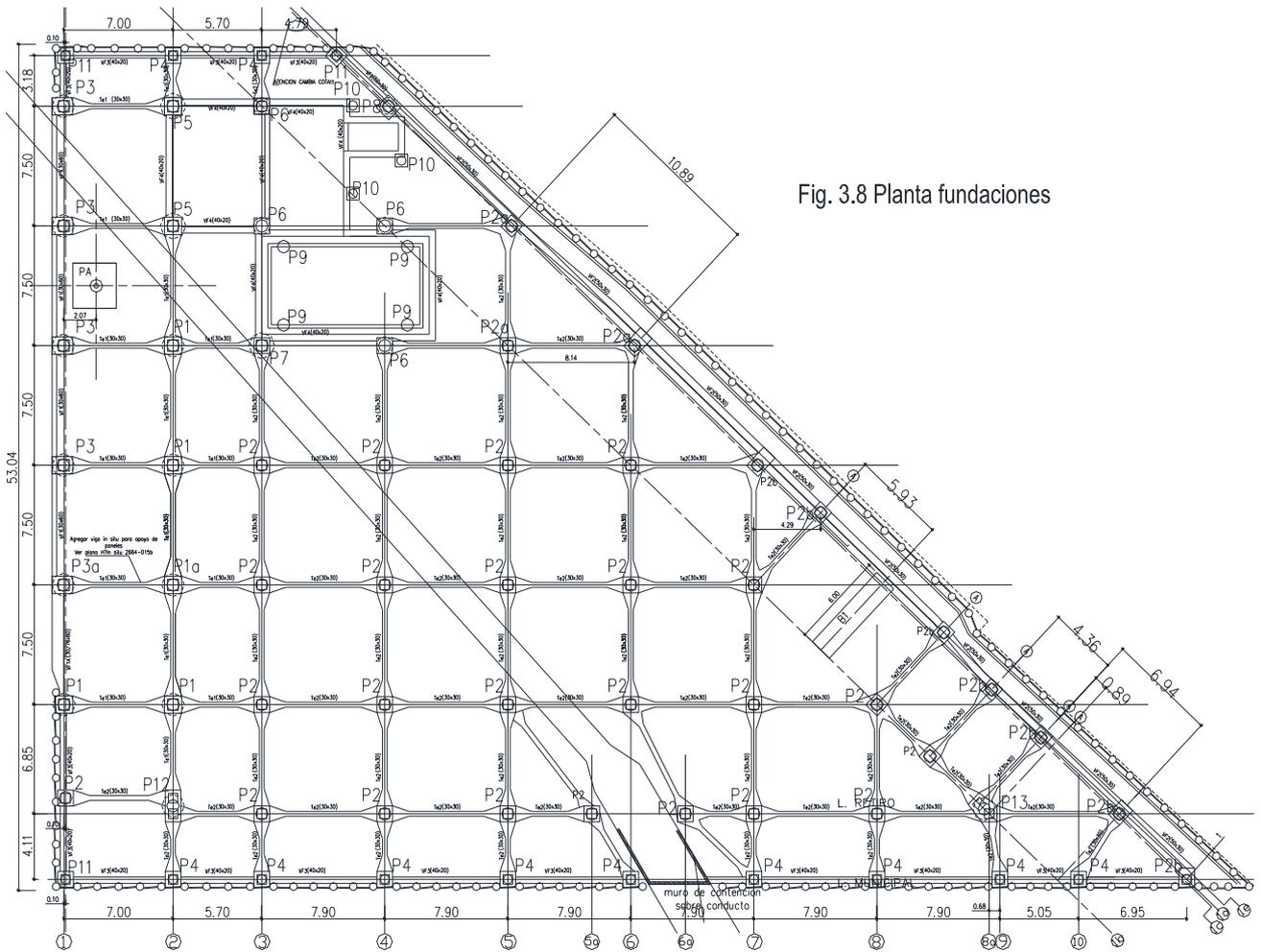


Fig. 3.8 Planta fundaciones

### 3.2.3 Platea de ascensor

El funcionamiento del ascensor será por de pistón hidráulico centrado en el mismo, para lo cual se excavo un fuste de diámetro 80cm, dejando en su centro un espacio de diámetro 30cm para alojar al pistón en su interior. A -1.44 metros por debajo del nivel de piso terminado del subsuelo se realizó la platea base a partir de la cual se desarrolló en altura la caja del ascensor.

### 3.2.4 Canal subterráneo

Este canal pasa por debajo del nivel del primer subsuelo, y para su ubicación se tuvo que diseñar la estructura de la fundación como se ve en la siguiente planta de fundaciones. Se observa que la cortina de pilotes no continua en la entrada de este

canal, sin embargo el tabique de hormigón de canal se tuvo que fundar sobre una viga de fundación con el mismo nivel de esta planta.

### 3.2.5 Pilotes excavados manualmente, pozos romanos

**Descripción:** Se analiza el pilote P5 de fuste 80cm con campana de 1,65m, transmite por su área de influencia la carga proveniente de la estructura de planta baja y también del segundo subsuelo. A diferencia de los demás pilotes pertenecientes al primer subsuelo, las columnas tienen un cabezal de 3.80 metros de altura, con el fin de salvar el desnivel del segundo subsuelo. Es arriostrado ortogonalmente por tensores y por vigas de fundación (ver fig. 3.9). Cada pilote según sea la carga que transmite tiene diferente cota de fundación lo que debió ser controlado especialmente. En la fig. 3.10 se observan los pilotes de fundación del tanque de cisterna, y del tabique de hormigón en el sector de escalera.

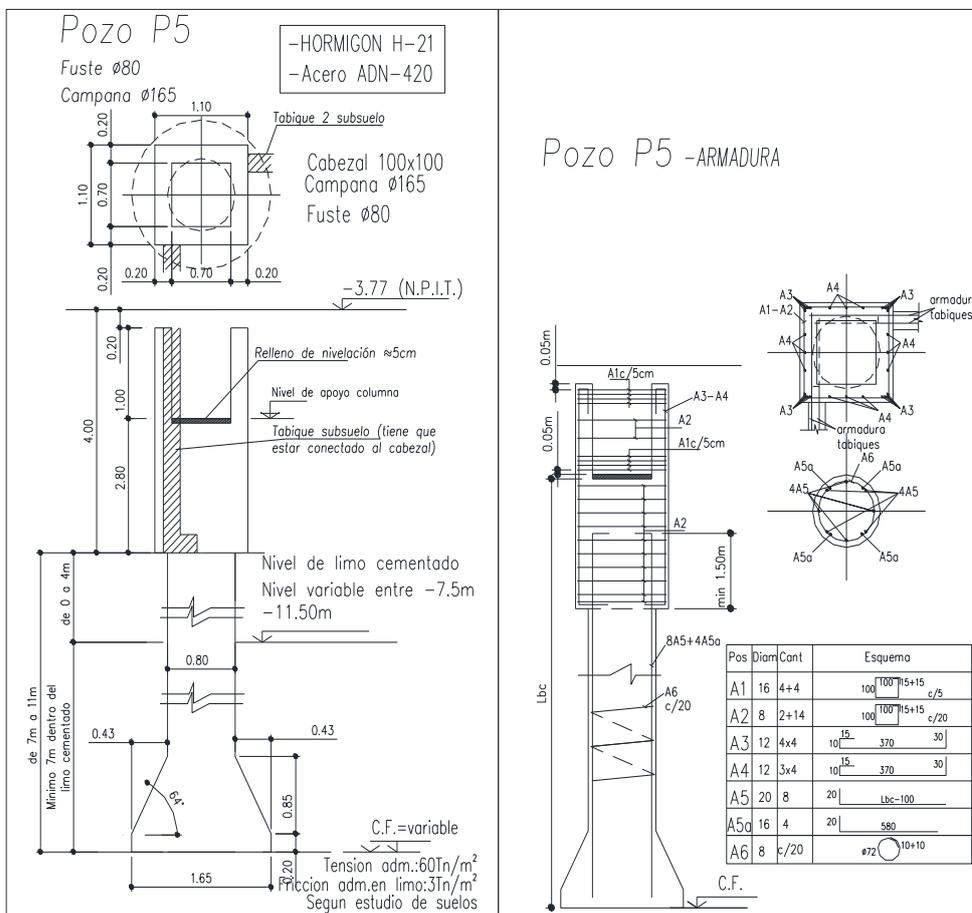


Fig. 3.9. Detalles de pilotes de fundación 1

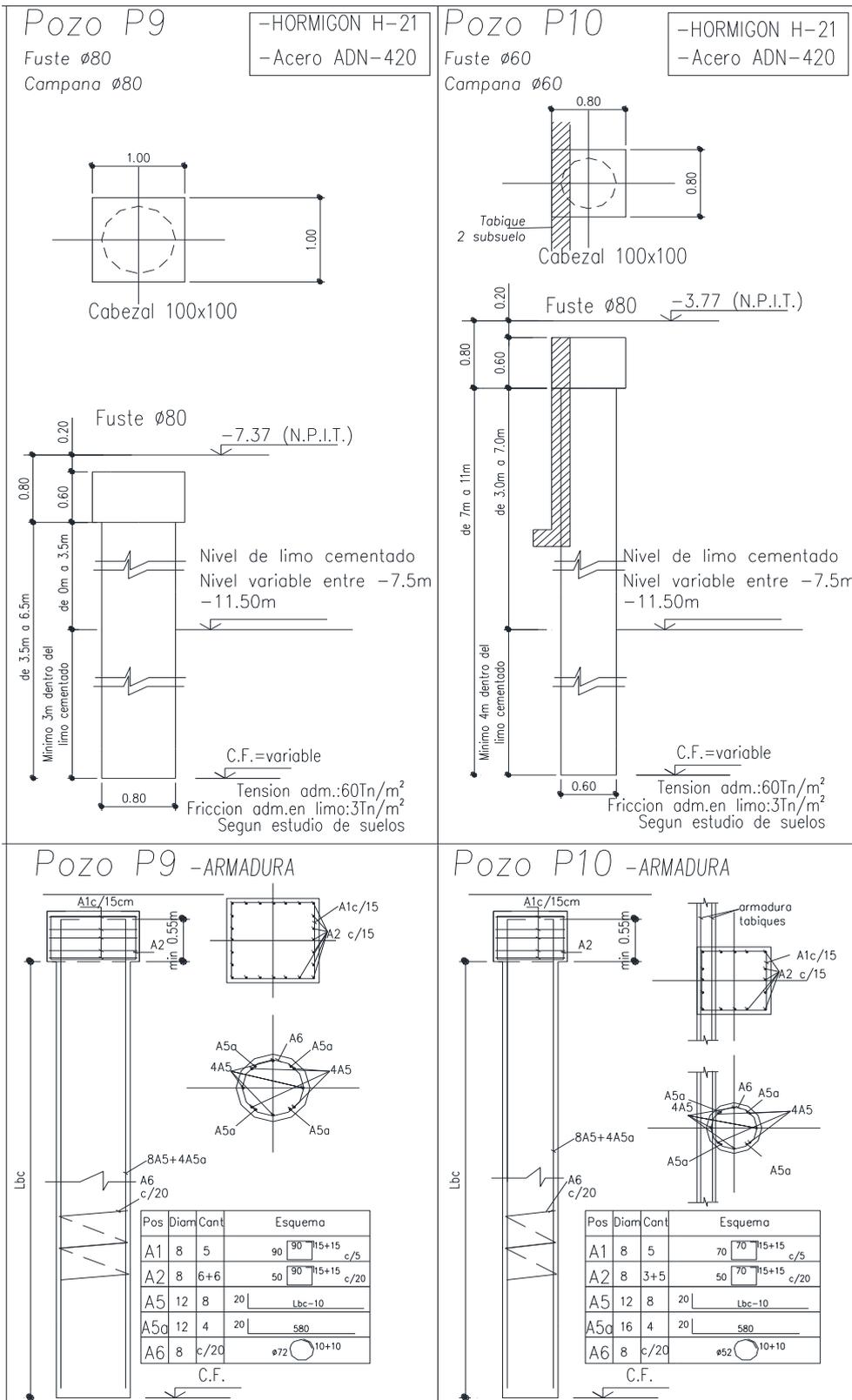


Fig. 3.10. Detalle de pilotes de fundación 2.

**Construcción:** Replanteado el pilote se marca su diámetro y se procede a excavar. Un operario escava y carga el recipiente con el suelo y otro eleva el mismo mediante el rolo. Llegado a la cota de fundación se excava la campana. Quienes realizan esta tarea de excavación son operarios calificados, quienes frente a algún riesgo de emanaciones toxicas en el pozo, identifican inmediatamente y dan aviso.

La armadura del pilote es izada mediante un vehículo con brazo hidráulico, quien realiza la maniobra de introducir la armadura. Esta armadura no debe tocar ni inferior ni lateralmente debiendo tener un recubrimiento de 10cm. Luego se realizó el colado de hormigón en todo el fuste, colocando un embudo en la parte superior a través del cual se introduce el hormigón por caída libre.

Al día siguiente se procedió a colocar la armadura del cabezal ya previo armado en taller. Se lo empalmo a la armadura longitudinal en espera del pilote, luego se procede al encofrado del cabezal y a colocar la armadura en espera para los tabiques.



Fig. 3.11. Excavación de pilotes de segundo subsuelo.

En la fig. 3.11, se muestra el excavado de pozos romanos del segundo subsuelo. El trabajo se desarrolla en simultáneo por varias cuadrillas como así también se procede a preparar las armaduras de riostras y vigas de fundación. Respecto a los montículos de tierra acumulados en la superficie, una retro pala pequeña, se encarga su movimiento para su posterior retiro mediante camiones de transporte.

Para el colado del hormigón, el camión mixer que lo transportaba no llegaba a todos los sectores de trabajo por lo que debieron usarse canaletas de aproximación. Debí cuidarse la segregación del hormigón por caída libre. Se destaca como trabajo critico los sectores anegados por lluvia que obligaban a bombear el agua acumulada fuera de las excavaciones como así también la limpieza para desbarrar las armaduras, previo al colado de hormigón.

### 3.2.6 Tensores de arrojamiento

**Descripción:** Dos tipos de tensores con igual sección y distinta cuantía de armadura. SE estudiara el tensor tipo 2 anclado en los cabezales del pilote. En el plano siguiente se observa que este tensor cambia su sección de 30x30 cm, hasta empalmar tangencialmente a un círculo que circunscribe a la sección cuadrada del cabezal vista en planta.

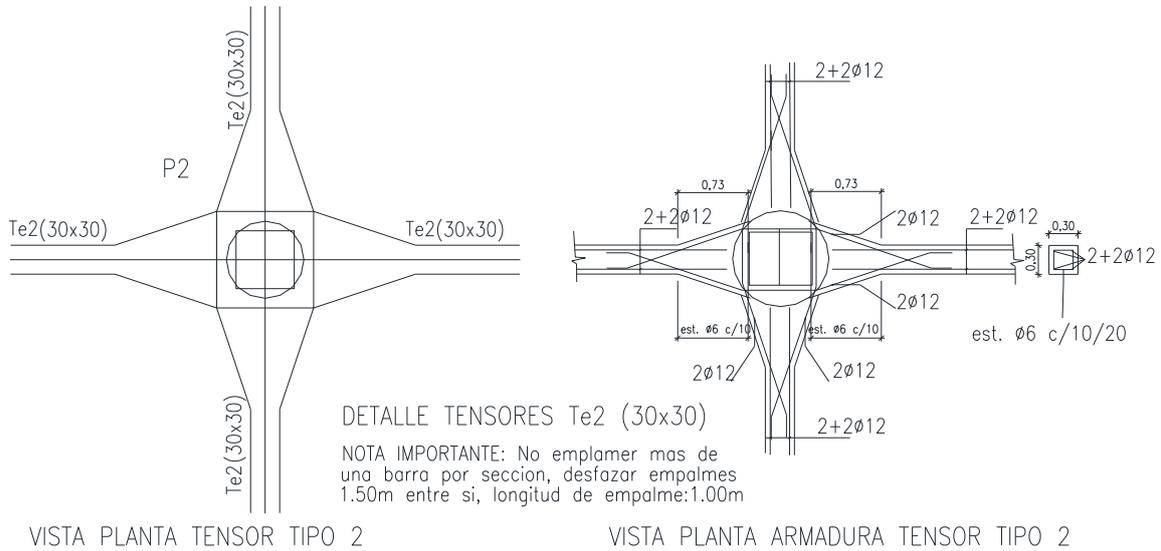


Fig. 3.12. Planta tensores tipo 2.

**Construcción:** Mientras que una cuadrilla arma el cabezal otras se encargan de armar los tensores. Cuando se está todo posicionado cabezal y tensores se empalman con cuatro hierros diagonales los cuales se anclan en toda su longitud al cabezal y a los tensores. La longitud de sección variable en el tensor se estriba cada 10 cm con hierros del 6, y los tramos de sección normal con estribos del 6 cada 20cm.

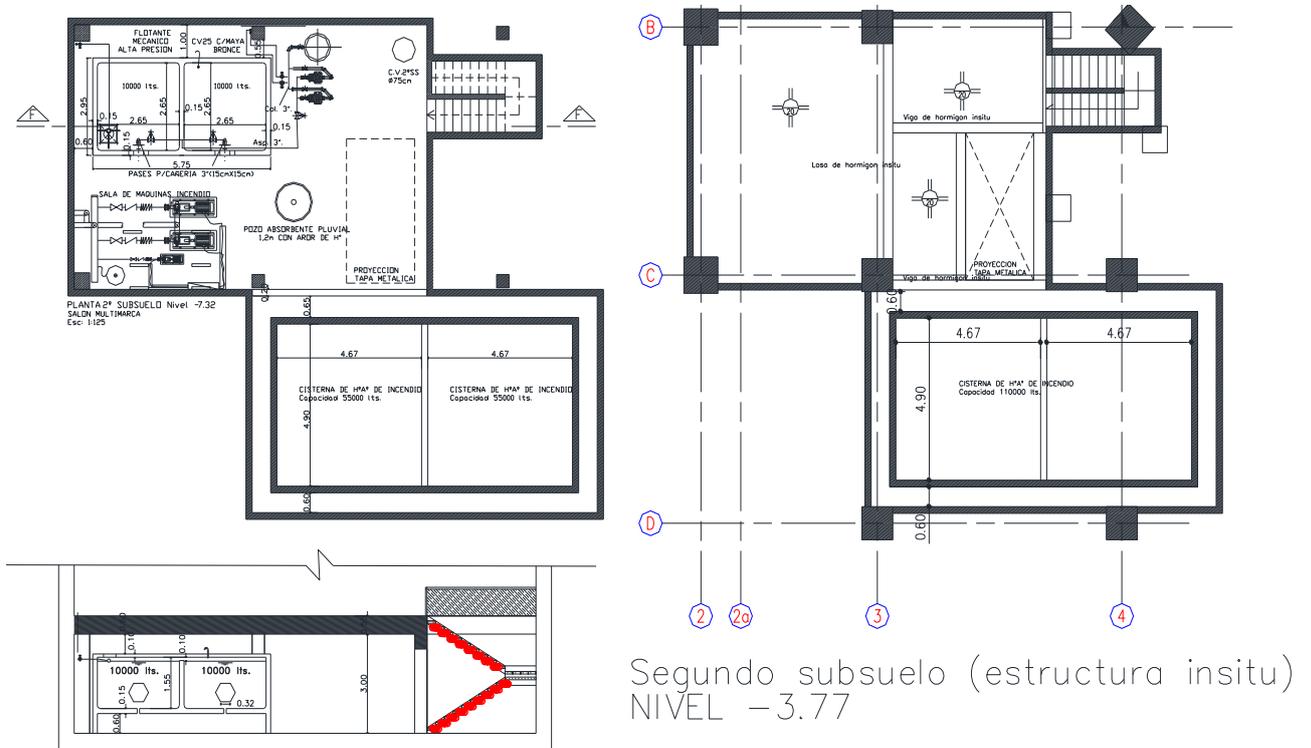
**3.2.7 Viga de fundación:** Son de distintas secciones ubicadas perimetralmente y sus funciones son servir de apoyo al tabique perimetral, ser el cimiento de la mampostería y arriostrar los pilotes perimetrales

**3.2.8 Encofrado de fundaciones:** Dispuesta la armadura de los cabezales, tensores y vigas de fundación, estos se encofraran para lograr las secciones requeridas excepto de aquellos casos que el encofrado será los taludes de la excavación.

### 3.3 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN IN SITU

#### 3.3.1 Segundo subsuelo

**Descripción:** Sabiendo la funcionalidad de los espacios a través del plano de arquitectura (ver fig. 3.13). Los pozos P5 a P8 (ver fig. 3.14) son bases de sustentación de las columnas del edificio, y a diferencia del pilotes del primer subsuelo, estos tienen un cabezal de 3.80 metros de altura, salvando de esta manera la altura del 2º subsuelo. Su cerramiento lateral son tabiques de hormigón armado. Esta tipología se usa en todo el perímetro ver figura 3.15. La escalera es maciza de hormigón armado y descansa sus apoyos sobre tabiques, logrando con esta configuración requerir de sus propios pilotes de fundación denominados P10. El tanque de agua para incendio es de hormigón armado y tiene su propia sustentación sobre 4 pilotes denominados P9 los cuales no tienen ninguna vinculación con el resto de los pilotes. Las vigas de fundación son de la misma sección y armadura en todo el nivel del 2º subsuelo y las losas son de hormigón armado descansando sobre vigas de fundación. La impermeabilización de los tabiques se realizó por el lado exterior con membrana geotextil. Luego se relleno el espacio entre el tabique y el talud de suelo con el mismo material extraído previo haber desencofrado.



El tanque de agua de reserva de agua potable es de la misma tipología que el tanque de agua para incendio, en el sentido que también cuenta con su propio sistema de sustentación en su fundación a través de 4 pozos P9a. Para su construcción, en la losa de fondo se introdujeron previo al colado de hormigón la armadura en espera para los tabiques laterales. En estos tabiques se dispusieron las tapas laterales y hormigonados sirvieron de apoyo de la losa superior a la tapa este procedimiento se trabajó en simultaneo con la cisterna del tanque de agua para incendio.

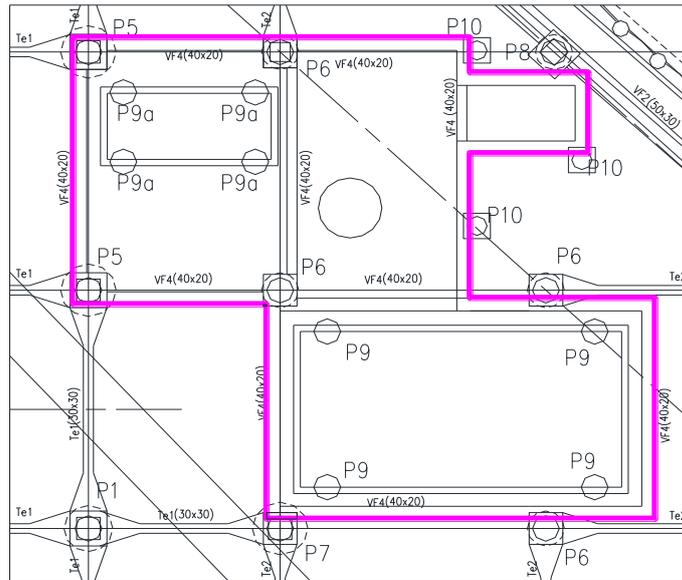


Fig. 3.14. Vista planta estructura segundo subsuelo

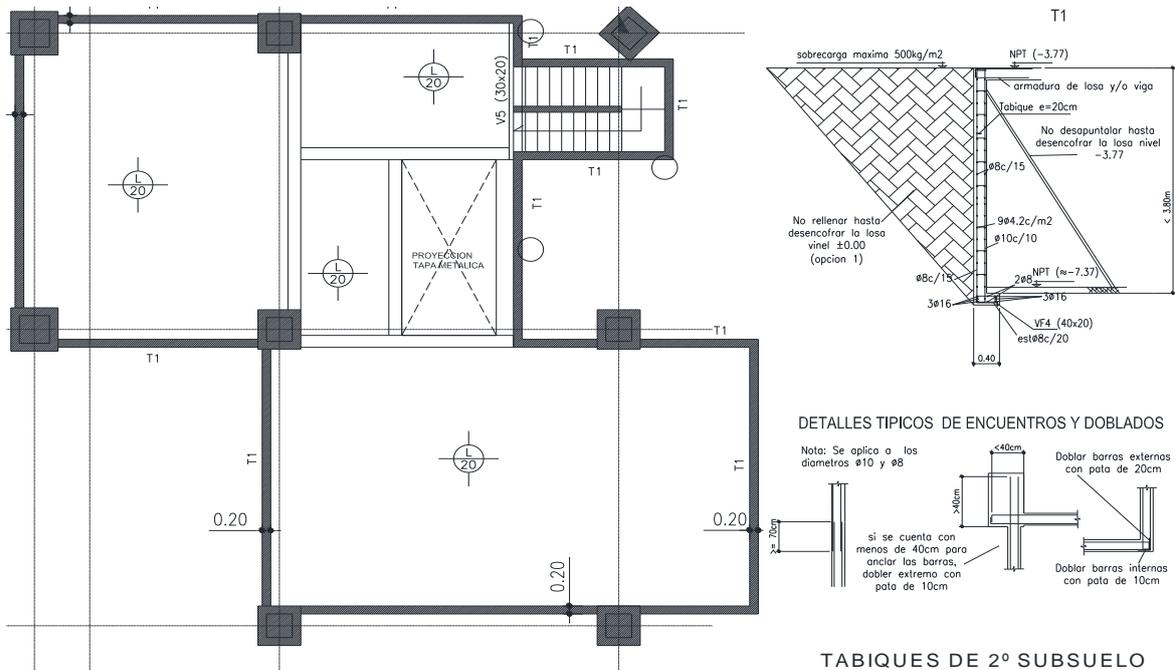


Fig. 3.15. Armado de tabiques.

**Construcción:** Desde la armadura en espera del cabezal de los pilotes ancladas, un mínimo de 1.5 metros con la armadura vertical, se procede a ejecutar la estructura cabezales tabiques y losas en cuatro etapas. Primero se realiza el hormigonado de los cabezales, dejándose las armaduras horizontales en espera para los tabiques luego se procede a colar de hormigón en las vigas de fundación previa de colocación de los hierros verticales de los tabiques. Se realiza el colado de hormigón en los tabiques hasta la altura del nivel inferior de las vigas estructurales de la losa y finalmente se completa la losa juntamente con las vigas.



Fig. 3.16. Encofrado de los cabezales.

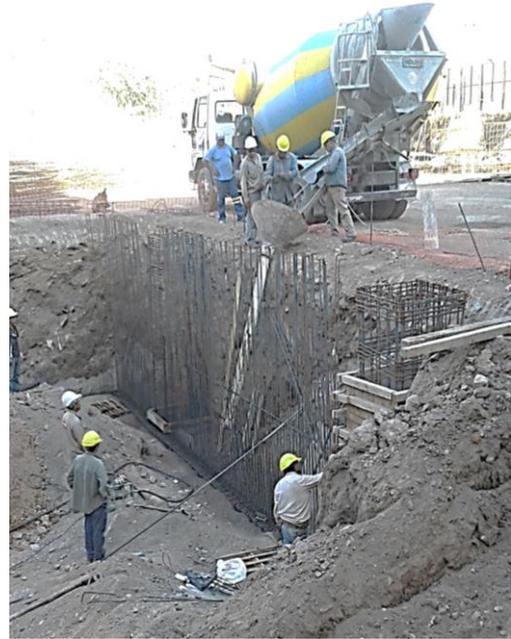


Fig. 3.17. Colado del Hormigón en la viga de fundación

La figura 3.16 muestra el encofrado del cabezal, similar al encofrado de columnas de hormigón armado y al mismo tiempo se está disponiendo la armadura de los tabiques. Se observa en la figura 3.17 que previamente se encuentra realizada la viga de fundación.



Fig. 3.18. Encofrado de la losa del segundo subsuelo.

En esta figura 3.18 se observa el proceso de construcción de la losa maciza de 20 cm del segundo subsuelo.

### ***Tanque de agua para incendio***

**Descripción:** Se trata de dos cisternas contiguas con capacidad cada una 55000 litros, sus tabiques están separadas 65cm hacia los laterales para el acceso del personal de mantenimiento. Por otro lado su losa de fondo se encuentra separado 20cm respecto del nivel de piso terminado. Es una estructura fabricada de hormigón in situ, losas tapa, losas de fondo, tabiques, columnas tabique, y pilotes propios de fundación. La sala de

máquinas está ubicado en el sector contiguo al tanque de agua de reserva, disponiéndose ahí del equipo completo de presurización.

Como se sabrá la falla principal en estas estructuras de hormigón armado son las fisuraciones y estos se presentan en la parte inferior de los tabiques laterales y en sus juntas de unión entre tabiques. Por esto su principal control a realizarse serán las separaciones correctas entre armaduras, y en sus anclajes respetar la longitud especificada en el plano de estructura (ver fig. 3.19), por otro lado deberán controlarse la calidad del hormigón elaborado, para esto se recomienda tomar pastones de hormigón fresco cuando el camión mixer se encuentre ya con  $\frac{1}{4}$  de hormigón por vaciar.

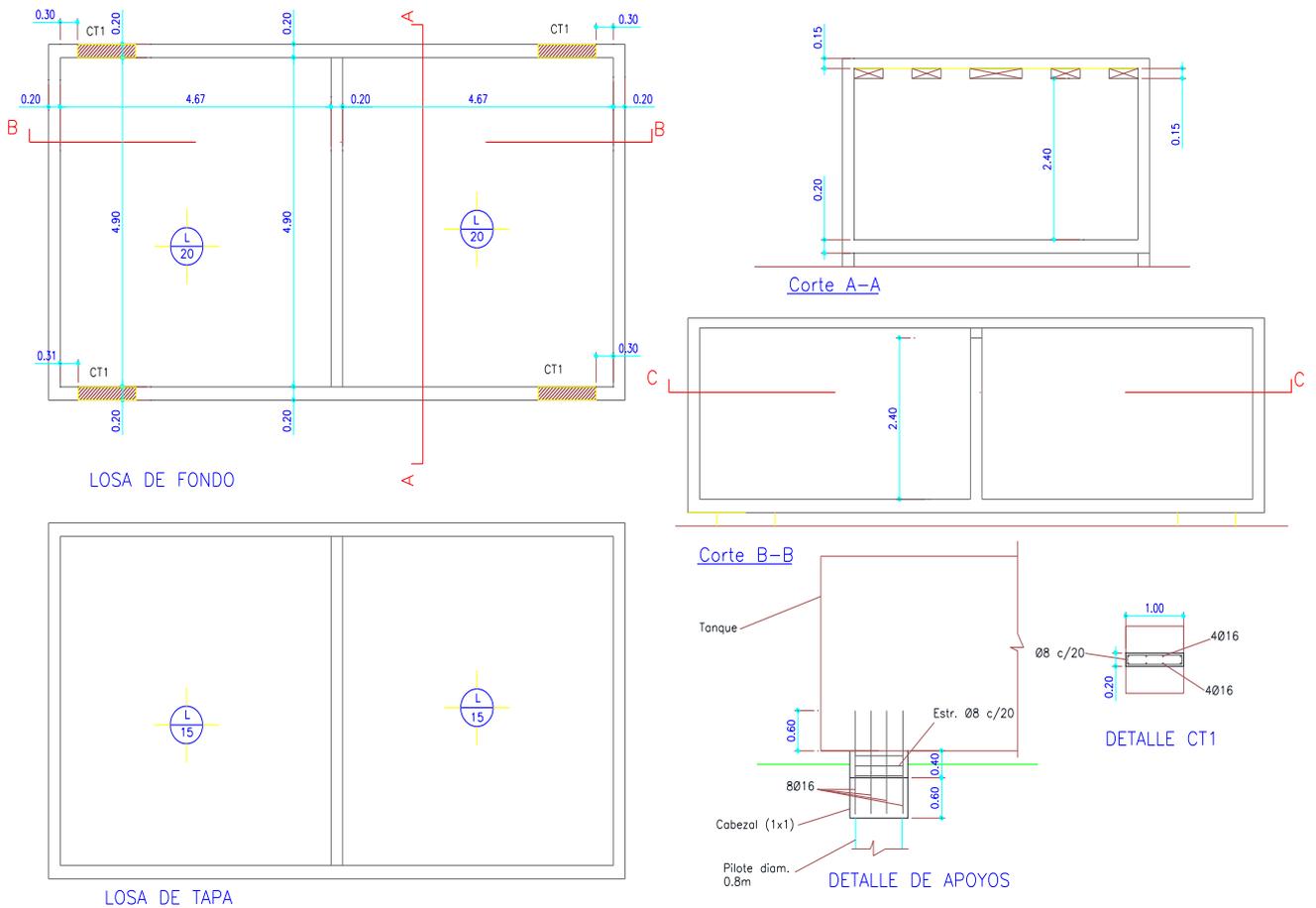


Fig. 3.19. Estructura del tanque de reserva agua para incendio.

En el colado de hormigón se ha visto que algunas partes de la estructura tuvieron que faltar por llenarse de hormigón, ya por límites de capacidad del camión, y por trabajos a finales del día de la jornada laboral, en estos casos resulta factible ejecutar la estructura en otra etapa más, y para esto deberán dejarse las juntas en un mismo nivel de altura, cuando se trate de tabiques laterales, y cuando sea losas deberán de terminarse por completo, para lo cual deberán calcularse su volumen y la capacidad del camión mixer para no permitir estas demandas faltantes en estas partes críticas de la estructura de hormigón armado.

**Construcción:** Previo a las etapas, y conjuntamente con los cabezales del pilote se trabajó con las columnas cortas que son la base de apoyo de este tanque de agua. Seguidamente se preparó el piso del segundo subsuelo con hormigón estructural (esta parte se explica en el ítem piso 2º subsuelo). El desafío era preparar el encofrado para la losa de fondo del tanque ya que por existir una separación de 20cm (ver fig. 3.19. Corte AA), no se pudo preparar un encofrado horizontal para esta losa, la solución fue idear en llenar con arena esa separación existente, ya que este material granular siendo incompresible facilitó la tarea de acuerdo a su propiedad. Entonces directamente sobre la arena se apoyaron los fenólicos, y luego de rigidizarse el encofrado lateral se empezó en ubicar las armaduras de la losa de fondo, y dejando las armaduras en espera para los tabiques laterales se enatar con alambre un nudo de unión entre hierros por medio, luego se hizo el colado de hormigón.



Fig. 3.20 Armaduras de los tabiques del tanque de agua para incendio

En las figuras 3.20 a 3.22 se muestran la segunda etapa de trabajo de la estructura de hormigón armado in situ del tanque de agua de incendio, desde la armadura hasta el desencofrado, se observa la simultaneidad del trabajo con las vigas estructurales de hormigón armado, esto permite mostrar el progreso y la interacción entre cuadrillas de trabajo, frente a necesidades de personal. Como se explicó anteriormente la losa del segundo subsuelo tendrá un encofrado apoyado sobre la losa tapa del tanque de agua de incendio.



Fig. 3.21. Encofrado de tabiques del tanque de agua de reserva para incendio.



Fig. 3.22 Encofrado de la losa tapa del tanque de agua de reserva para incendio.

**Controles:** Se mencionan los controles que debería hacer el director técnico, antes de proceder al colado del hormigón, por otra parte los controles que debería hacer el encargado de obra sobre el encofrado. Aquí no se menciona las verificaciones y controles que corresponden hacer cumplir al técnico de higiene seguridad.

- En la armadura se deben verificar dimensiones, longitud, cantidad, ubicación, separaciones, empalmes, anclajes y doblados. Los atados entre hierros cuando es columna todos sus nudos, y cuando es tabique y losa una barra por medio. Se recomienda empezar por identificar las armaduras por posición ya que en el plano figura su diámetro y un esquema del doblado con sus longitudes, logrado identificar teóricamente ir a ver el armado en su totalidad e identificar in situ.
- En el encofrado se deben controlar estabilidad, su nivel, verticalidad, estanqueneidad, apuntalamiento con sus separaciones, bases de apoyo firmes, recubrimientos, lubricar el área de contacto con el hormigón.
- En el colado del hormigón el asentamiento, extraer probetas, la altura de tirado, el vibrado, y su correspondiente curado.
- En el desencofrado tener en cuenta el endurecimiento del hormigón si su resistencia alcanzada si corresponde proceder con el desencofrado. Se recomienda la tapa de la losa dejar endurecer el hormigón hasta dos semanas para desencofrar.

**Tanque de agua de instalación sanitaria.**

**Descripción:** Este tanque ubicado en segundo subsuelo tiene dos compartimientos cada uno con capacidad de 10000 litros. Tendrá un funcionamiento directo por bombeo a toda la red de instalación sanitaria de agua del edificio. En cuanto a su parte constructiva, este tiene un sistema propio de fundación sobre 4 pilotes de la misma tipología que las cisternas para incendio, la particularidad aquí es que la cota de fundación es de menos profundidad, y las cuantías de armadura son menores. La estructura es de hormigón armado in situ.

**Construcción:** Ya se explicó el procedimiento de ejecución del tanque de agua para incendio, otra cuadrilla prosiguió ejecutando este otro tanque en simultaneidad con el otro tanque de agua. De igual manera, previo a las etapas de ejecución del tanque propiamente dicho este apoya sobre columnas cortas de hormigón armado sobre los pilotes P9a. Mencionamos que este sistema de fundación no cuenta con tensores o vigas de fundación, así de esta manera las columnas cortas apoyan sobre los pilotes únicamente (ver de nuevo la fig. 3.10). Por otro lado en la etapa del armado de la losa de fondo del tanque se armó un encofrado horizontal como la mostrada en la fig 3.23, y se hizo de esta otra manera a diferencia del tanque de agua de incendio por su ventaja de altura entre el piso del segundo subsuelo y la losa de fondo. Los detalles a tener en cuenta es dejar algunas aberturas en el tanque para realizar las inspecciones (ver fig. 3.24).



Fig. 3.23. Encofrado de losa de fondo del tanque de reserva de agua para incendio.



Fig. 3.24. Tapas laterales de inspección del tanque de reserva de agua para incendio.

### **Piso de segundo subsuelo**

**Construcción:** Al suelo natural se lo nivela y se lo agrega suelo fino 5cm de espesor se lo nivela otra vez y se lo compacta con pisón neumático, luego se le coloca una malla electrosoldada diámetro 4.2mm a una altura de un tercio del espesor de la losa de hormigón. Este procedimiento realizado es solo a cuestiones de obtener un piso rígido, no reemplaza a una platea, pero tampoco es reducido a un contrapiso de relleno o de hormigón pobre. Constructivamente se realizó de la siguiente manera: sobre el perímetro adyacente al tabique y columnas se puso poliestireno expandido, luego se prepara el encofrado de una faja de piso en este caso de 2.5 metros, dicho encofrado solo es colocar reglas en a los laterales fijadas con mezcla de mortero, previo niveladas con nivel, para lo cual se fijó como referencia sobre los tabiques de hormigón, luego se procedió a colar el hormigón directamente con caída en pendiente canalizadas hasta llegar al piso, una vez ahí la cuadrilla esparció manualmente, a medida que esparcían el hormigón iban levantando la armadura con la mano y este lograba situarse no al tercio central del espesor, pero si separado del suelo. Se pasó la regla en este primer paño, luego de la misma forma se procedió con el segundo paño como muestra la figura 3.25. La terminación superficial de este piso será alisado, por lo que deberá tener baja rugosidad.



Fig. 3.25. Construcción del piso de hormigón armado de segundo subsuelo.

En la figura 3.25 se muestra una etapa de trabajo del reglado del ultimo paño del piso de hormigón armado, como se observa se hecho el hormigón en caída libre de 2 metros de altura después de ser guiado a través de un canal de metal, dicho canal es maniobrable para así lograr la caída en otro sector del piso.

### Escalera de segundo subsuelo

**Descripción:** Es una escalera en forma de U vista en planta, tiene dos tramos con descanso a la mitad de la altura. El desnivel entre pisos terminados es de 3.55 metros, por lo que se hizo de 20 huellas de 28 cm. cada uno, y contrahuellas de 17cm. El ancho de tramo libre es de 1.00 metro (ver fig. 3.26). El material constructivo es de hormigón armado en su totalidad, y se procedió a su construcción siendo una de las últimas estructuras a ejecutar en el 2º subsuelo.

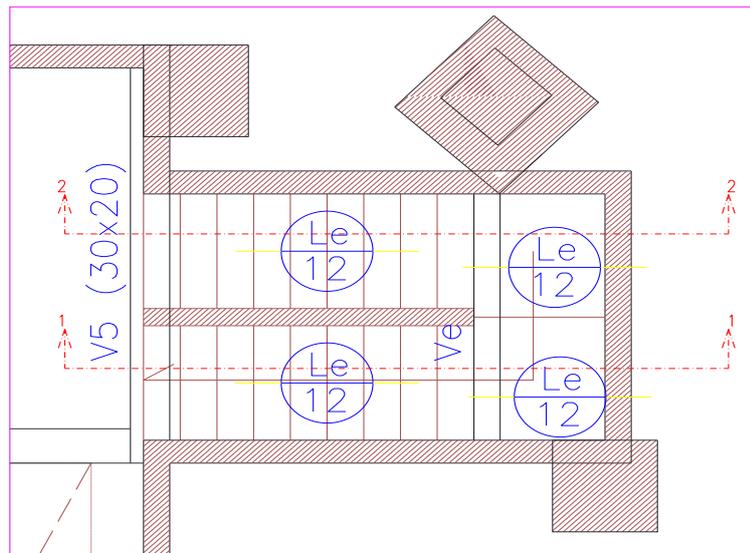


Fig. 3.26. Planta de la estructura de la escalera de hormigón armado.

**Construcción:** Primeramente se replantea la escalera, para el cual a la entrada y sobre el tabique se marca la primera contrahuella, sucesivamente se marcan todas las contrahuellas del primer tramo, luego sobre una línea horizontal dispuesta más o menos a un metro del piso, se marcan todas las huellas del tramo, seguidamente usando el nivel de albañil y ayudado por una regla, se trazan las rectas horizontales y paralelas entre si correspondiente a las contrahuellas. A partir de las marcas de las huellas se bajan líneas verticales hasta el piso. Luego se remarcan los trazos correspondientes a los escalones, determinados por las líneas verticales y horizontales. El replanteo se completa marcando las huellas y contrahuellas sobre un encofrado lateral que limita el ancho de la escalera y da hacia el ojo.

El encofrado de la losa se realiza siguiendo la pendiente determinada por el replanteo en el tabique, pero dejando el espacio para el espesor de la losa que es 12 centímetros, dicho espesor se mide por debajo del ángulo inferior que forman las huellas y contrahuellas. Este encofrado se realiza que una losa cualquiera teniendo pero inclinada teniendo presente que donde la losa llega al suelo, se debe efectuar un ensanche o base de fundación de la misma y cuya armadura principal penetra en ella. Después de esto se coloca la armadura principal y sobre ella la de repartición, teniendo en cuenta los doblados y los correctos anclajes según el plano de estructura de las figuras 3.26 y 3.27. La viga estructural ubicada en el descanso y que sobre ella apoya la losa, deberán estar armadas en la misma etapa con la losa en su totalidad.

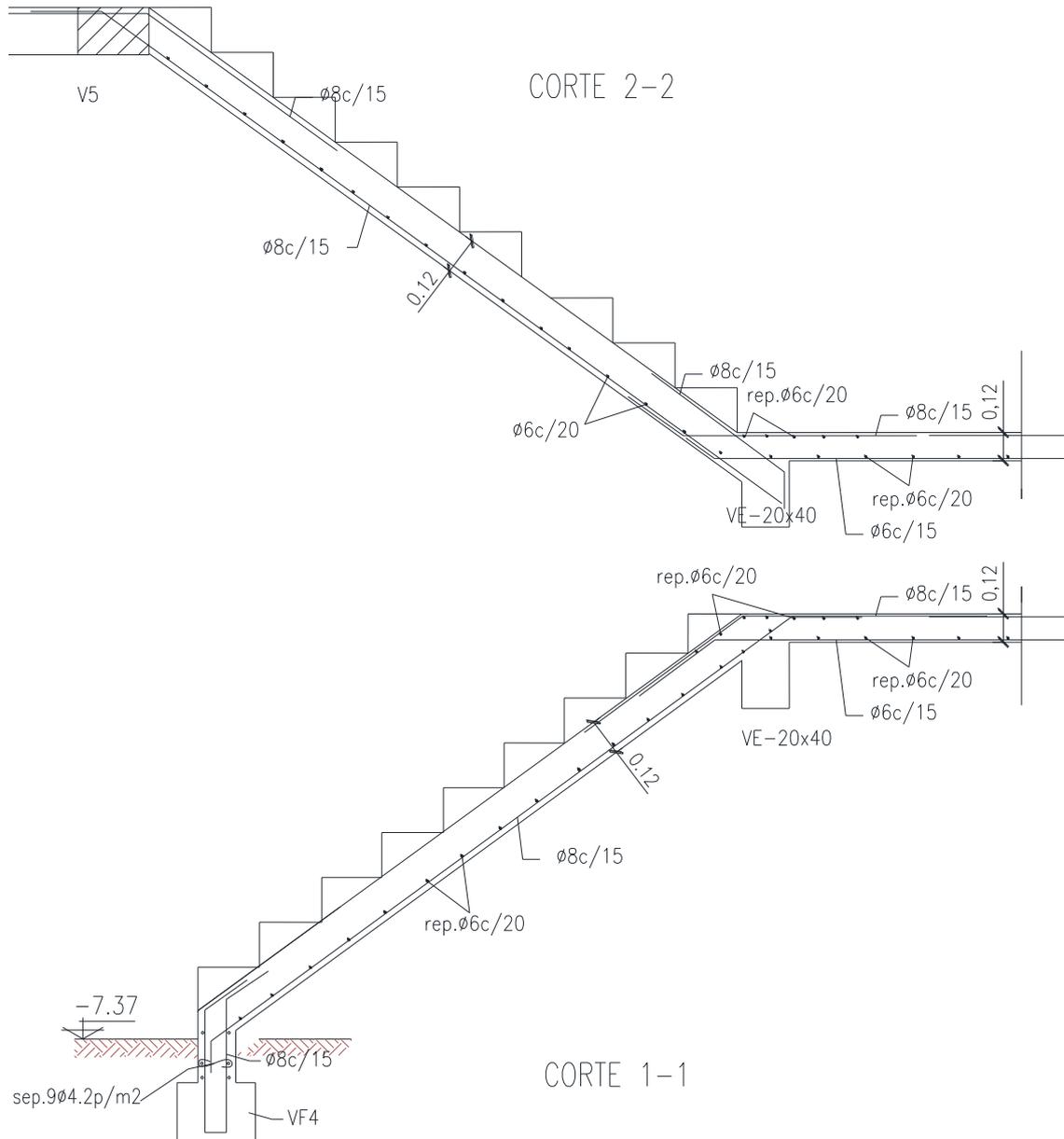


Fig. 3.27. Corte de la estructura de la escalera de hormigón armado.

Finalmente se realiza el encofrado de los escalones por medio de tableros que tienen un alto igual a la contrahuella y un largo igual al ancho de la escalera. Esos encofrados se colocan separados del encofrado de la losa, respetando el espesor de la misma y se fijan al muro y al tablero lateral mediante listones o alfajías. Se completa este encofrado mediante tornapuntas que van relacionando las partes superiores de los tableros de los escalones para evitar la deformación que el empuje del hormigón fresco puede producir.

El llenado de la escalera se debe realizar de abajo hacia arriba con hormigón estructural no muy fluido para evitar que tenga demasiado escurrimiento lo que dificulta el llenado de la misma.

### 3.3.2 Tabique perimetral de hormigón armado

Esta estructura de hormigón armado in situ, se procedió a su construcción después del montaje de la estructura prefabricada. En la fig. 3.28 se observa la ubicación.

**Descripción** Este tabique es de hormigón armado de espesor 15cm, tiene en su base una viga de fundación de 40x20cm, la misma se vincula con los cabezales de los pilotes perimetrales, en su parte superior es colado con hormigón junto con la carpeta de compresión, ver fig. 3.29. En todo su desarrollo longitudinal del tabique y adyacente a ello recorre la cortina de pilotes. Así el tabique cumple función de cerramiento haciendo monolítico el hormigón armado in situ. Por otro lado el espacio entre cortina de pilotes y tabiques perimetrales se deja sin relleno.

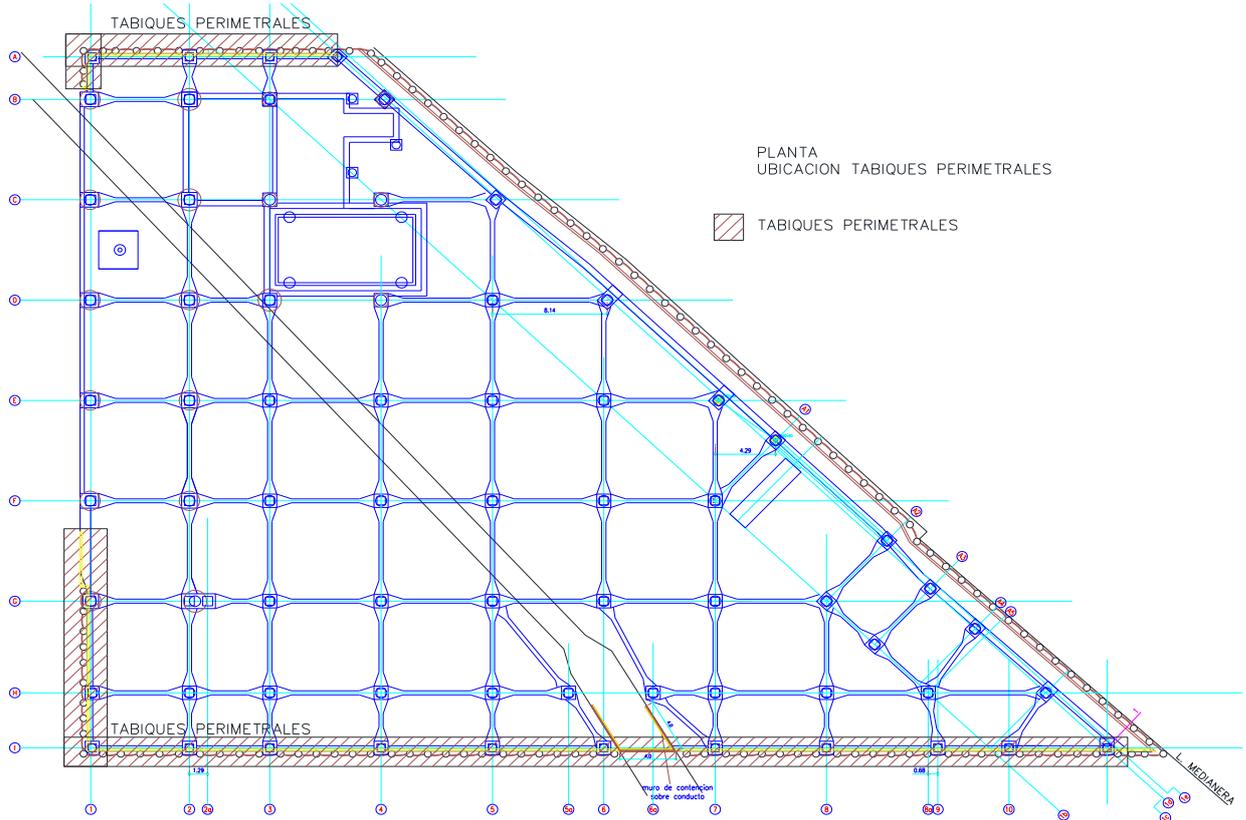


Fig. 3.28. Planta con la ubicación de los tabiques perimetrales.

**Construcción:** Esta estructura tomo en realizarse dos meses, aunque no fue un trabajo constante, se tuvieron que armar y encofrar dos paños por ves. (donde un paño es el área comprendida entre columnas). Inicialmente como primera etapa se hizo el colado del hormigón a la viga de fundación hasta una altura de 20cm de tabique para continuar el armado y colar el hormigón.

En la segunda etapa, una cuadrilla marca los niveles tomando como referencia la arista de la viga prefabricada ubicada arriba, de ahí toma 2 metros abajo, y de ahí para arriba marca con nivel y lapicera en las columnas y así dar la separación de las barras. Las separaciones cada 15cm para la armadura horizontal se logra nivelando con dos personas, luego se introduce de entre los hierros la armadura horizontal que ira adentro, dejándolos abajo a estas armaduras horizontales, se traen y se ubican las armaduras verticales separadas cada una 15cm, para lograr su equilibrio se atan abajo con los pelos en espera y arriba con la armadura de la carpeta de la losa. Se aclara que como el tabique será monolítico con las columnas, a estas se le perforan unos orificios para introducirles la armadura horizontal. Ya fijas la armadura vertical se van levantando las

armaduras horizontales para ir atándola en su lugar, hasta enmallar todo, primero el lado externo donde dificulta el acceso personal, y luego el lado interno.

El atado entre puntales externos se hace con alambre del 4.2, donde al exterior se pone el encofrado perdido (pedazo de puntales, terciados hinchados por el hormigón), en la cara interna se disponen de sapos en los cuales se encastra retazos de hierro y así tensor más rigidamente el encofrado, ver figuras 3.30 y 3.31.

En la figura 3.29 se muestra el detalle estructural del tabique perimetral en él, las medidas de niveles es variable, pero fijo un límite mínimo y máximo de variación para lo cual es responsabilidad verificar medidas al director de obra. Menciono brevemente aquí que como profesional encargado de obra y como contratista a cargo de la obra, el trabajo final depende del quien lo ejecuta, y muchas de las veces como lo estipulan los planos de estructura teóricamente, no son soluciones finales y ejecutarla directamente, sino que se debe razonar resolviendo los problemas que se presentan continuamente. Lo mencionado es para explicar que el plano de la figura arriba, dice lo que se tiene que hacer pero no como proceder a ejecutarlo, por ejemplo en el figuran las armaduras ancladas abajo en los cabezales y arriba en las vigas prefabricadas

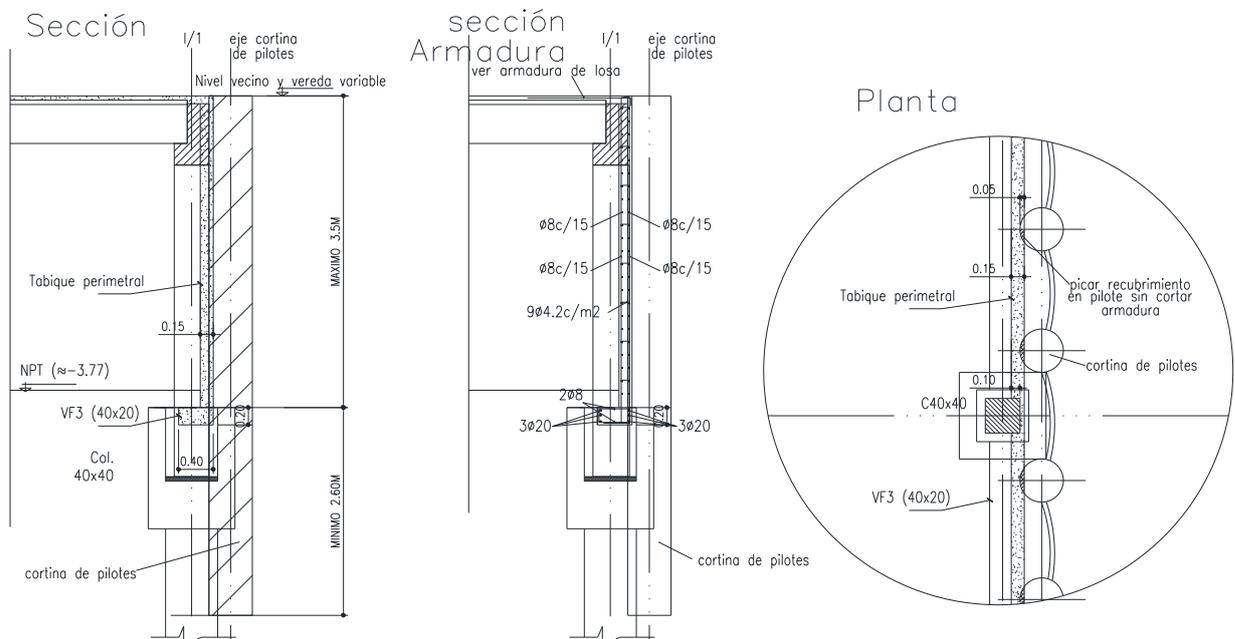


Fig. 3.29. Detalles estructurales de los tabiques perimetrales.

Como se explicó durante el proceso constructivo, en los cabezales se tuvo que dejar armaduras en espera, y en las columnas y vigas prefabricadas perforar con taladro para introducirles armadura y así anclar, uniendo de esta manera el tabique en todo su perímetro.

Las figuras 3.30 y 3.31 muestran la técnica empleada para encofrar el tabique perimetral, y es de generalidad su uso para todos los tabiques de hormigón armado in situ. En el medio donde se llenara de hormigón cuenta con separadores llamados ranas los cuales son retazos de hierro doblados de varios lados con forma de su mismo nombre, y entre sus funciones esta servir de encofrado y dar el recubrimiento a la armadura del tabique.

A un hierro de diámetro 6 se le hace un cuello y al momento del tensado por el otro extremo se lo pasa a través del sapo y una vez estirado se introduce los clavos de hierro

a los orificios del sapo, dicho contacto crea una fricción que no permite deslizarse con la tracción del hierro. Después durante el desencofrado, estos hierros fraccionados se cortan en sus dos extremos. En la fig. 3.32 se muestra una etapa donde se preparan los durmientes donde apoyaran los puntales del encofrado, se observa también la colocación del caño metálico para el llenado de hormigón, los cuales se retiran cada tramo según el avance de delante hacia atrás.



Fig. 3.30. Encofrado cara interior de los tabiques perimetrales



Fig. 3.31. Encofrado cara exterior de los tabiques perimetrales.



Fig. 3.32. Encofrado y colado de hormigón de los tabiques perimetrales.

### 3.4 CANAL NORTE

**Descripción:** Por este canal escurre todo el caudal colectado por precipitaciones de lluvia en el área urbana sectorizada. Se ha construido de hormigón armado, y su fundación es en parte apoyada sobre el cabezal de pilotes P2a y P2b, y la otra parte sobre un suelo de relleno compactado. Esta estructura de hormigón de sección transversal en forma de “h” invertida tiene su fondo variable para dejarse escurrir el agua a través de ella.

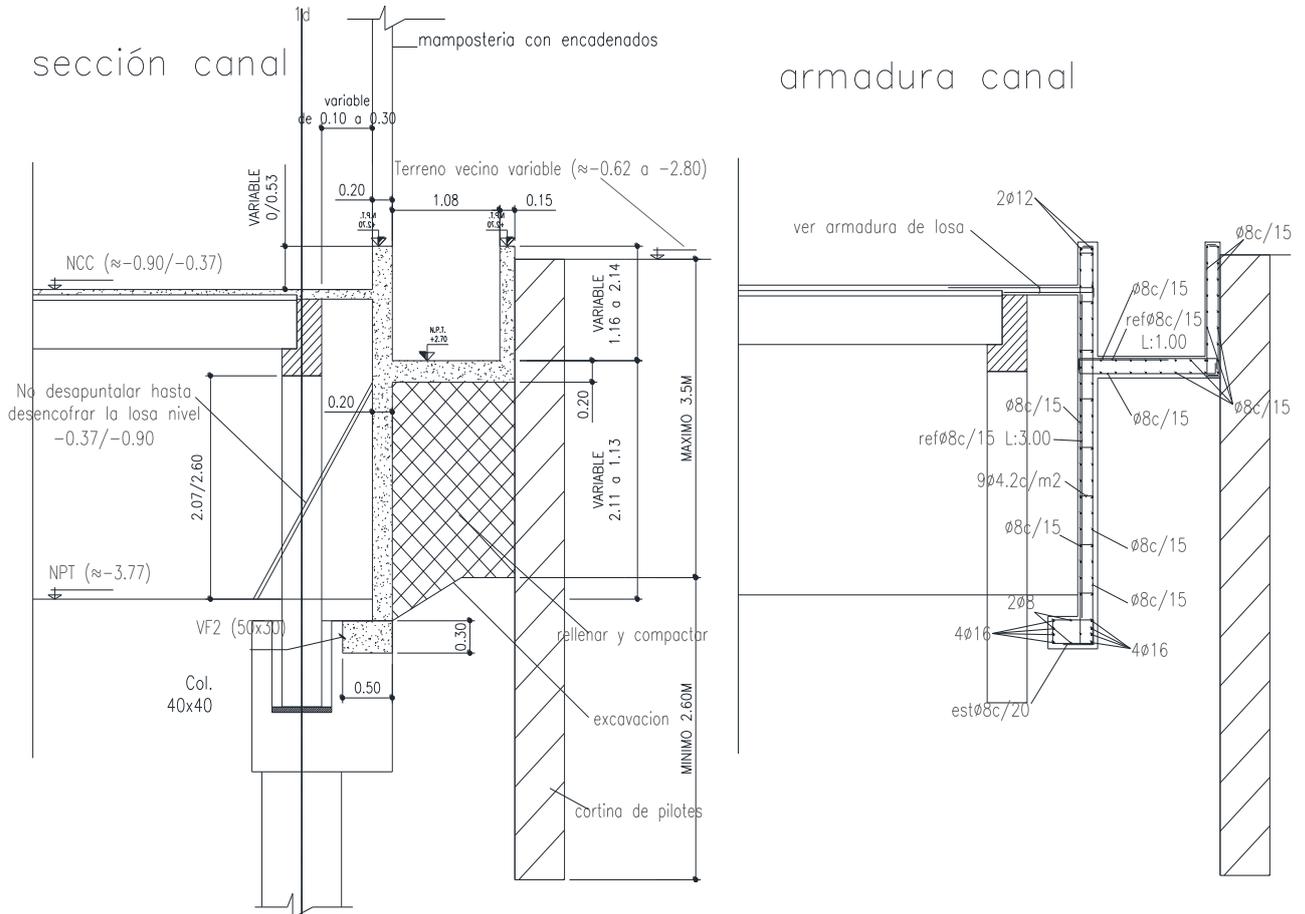


Fig. 3.33. Detalle estructurales del desagüe pluvial.

**Construcción:** Se procede en cuatro etapas

- 1° Se parte de la viga de fundación, realizándose el armado de los hierros. Empalmado en los cabezales de los pilotes P2a y P2b, se deben dejar las armaduras en espera hacia arriba en las vigas de fundación, para continuar sobre ella el tabique de hormigón armado. Luego se procede a colar el hormigón.
- 2° Se arma la armadura vertical y horizontal del tabique, hasta una altura cercana al fondo del canal.
- 3° Primero se debe rellenar y compactar la base de apoyo de la losa de fondo del canal, además de dar la pendiente final. Luego se le arma encima la armadura de la losa, anclando en un extremo al tabique de hormigón y sobre el otro dejando los hierros en espera para continuar en la otra etapa de hormigonado para completar los lados del canal. Se menciona que esta etapa del hormigonado se hace todo el lado izquierdo juntamente con la carpeta de compresión.
- 4° Se arma la armadura, del lado derecho y se aclara que el tabique de hormigón se siguió hasta una longitud de quiebre del canal. Si bien en el proyecto como se muestra en la fig. 3.33, de la misma tipología de tabiques que el lado izquierdo, el

armado no se hizo de esa manera sino se optó por colocar a partir del quiebre aguas abajo mallas electrosoldadas en el eje central del tabique y sobre esto hacer el colado de hormigón, ver fig. 3.34 a 3.37.



Fig. 3.34. Compactado de la base de asiento del desagüe pluvial



Fig. 3.35. Armado de la base asiento del desagüe pluvial.



Fig. 3.36. Atado de la armadura del desagüe pluvial



Fig. 3.37. Desagüe pluvial terminado.





Fig. 3.39. Armadura de la estructura del ascensor.



Fig. 3.40. Encofrado de la estructura del ascensor

La construcción de la caja metálica del ascensor continúa sobre esta base fijándola a través de soldadura a los insertos metálicos en los tabiques de hormigón.

## CAPITULO 4: MONTAJE DE ESTRUCTURA PREFABRICADA

### 4.1 GENERALIDADES

Los equipos de montaje por ser especializados y generalmente de gran capacidad, tienen costos horarios elevados, por lo que resulta indispensable una buena planeación de todas las actividades.

Para la elección adecuada del equipo hay que considerar, entre otras cosas, que la capacidad nominal con la que se le denomina comercialmente a una grúa es la carga máxima que soportará pero con el mínimo radio y a la menor altura. Es obvio que la capacidad nominal de una grúa siempre tendrá que ser mayor a la carga más grande a mover. Esta capacidad disminuirá proporcionalmente con la distancia al elemento a partir del centro de giro de la grúa y con la altura para levantarlo.

Los rangos de capacidad se basan en condiciones ideales:

- 1) Nivel de piso firme
- 2) Viento en calma
- 3) No llevar la carga lateralmente ni balanceándose
- 4) Buena visibilidad
- 5) La maquinaria debe estar en buenas condiciones, sin miembros estructurales dañados ni fatigados y debe estar equipada en forma completa.

A continuación se da una breve introducción sobre los procedimientos de izaje para comprender la técnica de montaje realizada aquí en una obra prefabricada.

#### 4.1.1 Descripción de la maniobra de izaje

Se entiende por diseño de una maniobra de izaje al estudio previo o de ingeniería de la misma comprendiendo, como mínimo, las siguientes tareas:

- Determinación del o de los pesos a manipular.
- Determinación de los centros de gravedad de los elementos a manipular.
- Determinación de los puntos de izaje si no estuviesen definidos.
- Selección de los elementos auxiliares de montaje tales como: eslingas, grilletes, vigas espaciadoras, balancines, etc.
- Relevamiento del lugar de izaje y del emplazamiento de la/s grúa/s con atención a los obstáculos existentes sobre superficie y en altura: edificios, líneas eléctricas, equipos, etc.
- Relevamiento y sondeo de elementos enterrados: cañerías, líneas eléctricas, cámaras, etc.
- Selección de la/s grúa/s a utilizar y sus parámetros de trabajo: longitud de pluma, radio de trabajo, ángulo de pluma, cuadrante de operación, número de ramales de cable en el aparejo del gancho, etc.
- Dibujo del esquema de izaje: en elevación y planta.
- Requerimientos para la preparación del terreno e implementos de apoyo de las grúas.

- Requerimientos para la rigidización de la carga cuando se prevea que la misma pueda sufrir distorsiones o deformaciones por los esfuerzos transmitidos por las eslingas.
- Secuencia de los movimientos previos de la carga a montar antes del izaje final sobre su emplazamiento definitivo (acarreo, verticalización, etc.)
- Cercanías de líneas con o sin energía y otras estructuras.

#### 4.1.2 Personal interviniente en el montaje.

El grupo de trabajo en esta compuesto por:

- El operador de la grúa
- El señalero o rigger
- Dos eslingadores

Los cuales tendrán un adiestramiento y certificación:

**Operador de la grúa:** Cuando surja una inspección externa. El Supervisor de izaje debe presentar la constancia de que el operador se sometió a un examen anual para chequear sus condiciones físicas y mentales. Además debe presentarse la información que consigne si el operador se encuentra medicado por algún tratamiento en especial. Para el caso de enfermedades en el transcurso de la operación, la Contratista, por medio de su Servicio Médico, debe informar al Inspector externo, si la persona puede o no operar mientras se encuentra bajo tratamiento con un determinado medicamento. Queda prohibida la automedicación y la ingesta de bebidas alcohólicas.

Como antecedente de su adiestramiento debe presentar un certificado ocupacional que lo certifique como operador de equipos de izaje de cargas. Esta certificación debe corresponder al tipo específico de grúa que opera. Esta certificación debe estar vigente y ser portada por el operador en todo momento que esté operando el equipo.

**Señalero o rigger:** debe tener capacitación teórico-práctica de:

- Código de mando (señales).
- Seguridad en el izaje de cargas.
- Normas sobre el manejo de cargas y eslingas.

**Eslingador:** debe tener capacitación teórico – práctica de:

- Uso de eslingas y otros elementos de izaje.
- Verificación de estado de eslingas y otros elementos de izaje.
- Nociones de centro de gravedad de la carga.

**Supervisor de izaje:** debe estar calificado y con conocimientos actualizados de:

- Seguridad en el manejo de equipos de izaje y en el manejo de cargas.
- Uso de eslingas y otros elementos de izaje.
- Uso de diagramas de carga y de alcance del equipo.
- Operaciones de izaje de cargas.
- Responsabilidades del personal involucrado en una operación de izaje de carga.
- Legislación y normas vigentes para operaciones de izaje de carga.
- Método de inspección técnica visual del equipo y los accesorios de izaje.

Por ultimo todo equipo de izaje debe estar certificado mediante un documento ubicado en un sitio visible del equipo y mostrado cada vez que el inspector externo lo requiera. La certificación debe incluir principalmente los siguientes aspectos.

- Gammagrafiado/Ultrasonido de soldaduras estructurales.

- Estado de eslingas, cables, gancho con traba de seguridad.
- Control de circuitos hidráulicos.
- Dispositivos de fin de carrera y frenos.
- Verificación de la capacidad de carga.

#### **4.1.3 Clasificación de las maniobras de izaje**

La IRAM 3920/1999, Seguridad en equipos de Izaje clasifica las maniobras en cuatro: izajes menores, izajes normales, izajes críticos e izajes de personas con grúas. De esta manera se clasificarán de acuerdo a la magnitud relativa de la carga con respecto a la capacidad de la grúa, al número de grúas involucradas y a otras consideraciones, de la siguiente manera:

##### ***Izajes menores***

Son los que cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

1. El izaje se realiza con la pluma principal de la grúa sin utilizar extensiones del plumín.
2. El peso del bulto a elevar es menor o igual a 5 ton.
3. El peso a elevar más el peso de los elementos auxiliares asociados no supera el 60% de la capacidad bruta de tabla de la grúa para la configuración de longitud del ángulo y radio de trabajo correspondiente.
4. No existen en el área del montaje, instalaciones en servicio, líneas eléctricas o edificios que puedan ser afectados por un accidente durante la maniobra.

Estos izajes no requerirán de la elaboración de un estudio y esquema de izaje ni autorización previa por escrito.

##### ***Izajes normales***

Son los que cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

1. El izaje se realiza con la pluma principal de la grúa o utilizando extensiones de pluma y/o plumín.
2. El peso a elevar más el peso de los elementos auxiliares asociados no supera el 70% de la capacidad bruta de tabla de la grúa para la configuración de longitud del ángulo y radio de trabajo correspondiente.
3. No existen en el área del montaje, instalaciones o edificios en servicio o líneas eléctricas que puedan ser afectados por un accidente durante la maniobra.
4. Se utiliza una grúa auxiliar sólo para verticalizar la carga sin que se supere para ella el límite del 70% de su capacidad de carga bruta en las condiciones de radio y longitud de pluma previstas.

Estas maniobras no requerirán de la elaboración de un esquema de izaje pero sí deberá implementarse el formulario de autorización previo a la maniobra firmada por los niveles autorizantes que se establecen en el presente procedimiento.

##### ***Izajes críticos***

Son los que cumplen con una cualquiera de las siguientes condiciones:

1. El peso a elevar más el peso de los elementos auxiliares asociados supera el 70% de la capacidad bruta de tabla de la grúa para la configuración longitud del ángulo y radio de trabajo correspondiente.
2. Se utilizan para el izaje dos grúas simultáneas en paralelo (eventualmente una tercera grúa si se requiere verticalizar la carga)
3. Se utiliza para el izaje una grúa provista de dispositivos “heavy-lift” para incrementar la capacidad de izaje de la misma con respecto a su versión normal, tales como pistas auxiliares contrapesos o plumas adicionales u otros que impliquen una metodología no habitual.
4. Cuando existan en el área de montaje instalaciones en servicio, líneas eléctricas o edificios que puedan ser afectados por un accidente en la maniobra.
5. Aun cuando no se den ninguna de las condiciones indicadas en los puntos precedentes, pero existan obstáculos o limitaciones (incluidos la presencia de cables y/o canalizaciones bajo el nivel del terreno) para el posicionamiento de la/s grúas o para el izaje o emplazamiento de la carga debido a su conformación, características o dimensiones que aconsejen la realización de un estudio de ingeniería de izaje previo a la maniobra.

Estos izajes requerirán la elaboración de un estudio y planificación de la maniobra a cargo de personal técnico y deberá implementarse el formulario de autorización correspondiente

#### ***Izaje de personas con grúas***

Son maniobras en las que se eleva personal para acceder a distintos niveles de trabajo por medio de una guindola o canastilla, colgante del gancho de una grúa.

El peso total a elevar no deberá superar el 50% de la capacidad bruta de la grúa para la longitud del ángulo y radio de trabajo requerido.

Estos izajes requerirán el formulario de autorización previo a la maniobra.

La canastilla estará en buenas condiciones, será revisada y la persona estará fijada al gancho principal por medio de una cuerda y está fijada al arnés de seguridad.

La canastilla en buenas condiciones de uso, controlada permanentemente, tomada por cuatro estobos del gancho principal.

El personal que realiza las tareas, estará permanentemente sujeto del gancho principal a través de su arnés de seguridad, por su cuerda de vida con amortiguador de caídas; e independientemente de la canasta.

#### **4.1.4 Planificación de las operaciones repetitivas o normales**

Las operaciones de izaje de cargas, clasificadas como *normales*, no requieren una planificación detallada.

#### **4.1.5 Planificación de las operaciones críticas**

En el caso de izajes *críticos*, el Supervisor de izaje debe adjuntar al permiso de trabajo, la Planilla de diseño para izajes críticos y un Plan de Operaciones, que debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

- 1) Especificación del tipo de carga, peso, centro de gravedad y condiciones de sus puntos de izaje.
- 2) Identificación de peligros y análisis de riesgos asociados a fin de tomar las acciones necesarias para evitar accidentes y definir los planes de emergencias para mitigar las consecuencias de eventos indeseables o imprevistos.
- 3) Elaboración del procedimiento secuencial para ejecución del trabajo, el cual puede incluir diagramas, planos, fotografías. El mismo debe ser elaborado con participación del personal involucrado en el izaje y movilización de la carga. Cuando el trabajo sea de alto riesgo, por la naturaleza y magnitud de la carga y/o porque puede afectar la seguridad del personal, instalaciones, ambiente y/o la continuidad operacional, el procedimiento debe ser aprobado por personal especializado en el Área.
- 4) Prever el uso de medios de comunicación adecuados (Ej. radios punto a punto), como así también equipos de primeros auxilios, bomberos, ambulancias, cuando la magnitud y riesgos de la operación así lo demanden.
- 5) Prever que las rutas de acceso de la grúa al sitio de trabajo y las de movilización de carga, cumplan con las disposiciones mínimas de seguridad, tales como condiciones del terreno, puentes, túneles, líneas eléctricas.
- 6) Prever circular en horario de menor tránsito, y si es necesario coordinar con las autoridades competentes el bloqueo parcial o total de los caminos.
- 7) El Supervisor de izaje tiene la obligación de asegurarse que el operador, el equipo y sus accesorios, la carga y las condiciones del terreno donde se efectuará el izaje, cumplen satisfactoriamente con los requisitos establecidos en el plan.

#### **4.1.6 Trabajos en cercanías de líneas eléctricas energizadas**

En presencia de líneas eléctricas debe evitarse que el extremo de la pluma, cables o la propia carga se aproxime a los conductores. Para mayor seguridad se solicitará el corte del servicio eléctrico durante el tiempo que requieran los trabajos y, de no ser factible, se protegerá la línea mediante una pantalla de protección.

Exceptuando los casos en que las líneas de distribución y transmisión hayan sido desenergizadas y puestas a tierra, de manera visible en el sitio de trabajo, o que se hayan instalado barreras aislantes de protección para evitar el contacto físico con las líneas, se debe cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Para líneas hasta 50 KV la distancia entre éstas y cualquier parte de la grúa o la carga no deberá ser menor de 4 metros.
- 2) Para líneas de más de 50 KV, la distancia mínima debe ser de 4 metros más 1 cm por cada KV adicional.

Toda línea eléctrica se considera como energizada hasta tanto se verifique lo contrario.

Si por alguna circunstancia ocurre un accidente en el cual el equipo de izaje de cargas, generalmente la pluma o eslingas, toque una línea eléctrica energizada, el operador debe tratar de separar el equipo de la línea a través de su operación. En caso que esto no sea posible, el operador debe permanecer en la cabina hasta tanto se desenergice la línea.

#### 4.1.7 Consideraciones generales para la operación

Toda grúa debe tener pegada dentro de la cabina junto al certificado de operabilidad vigente, su tabla de capacidad vs. longitud de la pluma y/o ángulo de carga (o radio de carga).

1) La capacidad de izaje de una grúa móvil se ve afectada por el cuadrante en el cual está trabajando. Los cuadrantes de carga están definidos como: “de frente”, “de costado” o “trasero”. La condición para que una carga pueda ser manejada con seguridad variará considerablemente con el cuadrante. Es responsabilidad del operador ver que el rango indicado en la placa no sea excedido, en cualquier cuadrante que se esté operando.

En la fig.4.1 se presenta la curva de cierto equipo (sólo válida a modo de ejemplo), donde se observa la diferente capacidad de carga según el cuadrante en el que se trabaje. Simultáneamente se observa la disminución de capacidad a medida que crece el Radio de Carga (pluma más inclinada).

Queda prohibido utilizar grúas para levantar cargas superiores a las máximas permisibles. Debe evitarse en lo posible el uso de dos o más grúas para levantar una carga.

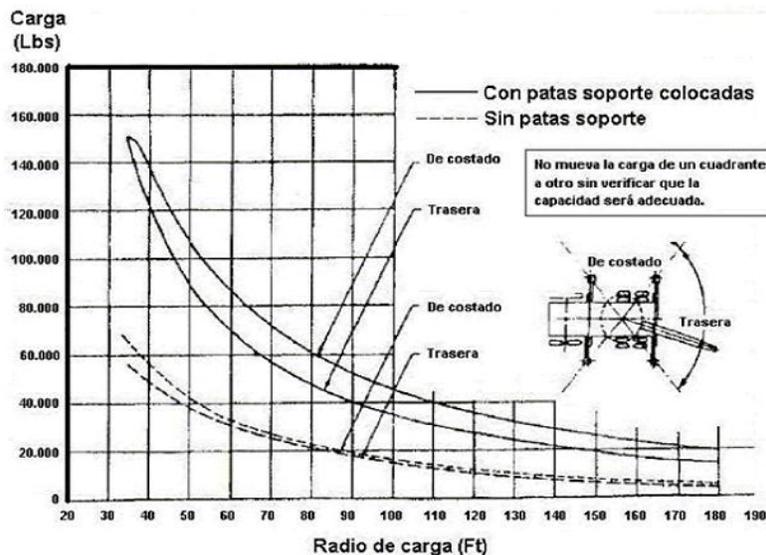


Fig. 4.1. Capacidad de carga de la grúa según el cuadrante

2) Para el izaje de cargas que no puedan ser controladas fácilmente, se deben usar cuerdas guías manejadas por personal que esté entrenado para dicha operación.

Se debe centrar el gancho directamente sobre el centro de gravedad de la carga para que se mantenga equilibrada y no se balancee al elevarla. Se debe evitar que la carga se golpee, sea golpeada o se enganche con algún objeto.

3) No se desplazarán cargas por encima de personas o vehículos. Está prohibido el levantamiento de personas sobre la carga, colgadas a ésta o del gancho.

4) No se debe dejar una carga suspendida en el aire. Si una breve demora es inevitable, se deben trabar los controles. Si queda la carga suspendida, señalizar y acordonar el sitio.

5) Las tareas deben realizarse con luz diurna. Cuando por algún motivo deban realizarse operaciones de izaje por la noche, deberá:

a) Definirse una zona para la cual se determinara la iluminación necesaria para la ejecución de la tarea. Esta zona será definido por el supervisor de izaje en conjunto el Técnico de Seguridad de la Contratista y requerirá la aprobación del Inspector externo como el Director de Obra.

b) Adecuarse las instalaciones para obtener la iluminación requerida. Esta tarea la realiza el Responsable de la instalación.

6) Previo al inicio de las tareas el Supervisor de izaje junto con el Técnico de Seguridad de la Contratista, estipulan puntualmente cuáles serán las velocidades de viento aceptadas para la tarea. Lo cual requiere la aprobación del Inspector externo y del Director de Obra.

7) El Supervisor de izaje debe verificar el peso de la carga a movilizar, por lo que, de no ser previamente conocido, debe obtenerse una aproximación por exceso, cubicándola y aplicándole el peso específico. Al peso de la carga se le suma el peso de los elementos auxiliares (estrobos, grilletes, etc.). Esta información es utilizada para la elección de la grúa correspondiente.

8) El operador de grúa verifica en las tablas de trabajo, propias de cada grúa, que los ángulos de elevación y alcance de la flecha seleccionada son correctos. De no ser así debe modificar alguno de dichos parámetros. Bajo ningún concepto se deben superar las capacidades de carga especificadas por el fabricante.

9) El posicionado de la grúa es determinado, en conjunto, por el operador de la misma y el supervisor de izaje. La zona de maniobra debe estar adecuadamente señalizada y limitada y verificarse la ausencia de cables aéreos, postes, paredes, equipos y otras maquinarias que, por su adyacencia, puedan afectar el espacio de rotación de la pluma. Asimismo, debe verificarse que las patas estabilizadoras apoyen correctamente y en caso de estar sobre suelo blando, apoyarse en tacos de madera dura para permitir un apoyo firme.

10) No se deben usar grúas en lugares cerrados sin ventilación adecuada, debido a la generación de monóxido de carbono, el cual es altamente tóxico. Tampoco debe operarse en presencia de gases inflamables sin utilizar arrestallamas en el escape.

11) Previo al comienzo de las tareas, debe verificarse la correcta visión del Operador de la grúa y, en caso de que la operación lo requiera, debe designarse a un señalero que tendrá la responsabilidad de realizar las señas durante el izaje. Deben utilizarse las señales normales para operación de grúas a menos que se haya acordado utilizar otros métodos, como comunicación por radio. El operador de la grúa debe atender solo las señales efectuadas por el señalero designado. La excepción es que el operador puede obedecer la señal de parada, indicada por cualquier persona. En el anexo se muestran las señales que debe dominar el señalador durante el izaje.

12) La carga no debe levantarse sin antes verificar que todos los elementos de amarre que pueda traer incorporados, como cadenas, sogas, flejes, etc., estén totalmente liberados, para evitar cualquier tipo de enganche o traba.

13) Está prohibido el traslado de carga suspendida por medio de la misma grúa.

#### **4.1.8 Consideraciones generales sobre grúas**

- 1) Las grúas deben ser operadas única y exclusivamente por personal autorizado, capacitado y certificado.
- 2) El Operador de la grúa debe entender el diagrama de cargas del equipo y saber qué carga puede levantar en forma segura antes de intentarlo.
- 3) Deben estar en perfectas condiciones de funcionamiento y equipadas con los elementos de seguridad tales como: limitador de ángulo de elevación de la pluma, dispositivos indicadores de la carga o del momento de la carga, sistema fin de carrera mecánico y electrónico del gancho de izaje, válvulas de seguridad para las secciones de la pluma telescópica, dispositivo de frenado ante falla del sistema de elevación.

#### **4.1.9 Mantenimiento del equipo de izaje**

Cuando la inspección externa así lo requiera, el contratista responsable por los equipos de izaje debe presentar los registros de mantenimiento preventivo, orientado a minimizar fallas mecánicas / eléctricas durante su operación.

#### **4.1.10 Consideraciones generales sobre uso y mantenimiento de cables, eslingas, tensores y accesorios**

- 1) Todos los accesorios de izaje deben tener certificación del fabricante.
- 2) Los cables se dimensionan con un adecuado factor de seguridad que tiene en cuenta las tensiones adicionales que sufren por: enrollado sobre los tambores, flexión y abrasión al correr sobre las poleas, cargas dinámicas que se producen al acelerar y frenar la carga, reducciones de su resistencia debido a desgaste, fatiga y corrosión, y además por la dificultad de determinar el daño que frecuentemente se produce en el interior del cable.
- 3) Los factores de seguridad de cables y eslingas estarán de acuerdo al Decreto 911/96.
- 4) Nunca debe considerarse a este factor de seguridad como “una reserva de capacidad adicional de carga”.
- 5) Tanto los cables como las conexiones en sus extremos deben ser inspeccionados diariamente para determinar si deben ser reemplazados, para ello deberá consultarse las especificaciones del fabricante o ante cualquier duda comunicarse con los fabricantes de cables metálicos y sus distribuidores. Algunas de las condiciones para proceder a su reemplazo son:
  - En cables que se mueven, seis hilos rotos en una capa, distribuidos al azar.
  - Desgaste de un tercio del diámetro original del exterior de los cables individuales.
  - Evidencias de daños por calor o por cualquier otra causa.
  - En cables fijos, más de dos hilos rotos en una capa en secciones ubicadas entre conexiones finales y más de un hilo roto en una conexión final.
  - Evidencias de retorceduras, aplastamientos, cortes, abrasiones, dobladuras, etc.
  - Para cables resistentes a la rotación, cualquier evidencia de estiramiento de sus capas, con una reducción en el diámetro nominal del cable.

6) Todas las eslingas debe ser identificadas con un número que indique su capacidad de carga nominal. Para el caso de las eslingas de cable, el número debe estar acuñado en un anillo permanente fijado en un extremo (mango acuñado) (Fig 4.2). El acuñado debe ser de fábrica y no es conveniente remarcarlo en caso de desgaste ya que implicaría deformar plásticamente un componente de un elemento de elevación.



Fig. 4.2. Detalle de la capacidad de carga en eslingas de acero.

7) Las eslingas de fibra sintética estarán identificadas por una etiqueta situada en un extremo. (Fig. 4.3 y 4.4).

8) Criterios de reemplazo de eslingas de fibra sintética: una eslinga debe ser removida de servicio si presenta alguno de los daños señalados a continuación:

- Quemaduras por medio ácido o cáustico.
- Quemaduras o derretimiento en cualquier parte de la eslinga.
- Cortes u hoyos.
- Costuras rotas o deshilachadas.
- Abrasión excesiva.
- Nudos en cualquier parte de la eslinga.
- Daños en herrajes (si los tuviera): rotos, fisurados, corroídos.
- Otros daños visibles que puedan afectar la capacidad de carga certificada por el fabricante.



Fig. 4.3. Detalle de la capacidad de carga en eslingas sintéticas.



Fig. 4.4. Capacidad nominal de carga en eslingas sintéticas.

9) El supervisor de izaje debe poseer las tablas de elección de eslingas, sus características, formas y usos. Estas tablas deben mostrar, por lo menos, la capacidad de la eslinga para una carga vertical, para un ángulo de 30° con respecto a la vertical y para un ángulo de 45° con respecto a la vertical. El Supervisor de izaje debe asegurarse que

todos los operadores conozcan y estén alertas sobre cómo funciona el régimen de carga.  
Fig. 4.5.

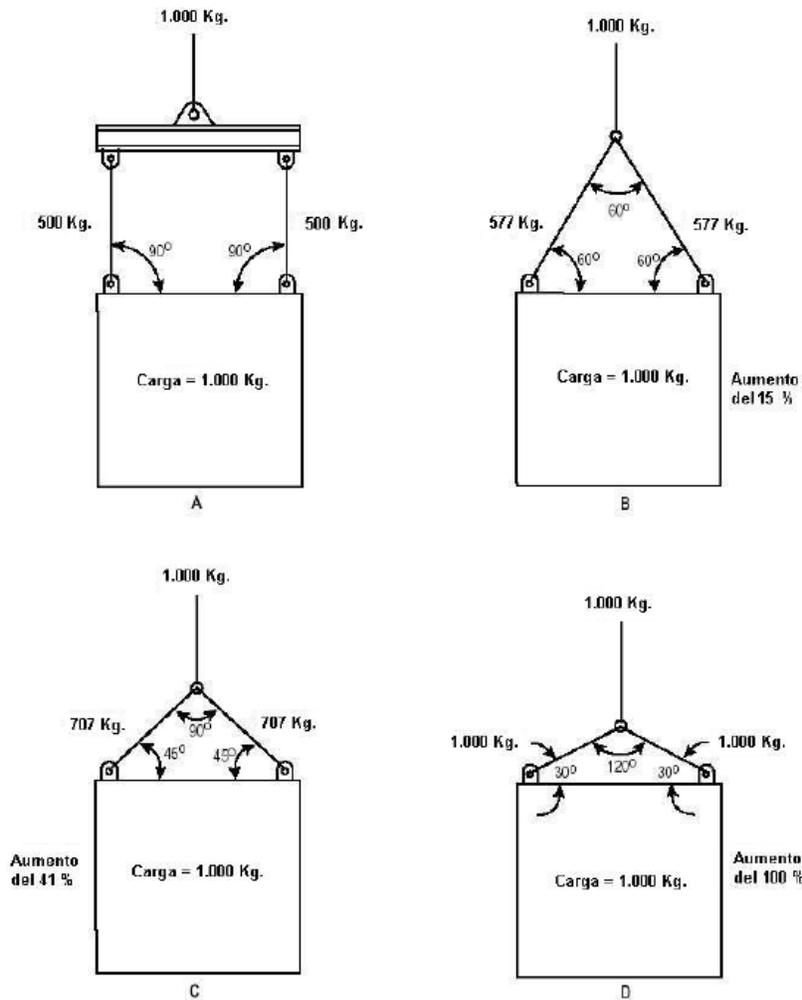


Fig.4.5. Angulo de trabajo en eslingas de acero.

10) Los grilletes de unión deben colocarse en la posición correcta para lo cual el perno debe tener contacto con el equipo y la parte “U” con la eslinga. No dejar el perno flojo al colocarlo porque merma la sección de trabajo del mismo. Fig. 4.6.

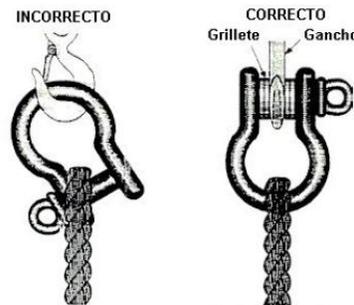


Fig. 4.6. Grilletes de unión.

11) Cuando se coloquen más de tres eslingas en un mismo gancho se deberán colocar en el equipo de acuerdo al orden que tengan en el gancho, (ya sea de atrás hacia delante o viceversa). El supervisor es el encargado de hacer observar que sólo hay una forma de posicionamiento correcto de las eslingas.

12) Las eslingas nunca deben doblarse sobre formas que sean inferiores a seis u ocho veces el diámetro del cable usado, en consecuencia, cuando la sección circular del gancho en que deban colocarse no cumpla ésta condición, o el ojo de la eslinga no posea guardacabos, será conveniente colocar un sillín redondeado de diámetro suficiente para evitar daños en el cable.

13) Cuando se proceda a tensar las eslingas, verificar que las mismas no apoyen sobre objetos o instrumentos propios del equipo a levantar, ya que éstos pueden estropearse. Asimismo deberá evitarse el contacto o roce de éstas con aristas vivas o filosas, interponiendo protectores de madera o cualquier otra defensa flexible adecuada (media caña, etc.) (Fig. 4.7).

Efecto de la ocurrencia de dobleces o torceduras en eslingas conformadas con cables de acero

**Nunca enrollar el cable de acero alrededor del gancho**



**Nunca originar dobleces severos como estos**

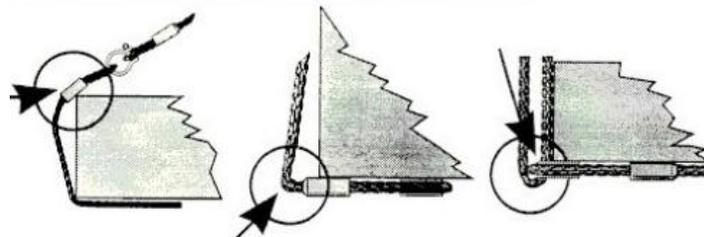


Fig. 4.7. Dobleces o torceduras en eslingas de acero

14) Los ganchos, anillos, grilletes y accesorios que se utilicen con eslingas, deben tener una resistencia mínima de una vez y media la resistencia de la eslinga, excepto en aquellos casos en los que el conjunto de los elementos que constituyen la eslinga completa, cuente con certificación técnica.

15) Nunca utilizar barretas o elementos similares para trabar eslingas con ojal. Se deben hacer el amarre adecuado o usar accesorios correspondientes diseñados para tal fin como: grilletes, ganchos, etc.

#### 4.1.11 Aspectos de seguridad específicos

Los operarios utilizarán, durante las tareas descritas en este procedimiento, los elementos de protección personal en función de las tareas a realizar: cascos, guantes, calzado de seguridad y protección ocular.

El Señalero usará vestimenta identificable, por ejemplo un chaleco reflectivo.

Se debe analizar si las condiciones particulares de cada operación requieren el uso de elementos de seguridad especiales.

No se permite el uso de la grúa como elemento de transporte de personas.

Se deben considerar los aspectos de seguridad en el manejo de sustancias inflamables.

En todos los casos quienes manipulen productos que puedan ocasionar daños a la salud de las personas o al medioambiente, deberán contar con la hoja de seguridad de los mismos.

#### 4.2 TOLERANCIAS Y HOLGURAS

Entendemos por tolerancia, el margen de diferencia aceptado en las dimensiones de los elementos prefabricados originado por procedimientos constructivos o por error, mientras que holgura significa el espacio libre entre las piezas que se debe prever desde el proyecto ejecutivo para hacer posible el ensamble. De esta forma, a mayores tolerancias permitidas, mayores deberán ser las holguras.

Las tolerancias que permite la construcción con elementos prefabricados son menores a las tolerancias permitidas en una obra convencional ya que los elementos a ensamblarse tienen una longitud predefinida, siendo costosa su modificación. Las tolerancias en la fabricación de los elementos varían, dependiendo de los aspectos que a continuación se mencionan.

- a) Dimensiones del prefabricado: a mayores dimensiones del elemento, mayores tolerancias y holguras, no sólo por errores, sino para facilitar las maniobras
- b) Dirección de la medición: depende si se mide el ancho, el peralte o la longitud.
- c) Tipo de construcción: por razones arquitectónicas, estéticas o de instalaciones y acabados, las edificaciones requieren de mayor precisión que los pasos o puentes vehiculares.
- d) Tipo de prefabricado: los precolados de fachada requieren de tolerancias menores, así como los elementos estructurales que tienen acabados aparentes.
- e) Dependencia u orden de secuencia: la posición de los elementos montados posteriormente, requiere de mucha precisión porque los errores se acumulan. Así, un error en la cimentación afectará al resto de la estructura.

Por lo anterior, es necesaria la consideración de holguras desde el proyecto ejecutivo para posibles correcciones durante el montaje y para facilitar el ensamble o la introducción de elementos prefabricados. De igual forma, las posibles irregularidades que parecerían insignificantes en los perfiles de los prefabricados requieren de considerar holguras en el ancho de elementos ya que de lo contrario, cuando éstas se acumulen al final, se traducirán en errores tan grandes que imposibilitarían la colocación de los últimos elementos.

### 4.3 DESCRIPCION GENERAL DEL MONTAJE

En el capítulo 2 en la sección de materiales se estudiaron las piezas prefabricadas desde su fabricación hasta su transporte a obra. En esta sección se explicara la secuencia seguida en el montaje de todas las piezas prefabricadas columnas, vigas y paneles de cerramiento horizontal, es decir el procedimiento general de la ejecución. No se explicaran los detalles de manipulación, fijación y controles que se siguen pieza por pieza, lo cual se desarrollara cada uno en secciones posteriores.

En la tabla 4.1 se muestra la planilla de columnas de toda la estructura prefabricada, se observa que las C1 a C12 (excepto la C8) son columnas del edificio de dos niveles, y que el resto son columnas del primer subsuelo. Dichas columnas son cuadradas de 50x50 cm y 40x40 cm en edificio y primer subsuelo respectivamente, se nota además que sus pesos son estandarizados a 10 tn y 1,6 toneladas. La cantidad total de columnas en la obra son 70.

| Planilla de columnas prefabricadas |               |              |              |                     |           |                       |
|------------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------------|-----------|-----------------------|
| Columna                            | Tipo          | Sección [cm] | Longitud [m] | Cantidad [unidades] | Peso [tn] | Ubicación coordenadas |
| C1                                 | cuadrado      | 50x50        | 14,72        | 1                   | 10        | 1-B                   |
| C2                                 | cuadrado      | 50x50        | 14,72        | 1                   | 10        | 2-B                   |
| C3                                 | cuadrado      | 50x50        | 15,27        | 1                   | 10        | 1-C                   |
| C4                                 | cuadrado      | 50x50        | 15,27        | 1                   | 10        | 2-C                   |
| C5                                 | cuadrado      | 50x50        | 15,27        | 1                   | 10        | 1-D                   |
| C6                                 | cuadrado      | 50x50        | 15,27        | 2                   | 10        | 2-D, 2-E              |
| C7                                 | cuadrado      | 50x50        | 15,27        | 1                   | 10        | 1-E                   |
| C8                                 | cuadrado      | 40x40        | 15,27        | 1                   | 10        | 2-G1                  |
| C9                                 | cuadrado      | 50x50        | 15,27        | 1                   | 10        | 1-F                   |
| C10                                | cuadrado      | 50x50        | 15,27        | 1                   | 10        | 2-F                   |
| C11                                | cuadrado      | 50x50        | 14,72        | 1                   | 10        | 1-G                   |
| C12                                | cuadrado      | 50x50        | 14,72        | 1                   | 10        | 2-G                   |
| C13                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 1-A                   |
| C14                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 2                   | 1,6       | 2-A, 3A               |
| C15                                | no disponible | -            | -            | -                   | -         | -                     |
| C16                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 19                  | 1,6       | varios                |
| C17                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 7                   | 1,6       | varios                |
| C18                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 1B-A4                 |
| C19                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 1e-A2                 |
| C20                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 1d-A3                 |
| C21                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 1B-A2                 |
| C22                                | no disponible | -            | -            | -                   | -         | -                     |
| C23                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 1B-A3                 |
| C24                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 3                   | 1,6       | varios                |
| C25                                | no disponible | -            | -            | -                   | -         | -                     |
| C26                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 1-G1                  |
| C27                                | cuadrado      | 40x40        | 3,6          | 1                   | 1,6       | 2-H                   |
| C28                                | cuadrado      | 40x40        | 3,32         | 7                   | 1,5       | varios                |
| C29                                | cuadrado      | 40x40        | 3,32         | 1                   | 1,5       | 8A-H                  |
| C30                                | cuadrado      | 40x40        | 3,07         | 9                   | 1,5       | varios                |
| C31                                | cuadrado      | 40x40        | 3,07         | 1                   | 1,5       | 1-I                   |
| Total                              |               |              |              | 70                  |           |                       |

Tabla 4.1. Planilla de columnas prefabricadas

CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA DE HORMIGÓN ARMADO PARA EDIFICIO COMERCIAL

| Planilla de vigas prefabricadas |          |                 |            |                        |              |           |       |
|---------------------------------|----------|-----------------|------------|------------------------|--------------|-----------|-------|
| Viga                            | Tipo     | Sección<br>[cm] | Luz<br>[m] | Cantidad<br>[unidades] | Peso<br>[tn] | Ubicación |       |
|                                 |          |                 |            |                        |              | eje       | nivel |
| V1                              | L        | 25/40X71        | 7,10       | 1                      | 4,00         | A         | PB    |
| V2                              | L        | 25/40X71        | 5,70       | 1                      | 3,19         | A         | PB    |
| V3                              | L        | 25/40X71        | 4,79       | 1                      | 2,70         | A         | PB    |
| V4                              | L        | 40/55X93        | 6,50       | 1                      | 2,66         | B         | PB    |
| V5                              | T        | 40/70X71        | 8,14       | 1                      | 7,62         | B         | PB    |
| V6                              | T        | 40/70X71        | 6,50       | 1                      | 6,08         | B         | PB    |
| V7                              | T        | 40/70X71        | 6,50       | 1                      | 6,08         | C         | PB    |
| V8                              | T        | 40/70X71        | 5,45       | 4                      | 5,10         | C,D,E,F   | PB    |
| V9                              | T        | 40/70X71        | 7,90       | 5                      | 7,40         | C,D,E,F,G | PB    |
| V10                             | T        | 40/70X71        | 7,90       | 8                      | 7,40         | D,E,F,G   | PB    |
| V11                             | T        | 40/70X71        | 6,50       | 1                      | 6,08         | D         | PB    |
| V12                             | T        | 40/70X71        | 8,14       | 3                      | 7,62         | C,D,E     | PB    |
| V13                             | T        | 40/70X71        | 6,50       | 1                      | 2,66         | E         | PB    |
| V14                             | T        | 40/70X71        | 5,45       | 1                      | 5,10         | G         | PB    |
| V15                             | Rectang. | 40x60           | 6,50       | 1                      | 4,10         | F         | PB    |
| V16                             | T        | 40/70X71        | 7,90       | 1                      | 7,40         | F         | PB    |
| V17                             | T        | 40/70X71        | 7,90       | 1                      | 7,40         | G         | PB    |
| V18                             | L        | 40/55X75        | 6,50       | 1                      | 5,75         | G1        | PB    |
| V19                             | L        | 40/55X75        | 5,70       | 1                      | 5,04         | H         | PB    |
| V20                             | L        | 40/55X65        | 7,90       | 1                      | 6,16         | H         | PB    |
| V21                             | L        | 40/55X65        | 7,90       | 2                      | 6,16         | H         | PB    |
| V22                             | L        | 40/55X65        | 5,40       | 1                      | 4,21         | H         | PB    |
| V23                             | L        | 40/55X65        | 6,00       | 1                      | 4,68         | H         | PB    |
| V24                             | L        | 40/55X65        | 4,40       | 1                      | 3,43         | H         | PB    |
| V25                             | L        | 40/55X65        | 7,90       | 1                      | 6,16         | H         | PB    |
| V26                             | T        | 40/70X71        | 8,60       | 1                      | 8,03         | H         | PB    |
| V27                             | L        | 25/40X71        | 7,00       | 1                      | 3,91         | I         | PB    |
| V28                             | L        | 25/40X71        | 5,70       | 1                      | 3,19         | I         | PB    |
| V29                             | L        | 25/40X71        | 7,90       | 1                      | 4,42         | I         | PB    |
| V30                             | L        | 25/40X71        | 7,90       | 4                      | 4,42         | I         | PB    |
| V31                             | L        | 25/40X71        | 5,05       | 1                      | 2,83         | I         | PB    |
| V32                             | L        | 25/40X71        | 6,95       | 1                      | 5,82         | I         | PB    |
| V33                             | L        | 40/55X71        | 4,60       | 1                      | 3,85         | 1E        | PB    |
| V34                             | L        | 40/55X71        | 7,90       | 1                      | 6,61         | I         | PB    |
| V35                             | L        | 40/55X71        | 10,90      | 3                      | 9,13         | 1E        | PB    |
| V36                             | L        | no disp.        | -          | -                      | -            | -         | PB    |
| V37                             | L        | 40/55X71        | 5,00       | 1                      | 4,19         | 1E        | PB    |
| V38                             | L        | 40/55X71        | 10,90      | 1                      | 9,13         | 1E        | PB    |
| V39                             | L        | 40/55X71        | 7,00       | 1                      | 5,86         | 1E        | PB    |
| V40                             | L        | 40/55X71        | 6,00       | 1                      | 5,02         | 1E        | PB    |
| V41                             | T        | 40/55X71        | 10,90      | 1                      | 9,13         | 1B        | PB    |
| V42                             | L        | 40/55X71        | 4,70       | 1                      | 3,95         | 1B        | PB    |
| V43                             | L        | 40/55X71        | 4,36       | 1                      | 3,65         | 1B        | PB    |
| V44                             | L        | 40/55X71        | 6,20       | 1                      | 5,19         | A1        | PB    |
| V45                             | T        | 40/55X71        | 6,20       | 1                      | 5,19         | A4        | PB    |

|       |          |          |      |     |       |     |             |
|-------|----------|----------|------|-----|-------|-----|-------------|
| V46   | Rectang. | 50X129   | 6,10 | 1   | 10,23 | 2   | PB          |
| V47   | Rectang. | 50X139   | 7,50 | 1   | 13,6  | 2   | PB          |
| V48   | Rectang. | 50X139   | 7,50 | 3   | 13,6  | 2   | PB          |
| V49   | Rectang. | 50X139   | 7,50 | 1   | 13,6  | 2   | PB          |
| V50   | Rectang. | 40X60    | 6,20 | 1   | 3,87  | A2  | Rampa 1     |
| V51   | Rectang. | 40X60    | 6,20 | 1   | 3,87  | A3  | Rampa 1     |
| V52   | Rectang. | 40x70    | 7,00 | 1   | 5,1   | G   | Rampa 2     |
| V53   | L        | 40/55X46 | 6,50 | 2   | 3,75  | B   | 2º nivel    |
| V53A  | L        | 40/55X46 | 6,50 | 1   | 3,75  | B   | 1º nivel    |
| V54   | T        | 40/70X46 | 6,50 | 1   | 4,38  | C   | 2º nivel    |
| V54A  | T        | 40/70X46 | 6,50 | 1   | 4,38  | D   | 2º nivel    |
| V54B  | T        | 40/70X46 | 6,50 | 1   | 4,38  | C   | 1º nivel    |
| V54C  | T        | 40/70X46 | 6,50 | 1   | 4,38  | D   | 1º nivel    |
| V55   | Rectang. | 40/60    | 7,10 | 1   | 4,06  | A1  |             |
| V56   | T        | 40/70X46 | 6,50 | 2   | 3,75  | E   | 2º nivel    |
| V56A  | T        | 40/70X46 | 6,50 | 2   | 3,75  | F   | 1º nivel    |
| V57   | Rectang. | 40X70    | 6,50 | 1   | 4,73  | G   | 1º nivel    |
| V58   | Rectang. | 50X46    | 6,50 | 2   | 3,89  | A1  | 1º,2º nivel |
| V59   | no disp. | -        | -    | -   | -     | -   | -           |
| V60   | U        | 40X71    | 7,00 | 4   | 4,97  | 1,2 | 2º nivel    |
| V60A  | U        | 40X71    | 7,00 | 2   | 4,97  | 1,2 | 2º nivel    |
| V60B  | U        | 40X71    | 7,00 | 1   | 4,97  | 1,2 | 2º nivel    |
| V61   | U        | 40X71    | 7,00 | 1   | 4,97  | 1   | 2º nivel    |
| V62   | Rectang. | 40X70    | 9,15 | 1   | 6,41  | B   | azotea      |
| V63   | T        | 40/70X46 | 9,15 | 2   | 6,19  | E   | azotea      |
| V64   | Rectang. | 40X70    | 9,15 | 1   | 4,73  | F   | azotea      |
| V65   | T        | 40/70X46 | 9,15 | 1   | 6,19  | C   | azotea      |
| V66   | T        | 40/70X46 | 9,15 | 1   | 6,19  | D   | azotea      |
| TOTAL |          |          |      | 104 |       |     |             |

Tabla 4.2. Planilla de vigas prefabricadas

La tabla 4.2 muestra que las vigas tienen tres formas de secciones I,L y T en luces desde 4,36 a 10,90 metros y pesos desde 3,65 a 13,6 toneladas.

#### 4.3.1 Procedimiento

La grúa todo terreno de 100 tn de capacidad ingresó a la obra y descendió al nivel del primer subsuelo, por la rampa de suelo natural entre los ejes de replanteo 6 a 7 (ver anexo plano de montaje 1), se ubicó en la posición 1 y se estabilizó para comenzar con las maniobras de izaje cubriendo las áreas 1 y 2.

En este punto debe hacerse la verificación de carga. En esta posición, la columna C1 de 10 toneladas, es la que se encuentra más alejada. Con la distancia (radio) 16 metros y altura total de columna más empotramiento 14,72 metros Entramos a la tabla de carga de la grúa Liebherr 100 tn y obtenemos que el telescopaje puede extenderse hasta 22,7 metros para una carga de 17,5 toneladas mayor que la requerida, por lo cual verifica para esta posición. Debido a que esta columna C1 es la más desfavorable se puede proceder al montaje del resto sin hacer ninguna verificación de la capacidad de carga.

Para verificar la capacidad de carga de las vigas, se sigue el mismo procedimiento que para las columnas. En este caso se tomó la viga número 35 cuyo peso es de 9,13 toneladas a montarse a 18 metros de distancia. De la tabla de capacidad de carga obtenemos valores de telescopaje de 22,7 metros y una capacidad de carga es de 14,9 toneladas verificando la pieza analiza, y de igual manera las restantes vigas del área de montajes 1 y 2.

Respecto a los paneles de losa, todos pueden izarse sin verificar en la tabla de capacidad de carga, ya que el panel de mayor peso y más distante, es el de 4.6 toneladas, a un radio de alcance de 18 metros.

El plano de montaje 1 corresponde a todas las áreas de montaje realizadas por la grúa de 100 toneladas de capacidad, donde se observa que dicha grúa recorre cuatro posiciones, logrando montar las áreas 1 a 6 en su totalidad. Se destaca que en la posición 4 solo hace el izaje de las columnas de mayor longitud que corresponden a las áreas 9 y 11 con las cuales finaliza su trabajo.

El plano de montaje 2 muestra las áreas de montaje de la grúa Grove de 45 toneladas de capacidad. Ésta se ubica en la posición 1 para el montaje de la columna C13, a una distancia (radio) de 13 metros y peso 1.5 toneladas la capacidad. De la tabla de capacidad de carga de la grúa obtenemos que para 13,5 metros de radio la carga máxima a soportar es de 27,3 toneladas, por lo cual verifica las condiciones.

Puede apreciarse que este tipo de grúa adquiere estabilidad en pendientes, experiencia que se observa en la posición 8 en el sector de la rampa de ingreso.

Al ser esta tarea clasificable como maniobras normales no requirieron de un plan detallado de izaje, el montaje se realizó a criterio y experiencia del personal interviniente.

#### 4.4 MONTAJE DE COLUMNAS

**Construcción:** La columna ya desde su fábrica, tiene un orificio, a través del cual se le introducirá un hierro liso de diámetro 6 a 10 cm. Una vez puesto el hierro, sobre sus dos extremos se le coloca un estrobo de acero, y a medida que estos estrobos se unen en dirección del gancho de la grúa, tienen puesto un puntal de hierro para impedir que la columna tome contacto con los cables del estrobo ver fig. 4.8. Por otro lado en el punto de contacto entre el piso y el pie de la columna se le coloca un retén de madera, para que la columna no empuje sobre el piso y se deslice. A medida que va levantando la grúa a la columna y hasta que logra levantarla por completo de esta manera con esta maniobra ubica el centro de gravedad vertical, luego se lo traslada al lugar de empotramiento, para el cual dos operarios eslingadores centran en el cuello del cabezal, y al mismo tiempo el señalero hace descender lentamente al fondo del tintero. Ya ubicado en su lugar se lo aploma en todas sus caras y toda su altura, simultáneamente se preparan las tijeras para arriostrarlo en tres direcciones el cual se lo coloca previo al isaje, esto es junto con los estrobos al inicio.

Luego de colocar a plomo, se rellena con hormigón fresco H21 ver fig. 4.9. Y termina así el isaje de cada columna. En las columnas cortas el procedimiento es similar y se prescinde del uso de tijeras.



Fig. 4.8 Izaje de columna

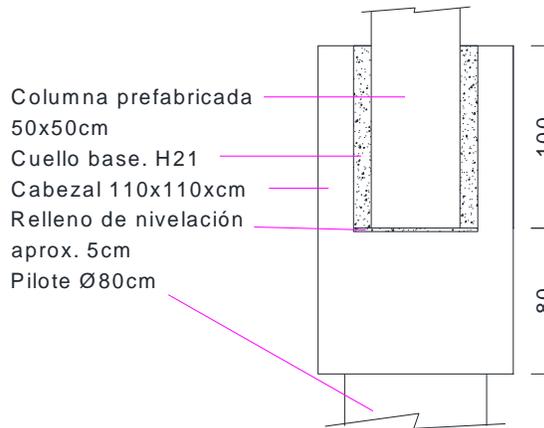
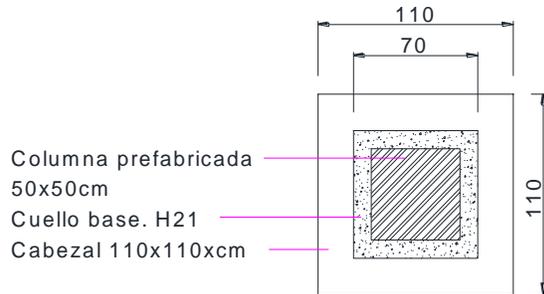


Fig. 4.9 Detalles del empotramiento de la columna

#### 4.5 MONTAJE DE VIGAS

**Construcción:** La viga pretensada tiene desde su fabricación cuatro ganchos, dos por extremo para ser levantados para su transporte, y luego ser izados en obra. El izaje se realiza directamente desde el tracto camión, para lo cual se le colocan eslingas en todos los ganchos, estas eslingas convergen hacia arriba con un ángulo menor a 60° ver fig. 4.5, a medida que lo va levantando un operario eslingador a través de una cuerda atada en un extremo de la viga hace de guía en la maniobra. Estando ya en su posición de encastre la viga en ese momento dos operarios suben a través de montacargas para personas, y verificar que dicho encastre logre introducirse en los orificios de la viga, ver figuras 4.10 y 4.11 que corresponden a las vigas de azotea, aquí antes de apoyar la viga en la columna se coloca neopreno de dimensiones estandarizadas en azotea (ver tabla 4.3), y luego de aplomar la viga por sus lados, se rellena con hormigón expansivo Sika grout 212, finalmente se coloca la planchuela a los pasadores, para luego fijarlo con la tuerca, al perno en espera.

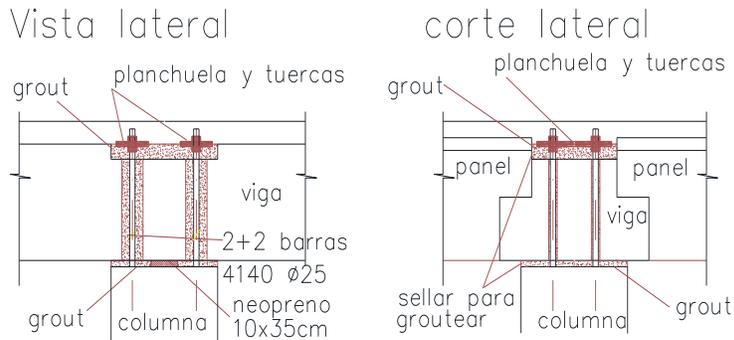


Fig.4.10 Detalle de unión columna y viga mediante pasadores



Fig. 4.11 Vista del detalle de unión de la columna viga

Las vigas pretensadas en planta baja y entresijos tienen planchuelas en el fondo de su alma, para sobre ello colocar un hierro de diámetro redondo y liso, lográndolo unir por soldadura como primera parte, y luego ya cuando se haga el llenado de hormigón in situ, se le rellene estos orificios y haga a la estructura monolítica. Fig. 4.12 y 4.13.

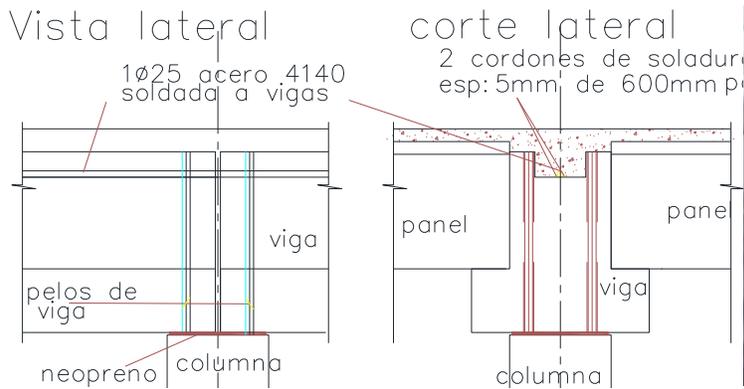


Fig. 4.12 Detalle de la unión viga columna mediante pasadores



Fig. 4.13 Detalle de la unión viga columna mediante pasadores

Por ultimo en las figuras 4.14 y 4.15 se muestran los detalles de uniones de vigas pretensadas de planta baja en columnas del edificio de dos niveles. Se observa que sobre el ala de la viga invertida esta dispone de una chapa metálica ya desde fábrica, así también en la columna, luego sobre ambos lados del ala de la viga se coloca una chapa metálica en cada lado de dimensiones 3/4x2"x900 mm logrando así unir mediante dos cordones de soldadura ambas piezas prefabricadas.

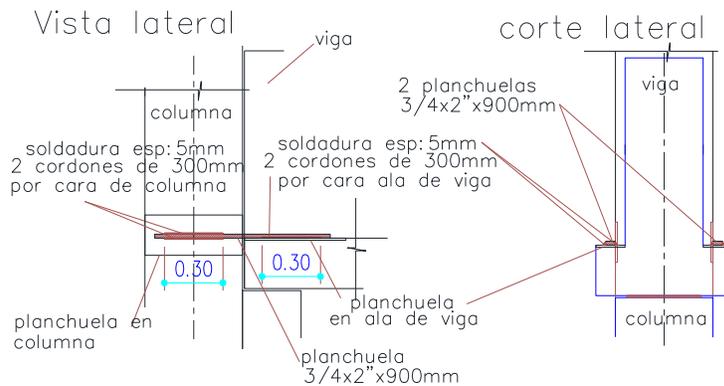


Fig. 4.14 Detalle de unión soldada viga a columna



Fig.4.15 Detalle de soldadura

#### 4.6 MONTAJE DE PANELES PARA LOSA

Estas piezas estructurales tiene la secuencia de montaje, análoga al de vigas, por ser elementos horizontales de izaje. El apoyo de estos se realiza sobre neopreno de dimensiones ver tabla 4.3.

El lugar de apoyo se produce a la mitad de altura del alma del panel TT-50 sobre la viga en ese lugar de apoyo el panel contiene una chapa metálica y el contacto se produce chapa, neopreno y luego a viga. En el plano de estructuras en planta (ver anexo), se muestra las distintas formas geométricas de paneles según sus ubicaciones, así por ejemplo la E39 corresponde al sector de transito de camión.

Note que el plano estructural en planta baja no cuenta con vigas pretensadas en dirección ortogonal a las vigas dispuestas, esto es debido a que los paneles hacen de una losa rígida y arriostrada en ambas direcciones.

#### 4.7 RIGIDIZADORES DURANTE EL MONTAJE

Las rigidizaciones se realizan en planos verticales en ejes 1 y 2, esto se hace mediante cruces de tensores de acero diámetro 20mm 4120. En total se tienen 3 cruces y todos unen los mismos planos horizontales que son el nivel de subsuelo y el entrepiso del primer nivel, dos cruces están en eje 1 y uno en el cruce en eje 2 (ver fig. 4.16).

El momento de colocación de los tensores se hace ya justo antes de continuar el montaje de las demás piezas prefabricadas por encima del nivel de rigidización, esto es el entrepiso del primer nivel. Pueden retirarse los tensores luego de haber endurecido el hormigón in situ de la carpeta de compresión del nivel 2.

Las cruces no se colocan para aplomar durante el izaje de las columnas.

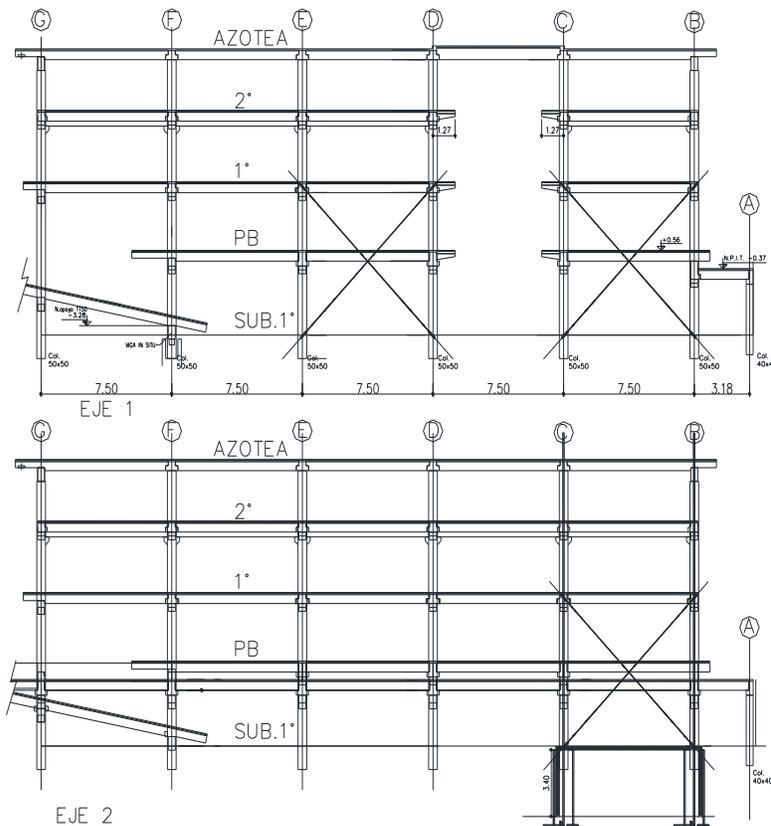


Fig. 4.16  
Rigidización con cruces de tensores eje 1 y eje 2

| NEOPRENOS  | CANT. | MEDIDA    | DETALLE |
|--|-------|-----------|---------|
| Apoyo de:<br>V3-V6-V12A-V12-V44-V16-V17-V26-V32 (en un extremo)<br>V45 (en los dos extremos) | 12    | 250x250x8 |         |
| Apoyo de:<br>V37-V39-V44-V42 (en un extremo)<br>V33-V35-V40-V41(en los dos extremos)         | 16    | 450x100x8 |         |
| Apoyo de:<br>V36-V58-V55-V55A  | 10    | 350x100x8 |         |
| Apoyo de:<br>V62-V63-V64-V65-V66<br>V60-V60A-V60B-V61  | 30    | 350x100x8 |         |
| Apoyo de:<br>V46-V47-V48-V49   | 12    | 150x150x8 |         |
| Apoyo resto de Vigas   | 132   | 350x150x8 |         |

Tabla 4.3  
Planilla de neoprenos de vigas.

## 4.8 HORMIGÓN ARMADO IN SITU SOBRE ESTRUCTURA PREFABRICADA

### 4.8.1 Carpeta de compresión Planta Baja.

**Descripción:** En planta baja tenemos áreas de tránsito pesado y liviano, la diferencia estructural solo se hace aumentando el espesor de la carpeta de compresión a 10 cm en la zona de tránsito pesado, y el resto a 5 cm. La disposición de las armaduras es general para ambas áreas. Así en las uniones de viga con viga se tiene un hierro liso de 25 mm de diámetro al cual se le suelda dos cordones por lado en cada viga, luego se le coloca 3 barras nervurados de 16 mm de diámetro, dichas armaduras cumplen la función de absorber los momentos negativos en las vigas, además de unir sus extremos. (ver fig. 4.17).

En la figura 4.18 se muestra la unión entre tres vigas y tres paneles de losa, aquí se han puesto los hierros de empalme dentro de la armadura en espera de la viga, luego encima de ella se puso la malla electrosoldada.

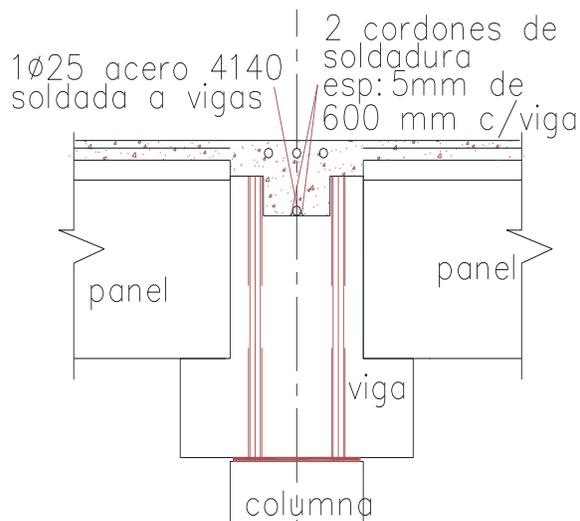


Fig. 4.17 Armadura de carpeta de compresión en uniones de viga.



Fig. 4.18 Detalle de unión de armaduras en paneles y vigas

**Construcción:** Ubicada toda la armadura sobre el área a llenar de hormigón, se prepara su encofrado lateral, para esto con unas reglas metálicas se fija apoyándolo sobre las armaduras, y ahí se le toma las medidas con nivel y mira, luego se prepara un mortero para fijar dichas reglas. Los paños son de ancho 4 metros, y largo según el rendimiento de camión mixer. En este sector de planta baja, se empezó por colar de hormigón el sector de carpeta de 10 cm de espesor, el cual se instaló la red de cañería metálica hasta el final del paño donde empieza a hormigonar, a medida que el hormigón bombeado descarga en un sector, cuatro operarios distribuyen con pala lográndole dar el espesor uniforme a la carpeta, otros dos operarios manipulan el caño metálico, y desmontan un tramo por vez, de esta manera avanzando de detrás hacia adelante el hormigonado. De los cuatro operarios que distribuyen el hormigón, una quinta persona hace el vibrado. En este proceso cada dos caños de desmontaje detienen la bomba, para así terminar de reglear la carpeta y dejarla en su posición final.

#### 4.8.2 Carpeta de compresión segundo nivel

**Descripción:** Este nivel de entrepiso, tiene vigas de hormigón in situ, que se hacen el colado junto con la carpeta de compresión y el encadenado horizontal de muros ver fig. 4.19 ahí se observa que la unión de columna y viga se hace a través de 2 hierros lisos con tuerca, la cabeza se ancla en la columna y la tuerca en el canal de la viga prefabricada. En este canal se colocan dos hierros de 12mm y 16mm abajo y arriba respectivamente. Tiene estribos en el canal, y en el sector del perno estribos en U solamente. Las juntas que unen paneles de losa son similar al de planta baja.

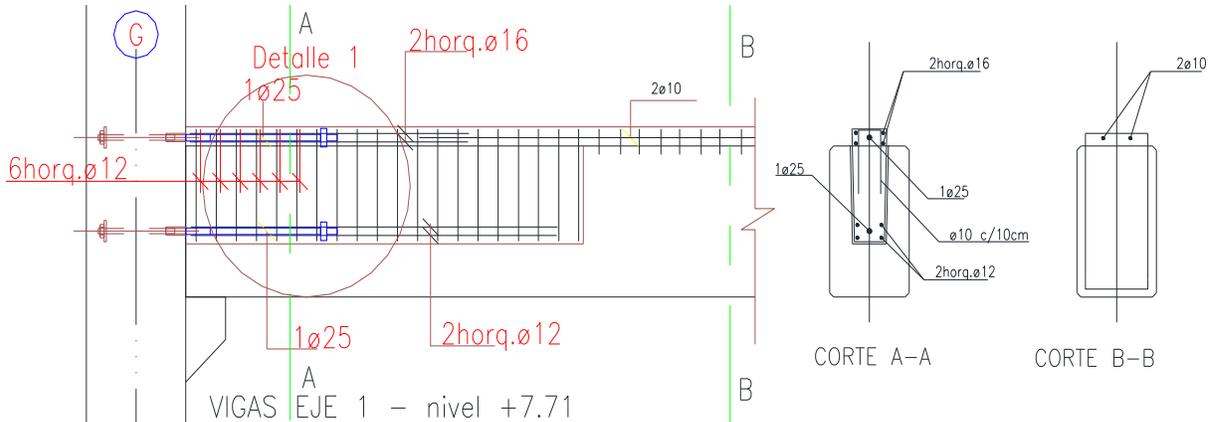


Fig. 4.19 Hormigón in situ en vigas prefabricadas y panel de losa. Segundo nivel.

**Construcción:** Primero se arma la armadura en todas las uniones de viga columna de este segundo nivel, luego juntamente con la armadura de encadenado horizontal del muro, se distribuye hierros de diámetro 6mm para cerrar 20 cm de ranura abierta que quedo entre encadenado y losa de paneles, luego se prepara el encofrado lateral de la carpeta y de la ranura mencionada, para lo cual se le apuntala por debajo en el primer nivel. Luego se fija las reglas a nivel y mira, para controlar y cumplir con la horizontalidad y 5cm de espesor de carpeta, finalmente el colado de hormigón bombeado se hace con avance de delante a atrás.

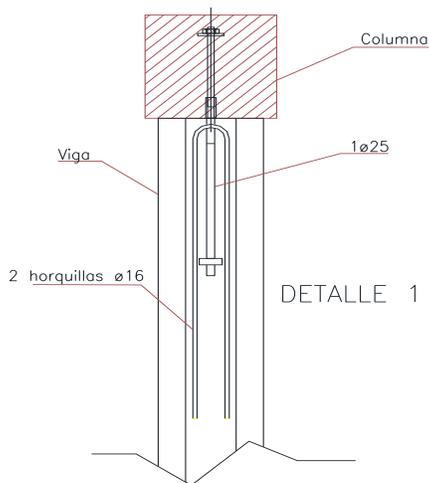


Fig. 4.20 Detalle vista en planta



Fig. 4.21 Detalle de unión previo hormigonar

#### 4.9 MAMPOSTERIA ENCADENADA

**Descripción:** La mampostería encadenada esta solo ubicada en el eje medianero al lado del edificio comercial, y su material es de ladrillos cerámicos portantes del 12, con juntas de mortero cemento, los encadenados horizontales se hacen el colado de hormigón en una sola etapa con la carpeta de compresión, y el encadenado vertical separada cada 4 metros. El muro se extiende desde la viga de fundación del primer subsuelo, planta baja, primer y segundo nivel, e inclusive el parapeto de la azotea.

La armadura longitudinal son 4 barras de 8mm y los estribos de diámetro 6 mm separados cada 20 en toda su longitud. No es una mampostería armada sismorresistente.

**Construcción:** Se toma el nivel de cota de trabajo, para medir la horizontalidad, luego la verticalidad a plomo, se prepara dos reglas para sobre deslizar el hilo guía y levantar las hiladas de trabajo de mampostería. Sobre la viga de fundación se levanta una hilada de mampostería de fundación para realizar la capa aisladora horizontal de 2 cm es espesor de mortero hidrófugo una pasada, luego se hace también los verticales a la altura de ladrillo. En el paramento exterior se coloca láminas de polietileno expandido.

Logrado levantar todo el muro de planta baja, y llenado sus encadenados, se procede a revocar primero el grueso, luego el fino, este trabajo se hizo en simultaneidad con el avance del llenado de la carpeta de compresión de los demás niveles. Así en la figura 4.22 se observa que el nivel inferior ya se encuentra revocado, y que se está avanzando el segundo nivel. Aquí un andamio tubular se apoya sobre un piso falso, en la caja de escalera, contiguo a este andamio este el guinche para levantar la mezcla desde el primer subsuelo y enviarlo arriba cuando lo necesiten.

El llenado de hormigón de los encadenados es juntamente hecha con la carpeta de compresión, para esto se le encofra y apuntala en su paramento interior apoyadas sobre hierros clavados en el entrepiso llamados avión.



Fig. 4.22 Andamio para levantamiento de mampostería encadenada

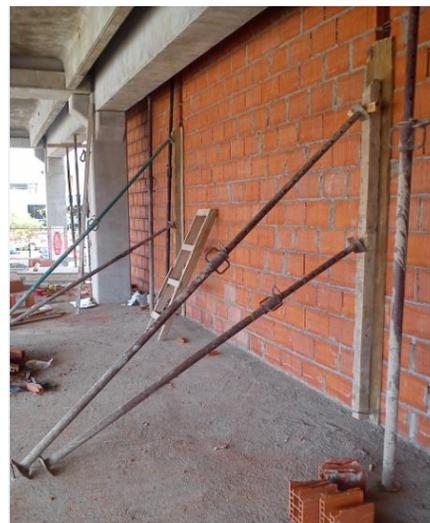


Fig. 4.23 Mampostería. Preparación del encofrado para llenar encadenados.

#### **4.10 PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO**

Previo a ejecutar el pavimento en planta baja, otra empresa subcontratada hizo la impermeabilización de toda la superficie a pavimentar. Para esto utilizo como primera lámina una membrana blanca geo 30, y sobre ella una segunda capa geotextil.

En la pavimentación de hormigón intervino ya otra empresa para ejecutar tanto en planta baja como en el primer subsuelo.

##### **4.10.1 Pavimento en planta baja.**

###### ***Descripción***

Todo el patio a descubierta común en planta baja es playa para exhibición de vehículos, por lo que la misma tiene un piso de pavimento de hormigón H25, con malla electrosoldada ubicada al tercio inferior del espesor de la losa. El espesor resulta en su totalidad de 7cm en la parte más baja, y en la más alta llega a ser 20 cm. Con juntas transversales aserradas, y las juntas longitudinales que une cada tramo son de unión.

###### ***Construcción***

El avance se hace faja por faja, esto es se pavimenta un tramo en toda su longitud, empezando por el más largo que en este caso es el sector de camiones.

Sobre la impermeabilización ya hecha, se toma el replanteo a ejes de columna así la fig. 4.24 corresponde a ejes 2a y 3. Aquí se empezó colocando la armadura electrosoldada con empalme entre mallas de un cuadro, estas armaduras se separan cada cuatro metros por ahí se localizaran las juntas transversales. El recubrimiento de la malla se logra colocando ladrillos rotos por debajo. Luego se prepara su encofrado lateral para esto se colocan perfiles metálicos los cuales son nivelados, y logran dar pendiente para el escurrimiento del agua a aguas arriba y aguas abajo.

Se instalan las cañerías de bombeo del hormigón ubicada afuera paralelo cercano al paño, en el extremo final de la cañería se tiene el conducto flexible y permite distribuir el hormigón fresco, luego a medida que se lo va llenando las cañerías se extraen una por vez. El avance del llenado de hormigón se hace cada cinco metros.

Una cuadrilla de tres personas distribuye el hormigón y cuando se ha ya casi completado los cinco metros, se hace el vibrado. En el proceso se uniformizan manualmente con pala de mano algunos sectores de hormigón faltantes, y se procede a reglar tres pasadas, esto lo hacen dos operarios los cuales ubicándose en cada extremo deslizan la regla en zigzag apoyándola sobre los perfiles metálicos que son la cota del encofrado, de manera similar se hace el cinteado en el cual se usa una cinta y con las mismas maniobras al hormigón fresco le confiere rugosidad a la superficie. Luego para prevenir la evaporación del agua de amasado se le dispersa sobre la superficie pintura anti sol. Ya al día siguiente luego de haber endurecido el hormigón se hace el aserrado del pavimento en sus juntas transversales fijadas, y finalmente sobre dichas juntas se rellenan con panes de brea.

Respecto a las juntas longitudinales estos se separan con polietileno expandido de 1cm de espesor cada vez que se ejecuta el tramo siguiente.



Fig. 4.24 Pavimento rígido planta baja, llenado de hormigón.

#### 4.10.2 Pavimento en primer subsuelo

##### **Descripción**

Es de la misma tipología que el de planta baja, solo que la base de asiento es suelo modificado. Este suelo en parte primero tiene un estrato de granular 0,20 el cual se hizo juntamente después de todas las excavaciones al inicio de la obra, la otra parte es suelo fino con cal, cuyo volumen viene desde la planta.

##### **Construcción**

La ejecución es similar al de planta baja y la única diferencia es que aquí el aserrado además de las juntas transversales, se hacen también cerca a las columnas en forma diagonal ver fig 4.25, en el se observa también que el contacto entre columna y pavimento no debe permitirse, por lo que se ha colocado poliestireno expandido.

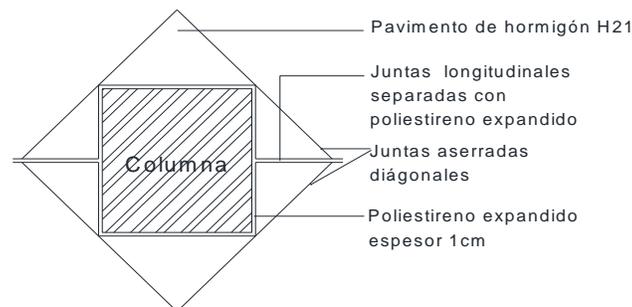


Fig. 4.25 Detalle de juntas en el pavimento en uniones con columna

## CAPITULO 5: CONCLUSIONES

### **Juicio crítico**

- El movimiento de suelos demandó mucho tiempo en la obra. Se recomienda modificar el método de excavación por ejemplo acopiar el suelo en grandes volúmenes para lo cual la pala frontal pueda cargarla al camión. El mantenimiento de las maquinas debe realizarse fuera del horario de trabajo prefiriéndose disponer el combustible de reserva instalada en el obrador. Respecto a los camiones trakker de 18 m3 de capacidad para el transporte de suelos resultaron eficientes, pero el número de unidades limitaba el suelo a transportar por lo que se recomienda aumentar los camiones.
- Frente a la gran cantidad de pozos a excavar y pocos poceros cualificados que hay, recomiendo instruir a ambos poceros sobre la metodología a emplear, el procedimiento de ejecución, y los riesgos presentes durante la excavación. Se menciona que dicha tarea siendo del técnico de higiene y seguridad resulta de condición necesaria conocer sobre su riesgo. Así también instruirlo en identificar el estrato sobre el cual se va a fundar.
- El picado del hormigón endurecido cuando se trata de unir y anclar las armaduras lleva otro tiempo de trabajo el cual se podría reducir si, se dejara armadura en espera ya sea doblándolo o en forma de saliente dependiendo esto del encofrado. Por ejemplo para anclar la pantalla de hormigón a la cortina de pilotines en forma tangencial se podría dejar pelos en espera que traslapen el pilotín.
- Ocurrió que en el momento del colado de hormigón no funcionaba la bomba y también muchas veces el pedido del hormigón llego muy tarde y se tuvieron que colar hasta las 22 horas. Para esto se recomienda planificar el pedido de hormigón debiendo reiterarse que la llegada del camión mixer a obra sea en la hora estipulada. Por otro lado en la obra debe prepararse el sector a colar, también debe verificarse estado de bomba y conducto de bombeo.
- En el montaje de toda la estructura prefabrica de hormigón armado, se establecía que únicamente el personal de montaje deberían estar en toda la obra, sin embargo por avanzar la ejecución se trabajaron simultáneamente con el personal de la construcción. Para esto como ingeniero de obra se sugiere dar una charla sobre los riesgos de trabajar en obra cuando se realizan montajes de piezas con grúa.
- El izaje de los elementos prefabricados con camión grúa estacionada en vía pública genero gran cantidad tráfico vehicular, por lo que se deberán planificar los horarios de baja demanda de tránsito o hacer el montaje previa autorización un fin de semana.
- En el avance de obra muchas veces surgieron de planificar durante el día. Si bien hay un plan de avance general de la obra por rubros, se sugiere replanificar las tareas de la semana y siempre tener 2 días de ventaja en esa semana.
- Particularmente he visto sobre la manera de conducir un equipo de trabajo. Se ha podido comprender que si no se da el rol a cada uno, no hay rendimiento del personal.

### **Conclusiones respecto a la obra**

La construcción de un edificio comercial de estructura prefabricada es ideal cuando se quiere salvar grandes luces, y se dispone de escasos tiempos de ejecución. Esto se justifica por las propias ventajas del hormigón pretensado y por ser ya una estructura prefabricada lista para su montaje.

Cuando la estructura resistente del edificio es prefabricada su montaje requiere un quinto del tiempo del plazo de obra, y el resto del tiempo se destina a la construcción del hormigón in situ.

El montaje de las piezas prefabricadas independientemente de las clasificaciones de maniobra citadas, requiere un plan de ataque, desde su transporte hasta el izado de las piezas. Así se debe conocer en qué lugares se posicionará la grúa, y a partir de ahí ver la carga más pesada y más distante a izar, logrando de esta manera verificar con la tabla de cargas. Entonces de esta manera conocido las posiciones, el radio y carga con el que trabajara, la grúa podría trabajar sin ningún problema con las demás piezas, ya que se verifico para el caso más extremo.

El procedimiento de izaje de columnas, vigas y paneles, es convencional a los procedimientos de izaje en edificios industriales y puentes. La distinción sería el peso del prefabricado, y algunas veces se utilizan dos o más grúas para izar solo una pieza. Respecto a las uniones según la ubicación estos pueden ir soldadas con acero de refuerzo o simplemente unidos mediante hormigón in situ.

En el edificio de hormigón armado convencional, se utilizan procedimientos de construcción que se repiten en todas las obras, ya sea en tabiques de hormigón, pantalla de hormigón, cimentaciones, muro, etc., siendo aplicables también en la estructura prefabricada.

### **Conclusiones respecto a la práctica supervisada**

La experiencia vista al estar en obra y muy especialmente en una construcción de edificio con estructura de hormigón armado prefabricado, me permitió dar un gran salto a mis objetivos propuestos como ingeniero civil junior, ya que la recurrencia de estos trabajos no es común en la rama de la construcción de edificios, no obstante el campo de prefabricados va más allá como ser naves industriales, puentes, pasarelas, estadios, conductos elevados y todas aquellas estructuras donde se requiere salvar grandes luces, ejecutándolas en el menor tiempo y costo posibles.

El edificio de estructura resistente de hormigón armado convencional, tienen un sistema de fundaciones, tabiques de hormigón, la mampostería, el pavimento de los subsuelos, escalera y los tanques de agua. Estos tienen procedimientos constructivos que se aplican en generalidad en todas las construcciones, inclusive aquí en el edificio prefabricado.

Una parte de mi tiempo de estar en obra, me dediqué en estudiar a las maquinarias de trabajo de la construcción, conociendo sus especificaciones. He podido conocer los límites de cada máquina, y ver sus rendimientos que ofrecen en obra respecto al teórico propuesto para su subcontratación.

También gané experiencia en la interrelación con el encargado de obra, sobre las tareas que desempeña: dialogar con los subcontratistas para seguir el avance de obra, firmar pedidos de materiales, provisionar insumos imprevistos, registro de las cuadrillas de trabajo, redactar el libro de obra de la contratista y el comitente, formular los adicionales de obra, interactuar con personal técnico (director de obra, subcontratistas, técnico en higiene y seguridad, inspectores externos a obra y otros).

Adoptando consejos y recomendaciones de mi tutor externo en obra, pude desenvolverme y así interactuar con el personal técnico. Esto me encarriló para entender al trabajador escucharlo y conocerlo, viendo en ellos sus aptitudes, la forma de su proceder en cada trabajo, su rendimiento con o sin cuadrilla.

El criterio de resolución de problemas en obra cuando se trabaja bajo tensión, es una habilidad que va moldeando y reforzándose al ingeniero de obra. Esta temática es imprescindible y debe estudiarse uno mismo, y abordarse si no se tiene. Se trata de ser visionario logrando ver más allá, o sea la solución de una o más maneras posibles. Por ejemplo en la época de lluvia se hizo la excavación de los subsuelos y pozos, y toda el agua escurrida de lluvia inundó la obra era todo lodo, embarrándose los hierros, desmoronamientos de suelo entre otros, pero aun así había que avanzar. Estas situaciones se replanifican constantemente y se logra el avance.

En mi experiencia también pude acceder a las documentaciones técnicas del proyecto, y verificar las especificaciones técnicas.

Finalmente puedo decir como Ingeniero civil egresado de esta Facultad, tengo la aptitud, valor y experiencia necesaria para estar inmerso en el trabajo en esta área fascinante de la construcción.

## BIBLIOGRAFIA

- Apuntes de la catedra Arquitectura I (año 2010), editorial cooperativa imprenta CEICIN
- Decreto 911/96 – Reglamento de Higiene y Seguridad para la construcción (Artículos 289 a 329).
- Ley de Higiene y Seguridad 19587 y Decretos reglamentarios
- IRAM 3920 – Seguridad en equipos de izaje. Condiciones generales para la operación y la calificación del personal.
- IRAM 3021 – Seguridad en equipos de izaje. Condiciones generales para la capacitación de los operadores.
- IRAM 3923/1 – Seguridad de equipos de izaje, inspecciones, métodos de ensayo y mantenimiento. Parte 1: Grúas móviles.
- Reglamento CIRSOC 108: Cargas de diseño para estructuras durante su construcción. Editorial INTI