

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



**CONSTRUCCIÓN DE CERCOS PREFABRICADOS DE
CONCRETO ARMADO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JAVIER ENRIQUE GUERRA MOLINA

Lima- Perú

2015

Dedico

“Con todo mi cariño y amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera alcanzar mis metas, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá y mamá

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 3 |
| LISTA DE CUADROS | 4 |
| LISTA DE FIGURAS | 5 |
| INTRODUCCIÓN | 8 |
| CAPÍTULO I: ANTECEDENTES | 9 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 9 |
| 1.2. OBJETIVO DEL INFORME DE SUFICIENCIA | 10 |
| CAPÍTULO II: CONSTRUCCIÓN DE CERCOS PREFABRICADOS | 11 |
| 2.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO | 11 |
| 2.1.1 Panel prefabricado de concreto armado | 11 |
| 2.1.2. Columna típica prefabricada de concreto armado tipo C1 | 13 |
| 2.1.3. Columna típica prefabricada de concreto armado tipo C2 | 13 |
| 2.1.4. Recomendación para el armado del muro | 14 |
| 2.2. PROCESOS CONSTRUCTIVOS | 16 |
| 2.2.1. ENTREPISOS LIMA S.A.C. | 16 |
| 2.2.2. GyM S.A. | 29 |
| 2.2.3. INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. | 43 |
| CAPÍTULO III: CONTROL DE CALIDAD y PRODUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS | 55 |
| 3.1. CONTROL DE CALIDAD EN LAS PLANTAS DE PREFABRICADOS | 55 |
| 3.1.1. Análisis comparativo de los procesos de construcción en la elaboración de paneles prefabricados de concreto | 55 |
| 3.1.2. Línea base de aceptación de paneles y columnas prefabricado de concreto armado para el Proyecto | 62 |
| 3.2. CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LAS PLANTAS DE PREFABRICADOS DE CONCRETO ARMADO | 66 |
| 3.2.1. Alcance y Plazos en la Producción de los elementos prefabricados de concreto armado | 66 |
| 3.2.2. Análisis comparativo de la Producción de paneles prefabricados de concreto armado | 67 |
| CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 76 |
| 4.1. CONCLUSIONES | 76 |
| 4.2. RECOMENDACIONES | 77 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| BIBLIOGRAFIA | 78 |
| ANEXOS | 79 |

RESUMEN

Durante la ejecución del proyecto “Ciudad Nueva Fuerabamba” en el departamento de Apurímac, parte del alcance correspondía a la construcción de viviendas de concreto armado, el diseño de estas viviendas, mostraba la construcción de cercos prefabricados de concreto armado entre las viviendas.

En el presente informe de suficiencia, se muestran las condiciones especiales de diseño y plazo de entrega, para la construcción de cercos prefabricados de concreto armado, en una cantidad de 25 km de cerco perimétrico.

Debido a que no se encontró a una empresa en nuestro país que a su sola cuenta logre cubrir tal magnitud de fabricación, se optó por contratar a tres empresas especializadas que logren cumplir con el alcance solicitado.

En el capítulo II del presente informe de suficiencia, se describen los procedimientos realizados en cada una de las plantas de prefabricados de concreto armado de las tres empresas involucradas, detallando los procesos por tipo de estructura (paneles, columnas típicas C1 y columnas típicas C2).

En la primera parte del capítulo III, se desarrolla un análisis comparativo de los procesos, enfocados en el control de la calidad durante la fabricación de los elementos prefabricados de concreto armado, así como también en el producto terminado una vez concluida la fabricación, evaluándolos según los criterios establecidos en los lineamientos de aceptación desarrollados en el proyecto.

En la segunda parte de este capítulo se muestra un análisis comparativo del desarrollo de la producción, basado en la experiencia obtenida durante la construcción de los cercos prefabricados de concreto armado, para lo cual se muestran detalles del avance y la programación en la fabricación.

Finalmente en el capítulo IV, se establecen las conclusiones y recomendaciones en base al análisis desarrollado de la experiencia obtenida en el estudio en la fabricación de los cercos prefabricados de concreto armado en las plantas de las tres empresas involucradas, para la construcción de los cercos prefabricados de concreto armado.

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro N° 3.1 – Proceso de colocación de encofrado..... | 56 |
| Cuadro N° 3.2 – Preparación del concreto para paneles prefabricados..... | 57 |
| Cuadro N° 3.3 – Fabricación de paneles prefabricados de concreto..... | 58 |
| Cuadro N° 3.4 – Acabado de paneles prefabricados de concreto..... | 60 |
| Cuadro N° 3.5 – Evaluación de paneles prefabricados de concreto..... | 62 |
| Cuadro N° 3.6 – Alcance contractual de cercos prefabricados de concreto armado..... | 66 |
| Cuadro N° 3.7 – Programación de Paneles prefabricados de concreto armado - INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C..... | 68 |
| Cuadro N° 3.8 – Avance semanal de Paneles prefabricados de concreto armado- INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C..... | 69 |
| Cuadro N° 3.9 – Programación de paneles prefabricados de concreto armado - ENTREPISOS LIMA S.A.C..... | 71 |
| Cuadro N° 3.10 – Avance semanal de paneles prefabricados de concreto armado – ENTREPISOS LIMA S.A.C..... | 72 |
| Cuadro N° 3.11 – Programación de Paneles prefabricados de concreto armado - GyM S.A..... | 73 |
| Cuadro N° 3.12 – Avance semanal de Paneles prefabricados de concreto armado – GyM S.A..... | 74 |
| Cuadro N° 3.13 – CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LAS PLANTAS DE PREFABRICADOS DE CONCRETO ARMADO..... | 75 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 1.1 Vista de la Construcción del Proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba..... | 9 |
| Figura N° 1.2 vista de las viviendas con los cercos ya colocados..... | 10 |
| Figura N° 2.1. Detalle de panel prefabricado de concreto armado..... | 11 |
| Figura N° 2.2. Dimensionamiento de varillas de acero en los paneles..... | 12 |
| Figura N° 2.3. Detalle de Columna de concreto armado C1..... | 13 |
| Figura N° 2.4. Dimensiones de Columna de concreto armado C2..... | 14 |
| Figura N° 2.5. Esquema de unión de elementos de columnas y muros..... | 15 |
| Figura N° 2.6. Planta de prefabricados – ENTREPISOS LIMA S.A.C..... | 16 |
| Figura N° 2.7. Fabricación de paneles – Encofrado y armadura..... | 17 |
| Figura N° 2.8. Fabricación de paneles – Vaciado de concreto..... | 18 |
| Figura N° 2.9. Fabricación de paneles – Vibrado de concreto..... | 19 |
| Figura N° 2.10. Fabricación de paneles – Perfilado de paneles..... | 19 |
| Figura N° 2.11. Fabricación de paneles – Colocación de parrilla..... | 20 |
| Figura N° 2.12. Traslado de paneles hacia un lugar de acopio..... | 21 |
| Figura N° 2.13. Fabricación de paneles – Curado de paneles prefabricados..... | 22 |
| Figura N° 2.14. Paneles apilados para su transporte a obra..... | 22 |
| Figura N° 2.15. Fabricación de Columnas – Encofrado metálico..... | 23 |
| Figura N° 2.16. Mezcladora vertical de concreto..... | 24 |
| Figura N° 2.17. Fabricación de Columnas - Vaciado de concreto..... | 25 |
| Figura N° 2.18. Fabricación de Columnas – Traslado del encofrado..... | 26 |
| Figura N° 2.19. Fabricación de Columnas – Proceso de desencofrado..... | 26 |
| Figura N° 2.20. Fabricación de Columnas – Volteo del encofrado en la losa..... | 27 |
| Figura N° 2.21. Fabricación de Columnas – Retiro del molde metálico..... | 27 |
| Figura N° 2.22. Fabricación de Columnas – acopio de columnas..... | 28 |
| Figura N° 2.23. Fabricación de Columnas – acopio de columnas..... | 28 |
| Figura N° 2.24. Planta de prefabricados – GyM S.A..... | 29 |
| Figura N° 2.25. Fabricación de paneles – Armadura y separadores..... | 30 |
| Figura N° 2.26. Fabricación de paneles – Aplicación de desmoldante..... | 31 |
| Figura N° 2.27. Fabricación de Paneles – Planta de concreto ODISA 2530..... | 32 |
| Figura N° 2.28. Fabricación de Paneles – Vaciado de concreto..... | 33 |

| | |
|---|----|
| Figura N° 2.29. Fabricación de paneles – Curado de concreto con manguera..... | 33 |
| Figura N° 2.30. Fabricación de paneles – Curado de concreto con cisterna..... | 34 |
| Figura N° 2.31. Fabricación de paneles – amarre de paneles..... | 35 |
| Figura N° 2.32. Fabricación de paneles – fijación de paneles..... | 35 |
| Figura N° 2.33. Fabricación de paneles – Izaje de paneles..... | 36 |
| Figura N° 2.34. Fabricación de paneles – Izaje de paneles..... | 36 |
| Figura N° 2.35. Fabricación de paneles – descarga de paneles..... | 37 |
| Figura N° 2.36. Paneles listos para su transporte a obra..... | 38 |
| Figura N° 2.37. Paneles listos para su transporte a obra..... | 38 |
| Figura N° 2.38. Losas para la fabricación de Columnas típicas C1 y C2..... | 39 |
| Figura N° 2.39. Encofrado para columnas prefabricadas de concreto..... | 40 |
| Figura N° 2.40. Encofrado para columnas prefabricadas de concreto..... | 40 |
| Figura N° 2.41. Fabricación de Columnas – Armadura y separadores..... | 41 |
| Figura N° 2.42. Fabricación de Columnas – Vaciado de concreto..... | 42 |
| Figura N° 2.43. Fabricación de Columnas – Desencofrado de columnas..... | 42 |
| Figura N° 2.44. Planta de Prefabricados – INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C..... | 43 |
| Figura N° 2.45. Preparación de losa para la fabricación..... | 44 |
| Figura N° 2.46. Área de losa utilizada para la fabricación..... | 45 |
| Figura N° 2.47. Preparación del Concreto – Mezcladora de eje vertical..... | 46 |
| Figura N° 2.48. Preparación del Concreto – Mezcladora tipo tolva..... | 46 |
| Figura N° 2.49. Fabricación de paneles – Traslado de paneles..... | 47 |
| Figura N° 2.50. Fabricación de paneles – Traslado de paneles..... | 48 |
| Figura N° 2.51. Fabricación de paneles – Desencofrado de paneles..... | 48 |
| Figura N° 2.52. Fabricación de paneles – Moldes metálicos..... | 49 |
| Figura N° 2.53. Fabricación de paneles – Moldes metálicos..... | 49 |
| Figura N° 2.54. Fabricación de paneles – Curado de concreto con manguera... | 50 |
| Figura N° 2.55. Fabricación de paneles – Recojo de paneles..... | 51 |
| Figura N° 2.56. Fabricación de paneles – Acopio de paneles..... | 51 |
| Figura N° 2.57. Fabricación de paneles – Lugar de acopio de paneles..... | 52 |
| Figura N° 2.58. Paneles listos para su transporte a obra..... | 52 |
| Figura N° 2.59. Distribución del frente de trabajo en la losa..... | 53 |
| Figura N° 2.60. Fabricación de Columnas – Desencofrado de columnas..... | 54 |
| Figura N° 2.61. Fabricación de Columnas – Solaqueo de columnas..... | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura N° 3.1. Paneles prefabricados de concreto – ENTREPISOS LIMA S.A..... | 56 |
| Figura N° 3.2. Presencia de fisuras – ENTREPISOS LIMA S.A.C..... | 59 |
| Figura N° 3.3. Presencia de fisuras – GyM S.A..... | 59 |
| Figura N° 3.4. Presencia de fisuras – GyM S.A..... | 60 |
| Figura N° 3.5. Paneles prefabricados de concreto – ENTREPISOS LIMA S.A.C..... | 61 |
| Figura N° 3.6. Paneles prefabricados de concreto – GyM S.A..... | 61 |
| Figura N° 3.7. Paneles prefabricados de concreto – INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C..... | 61 |
| Figura N° 3.8. Línea base de aceptación– Paneles rechazados..... | 63 |
| Figura N° 3.9. Línea base de aceptación– Paneles aceptados..... | 64 |
| Figura N° 3.10. Línea base de aceptación– Acero expuesto..... | 64 |
| Figura N° 3.11. Línea base de aceptación– Paneles aceptados..... | 65 |

INTRODUCCIÓN

El proyecto “Ciudad Nueva Fuerabamba”, se inició en el año 2011, y consiste en la construcción de la ciudad del mismo nombre, la infraestructura se ubica en el departamento de Apurímac, provincias de Cotabambas y Grau, distrito de Chalhuanhuacho, a 280 km de la ciudad de Cusco, zona que está mineralizada y es parte del Proyecto Minero Las Bambas. Comprende un yacimiento de cobre, sulfuros y óxidos, actualmente propiedad del consorcio chino MMG.

El objetivo del proyecto “Ciudad Nueva Fuerabamba”, es atender la necesidad de vivienda y servicios básicos para 347 familias residentes, pertenecientes a la comunidad Fuerabamba (comunidad campesina compuesta por 13 barrios), dado que la población se verá directamente afectada por la construcción de la infraestructura de la mina y futuras labores de operación.

En resumen la Construcción de la Ciudad Nueva Fuerabamba estuvo a cargo de la Empresa GyM S.A., y comprende la construcción de 441 viviendas, 347 viviendas que comprenden un área de 500 m² y 94 viviendas que comprenden un área de 250 m² cada una respectivamente, así también edificaciones de servicios comunitarios, como un salón comunal, un centro de salud, una iglesia católica, una iglesia adventista, un puesto de auxilio rápido, un parque zonal, una plaza principal, un museo, un mercado, losas deportivas, un centro de educación, un taller de artesanía, un terminal de buses, una alameda central, un anfiteatro, una planta de tratamiento de agua potable, un reservorio, etc.

El desarrollo del informe de suficiencia, se enfoca en la etapa final del proceso de construcción del proyecto y está relacionado con la prestación del servicio denominado “Suministro de paneles y columnas de concreto para cerco prefabricado de viviendas para la construcción de la ciudad Nueva Fuerabamba” y consta en analizar, supervisar y evaluar todo lo referido a la construcción de cercos prefabricados de concreto armado, el cual se realizó en las plantas de prefabricados de las 3 empresas involucradas, ubicadas en ciudad de Lima.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A fines del año 2013 surgió en el proyecto Nueva Fuerabamba, la necesidad de construir un cerco perimétrico de seguridad del complejo habitacional, lo cual dio inicio a la prestación del servicio “Suministro de paneles y columnas de concreto para cerco prefabricado de viviendas para la construcción de la ciudad Nueva Fuerabamba”.

En las figuras N° 1.1 y 1.2, se visualiza el Proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba en su etapa final, ahí podemos ver los cercos prefabricados ya instalados en las viviendas.

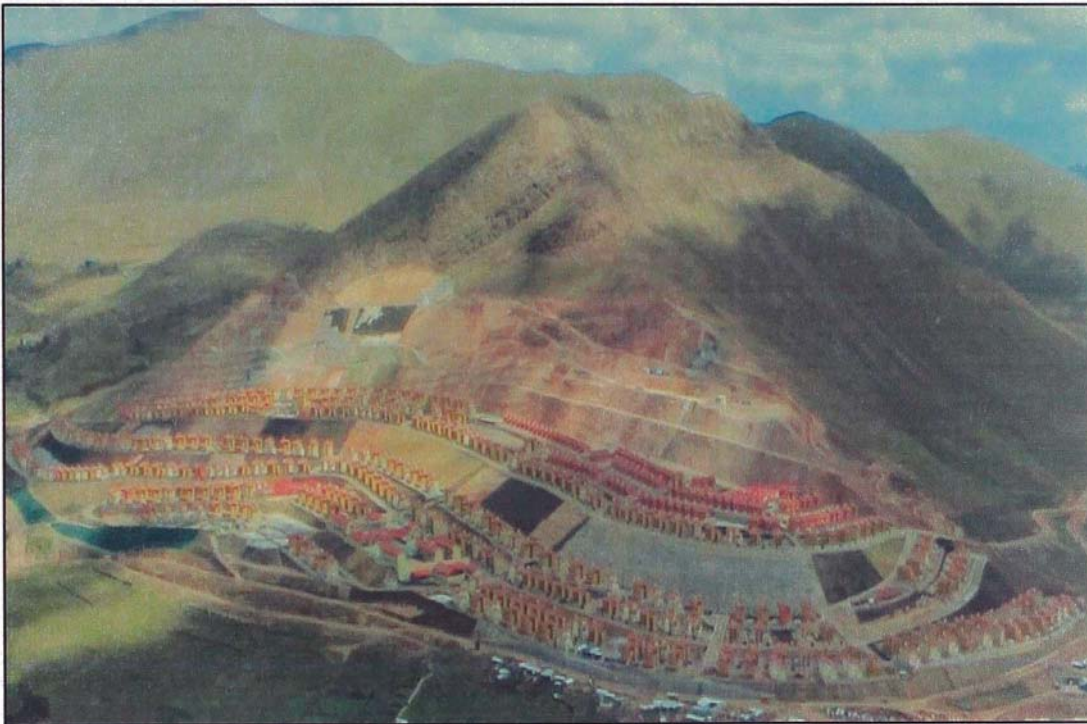


Figura N° 1.1 Vista de la Construcción del Proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba

El alcance comprendió en el suministro de aproximadamente 25 km de cerco perimétrico, los cuales cuentan con un diseño de fabricación, basados en la producción de paneles y columnas prefabricados de concreto armado, esto representó una gran cantidad de elementos prefabricados a elaborar, debido a la magnitud del proyecto y para cumplir con los plazos, se tuvo que tomar la decisión de contratar a tres empresas especializadas con el fin de lograr la fabricación y el transporte a obra en un plazo de siete semanas.



Figura N° 1.2 vista de las viviendas con los cercos ya colocados

Estas tres empresas especializadas en la fabricación de prefabricados, fueron elegidas a través de un concurso de licitación y realizaron la fabricación de los cercos perimétricos en sus plantas ubicadas en la ciudad de Lima.

Las empresas contratadas fueron:

- ENTREPISOS LIMA S.A.C.
- GyM S.A.
- INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.

1.2. OBJETIVO DEL INFORME DE SUFICIENCIA

En el presente informe de suficiencia, se detallarán los procedimientos constructivos de las empresas involucradas, se realizará un análisis comparativo en relación al control de calidad y la producción en la construcción de los cercos prefabricados de concreto (paneles y columnas), basados según la experiencia proporcionada en la supervisión a las diferentes plantas de prefabricados.

Del estudio comparativo de los sistemas de fabricación, se evaluará y elegirá los mejores procesos constructivos, tomando en cuenta los parámetros antes mencionados para la fabricación de los cercos prefabricados de concreto.

CAPÍTULO II: CONSTRUCCIÓN DE CERCOS PREFABRICADOS

En el presente capítulo, se muestran los requerimientos de diseño para la construcción de los cercos prefabricados de concreto armado, así como los procesos constructivos realizados en las plantas de prefabricados de las tres empresas involucradas.

2.1. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para el diseño en la fabricación de los elementos (paneles y columnas), se les proporcionó a cada empresa un único detalle de ingeniería que consta de la siguiente información:

2.1.1. Panel prefabricado de concreto armado

Paneles de concreto armado de una resistencia a la compresión especificada de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, con un peso de 140 kg por pieza, con dimensiones de 0.06 de espesor x 0.50 x 2.00 metros lineales de largo, una cara lisa y la otra tipo ladrillo, en la figura N° 2.1 se aprecia el esquema del panel.

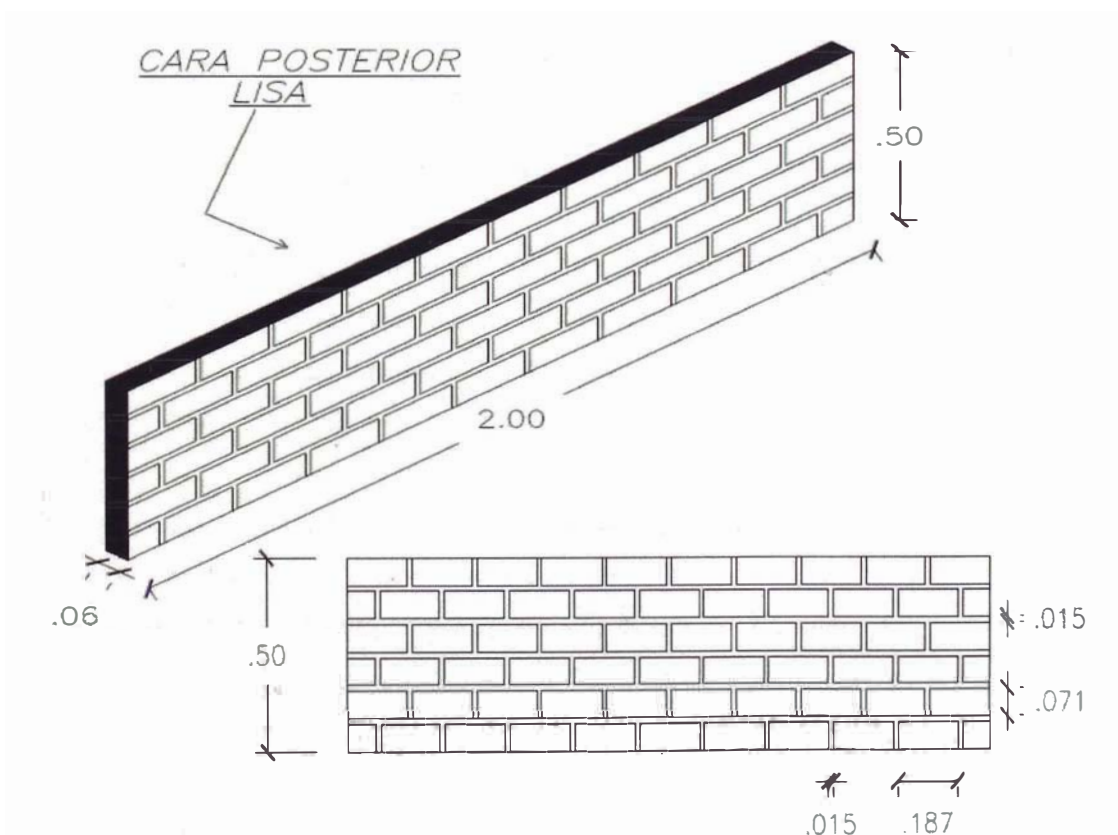


Figura N° 2.1 Detalle de panel prefabricado de concreto armado

El refuerzo estructural del panel de concreto armado, está constituido por dos mallas electrosoldadas según el siguiente detalle:

7 varillas verticales de 4 mm. $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$.

3 varillas horizontales de 4.2 mm. $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$.

En el siguiente esquema (figura N° 2.2), se detallan las consideraciones para la colocación del acero en los paneles:

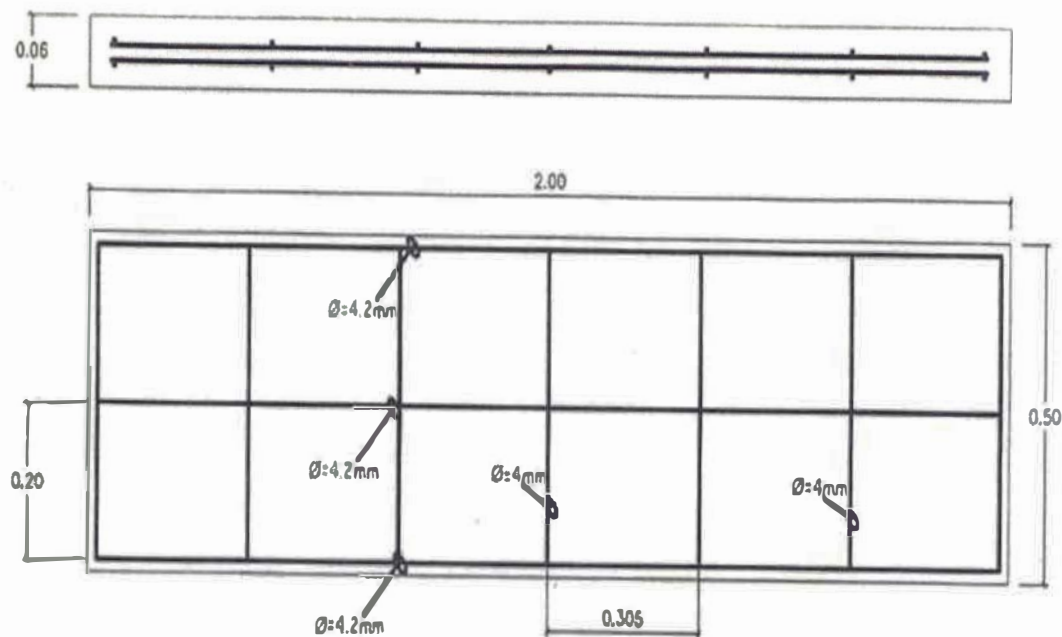


Figura N° 2.2. Dimensionamiento de varillas de acero en los paneles

En el esquema se muestra el diseño de la colocación del refuerzo consistente en dos mallas electrosoldadas en un espesor de losa de 6 cm. Esta medida sobrepasa las medidas estándar de 3 a 4 cm de espesor que por lo general se aplican a este tipo de paneles fabricados de concreto armado.

Es importante recordar, que para la fabricación de los paneles prefabricados de concreto armado, se debe tomar en cuenta la distribución de la malla electrosoldada de acero al interior de los 6 cm de espesor del panel, en los procedimientos descritos en el presente informe de suficiencia, se mostrarán las diferentes opciones que hay en la forma en la cual se realiza la colocación al interior del panel, para obtener el espaciamiento de manera simétrica al interior de los paneles prefabricados de concreto armado.

2.1.2. Columna típica prefabricada de concreto armado tipo C1

La columna prefabricada de concreto armado denominado C1, con una resistencia especificada a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, tiene un peso de 205 kg por pieza, con dimensiones de $0.20 \times 0.20 \times 2.60 \text{ m}$, en la figura N° 2.3 se detalla la sección de ranura para los paneles prefabricados.

El refuerzo estructural especificado se puede optar de dos diseños:

4 varillas de $\frac{1}{2}$ " de diámetro. $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (12 estribos de 8 mm $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$)

4 varillas de 11.7 mm de diámetro. $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (12 estribos de 8 mm $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$)

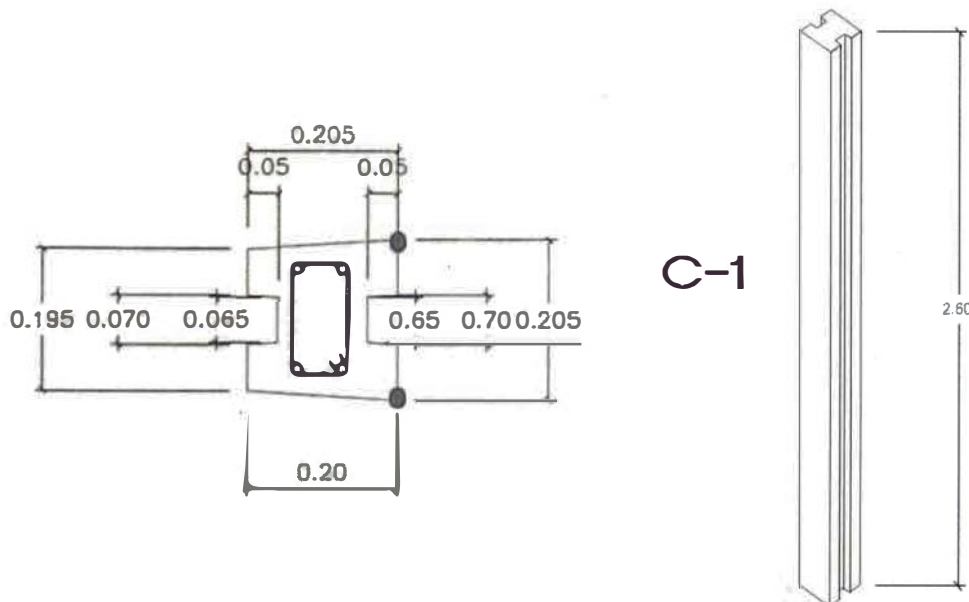


Figura N° 2.3. Detalle de Columna de concreto armado C1

Este tipo de columnas denominadas C1 (sección en "H"), son las columnas que tendrán la función de unión entre los paneles.

2.1.3. Columna típica prefabricada de concreto armado tipo C2

La columna prefabricada de concreto armado denominado C2, con una resistencia especificada a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, con platina de acero de $2.00 \text{ m} \times 2" \times \frac{1}{4}"$, con dimensiones de $0.20 \times 0.20 \times 2.60 \text{ m}$, tiene un peso de 205 kg por pieza, en la figura N° 2.4 se detalla la sección de ranuras para paneles y fijación de puertas y portones metálicos.

El refuerzo estructural especificado se puede optar de dos diseños:

4 varillas de $\frac{1}{2}$ " de diámetro. $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (12 estribos de 8 mm $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$), platina de 2.00 m. x 2" x $\frac{1}{4}$ ".

4 varillas de 11.7 mm de diámetro. $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (12 estribos de 7.3 mm $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$), platina de 2.00 m. x 2" x $\frac{1}{4}$ ".

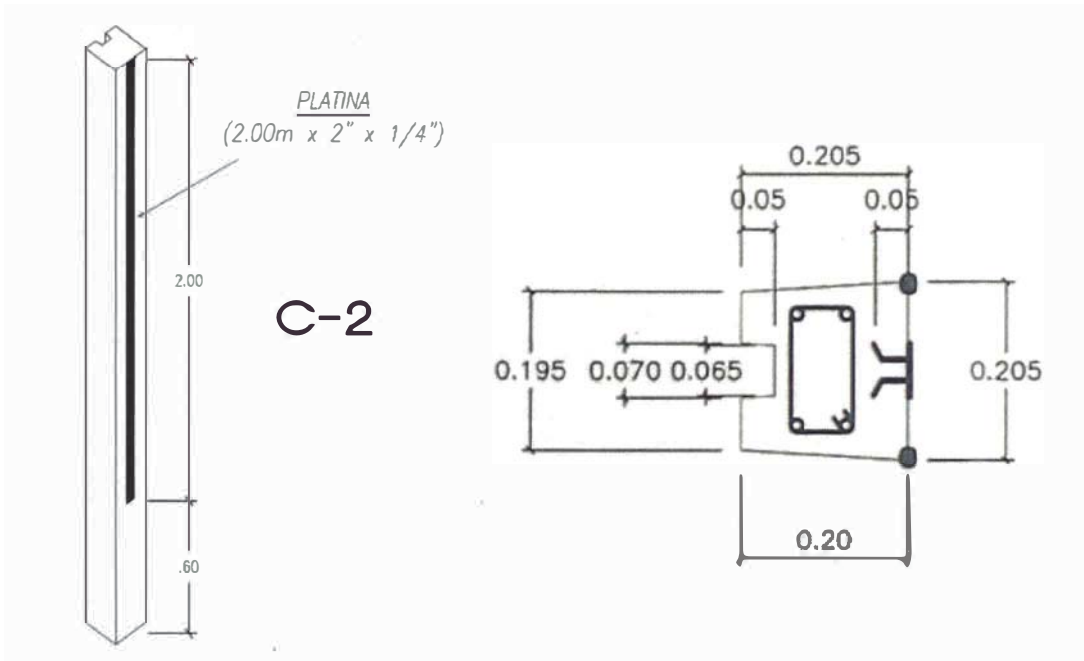


Figura N° 2.4. Dimensiones de Columna de concreto armado C2

Este tipo de columnas tienen una cara plana para poder hacer el inserto de las platinas y la otra son ranuradas para el encaje de los paneles, y tendrá la función de soportar puertas y portones metálicos de las viviendas, para ello se debe de considerar la fijación de las platinas de acero al concreto en el proceso de fabricación de las columnas, ya que estos deben soportar una carga de 120 kg cada una.

2.1.4. Recomendación para el armado del muro

Respecto al armado de los muros se está considerando módulos de 04 paneles para obtener un altura de 2.00 m.

En la figura N° 2.5, se muestra cómo será el armado de los paneles y columnas prefabricados, y es según este detalle, que se debe de tomar en cuenta que en la fabricación de las columnas y muros estas se deben fabricar en la relación de

1 a 4 (una columna por cada cuatro paneles), considerando 25 km de cerco entre las tres empresas y adicionando un porcentaje de desperdicios de elementos fisurados por el transporte de Lima a Obra de un 10 %, se tiene en total alrededor de 13,000 columnas y 52,000 paneles aproximadamente, que deberán fabricarse en un plazo de 7 semanas.

Se considera que 9,000 metros lineales de cerco equivale a 4,285 columnas y 17,143 paneles (longitud nominal de 2.10 m por paño compuesta por 1 columna y 4 paneles), considerando módulos de 4 paneles para obtener una altura de 2.00 metros.

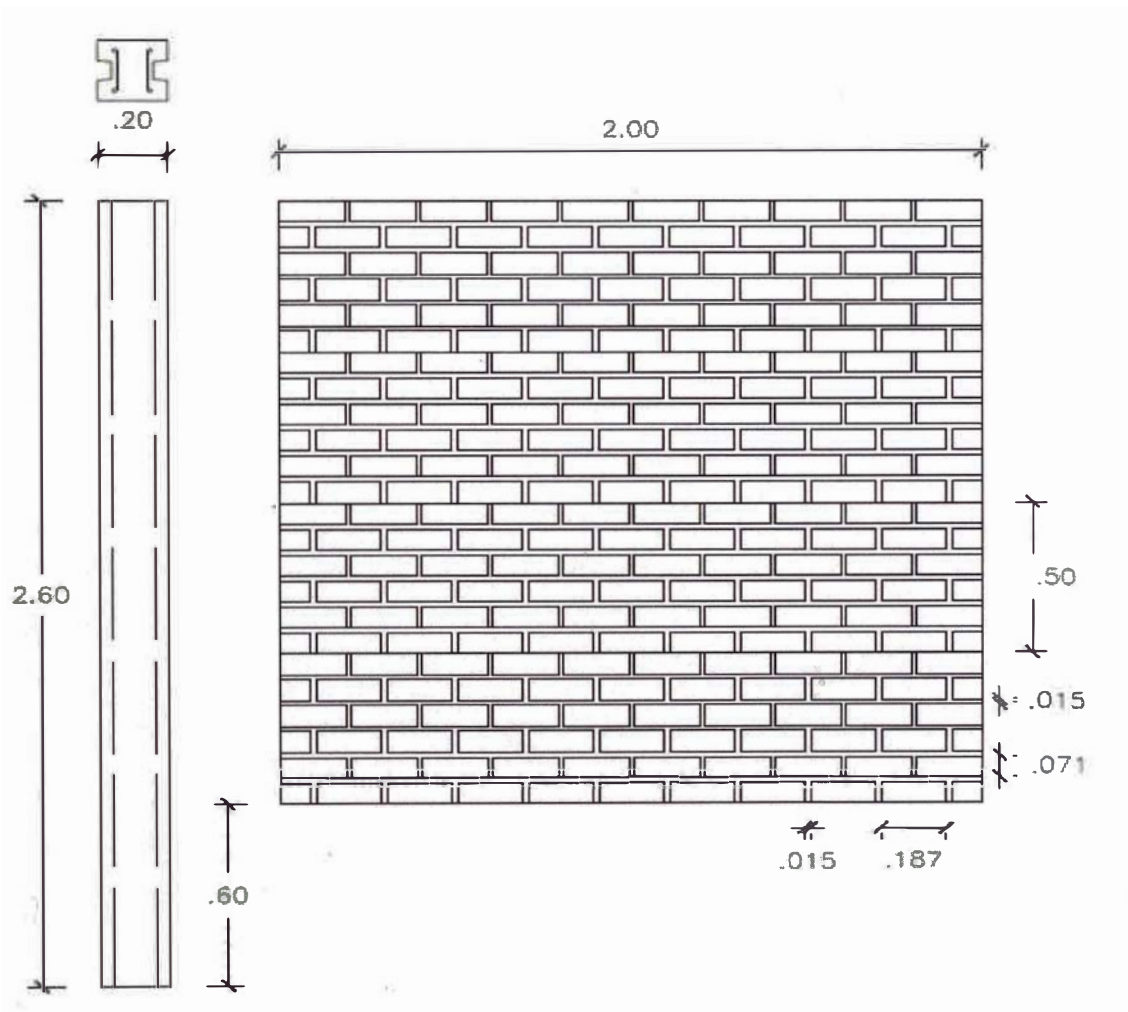


Figura N° 2.5. Esquema de unión de elementos de columnas y muros

Longitud nominal de 2.10 m por paño compuesta por 01 columna y 04 paneles, considerando módulos de 04 paneles para obtener una altura de 2.00m.

2.2. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

En esta parte se mostrarán los procesos constructivos en la fabricación de los cercos prefabricados de concreto, detallaremos los procedimientos para la elaboración de paneles, columnas tipo C1 y C2, mostrando los procedimientos de preparación de losa y encofrado, preparación de concreto y procesos de fabricación (vaciado de concreto, proceso de fraguado, proceso de curado, etc.). Se recalca que las empresas tienen ubicadas sus plantas de prefabricados en la ciudad de Lima, por lo cual todos los elementos fabricados, tuvieron que ser trasladados al Proyecto que se encuentra en el departamento de Apurímac.

2.2.1. ENTREPISOS LIMA S.A.C.

Empresa dedicada a la fabricación de elementos prefabricados, el cual tiene su planta ubicada en la Av. Atocongo N° 2440 – Villa María del Triunfo – Lima, el alcance según contrato, corresponde a 9,000 metros lineales de cerco perimétrico el cual comprende de 4,285 columnas Tipo C1, 18,000 paneles y 608 columnas tipo C2.

En la figura N° 2.6, se aprecia la zona de producción en donde se fabricaron los paneles prefabricados de la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C.



Figura N° 2.6. Planta de prefabricados – ENTREPISOS LIMA S.A.C.

A continuación describiremos los procesos que se desarrollaron en esta empresa, tomando en cuenta los detalles en la fabricación, para posteriormente en el capítulo III, analizar e interpretar la calidad de los resultados del producto terminado, tomaremos en cuenta las problemáticas del sistema de fabricación y posteriormente presentaremos criterios para el mejor desarrollo de los paneles.

a. Procedimientos para la elaboración de paneles:

i. **Preparación de losa y encofrado.**- Los paneles se fabrican teniendo como base una losa, en la cual se colocaran unos moldes de acero diseñado para las medidas especificadas (2.00 x 0.50 x 0.06 m), como se puede ver en la figura N° 2.7, podemos apreciar que los moldes de acero están formados en grupos de seis paneles.



Figura N° 2.7. Fabricación de paneles – Encofrado y armadura

Es importante resaltar, que este procedimiento realiza la colocación del acero en los moldes utilizando dados o separadores, estos ayudan a que las varillas de acero de 4 y 4.2 mm se mantengan fijas dentro de los 6 cm de espesor al momento de realizar el vaciado de concreto premezclado.

ii. **Preparación del Concreto.**- Para la elaboración del concreto, la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C., opto por utilizar el concreto premezclado, proporcionado por la empresa UNICON S.A.C., cumpliendo con la especificación

de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, de resistencia especificada a la compresión según requerimiento de diseño.

En el capítulo III del presente informe, se dará detalle del cumplimiento del diseño de Concreto según las especificaciones establecidas.

iii. Proceso de fabricación de paneles.- Dentro del proceso de fabricación de los paneles prefabricados de concreto, tenemos:

Vaciado de concreto

Una vez colocado las varillas en el encofrado, el vaciado de concreto se realiza de manera directa del mixer. En la figura N° 2.8, se muestra el proceso de vaciado, como podemos ver, este proceso involucra realizar luego del vaciado, una distribución manual del concreto con ayuda de lampas.



Figura N° 2.8. Fabricación de paneles – Vaciado de concreto

Como es necesario, también se considera el procedimiento de vibrado, debemos tener en cuenta que si bien los paneles tienen un espesor de 0.06 m, es importante eliminar el exceso de aire atrapado y la segregación, en la figura N° 2.9, se muestra la utilización del vibrador de concreto.



Figura N° 2.9. Fabricación de paneles – Vibrado de concreto

Como se puede apreciar, el procedimiento aplicado en la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C., involucra bastante el trabajo manual, involucrando procesos como son el reacomodo del concreto en los moldes con ayuda de lampas y el perfilado a través de una regla metálica, en la figura N° 2.10, se muestra el proceso de perfilado.

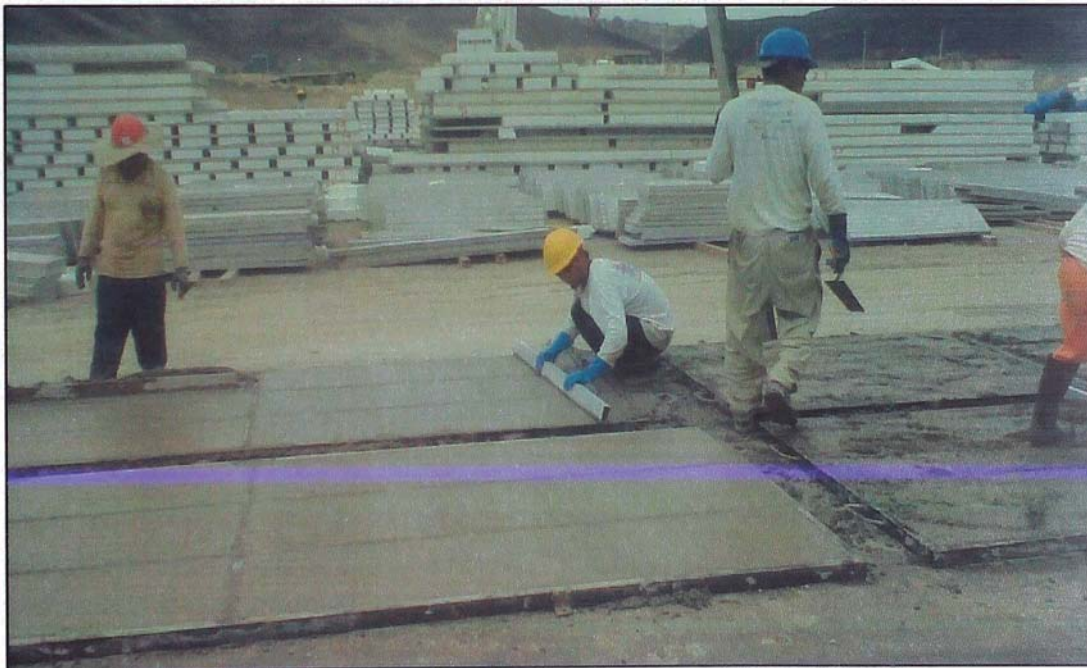


Figura N° 2.10. Fabricación de paneles – Perfilado de paneles

Proceso de Fraguado

Este proceso involucra que la mezcla pierda plasticidad, por lo general demora unas 10 horas, y es al término de las primeras 5 horas, cuando se realiza el estampado de una de las caras del panel, a través de un molde en forma de parrilla dándole la textura de ladrillo según lo requerido en el diseño, en la figura N° 2.11, se muestra el proceso de colocación de la parrilla.



Figura N° 2.11. Fabricación de paneles – Colocación de parrilla

En la figura N° 2.12, se aprecia que al día siguiente de cada vaciado (luego de las primeras 24 horas), los paneles ya endurecidos son trasladados a un lugar de apilamiento donde cumplirá a alcanzar la resistencia requerida.



Figura N° 2.12. Traslado de paneles hacia un lugar de acopio

Es necesario indicar, que para hacer el desmoldado de los paneles, se usó el desmoldante Z Cron, cuya función es hacer más fácil la separación de los paneles de los moldes de acero.

Proceso de curado

El proceso de curado de los paneles, se realiza en el momento en que los paneles se encuentran tendidos en la losa, durante las primeras 24 horas se realizan arroceras, llenando de agua los espacios entre paneles.

En la figura N° 2.13, se muestra el sistema de arroceras que se utilizó para el proceso de curado.



Figura N° 2.13. Fabricación de paneles – Curado de paneles prefabricados

iv. Paneles listos para su traslado a Obra.- Después de que los paneles son acopiados, y de haber pasado siete días, se realiza la verificación de control de calidad, en el capítulo III se dará una explicación más detallada sobre la verificación de paneles prefabricados de concreto armado.

En la figura N° 2.14, podemos ver el estado de los paneles, ya listos para ser enviados a obra.



Figura N° 2.14. Paneles apilados para su transporte a obra

b. Procedimiento para la elaboración de columnas C1 y C2:

Para el procedimiento de elaboración de las columnas típicas tipo C1 y C2, se analizan de la misma forma que se realizó para los paneles, pero con la diferencia que aquí mostraremos la preparación en campo de manera individual, utilizando otras cuadrillas de personas para este tipo de elementos.

i. **Preparación de encofrado.-** Las columnas C1 y C2, se fabrican teniendo como base, parte de la misma losa en la cual se fabrican los paneles, y de igual manera, se utilizan moldes de acero, a diferencia de los paneles, los moldes de las columnas son únicos para cada tipo de columna (C1 y C2).

En la figura N° 2.15, se muestra la preparación del encofrado metálico, al cual se le aplica el desmoldante antes del proceso de vaciado.



Figura N° 2.15. Fabricación de Columnas – Encofrado metálico

Como se puede apreciar también, notamos que ya el acero de refuerzo se encuentra estructurado y listo para realizar su colocación.

ii. Preparación del concreto.- El concreto utilizado para la elaboración de las columnas, corresponde a concreto hecho en obra, con una resistencia especificada a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

La preparación del concreto es mediante una mezcladora de eje vertical, el cual es el más apropiado para fabricar concreto para productos prefabricados, consta de una cuba fija y en el interior de la misma gira un motor con unos brazos suspendidos.

En la figura N° 2.16, se muestra un modelo del tipo de mezcladora utilizada por la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C., para la elaboración de las columnas.



Figura N° 2.16. Mezcladora vertical de concreto

Este tipo de mezcladora es especial para fabricar concretos fluidos, semi-secos y secos, en este caso, la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C., utilizó un slump de 0 a 1" con el fin de poder realizar luego del vaciado, el desencofrado al instante.

iii. Proceso de fabricación de columnas C1 y C2.- Las columnas C1 y C2, cuentan con el mismo proceso de fabricación y se detallan a continuación:

Vaciado de Concreto

Luego de haber preparado el concreto, este se deposita al interior de los moldes metálicos para columnas, ya sean, moldes del tipo C1 o del tipo C2, estas se encuentran encima de la mesa vibradora.

El proceso de vaciado de concreto en los moldes para columnas, se realiza en dos tandas, primero con ayuda de una lampa, se procede a hacer un primer vaciado al interior del encofrado, luego se procede a colocar el acero de refuerzo, el cual ya se encuentra armado, después de ello se procede a terminar de colocar el concreto.

Mesa vibradora

Para el vibrado de concreto, la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C., utiliza una mesa vibradora, pues en este caso sabiendo lo estrecho que sería emplear un vibrador común, se implementa este procedimiento, como una muy buena alternativa para este proceso. En la figura N° 2.17, se muestra el vaciado de concreto, al interior del molde metálico, el cual se encuentra sobre la mesa vibradora.



Figura N° 2.17. Fabricación de Columnas – Vaciado de concreto

Desencofrado de columnas C1 y C2

Las diferencias que hay entre las columnas C1 y C2, se considera no influyentes en el proceso, las columnas C1 (sección en "H"), así como las columnas C2 (sección en "C" con platina), tienen las mismas dimensiones de largo, ancho, altura, misma especificación de acero y de concreto, por lo tanto no tienen que tener procesos constructivos diferentes. Las figuras N° 2.18, 2.19, 2.20 y 2.21, muestran el proceso de desencofrado de las columnas.



Figura N° 2.18. Fabricación de Columnas – Traslado del encofrado



Figura N° 2.19. Fabricación de Columnas – Proceso de desenformado



Figura N° 2.20. Fabricación de Columnas – Volteo del encofrado en la losa



Figura N° 2.21. Fabricación de Columnas – Retiro del molde metálico

Como se mencionó en la fabricación de las columnas, para este proceso se requiere que el concreto mantenga un slump de 0 a 1", para poder realizar el desencofrado al instante luego del vaciado. A continuación se muestran las figuras N° 2.22 y 2.23, correspondiente a la producción en planta de ENTREPISOS LIMA S.A.C.



Figura N° 2.22. Fabricación de Columnas – Acopio de columnas



Figura N° 2.23. Fabricación de Columnas – Acopio de columnas

2.2.2. GyM S.A.

GyM S.A. cuenta con una planta de prefabricados de concreto ubicada en la Av. Prolongación Tacna con Av. Alcázar, Rímac; Ex Club MEF – Lima, el alcance corresponde a 10,500 metros de cerco perimétrico (21,000 Paneles, 4,980 columnas C1 y 706 Columnas C2).

En la figura N° 2.24, se aprecia la zona de producción en donde se fabricaron los paneles en la planta de prefabricados de la empresa GyM S.A, como podemos ver, esta planta de prefabricados cuenta con mayor capacidad para la producción de estos paneles, es por ello que cuentan con el mayor alcance dentro de los 25 km de cerco solicitados para el proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba.



Figura N° 2.24. Planta de prefabricados – GyM S.A.

A continuación describiremos los procesos que se desarrollaron en esta empresa, tomando en cuenta los detalles en la fabricación, para posteriormente en el capítulo III, analizar e interpretar la calidad de los resultados del producto terminado, tomaremos en cuenta las problemáticas del sistema de fabricación y posteriormente presentaremos criterios para el mejor desarrollo de los paneles.

a. Procedimientos para la elaboración de paneles:

i. Preparación de losa y encofrado.- Este proceso también involucra tener un área considerable de losa para la elaboración de los paneles, la empresa GyM S.A., tiene preparado dos losas para la fabricación de los paneles tal como se muestra en la figura N° 2.24, para el encofrado de los paneles prefabricados de concreto, se colocarán moldes de acero individuales, diseñado para las medidas especificadas (2.00 x 0.50 x 0.06 m), como se puede ver en la figura N° 2.25 y 2.26, aquí podemos apreciar también que en estos moldes de acero, previo al vaciado, considera la colocación en su interior del acero de refuerzo con ayuda de los dados o separadores, estos ayudan a que las varillas de acero de 4 y 4.2 mm se mantengan fijas dentro de los 6cm de espesor al momento de realizar el vaciado.



Figura N° 2.25. Fabricación de paneles – Armadura y separadores.

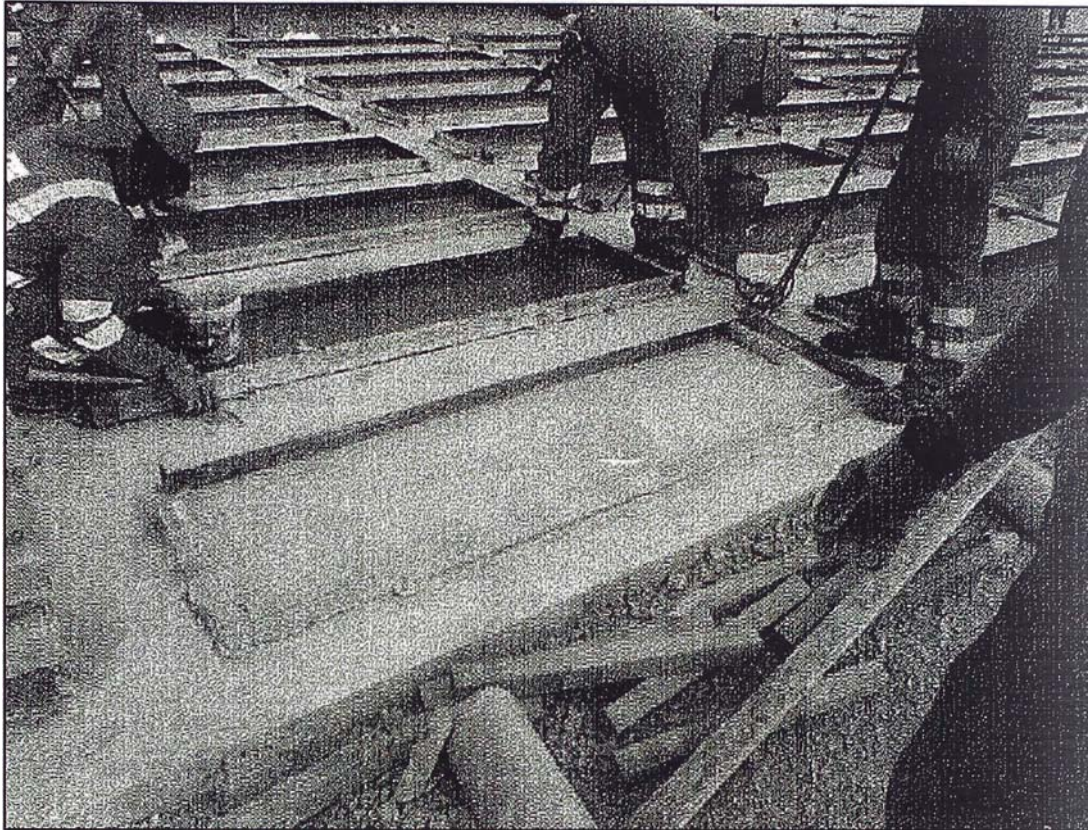


Figura N° 2.26. Fabricación de paneles – Aplicación de desmoldante

Podemos notar además, que en el interior de los moldes se encuentran colocados unos tubos, que con el propósito de generar un par de orificios en su interior, facilitan al sistema de izaje en el traslado de los paneles hacia el punto de acopio.

Además se puede notar, algo muy particular en los moldes, pues estos se encuentran empernados a la losa, el propósito de hacerlo, es porque cuando el concreto se encuentra en proceso de fraguado, este tiende a emitir un empuje y querer salir por algún lado del molde, por consiguiente el concreto tendería a levantar al molde y esparcirse por debajo, generando que los paneles tengan espesores mayores a 6cm, no cumpliendo con el diseño establecido.

ii. Preparación del concreto.- La empresa GyM S.A., para la elaboración del concreto optó por utilizar el concreto hecho en obra, cumpliendo con la especificación de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, de resistencia especificada a la compresión según requerimiento de diseño.

El concreto hecho en Obra se realizó mediante una planta de concreto denominado ODISA 2530, el cual mediante balanzas controla pesos digitales y la

cantidad de agregados. En la figura N° 2.27, tenemos la imagen del equipo utilizado para la elaboración del concreto.

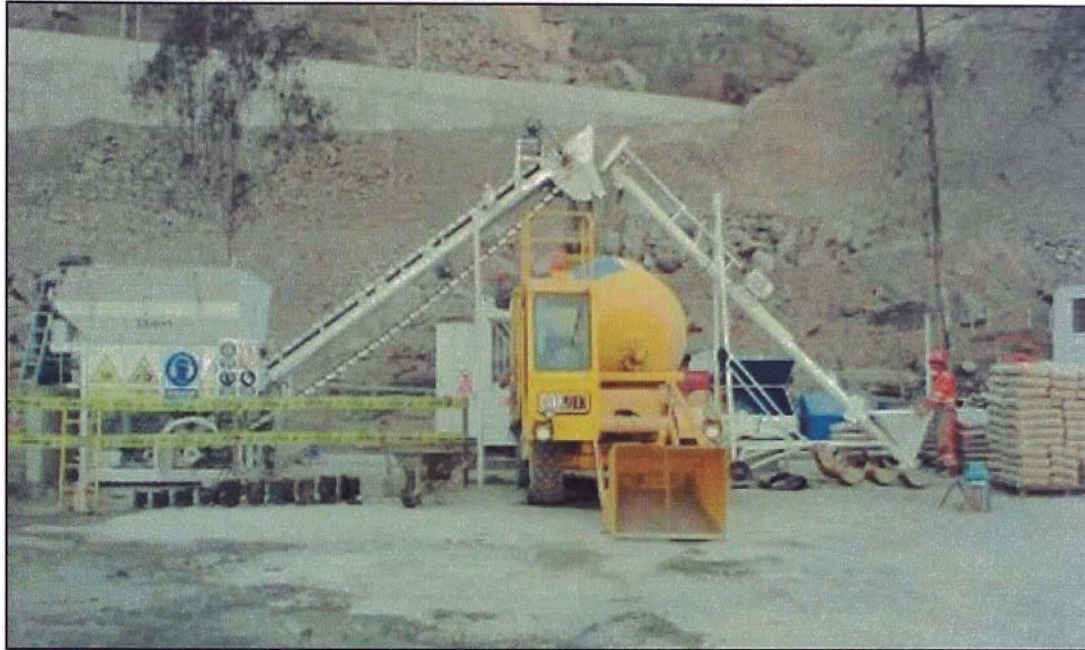


Figura N° 2.27. Fabricación de Paneles – Planta de concreto ODISA 2530

iii. Proceso de fabricación de paneles.- dentro del proceso de fabricación tenemos:

Vaciado de concreto

Para este proceso, una vez colocado las varillas y con el encofrado listo, se procede a realizar el vaciado de concreto, como se puede ver en la figura N° 2.28, el concreto es transportado en carretillas y es vaciado a cada uno de los encofrados individuales con ayuda de lampas.

En este caso el trabajo manual se hace por cada panel, vaciando el concreto en cada encofrado individual (aproximadamente 0.06 m³ por panel).

Como es necesario, también se considera el procedimiento de vibrado, debemos tener en cuenta que si bien los paneles tienen un espesor de 0.06 m, es importante eliminar el exceso de aire atrapado y la segregación, para este caso, la empresa GyM S.A, utiliza un vibrador de concreto.

Luego del vaciado, a los moldes con concreto, se une unos moldes de parrillas tipo ladrillo para placas prefabricadas, estos sirven para darle la forma del ladrillo.



Figura N° 2.28. Fabricación de Paneles – Vaciado de concreto

Proceso de curado

El curado de los paneles, se realiza durante las primeras 24 horas, los paneles en este caso, se encuentran aun con el encofrado, el procedimiento consiste en echar agua constantemente mediante una manguera hacia los paneles, según como se visualiza en la figura N° 2.29, además de ello, la empresa GyM S.A., posterior a las 24 horas, tal como se visualiza en la figura N° 2.30, realiza el curado 3 veces por día a través de un camión cisterna.



Figura N° 2.29. Fabricación de paneles – Curado de concreto con manguera

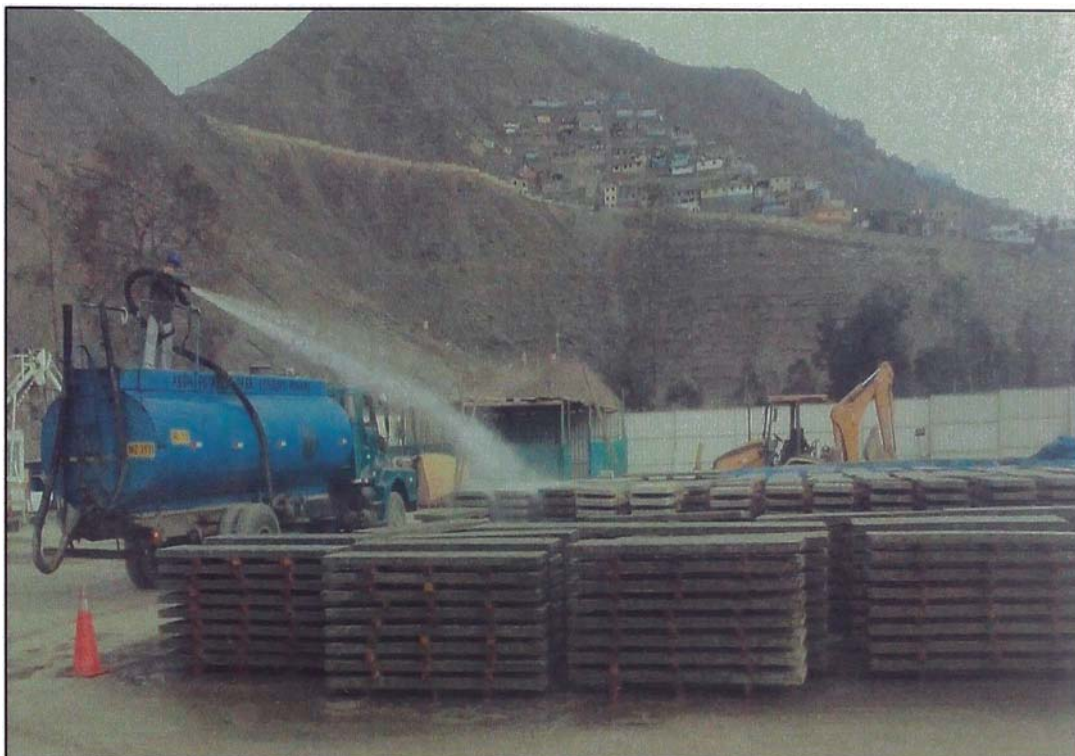


Figura N° 2.30. Fabricación de paneles – Curado de concreto con cisterna

Proceso de Fraguado

Durante el proceso de fraguado en las primeras 24 horas, no hay actividad alguna a realizar, pues con respecto al estampado de una de las caras para darle la textura de ladrillo, este es un accesorio más del encofrado (parrilla) y se desencofra todo al mismo tiempo.

Al día siguiente de cada vaciado, los paneles ya endurecidos son trasladados a un lugar de apilamiento donde cumplirá a alcanzar la resistencia requerida.

Sistema de izaje y acopio de paneles

El sistema de izaje utilizado por la empresa GyM S.A., consiste en colocar los paneles uno encima de otro, manteniendo la posición original en la cual fueron vaciados, para esto, tomamos en cuenta los orificios interiores producidos al momento de colocar los tubos (estos tubos se encuentran a 25 cm del borde lateral del panel) durante el vaciado, haciendo que a través de ellos se introduzcan unas varillas lisas de acero, que servirán para que las cadenas puedan engancharse al momento de hacer el izaje.

Para transportar y almacenar los paneles, se utiliza un sistema de izaje basado en la utilización de un camión grúa. En las figuras N° 2.31, 2.32 y 2.33, podemos apreciar el procedimiento de amarre, previo al izaje de los paneles prefabricados.



Figura N° 2.31. Fabricación de paneles – amarre de paneles



Figura N° 2.32. Fabricación de paneles – fijación de paneles



Figura N° 2.33. Fabricación de paneles – Izaje de paneles

La figura N° 2.34, muestra la etapa última, antes de empezar el izaje de los paneles, como se puede ver el izaje se hace en grupos de diez paneles, estos tienen apoyo en tacos de madera que le dan mayor estabilidad al momento que el grupo de paneles es levantado, además permanecen inclusive después del izaje en el lugar de acopio, proporcionando la facilidad al momento de hacer el embalado para su posterior transporte a obra.



Figura N° 2.34. Fabricación de paneles – Izaje de paneles

En la figura N° 2.35, se muestra la ubicación del lugar de acopio en donde son colocados los paneles de concreto prefabricados una vez concluido el izaje.



Figura N° 2.35. Fabricación de paneles – descarga de paneles

Cabe indicar, que tomando en cuenta la diferencia que hay entre las plantas al momento de almacenar los paneles prefabricados, en el capítulo siguiente analizaremos, muchas de las problemáticas que conciernen básicamente, a la manera en la cual los paneles de concreto prefabricado son manipulados pasados las 24 horas de fraguado.

iv. Paneles listos para su traslado a Obra.- Después de que los paneles son acopiados, y de haber pasado siete días de acopio, se realiza la verificación de control de calidad, en el capítulo III se dará una explicación más detallada, como parte de la experiencia en campo, es importante tomar en cuenta realizar el proceso de embalado y traslado de los paneles pasados estos siete días como mínimo, para asegurar un resistencia adecuada y pueda soportar los esfuerzos a los que pueda ser sometido mientras se realiza el traslado a obra.

En las figuras N° 2.36 y 2.37, podemos ver el estado de los paneles, ya listos para ser embalados y enviados a obra.



Figura N° 2.36. Paneles listos para su transporte a obra



Figura N° 2.37. Paneles listos para su transporte a obra

b. Procedimiento para la elaboración de columnas C1 y C2:

i. Preparación de losa y encofrado.- Las columnas C1 y C2, se fabrican teniendo como base dos losas, las cuales son exclusivamente para la fabricación, en la figura N° 2.38, se muestra las losas utilizadas para la fabricación de las columnas de concreto prefabricadas.



Figura N° 2.38. Losas para la fabricación de Columnas típicas C1 y C2

Cabe recalcar que en total son cuatro losas que la empresa GyM S.A. tiene en su planta (dos para la elaboración de paneles de concreto prefabricado y dos para la elaboración de columnas de concreto prefabricado) y de igual manera que en los paneles prefabricados, para la fabricación de las columnas de concreto prefabricadas, se utilizan moldes de acero, que a diferencia de los paneles, los moldes de las columnas están formados por grupos dependiendo del tipo de columna (C1 y C2).

En las figuras N° 2.39 y 2.40, se muestran los moldes en grupo, utilizados para la fabricación de las columnas.

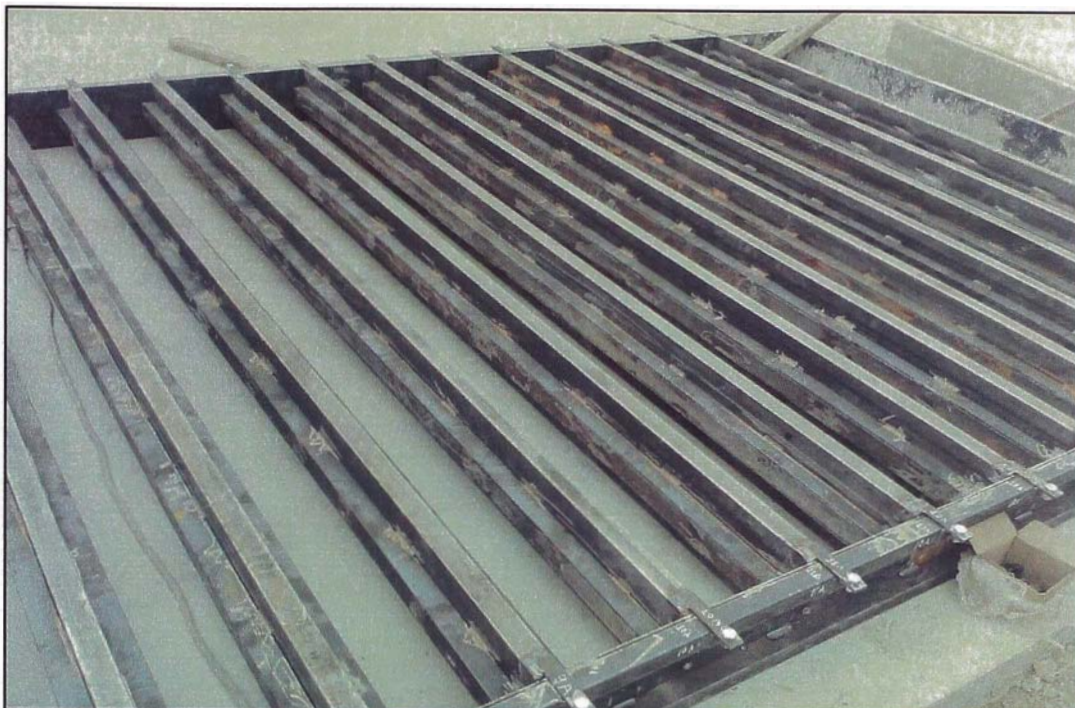


Figura N° 2.39. Encofrado para columnas prefabricadas de concreto



Figura N° 2.40. Encofrado para columnas prefabricadas de concreto

ii. **Preparación del Concreto.**- El concreto utilizado para la elaboración de las columnas prefabricadas, corresponde a concreto hecho en obra, de igual manera que el concreto elaborado para la fabricación de los paneles prefabricados, cumpliendo con la especificación de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

iii. Proceso de fabricación de Columnas C1 y C2.- Las columnas prefabricadas de concreto C1 y C2, cuentan con el mismo proceso de fabricación, y son muy similar al procedimiento aplicado en la fabricación de los paneles prefabricados de concreto, estos moldes se encuentran también empernados a la losa, se coloca la armadura y los dados o separadores, en la figura N° 2.41, se muestra los moldes con la colocación de la armadura.



Figura N° 2.41. Fabricación de Columnas – Armadura y separadores

Luego de haber preparado el concreto, este se deposita al interior de los moldes para las columnas, ya sean, moldes del tipo C1 o del tipo C2, en la figura N° 2.42, se muestra el vaciado de concreto en los moldes de acero.



Figura N° 2.42. Fabricación de Columnas – Vaciado de concreto

El procedimiento de vaciado de concreto se hace de manera grupal, y directo de la mezcladora a los moldes de acero para luego realizar a través del trabajo manual, el reacomodo de la mezcla y el vibrado utilizando un vibrador de concreto.

El curado de las columnas, se realiza después de las primeras 24 horas, en este caso, luego del desencofrado, el procedimiento consiste en echar agua constantemente mediante una manguera hacia las columnas, en la figura N° 2.43, se muestra las columnas desencofradas.

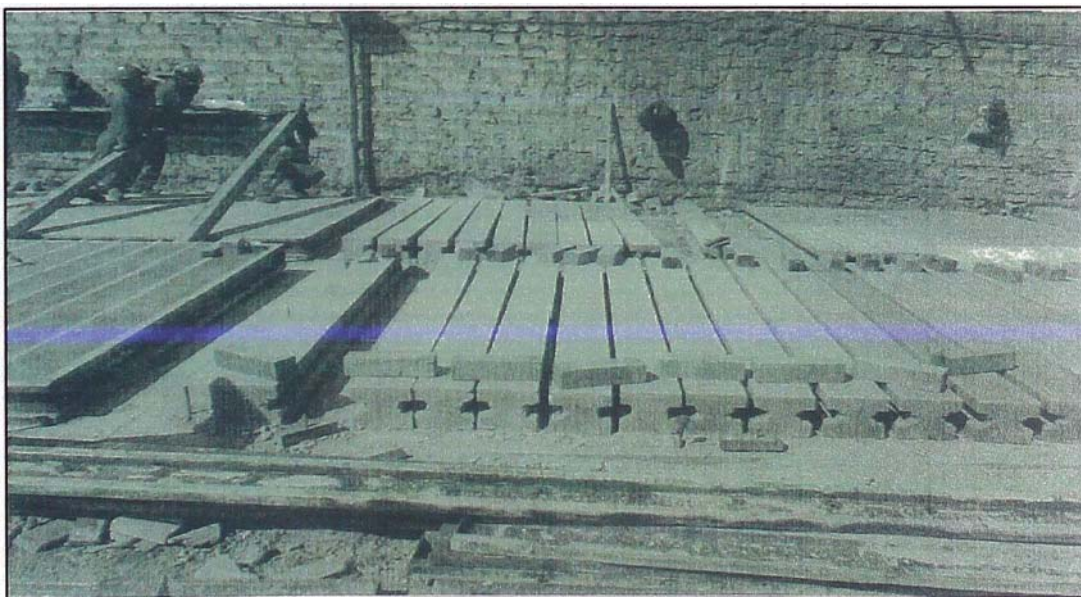


Figura N° 2.43. Fabricación de Columnas – Desencofrado de columnas

2.2.3. INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.

La Empresa INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. cuenta con una planta de prefabricados de concreto ubicada en Asociación de Ganaderos y Agricultores de Sumac Pacha, Mz. U Lote 1 - 2 Altura km 37.2 panamericana sur Lima - Lurín, el alcance contractual es de 18,000 paneles, 4287 columnas C1 y 441 columnas C2, esto en total corresponde a 9 km de cerco perimétrico.

En la figura N° 2.44, se aprecia la zona de producción en donde se fabricaron los paneles en la planta de prefabricados de la empresa INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C., como podemos ver, esta planta de prefabricados cuenta con el área más chica a comparación de las otras dos plantas, pero la capacidad para la producción de estos paneles cumplió inclusive con más de lo contratado en un inicio, beneficiando al termino oportuno de cerco solicitados para el proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba.



Figura N° 2.44. Planta de Prefabricados- INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.

A continuación describiremos los procesos que se desarrollaron en esta empresa, tomando en cuenta los detalles en la fabricación, para posteriormente en el capítulo III, analizar e interpretar la calidad de los resultados del producto terminado, tomaremos en cuenta las problemáticas del sistema de fabricación y posteriormente presentaremos criterios para el mejor desarrollo de los paneles.

a. Procedimientos para la elaboración de paneles:

i. Preparación de losa y encofrado.- De las tres Plantas de prefabricados, la de INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. es la planta que tuvo en términos de espacio, el área más reducida en la elaboración de los cercos prefabricados de concreto armado, no obstante, dentro de su metodología ha logrado poder distribuir bien los espacios tanto para la fabricación de los cercos prefabricados de concreto armado, como en la utilización de sus equipos, en la figura N° 2.45, se muestra parte de la losa utilizada.



Figura N° 2.45. Preparación de losa para la fabricación

El área de losa utilizada para la producción es de $1,147.5 m^2$, con 150 metros de perímetro, en la figura N° 2.46, tenemos la distribución de la Losa (área de la losa).

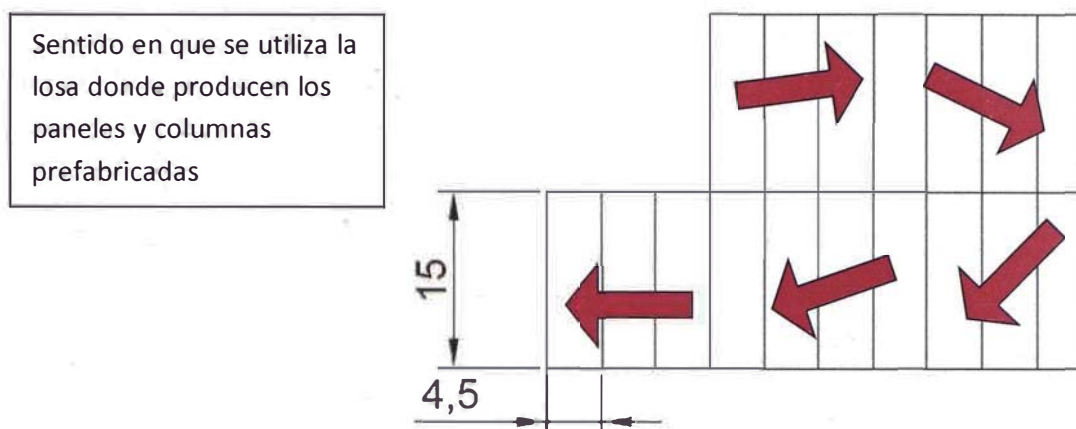


Figura N° 2.46. Área de losa utilizada para la fabricación

Cabe indicar que en esta losa se realiza tanto la producción de paneles como la producción de columnas prefabricadas de concreto.

Los encofrados con los que cuenta INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C para la totalidad de producción de los paneles prefabricados de concreto son alrededor de cuatro moldes de paneles individuales, pues a comparación de la empresa GyM S.A, hay una diferencia en el costo de elaboración de los moldes, que se ve reflejado en el precio por panel de cada una de las empresas.

ii. Preparación del concreto.- La empresa INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C., para la elaboración del concreto, optó por utilizar el concreto hecho en obra, cumpliendo con la especificación de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, según requerimiento de diseño.

Para la preparación del concreto, se visualizó dos tipos de mezcladoras, una mezcladora de eje vertical y otra del tipo tolva, en ambos casos, el concreto producido tiene un slump de 0 a 1", siendo este tipo de concreto lo que le va a permitir trabajar con el concreto en su estado fresco.

En las figuras N° 2.47 y 2.48, se muestran los tipos de mezcladoras utilizadas para la fabricación del concreto en la planta de INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.



Figura N° 2.47. Preparación del Concreto – Mezcladora de eje vertical



Figura N° 2.48. Preparación del Concreto – Mezcladora tipo tolva

iii. Proceso de fabricación de paneles.- dentro del proceso de fabricación tenemos:

Vaciado de concreto

El vaciado de concreto se realiza de forma individual por cada unidad de panel, previamente a ello, se coloca el molde encima de la mesa vibradora y se procede a vaciar el concreto, al inicio una primera tanda seguido del encendido de la mesa vibradora, el tiempo de vibrado dura aproximadamente un minuto, durante los primeros treinta segundos se procede a vaciar la segunda tanda que completa el vaciado del panel, para luego proceder a colocar el acero de refuerzo, el acero viene ya armado como malla electrosoldada, se introduce manualmente haciendo un poco de presión al interior del molde con concreto, aproximadamente la colocación del acero demora quince segundos y el resto de tiempo se procede a vibrar y perfilar la superficie. En la figura N° 51, también se muestra el proceso de perfilado de la superficie del panel.

Una vez vibrado se apaga la mesa vibradora, se hecha un poco de arena a la superficie como desmoldante y el molde con concreto es colocado en un coche, que trasladara el encofrado hacia la losa donde será desencofrado al instante. En las figuras N° 2.49, 2.50 y 2.51, se muestra el traslado de los paneles hacia la losa donde serán desencofrados.



Figura N° 2.49. Fabricación de paneles – Traslado de paneles



Figura N° 2.50. Fabricación de paneles – Traslado de paneles



Figura N° 2.51. Fabricación de paneles – Desencofrado de paneles

Como último paso, una vez desencofrado el panel, seguidamente se procede a colocar un par de moldes metálicos, uno que rodea al panel a través de los bordes para darle estabilidad y el otro tipo parrilla que se coloca encima del

panel, que a través de una ligera presión de forma manual, se le da el estampado de forma de ladrillo, culminando así con el proceso de elaboración del panel para que luego este pase a fraguar, en las figura N° 2.52 y 2.53 podemos ver los procedimientos realizados.



Figura N° 2.52. Fabricación de paneles – Moldes metálicos



Figura N° 2.53. Fabricación de paneles – Moldes metálicos

Como podemos ver, este proceso tiene una gran ventaja en el tiempo de fabricación de los paneles prefabricados de concreto, además que permite un mejor uso del material, al no dejar desperdicio de concreto en su elaboración.

Proceso de curado

El curado de los paneles prefabricados de concreto, se realiza durante las primeras 24 horas, cuando los paneles se encuentran tendidos en la losa, en la figura N° 2.54, se muestra el curado de los paneles prefabricados de concreto mediante el uso de arroceras, además de ello, también se evita que los paneles tengan el contacto directo con los rayos del sol, con el fin de evitar las fisuras por cambio de temperatura.



Figura N° 2.54. Fabricación de paneles – Curado de concreto con manguera

Proceso de Fraguado

Durante el proceso de fraguado en las primeras 24 horas, no hay actividad alguna a realizar, al día siguiente de cada vaciado, los paneles son trasladados a un lugar de apilamiento donde cumplirá a alcanzar la resistencia requerida. En la figura N° 2.55 se muestra como los paneles son trasladados hacia un lugar de acopio.



Figura N° 2.55. Fabricación de paneles – Recojo de paneles

Los paneles luego son trasladados a un lugar de acopio tal como se muestra en la figura N° 2.56 y 2.57.



Figura N° 2.56. Fabricación de paneles – Acopio de paneles



Figura N° 2.57. Fabricación de paneles – Lugar de acopio de paneles

iv. Paneles listos para su traslado a Obra.- Después de que los paneles son acopiados, y de haber pasado tres días como mínimo, se realiza la verificación de control de calidad, en donde se determina según los lineamientos del control de calidad, la cantidad de paneles aceptados y rechazados. En el capítulo III se dará una explicación más detallada, del porcentaje de rechazados que se pudo cuantificar durante el proceso de fabricación de los paneles prefabricados de concreto.

En la figura N° 2.58 se muestra los paneles prefabricados de concreto ya verificados y listos para el embalaje y traslado a obra



Figura N° 2.58. Paneles listos para transporte a obra

b. Procedimiento para la elaboración de columnas C1 y C2:

i. **Preparación de losa y encofrado.-** como se mencionó anteriormente, las columnas C1 y C2 se fabrican dentro de los 1,147.5 m² de losa, para ser más específicos en la figura N° 2.59, se muestra la distribución del espacio donde se fabricaron las columnas prefabricadas de concreto.

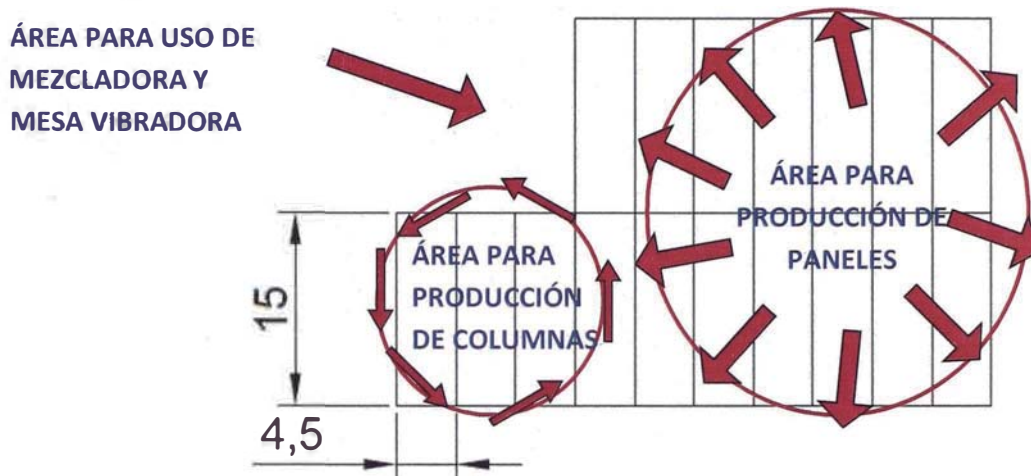


Figura N° 2.59. Distribución del frente de trabajo en la losa

Según lo observado en campo, siendo la fabricación de columnas prefabricadas exactamente igual al proceso de paneles, la producción no era interrumpida por algún cambio en el proceso o cambio de cuadrilla de personal, mas por el contrario, con la rapidez del proceso, y esta distribución, luego de producir paneles prefabricados de concreto, inmediatamente se empezaba con la fabricación de columnas prefabricadas de concreto.

Con respecto a los encofrados para las columnas prefabricadas de concreto, estas son muy similares a los de la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C.

ii. **Preparación del Concreto.-** El concreto utilizado para la elaboración de las columnas prefabricadas, corresponde al mismo concreto usado en la elaboración de paneles prefabricados de concreto, cumpliendo con la especificación de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

iii. **Proceso de fabricación de Columnas C1 y C2.-** Las columnas prefabricadas de concreto C1 y C2, cuentan con el mismo proceso de fabricación, y son muy similar al procedimiento aplicado en la fabricación de los

paneles prefabricados de concreto, en la figura N° 2.60 y 2.61, se muestra el proceso de fabricación de columnas C1 y C2.



Figura N° 2.60. Fabricación de Columnas – desencofrado de columnas

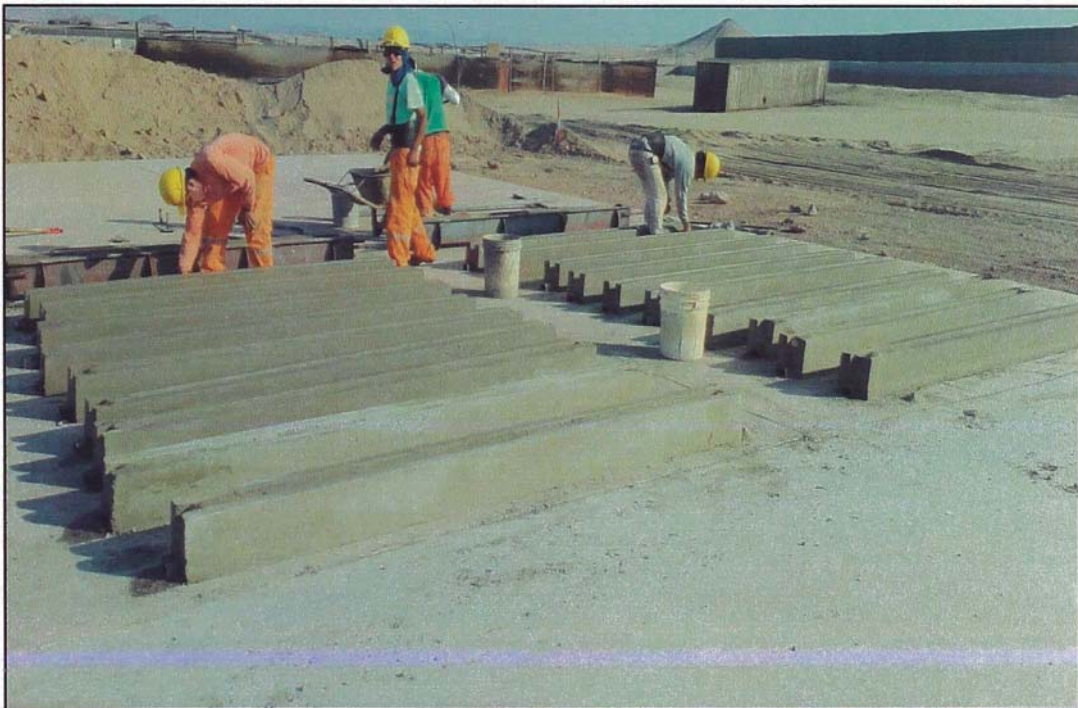


Figura N° 2.61. Fabricación de Columnas – solaqueo de columnas

En la figura N° 2.61, se puede ver que luego del desencofrado de las columnas, en algunos casos se les pasa un pequeño solaqueo con un poco de mortero, para corregir cualquier desperfecto ocasionado al momento del desencofrado.

CAPÍTULO III: CONTROL DE CALIDAD y PRODUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS

En este capítulo, realizaremos un análisis comparativo de los procesos desarrollados en las empresas de prefabricados, tomando aspectos desde el punto de vista de la calidad y la producción en la fabricación de los elementos prefabricados de concreto.

En el control de la calidad, se evalúa el proceso en dos etapas, primero durante los procesos de fabricación, en el cual se muestra las problemáticas encontradas para cada proceso desarrollado y segundo con respecto al producto terminado siguiendo los lineamientos de aceptación establecidos.

En la producción de los elementos prefabricados, analizaremos el avance de producción con respecto a la programación establecida para cumplir con el plazo contractual y el alcance establecido en la cantidad de elementos a fabricar, tomando en cuenta la producción realizada por cada empresa de prefabricados.

3.1. CONTROL DE CALIDAD EN LAS PLANTAS DE PREFABRICADOS

Para el desarrollo del presente capítulo, se realizara un estudio comparativo basado en un sistema de gestión de evaluación real, considerando un puntaje de 0 al 3. El cual comprende los cuadros comparativos para la colocación de encofrado en paneles, preparación del concreto en paneles, fabricación de paneles, dicho sea de paso, este contiene el vaciado de concreto, proceso de curado y el proceso de fraguado, con lo cual nos permitirá identificar, el mejor proceso con el mejor acabado en los elementos prefabricados, además de ello mencionaremos los lineamientos tomados en cuenta para el criterio de aceptación de los prefabricados.

3.1.1. Análisis comparativo de los procesos de construcción en la elaboración de paneles prefabricados de concreto

Dado los diferentes procesos constructivos en cada una de las plantas para la elaboración de los paneles prefabricados, desarrollaremos un comparativo de análisis, detallando lo que se observó en campo durante los procesos en la fabricación de los paneles prefabricados de concreto.

En el cuadro N° 3.1, se detalla el análisis comparativo en el proceso de colocación del encofrado en la losa:

Cuadro N° 3.1 - Proceso de colocación de encofrado

| | ENTREPISOS LIMA S.A.C | GyM S.A. | INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. |
|---------------------------|---|---|--|
| ENCOFRADO DE PANEL | Moldes de 6 paneles sin ajuste a la losa. | Moldes individuales con ajuste a la losa. | Moldes de paneles individuales sin ajuste a la losa. |
| PROBLEMÁTICA | Al no estar ajustado a la losa, genera que el concreto se expanda y fluya por debajo del encofrado. | NO APLICA | NO APLICA |
| OBSERVACIÓN | El producto terminado tiene un espesor mayor a 6 cm (presencia de rebabas) | NO APLICA | NO APLICA |
| VISUALIZACIÓN | En la figura N° 3.1 se muestra las rebabas en el panel ya endurecido. | NO APLICA | NO APLICA |
| EVALUACION | 0 | 3 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis se concluye, que GyM S.A tiene el mayor puntaje porque a diferencia de INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C., como producto terminado se puede notar que tiene un mejor perfil en el acabado de los paneles.



Figura N° 3.1. Paneles prefabricados de concreto – ENTREPISOS LIMA S.A.C.

En el cuadro N° 3.2, se detalla el análisis comparativo en el proceso de preparación del concreto:

Cuadro N° 3.2 – Preparación del concreto para paneles prefabricados

| | ENTREPISOS LIMA S.A.C | | GyM S.A. | | | INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. | | | |
|---------------------------------|--|-------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| PREPARACIÓN DEL CONCRETO | Concreto premezclado proporcionado por UNICON. | | Concreto hecho en obra mediante planta ODISA | | | Concreto hecho en obra mediante mezcladora de eje vertical. | | | |
| USO DE ADITIVOS | Predeterminado en la mezcla de UNICON. | | No utiliza curador, se realiza de la forma tradicional. | | | Aditivo Z fragua #5 (acelerante de fragua). | | | |
| ENSAYO A LA COMPRESIÓN | 7 DÍAS kg/cm ² | 28 DÍAS kg/cm ² | 3 DIAS kg/cm ² | 7 DÍAS kg/cm ² | 28 DÍAS kg/cm ² | 1 DÍA kg/cm ² | 3 DÍAS kg/cm ² | 7 DÍAS kg/cm ² | 28 DÍAS kg/cm ² |
| UNICON | 221 | 295 | / | / | / | / | / | / | / |
| GyM | / | / | 178 | 220 | 310 | / | / | / | / |
| TECLAB | / | / | / | / | / | 240 | 290 | 351 | 385 |
| UNI | / | / | / | / | / | / | / | 355 | / |
| PROBLEMÁTICA | NO APLICA | | NO APLICA | | | NO APLICA | | | |
| OBSERVACIÓN | NO APLICA | | NO APLICA | | | NO APLICA | | | |
| VISUALIZACIÓN | NO APLICA | | NO APLICA | | | NO APLICA | | | |
| EVALUACIÓN | 2 | | 2 | | | 3 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis se concluye, que **INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.**, considera mejor la obtención de la resistencia en el tiempo, esto es muy importante tomarlo en cuenta, ya que los paneles son manipulados al día siguiente de cada vaciado exponiéndose a que bajo un mal manejo del traslado de los paneles, se presenten fisuras.

En el cuadro N° 3.3, se detalla el análisis comparativo en el proceso de fabricación de los paneles prefabricados de concreto.

Cuadro N° 3.3 – Fabricación de paneles prefabricados de concreto

| | ENTREPISOS LIMA S.A.C | GyM S.A. | INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. |
|-------------------------------|--|---|---|
| FABRICACION DE PANELES | Concreto premezclado proporcionado por UNICON | Concreto hecho en obra mediante planta ODISA | Concreto hecho en obra mediante mezcladora de eje vertical |
| VACIADO DE CONCRETO | vaciado directo del mixer | vaciado a través de carretillas | Aditivo Z fragua #5 (acelerante de fragua) |
| | lampas vibrador regla de metal | lampas vibrador | lampas mesa vibradora |
| PROBLEMÁTICA | Mucho desperdicio y trabajo manual | NO APLICA | NO APLICA |
| EVALUACION | 1 | 2 | 3 |
| PROCESO DE CURADO | Mediante arroceras y riego muy pocas veces | Se riega con manguera y camión cisterna siempre | Mediante arroceras |
| PROBLEMÁTICA | NO APLICA | NO APLICA | NO APLICA |
| EVALUACION | 2 | 3 | 2 |
| PROCESO DE FRAGUADO | Colocación de parrilla a las 5 horas, para enmarcar textura de ladrillo | La parrilla es parte del encofrado y se desencofra a las 24 horas | Colocación de parrilla Al instante, para enmarcar textura de ladrillo |
| | Manipuleo a las 24 horas mediante montacargas | Manipuleo mediante sistema de izajes | Manipuleo a las 24 horas mediante montacargas, no se ve afectado, ya que la resistencia del concreto es buena |
| PROBLEMÁTICA | Durante el proceso de fraguado es sometido a esfuerzo sin haber alcanzado aún la resistencia requerida, y peor aún si cumple con el f'c recién a los 28 días | En ocasiones un mal manipuleo de izaje genera fisuras, sobre todo en la posición que se realiza | NO APLICA |
| OBSERVACIÓN | En la figura N° 3.2, se muestra la presencia de fisuras | En las figuras N° 3.3 y 3.4, se muestran presencia de fisuras | NO APLICA |
| EVALUACIÓN | 1 | 2 | 3 |

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 3.2. Presencia de fisuras – ENTREPISOS LIMA S.A.C

Es importante mencionar que la presencia de fisuras ha sido común en la fabricación de paneles de todas las empresas, no obstante, donde se han presentado más ha sido en la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C.



Figura N° 3.3. Presencia de fisuras – GyM S.A.



Figura N° 3.4. Presencia de fisuras – GyM S.A.

Del análisis se concluye, que **INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.**, es más eficiente en el proceso de vaciado y fraguado, mientras que **GyM S.A.** tiene más completo su proceso de curado.

En el cuadro N° 3.4, se detalla el análisis comparativo en el acabado final de los paneles prefabricados de concreto:

Cuadro N° 3.4 – Acabado de paneles prefabricados de concreto

| | ENTREPIÑOS LIMA S.A.C | GyM S.A. | INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. |
|--------------------|---|---|---|
| ACABADO DE PANELES | Acabado más rustico, presenta superficies ásperas | Acabado con mejor perfil, presenta superficies lisas | Acabado intermedio |
| PROBLEMÁTICA | El espesor de los paneles no cumplen con el diseño en su mayoría salen mayor a 6 cm | NO APLICA | NO APLICA |
| OBSERVACIÓN | En la figura N° 3.5, se visualiza el acabado del producto terminado | En la figura N° 3.6, se visualiza el acabado del producto terminado | En la figura N° 3.7, se visualiza el acabado del producto terminado |
| EVALUACION | 1 | 3 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar, que si bien los paneles prefabricados de la empresa **ENTREPISOS LIMA S.A.C.**, son más rústicos, estos a su vez son más pesados por tener mayor espesor.

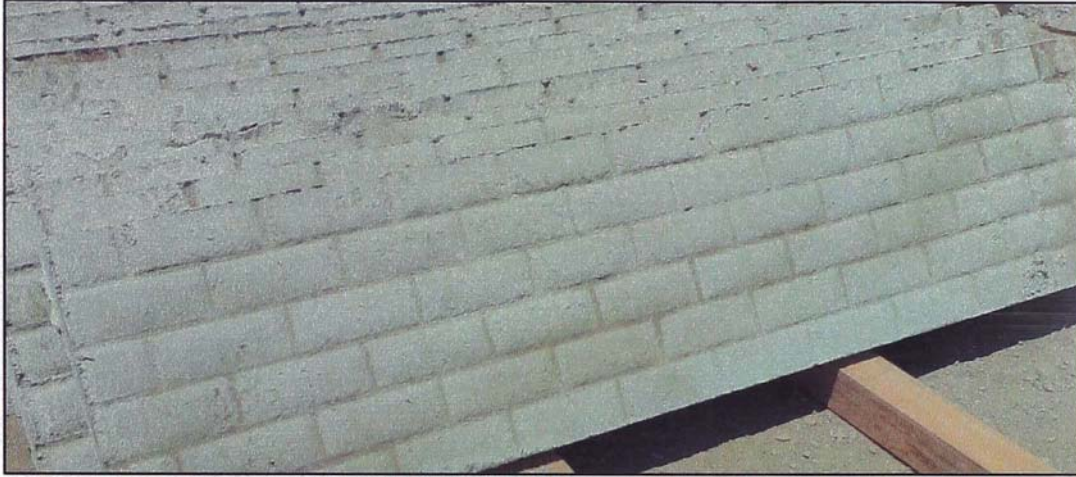


Figura N° 3.5. Paneles prefabricados de concreto – ENTREPISOS LIMA S.A.C



Figura N° 3.6. Paneles prefabricados de concreto – GyM S.A.

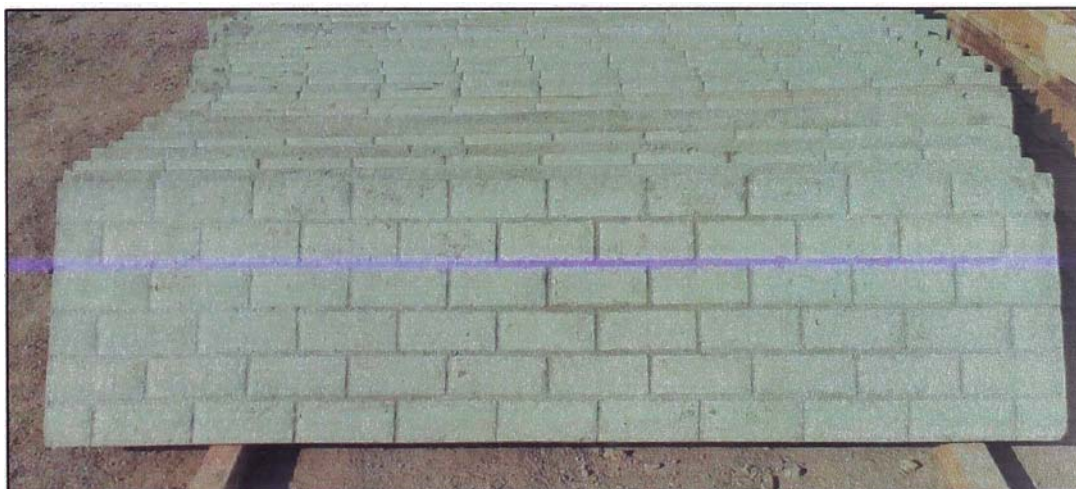


Figura N° 3.7. Paneles prefabricados de concreto – INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C

En el cuadro N° 3.5, se detalla el análisis comparativo mediante la evaluación final con respecto al control de calidad de los paneles prefabricados de concreto:

Cuadro N° 3.5 – Evaluación de paneles prefabricados de concreto

| | ENTREPISOS LIMA S.A.C | GyM S.A. | INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. |
|-----------------------------------|-------------------------|--|---|
| PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO | Metodología tradicional | Metodología utilizando más recursos de lo normal | metodología innovadora |
| EVALUACION TOTAL | 7 | 15 | 15 |

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Línea base de aceptación de paneles y columnas prefabricado de concreto armado para el Proyecto

Para poder tener aceptación de los paneles y columnas prefabricados de concreto, en el proyecto Nueva Fuerabamba, se establecieron lineamientos de Calidad en cuanto a los criterios de aceptación del acabado de los paneles y columnas prefabricados para los muros perimétricos en planta de prefabricados, almacén de obra y zona de instalación de las viviendas del proyecto Nueva Fuerabamba.

A continuación se muestran algunas definiciones:

- **Cangrejas:** Espacios vacíos apreciables que quedan en la superficie o dentro del elemento de concreto que no fue bien colocado.
- **Segregaciones:** Exposición del agregado grueso y vacíos irregulares en la superficie de concreto cuando el mortero presente en la mezcla no logra cubrir todo el espacio alrededor de los agregados.
- **Desalineamiento:** Cambio en la alineación o las dimensiones de los elementos de concreto a causa del desplazamiento de una formleta con respecto a la adyacente.
- **Burbujas:** Pequeña cavidad o poro creado a partir de la acumulación de burbujas de aire y de agua atrapadas entre la cara de la formleta y el concreto.

- **Fisuras:** Es la separación incompleta entre dos o más partes con o sin espacio entre ellas, su identificación será según su ancho, largo y profundidad.
- **Aplomado:** Alineación vertical de una superficie.
- **Junta:** Separación entre piezas para compensar los márgenes de errores.
- **Alineamiento:** Conjunto de varias cosas o elementos en línea recta.

Desarrollo del proceso de aceptación:

El proceso de aceptación de los paneles y columnas prefabricados de concreto se realizará solo al producto terminado tomando en cuenta lo siguiente:

1. Los paneles prefabricados en los cuales la sección transversal esté fisurada más del 25% (1.5 cm.) serán rechazados, en la figura N° 3.8 se muestra ejemplos de paneles rechazados.

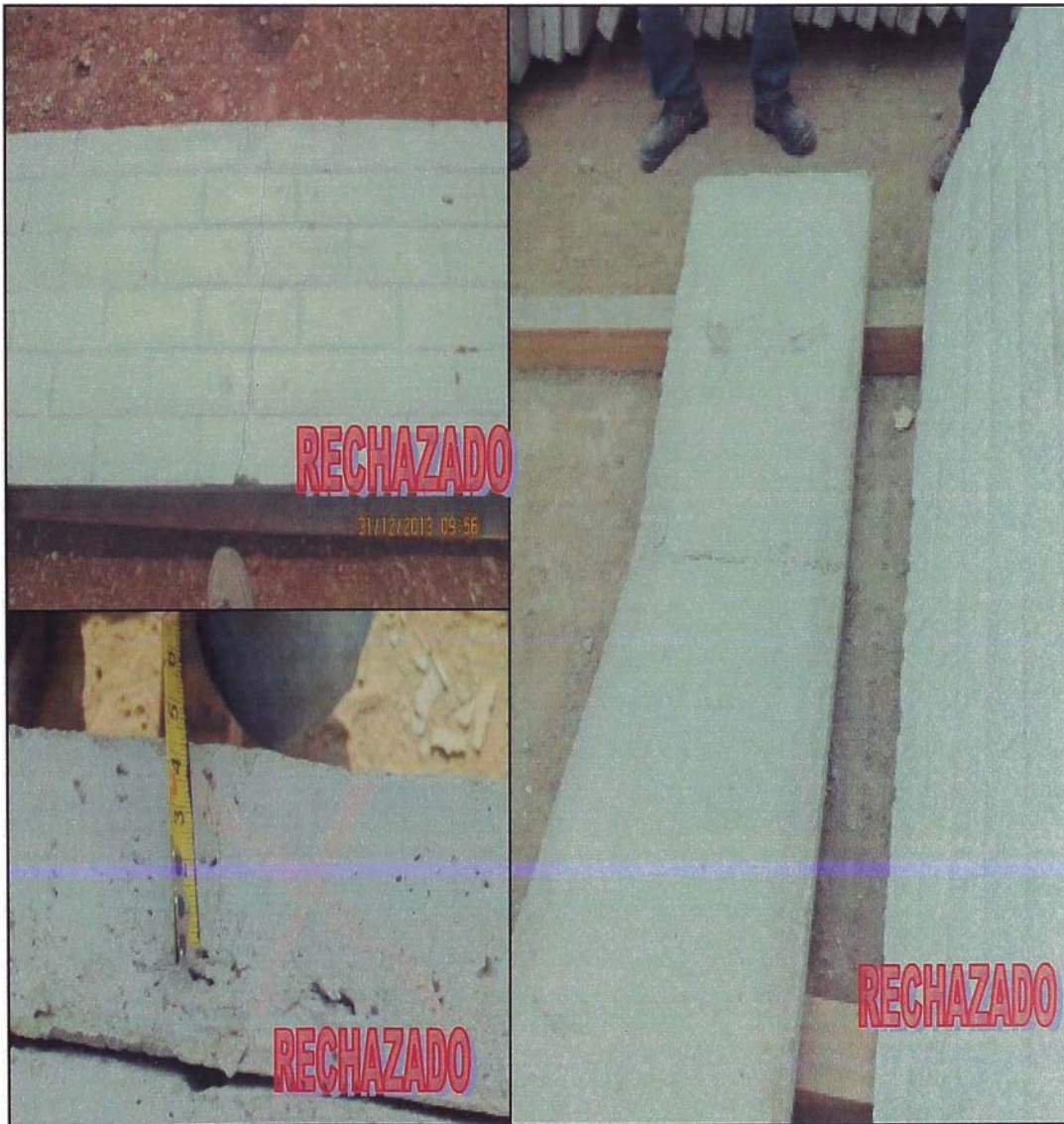


Figura N° 3.8. Línea base de aceptación – Paneles rechazados

2. Se aceptarán paneles agrietados con 1mm como máximo de espesor, los cuales serán reparados con el solaqueo final. El mortero a utilizar tendrá una proporción volumétrica cemento-arena fina 1:4.

3. Los elementos que presenten segregaciones menores (2.5cm de espesor) como las mostradas en las fotografías serán aceptados para instalación. Luego de colocados se repararán con el solaqueo final utilizando cemento con arena. El mortero a utilizar tendrá una proporción volumétrica cemento-arena fina 1:4.

En la figura N° 3.9 se muestra ejemplos de paneles rechazados.



Figura N° 3.9. Línea base de aceptación – Paneles aceptados

4. Los paneles que presenten acero expuesto y/o cangrejeras deberán ser rechazados. Las plantas proveedoras de prefabricados deberán asegurar si existiese este tipo de defectos, enviar los paneles con la correcta reparación. En la figura N° 3.10 se muestra ejemplos de paneles rechazados.



Figura N° 3.10. Línea base de aceptación – Acero expuesto

5. Los paneles que presenten quiñes y/o desprendimientos de material se aceptarán siempre y cuando este sea menor o igual al 3% del área total del panel (2.00x0.50 m. - Adjunto Fotografías). Se aceptarán como máximo 02 roturas por panel. Luego de instalados se repararán con el solaqueo final utilizando cemento con arena. El mortero a utilizar tendrá una proporción volumétrica cemento-arena gruesa 1:2. Se realizará el curado de estas reparaciones utilizando trapos húmedos. Cuando los quiñes sean del tamaño máximo permitido se utilizará un puente adherente (Euco o similar) para la reparación.

En la figura N° 3.11, se muestra ejemplos de paneles Aceptados.

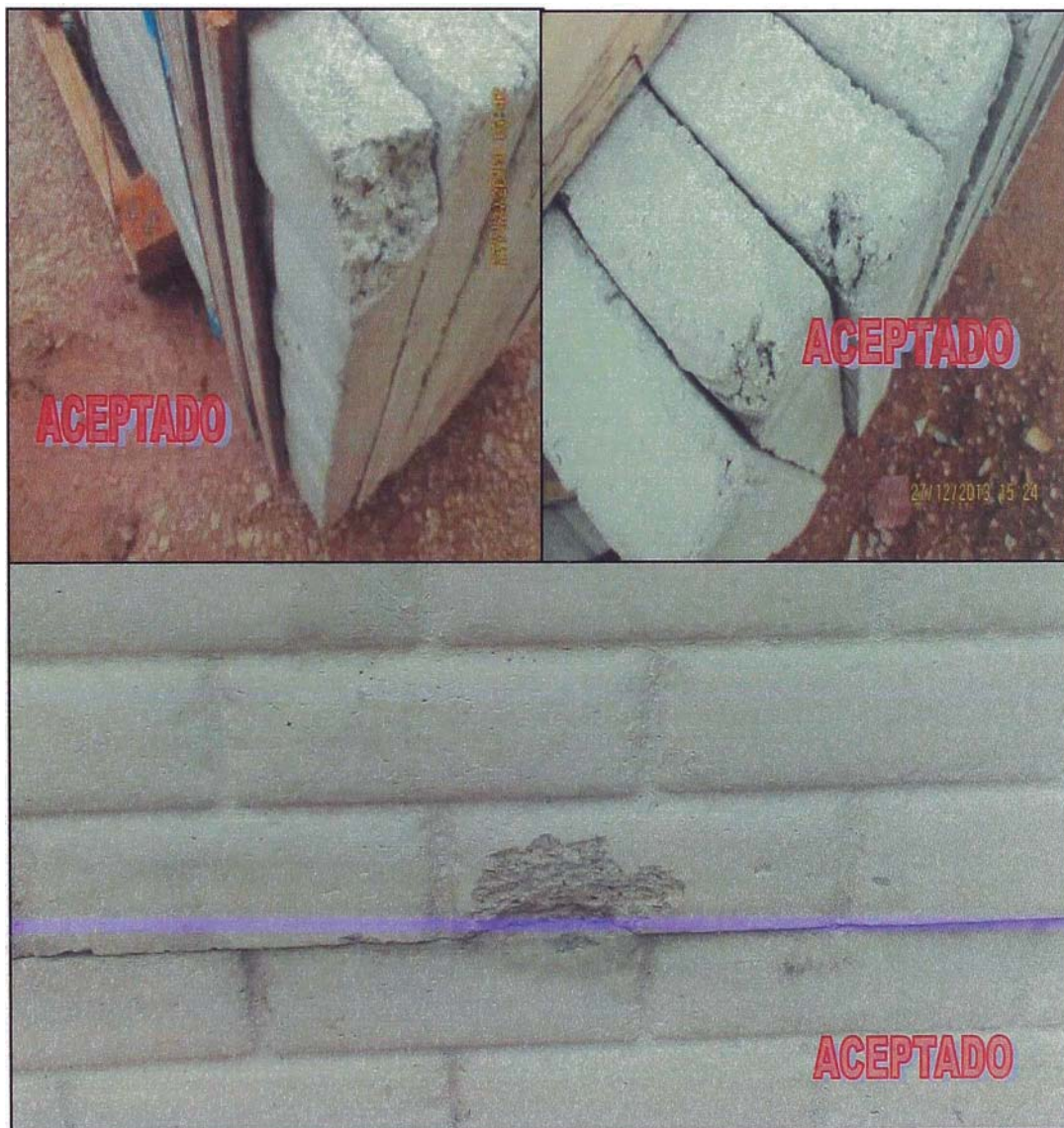


Figura N° 3.11. Línea base de aceptación – paneles aceptados

3.2. CONTROL DE PRODUCCIÓN EN LAS PLANTAS DE PREFABRICADOS DE CONCRETO ARMADO

Dentro del presente capítulo, desarrollaremos un análisis en la producción de los elementos prefabricados de concreto, teniendo en cuenta los plazos solicitados a requerimiento del Proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba, según el avance programado por cada empresa de prefabricados, los cuales serán evaluados tomando aspectos de la calidad y el tiempo en la producción de los elementos prefabricados de concreto.

3.2.1. Alcance y Plazos en la Producción de los elementos prefabricados de concreto armado

i. Alcance Contractual

A continuación, mostraremos los alcances contractuales de las empresas subcontratistas en la fabricación de los elementos prefabricados de concreto armado, para el Proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba.

En el cuadro N° 3.6, se detalla las cantidades de elementos por fabricar según lo establecido en los Contratos con cada empresa subcontratista, el cual en conjunto representa el alcance total requerido.

Cuadro N° 3.6 – Alcance contractual de cercos prefabricados de concreto armado

| EMPRESA SUBCONTRATISTA | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD (Unidad) | LONGITUD DE CERCO PERIMÉTRICO |
|--|-------------|----------------------|-------------------------------------|
| INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. | Paneles | 18,000 | 9 km |
| | Columnas C1 | 4,287 | |
| | Columnas C2 | 441 | |
| ENTREPISOS LIMA S.A.C | Paneles | 18,000 | 9 km |
| | Columnas C1 | 4,285 | |
| | Columnas C2 | 608 | |
| GyM S.A. | Paneles | 21,000 | 10.5 km |
| | Columnas C1 | 4,980 | |
| | Columnas C2 | 706 | |

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro N° 3.6, tenemos en total 28.5 km de cerco perimétrico por fabricar, la diferencia demás con respecto a lo requerido, es para cubrir el porcentaje de elementos quebrados al momento de su traslado de Lima al Proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba en Apurímac.

Cuando analicemos la producción de los paneles, columnas C1 y columnas C2, comprobaremos si se llegó a cumplir con las cantidades establecidas mediante los acuerdos establecidos en el contrato con cada subcontratista, para luego poder establecer conclusiones y recomendaciones que correspondería a parte del propósito del presente informe de suficiencia.

ii. Plazo contractual

El plazo contractual para cada empresa es de 49 días calendario aproximadamente, pues debido a la urgencia en la fabricación, es que se optó por contratar tres empresas para que puedan cubrir la fabricación de los cercos prefabricados de concreto armado.

Posteriormente cuando analicemos la producción de los paneles, columnas C1 y columnas C2, comprobaremos si se llegó a cumplir con los plazos contractuales establecidos mediante los acuerdos establecidos en el contrato con cada subcontratista, para luego poder establecer conclusiones y recomendaciones que correspondería a una parte importante del propósito del presente informe de suficiencia.

3.2.2. Análisis comparativo de la Producción de paneles prefabricados de concreto armado

En esta parte del informe de suficiencia, desarrollaremos un análisis enfocado en la producción diaria de paneles prefabricados de concreto armado, según los reportes de avance real diario, elaborados con el fin de llevar el mejor control en la producción y poder cumplir con los avances programados así como los plazos establecidos durante el proceso de fabricación de los paneles prefabricados de concreto armado.

A continuación describiremos la producción por semana de los paneles prefabricados de concreto armado de las tres empresas involucradas en la construcción de los cercos prefabricados, mostraremos las cantidades de paneles producidos por cada planta, rechazados y aprobados por el área de calidad, explicaremos semana a semana que particularidades existieron en cada planta durante la producción de los paneles para finalmente poder establecer las

recomendaciones a tomar en cuenta en la fabricación de cercos prefabricados de concreto armado .

i. Producción en INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.

Programación de Paneles Prefabricados de concreto armado

Para la producción de paneles prefabricados, la empresa INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. a pedido del cliente redujo su alcance a un total de 15,631 paneles, por lo cual ya no se tomó en cuenta la cantidad de 18,000 paneles, que correspondía al alcance inicial contractual, esto debido a que ya con esta cantidad programada se cumplía con el total de los 25 km de cerco y las roturas que pudiesen ocurrir en el traslado hacia obra serian cubiertas por empresas de prefabricados cercanas al proyecto siendo esta cantidad bien reducida y menos costosa para el Proyecto.

En el cuadro N° 3.7, se muestra la cantidad de paneles programados, la cantidad de paneles reales fabricados, así como el número de días reales que se necesitaron para cumplir con la producción.

Cuadro N° 3.7 – Programación de Paneles prefabricados de concreto armado - INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.

| INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. | | | DÍA 51 | DÍA 52 | DÍA 53 |
|---|------------|-----------------|--------|---------|---------|
| PROGRAMADO | UND | CANTIDAD | | | |
| PARCIAL | Und | 15,631 | 0 | 0 | 110 |
| ACUMULADO | Und | 15,631 | 15,521 | 15,521 | 15,631 |
| % ACUMULADO | % | 100.00% | 99.30% | 99.30% | 100.00% |
| REAL FABRICADO | UND | CANTIDAD | | | |
| PARCIAL FABRICADO - RECHAZADOS | Und | 15,662 | 0 | 135 | |
| ACUMULADO FABRICADO - RECHAZADOS | Und | 15,662 | 15,527 | 15,662 | |
| % ACUMULADO FABRICADO - RECHAZADOS | % | 100.20% | 99.33% | 100.20% | |
| ACUMULADO APROBADO (CALIDAD) | Und | 15,662 | 15,527 | 15,662 | |
| % ACUMULADO APROBADO (CALIDAD) | % | 100.20% | 99.33% | 100.20% | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, en la planta de INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. se necesitaron 52 días para poder producir 15,662 unidades de paneles prefabricados de concreto armado, esto no considera los paneles rechazados por no pasar el control de calidad.

Avance de producción de paneles prefabricados de concreto armado

Para el control de la producción de los paneles prefabricados de concreto armado, se desarrollaron los reportes de avance diario, el cual nos permite conocer la producción diaria real de los paneles, cantidad de paneles rechazados y aprobados por control de calidad.

De estos datos, tomaremos el análisis de forma semanal y explicaremos los motivos en las variaciones que puedan haber en la producción de los paneles prefabricados de concreto armado para posteriormente establecer las conclusiones y recomendación del presente informa de suficiencia.

En el cuadro N° 3.8, se muestra la cantidad de paneles de forma semanal de manera parcial, cantidad de paneles rechazados, aprobados, producidos y producidos menos rechazados

Cuadro N° 3.8 – Avance semanal de Paneles prefabricados de concreto armado - INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C.

| INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C. | DIA | SEM | SEM | SEM | SEM | SEM | SEM | SEM | DIA | DIA | ACUMULADO PANELES |
|---|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-------------------|
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 51 | 52 | |
| Producido - Rechazados | 370 | 853 | 1,220 | 1,956 | 2,432 | 3,333 | 2,846 | 2,517 | 0 | 135 | 15,662 |
| Producido | 370 | 853 | 1,342 | 1,980 | 2,622 | 3,531 | 2,937 | 2,631 | 0 | 150 | 16,416 |
| Control de Calidad (aprobado) | 370 | 480 | 526 | 828 | 3,461 | 2,731 | 3,828 | 2,731 | 572 | 135 | 15,662 |
| Control de Calidad (rechazado) | 0 | 0 | 122 | 24 | 190 | 198 | 91 | 114 | 0 | 15 | 754 |
| Promedio de vaciado por día | 370 | 213 | 192 | 330 | 375 | 589 | 490 | 526 | 0 | 150 | |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis del cuadro N°8, se tiene lo siguiente:

- Día 1: Se fabricaron 370 paneles de prueba, todos fueron aprobados por control de calidad, sin embargo la producción en los demás días fue inferior por que también se tenían que fabricar columnas C1 y C2.
- De la semana 1 a la semana 4: La producción máxima promedio fue de 375 paneles por día, lo cual estaba muy por debajo de lo programado, se tuvo inconvenientes en que la losa para la producción era muy reducida y se buscaba la posibilidad de ampliarlo.
- De la semana 5 a la semana 7: La producción máxima promedio fue de 589 paneles por día, inclusive algunos días sobrepasaba los 600 paneles ya que se amplió la losa de concreto para la producción.
- Se fabricaron 16,416 paneles (100%), 15,662 paneles aprobados (95.41%) y 754 paneles rechazados (4.59%).
- La cantidad de paneles tomados en cuenta para la construcción de cercos prefabricados de concreto armado es 15,662 unidades.

ii. Producción en ENTREPISOS LIMA S.A.C.

Programación de Paneles Prefabricados de concreto armado

Para la producción de paneles prefabricados, la empresa ENTREPISOS LIMA S.A.C. a pedido del cliente redujo su alcance a un total de 15,904 paneles, por lo cual ya no se tomó en cuenta la cantidad de 18,000 paneles, que correspondía al alcance inicial contractual, esto debido a que ya con esta cantidad programada se cumplía con el total de los 25 km de cerco y las roturas que pudiesen ocurrir en el traslado hacia obra serian cubiertas por empresas de prefabricados cercanas al proyecto siendo esta cantidad bien reducida y menos costosa para el Proyecto. En el cuadro N° 3.9, se muestra la cantidad de paneles programados, la cantidad de paneles reales fabricados, así como el número de días reales que se necesitaron para cumplir con la producción.

Cuadro N° 3.9 – Programación de paneles prefabricados de concreto armado - ENTREPISOS LIMA S.A.C

| ENTREPISOS LIMA S.A.C | | | DIA 55 | DIA 56 |
|------------------------------------|-----|---------------|--------|---------|
| PROGRAMADO | UND | CANTIDAD | | |
| PARCIAL | Und | 15,904 | 504 | 480 |
| ACUMULADO | Und | 15,904 | 15,424 | 15,904 |
| % ACUMULADO | % | 100.00% | 96.98% | 100.00% |
| REAL PREFABRICADO | UND | CANTIDAD | | |
| PARCIAL FABRICADO - RECHAZADOS | Und | 15,928 | 504 | 504 |
| ACUMULADO FABRICADO - RECHAZADOS | Und | 15,928 | 15,424 | 15,928 |
| % ACUMULADO FABRICADO - RECHAZADOS | % | 100.15% | 96.98% | 100.15% |
| ACUMULADO APROBADO (CALIDAD) | Und | 15,928 | 15,172 | 15,928 |
| % ACUMULADO APROBADO (CALIDAD) | % | 100.15% | 95.40% | 100.15% |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, en la planta de ENTREPISOS LIMA S.A.C. se necesitaron 56 días para poder producir 15,928 unidades de paneles prefabricados de concreto armado, esto no considera los paneles rechazados por no pasar el control de calidad.

Avance de producción de paneles prefabricados de concreto armado

Para el control de la producción de los paneles prefabricados de concreto armado, se desarrollaron los reportes de avance diario, el cual nos permite conocer la producción diaria real de los paneles, cantidad de paneles rechazados y aprobados por control de calidad.

De estos datos, tomaremos el análisis de forma semanal y explicaremos los motivos en las variaciones que puedan haber en la producción de los paneles prefabricados de concreto armado para posteriormente establecer las conclusiones y recomendación del presente informe de suficiencia.

En el cuadro N° 3.10, se muestra la cantidad de paneles de forma semanal de manera parcial, cantidad de paneles rechazados, aprobados, producidos y producidos menos rechazados.

**Cuadro N° 3.10 – Avance semanal de Paneles prefabricados de concreto armado –
ENTREPISOS LIMA S.A.C.**

| ENTREPISOS LIMA S.A.C | 5 DIAS | SEM 1 | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4 | SEM 5 | SEM 6 | SEM 7 | DIA 55 | DIA 56 | ACUMULADO PANELES |
|------------------------------------|--------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------------------|
| Producido - Rechazados | 0 | 505 | 1,645 | 1,600 | 2,705 | 2,732 | 2,909 | 2,824 | 504 | 504 | 15,928 |
| Producido | 1,382 | 2,019 | 2,278 | 1,830 | 3,024 | 3,024 | 3,024 | 3,024 | 504 | 504 | 20,613 |
| Control de Calidad (aprobado) | 0 | 0 | 512 | 1,840 | 3,141 | 3,669 | 2,934 | 1,823 | 1,253 | 756 | 15,928 |
| Control de Calidad (rechazado) | 1,382 | 1,914 | 233 | 230 | 319 | 292 | 115 | 200 | 0 | 0 | 4,685 |
| Promedio de vaciado por día | 276 | 404 | 456 | 366 | 504 | 504 | 504 | 504 | 504 | 504 | |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis del cuadro N° 3.10, se tiene lo siguiente:

- Hasta la primera semana: Se fabricaron 3,296 paneles, pero todos fueron rechazados por control de calidad por que el acero utilizado no estaba de acuerdo al diseño especificado.
- De la semana 2 hasta el último día: La producción máxima promedio fue de 504 paneles por día, manteniéndose esta cantidad siempre.
- Se fabricaron 20,613 paneles (100%), 15,928 paneles aprobados (77.27%) y 4,685 paneles rechazados (22.73%).
- La cantidad de paneles tomados en cuenta para la construcción de cercos prefabricados de concreto armado es 15,928 unidades.

iii. Producción en GyM S.A.

Programación de Paneles Prefabricados de concreto armado

Para la producción de paneles prefabricados, la empresa GyM S.A., a pedido del cliente, redujo su alcance a un total de 18,465 paneles, por lo cual ya no se tomó en cuenta la cantidad de 21,000 paneles, que correspondía al alcance inicial contractual, esto debido a que ya con esta cantidad programada se cumplía con el total de los 25 km de cerco y las roturas que pudiesen ocurrir en el traslado hacia obra, serian cubiertas por empresas de prefabricados cercanas al proyecto siendo esta cantidad bien reducida y menos costosa para el Proyecto.

En el cuadro N° 3.11, se muestra la cantidad de paneles programados, la cantidad de paneles reales fabricados, así como el número de días reales que se necesitaron para cumplir con la producción programada.

Cuadro N° 3.11 – Programación de Paneles prefabricados de concreto armado - GyM S.A.

| GYM | | | DIA 37 | DIA 38 |
|------------------------------------|------------|-----------------|--------|---------|
| PROGRAMADO | UND | CANTIDAD | | |
| PARCIAL | Und | 18,465 | 608 | 352 |
| ACUMULADO | Und | 18,465 | 18,113 | 18,465 |
| % ACUMULADO | % | 100.00% | 98% | 100% |
| REAL PREFABRICADO | UND | CANTIDAD | | |
| PARCIAL FABRICADO - RECHAZADOS | Und | 18,721 | 608 | 608 |
| ACUMULADO FABRICADO - RECHAZADOS | Und | 18,721 | 18,113 | 18,721 |
| % ACUMULADO FABRICADO - RECHAZADOS | % | 101.39% | 98% | 101.39% |
| ACUMULADO APROBADO (CALIDAD) | Und | 18,721 | 18,079 | 18,721 |
| % ACUMULADO APROBADO (CALIDAD) | % | 101.39% | 98% | 101.39% |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, en la planta de GyM S.A. se necesitaron 38 días para poder producir 18,721 unidades de paneles prefabricados de concreto armado, esto no considera los paneles rechazados por no pasar el control de calidad.

Avance de producción de paneles prefabricados de concreto armado

Para el control de la producción de los paneles prefabricados de concreto armado, se desarrollaron los reportes de avance diario, el cual nos permite conocer la producción diaria real de los paneles, cantidad de paneles rechazados y aprobados por control de calidad.

De estos datos, tomaremos el análisis de forma semanal y explicaremos los motivos en las variaciones que puedan haber en la producción de los paneles prefabricados de concreto armado para posteriormente establecer las conclusiones y recomendación del presente informe de suficiencia.

En el cuadro N° 3.12, se muestra la cantidad de paneles de forma semanal de manera parcial, cantidad de paneles rechazados, aprobados, producidos y producidos menos rechazados.

Cuadro N° 3.12 – Avance semanal de Paneles prefabricados de concreto armado – GyM S.A.

| GYM | DIA 1 | SEM1 | SEM2 | SEM3 | SEM4 | SEM5 | DIA 37 | DIA 38 | ACUMULADO |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------------|
| Producido - Rechazados | 34 | 1,058 | 2,726 | 4,937 | 4,338 | 4,412 | 608 | 608 | 18,721 |
| Producido | 34 | 1,120 | 2,837 | 4,943 | 4,346 | 4,412 | 608 | 608 | 18,908 |
| Control de Calidad (aprobado) | 0 | 1,058 | 2,726 | 4,937 | 4,338 | 4,412 | 608 | 642 | 18,721 |
| Control de Calidad (rechazado) | 0 | 62 | 111 | 6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 187 |
| Promedio de vaciado por día | 34 | 187 | 473 | 706 | 724 | 735 | 608 | 608 | |

Fuente: Elaboración propia

Del análisis del cuadro N° 3.12, se tiene lo siguiente:

- De la semana 3 hasta el último día: La producción máxima promedio fue de 735 paneles por día, manteniéndose esta cantidad durante este periodo.
- Se fabricaron 18,908 paneles (100%), 18,721 paneles aprobados (99.01%) y 187 paneles rechazados (0.99%).
- La cantidad de paneles tomados en cuenta para la construcción de cercos prefabricados de concreto armado es 18,721 unidades.

CUADRO N° 3.13 - CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LAS PLANTAS DE PREFABRICADOS DE CONCRETO ARMADO

| EMPRESA SUBCONTRATISTA | CANTIDAD DE PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO ARMADO | | | | | | | | | | TIEMPO (DIAS) | | | CALIDAD | |
|--|--|---------------|----------------|--------------|---------------|----------|------|------------|------------|----------|----------------|--|--|---------|--|
| | ALCANCE CONTRACTUAL | PROGRAMADO | REAL FABRICADO | RECHAZADO | APROBADO | CONTRATO | REAL | EFICIENCIA | EFICIENCIA | EFICACIA | EFICACIA | | | | |
| INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C | 18,000 | 15,631 | 16,416 | 754 | 15,662 | 49 | 52 | 76.92% | 95.41% | 100.20% | | | | | |
| ENTREPIOS LIMA S.A.C | 18,000 | 15,904 | 20,613 | 4,685 | 15,928 | 49 | 56 | 71.43% | 77.27% | 100.15% | | | | | |
| Gym S.A. | 21,000 | 18,465 | 18,908 | 187 | 18,721 | 49 | 38 | 105.26% | 99.01% | 101.39% | | | | | |
| TOTAL | 57,000 | 50,000 | 55,937 | 5,626 | 50,311 | | | | | | | | | | |

Nota (*): Para la construcción de cercos prefabricados de concreto armado dentro del alcance contractual, se utilizara 50,000 paneles (25 km de cerco).

Nota (**): La eficiencia analiza la cantidad real fabricada y lo compara con la cantidad aprobada.

Nota (***): Para el transporte de cercos prefabricados de concreto armado dentro del alcance contractual, se estima 7,000 paneles (3.5 km de cerco) en desuso.

Nota (****): La eficacia analiza el cumplimiento del objetivo (programado) con respecto a los paneles aprobados.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- a) Dentro del proceso de encofrado de panel para vaciado de concreto (cuadro N° 3.1), se concluye que GyM S.A. es la empresa que cuenta con una mayor utilización de recursos en los moldes y encofrados que utiliza. Además en el encofrado de los paneles considera el ajuste de los moldes a través de pernos que van ajustados a la losa, siendo esto únicos para cada panel y dando como resultado un producto terminado de mejor calidad.
- b) En la preparación del concreto, las 3 empresas de prefabricados cumplen con la resistencia a la compresión de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo, el concreto fabricado por INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C., a través de su diseño de mezcla y debido a que utiliza un acelerante de fragua, logra cumplir con la resistencia requerida en un menor tiempo, logrando así evitar que los paneles se fisuren por manipuleo en el transporte.
- c) Durante el proceso de fabricación de los paneles (cuadro N° 3.3), INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C., tiene el mayor puntaje en el vaciado de concreto y el proceso de fraguado, esto debido a que su diseño considera un slump de 0 a 1", permitiéndole desencofrar al instante, y GyM S.A. realiza un mejor control en el proceso de curado.
- d) Con respecto al producto terminado de los paneles, se concluye que el puntaje más alto lo tiene la empresa GyM S.A., ya que muestra un acabado con mejor perfil y superficies lisas, esto gracias a los encofrados utilizados, siendo estos encofrados individuales.
- e) Del cuadro N° 3.5, se concluye que las empresas que han sido evaluados con mayor puntaje son GyM S.A. e INGENIERIA Y PREFABRICADOS DE CONCRETO S.A.C., ambas empresas lograron igualar en cantidad de puntos, los cuales estuvieron basados en evaluaciones parciales dentro del desarrollo de los procesos.
- f) Con respecto a la producción de los paneles, se logró cubrir en conjunto con la entrega de los 25 km de cerco perimétrico, siendo GyM S.A la empresa con menor porcentaje de paneles rechazados por control de calidad (0.99%).
- g) GyM S.A. es la empresa más eficiente en el tiempo ya que pudo cubrir la mayor cantidad de paneles en solo 38 días, según cuadro N° 3.13.

h) Siendo GyM S.A. la empresa con menor cantidad de paneles rechazados, de la evaluación podemos decir, que es la empresa más eficiente.

4.2. RECOMENDACIONES

- a) Para evitar las rebabas es necesario trabajar con un slump de 0 a 1" o implementar mayores recursos en los moldes y encofrados a utilizar.
- b) Es importante considerar la posición en que son colocados los paneles al momento que son acopiados, ya que su diseño está hecho para que la estructura soporte esfuerzos solo en posición vertical.
- c) La producción de los cercos prefabricados requiere tener una considerable área de losa para poder producir en cantidades grandes (mayor a 1000 m² para sobrepasar los 500 paneles prefabricados de concreto armado diarios).
- d) Es necesario utilizar un acelerante de fragua para poder alcanzar una resistencia de $f_c' = 280 \text{ kg/cm}^2$ en el menor tiempo posible y así evitar posibles fisuras en el transporte de los paneles prefabricados de concreto armado.
- e) Se recomienda que la fabricación debe ser según la relación de columnas y paneles de 4 a 1, ya que en campo se ha encontrado problemas de sobre producción de paneles y falta de fabricación de columnas, impidiendo poder hacer los cercos en Obra.

BIBLIOGRAFIA

Arnaiz Eguren, "Análisis Tipológico de sistemas constructivos", ediciones del castillo, Madrid, 1976.

Fernández Ordoñez José. Prefabricación, Teoría y Práctica. Editores técnicos asociados, Madrid, 1974.

Koncz, Thamer. Manual de la construcción prefabricada, Editorial Blume, Madrid, 1975.