



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

PRÁCTICA PROFESIONAL

PRÁCTICA PROFESIONAL EN MAC HONDURAS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

NELSON DAVID HUEZO MONTOYA 21341142

ASESOR:

ING. LOURDES PATRICIA MEJÍA RAMOS

CAMPUS SAN PEDRO SULA

JULIO 2018

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CENTROAMÉRICA
UNITEC**

**PRESIDENTE EJECUTIVA
ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA**

**VICERRECTORA DE OPERACIONES
ANA LOURDES LAFFITE**

**VICERRECTOR ACADÉMICO
MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL
ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA
CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA**

**COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA CIVIL
HÉCTOR WILFREDO PADILLA**

MAC HONDURAS S.A DE C.V.

TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS

EXIGIDOS PARA OPTAR AL TITULO

INGENIERO CIVIL

ASESOR METODOLÓGICO

“ING. LOURDES PATRICIA MEJÍA RAMOS”

DERECHOS DE AUTOR

© COPYRIGHT

NELSON DAVID HUEZO MONTOYA

TODOS LOS DERECHOS SON RESERVADOS

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)

San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Yo, Nelson David Huevo Montoya, de San Pedro Sula, autor del trabajo de grado titulado: Práctica Profesional en Mac Honduras S.A. de C.V., presentado y aprobado en el año 2018, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero Civil, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la sala de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los días del mes de Julio de dos mil dieciocho.

Nelson David Huevo Montoya

21341142

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Lourdes Patricia Mejía Ramos

Asesor Metodológico | UNITEC

Ing. Héctor Wilfredo Padilla

Coordinador Académico de la Facultad

de Ingeniería Civil | UNITEC

Ing. Cesar Orellana

Jefe Académico de Ingenierías | UNITEC

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haber sido mi luz durante este duro camino.

A mi madre Aracely y a mi padre Nelson. A mis abuelos y hermana.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y acompañarme hasta alcanzar este sueño, dándome fuerzas cuando mis piernas flaqueaban y abriendo camino cuando mis ojos no veían nada.

A mis padres, Esperanza Montoya y Nelson Huevo, quienes son el motor de mi vida; por su incondicional amor, cariño y dedicación a lo largo de toda mi vida. Hasta el cielo mamá.

A mi hermana, Michell Díaz, por su paciencia y amor hacia mí.

A mis abuelos, por sus enseñanzas y su inmenso cariño.

Finalmente, a la empresa Mac Honduras S.A. de C.V. por abrirme sus puertas y permitirme realizar mi práctica profesional en su empresa.

RESUMEN EJECUTIVO

Durante la práctica profesional realizada dentro de la empresa MAC Honduras S.A. de C.V. se realizaron diversas actividades en lo que respecta a supervisión, trazado y cálculo en los diferentes proyectos llevados a cabo simultáneamente por la empresa, entre los cuales resaltan la construcción de losas sólidas de concreto reforzado, losas aligeradas de concreto reforzado, vigas de concreto reforzado, conos dentro de silos para almacenaje de cemento portland, tanques purificadores de agua cruda y muros de contención para almacenaje de carbón. De igual manera se realizaron actividades de marcaje y delimitación de terrenos correspondientes a proyectos futuros, como ser el muro de contención para almacenaje de carbón. El área de mayor participación en cada uno de los proyectos fue la topografía, tomando parte en actividades como el marcaje de ejes primarios y secundarios, ubicación de pernos de anclaje para la posterior ubicación de estructuras metálicas, ubicación de placas de anclaje, delimitación de huecos en losas y muros de concreto reforzado, nivelación de elementos estructurales como escaleras de concreto reforzado y niveles terminados de concreto. También, dentro del área de topografía, se realizaron análisis de asentamientos, seguimiento de asentamientos previos en estructuras importantes como turbogeneradores, postes de conducción de alta tensión y silos. Para éstos últimos se generaba un reporte mediante el cual se fue generando un histórico que permitió tomar las acciones pertinentes por parte de los clientes. En el área de cálculo, se realizaron diversas solicitudes de concreto y de acero, para las diversas estructuras construidas durante el transcurso de la práctica profesional dentro de la empresa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	14
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	14
2.1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA	14
2.1.2 MISIÓN	14
2.1.3 VISIÓN	15
2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO	15
2.3 OBJETIVOS	15
2.3.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
III. MARCO TEORICO.....	17
3.1 CEMENTO PORTLAND	17
3.1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	18
3.1.2 SURGIMIENTO	19
3.2 SILOS DE CONCRETO REFORZADO	20
3.3 ENCOFRADO DESLIZANTE	22
3.4 ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO	23
3.4.1 CONSTRUCCIÓN COMPUESTA: CONCRETO Y ACERO.....	23
3.5 TOPOGRAFÍA.....	24
3.5.1 HISTORIA.....	24
3.5.2 NIVEL DE TOPOGRAFÍA.....	25

3.5.3 ESTACIÓN TOTAL.....	25
3.5.4 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	25
IV. DESCRIPCION DEL TRABAJO DESARROLLADO.....	27
SEMANA 1 DEL 23 DE ABRIL AL 28 DE ABRIL.....	27
SEMANA 2 DEL 30 DE ABRIL AL 05 DE MAYO	27
SEMANA 3 DEL 07 DE MAYO AL 12 DE MAYO	28
SEMANA 4 DEL 14 DE MAYO AL 19 DE MAYO.....	29
SEMANA 5 DEL 21 DE MAYO AL 26 DE MAYO.....	29
SEMANA 6 DEL 28 DE MAYO AL 02 DE JUNIO	30
SEMANA 7 DEL 04 DE JUNIO AL 09 DE JUNIO	31
SEMANA 8 DEL 11 DE JUNIO AL 16 DE JUNIO	32
SEMANA 9 DEL 18 DE JUNIO AL 23 DE JUNIO	32
SEMANA 10 DEL 25 DE JUNIO AL 30 DE JUNIO.....	33
V. CONCLUSIONES	34
VI. RECOMENDACIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXOS	39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Fundición de losa de concreto reforzado nivel 6.80 msnm., silo 13.....	39
Figura 3. Fundición de cono de concreto reforzado, nivel 10.80 msnm. silo 13.....	40
Figura 4. Colocación de vigas H nivel 36.00 msnm silo 14.....	40
Figura 5. Trazado de terreno ubicado en Pto. Cortés.	41

Figura 6. Resane de losa de concreto reforzado nivel 6.80 msnm. y paredes de silo.....	41
Figura 7. Encofrado de columnas de base de cono de concreto reforzado del silo no. 14.	42
Figura 8. Acero de trabe de losa de concreto reforzado de cono del silo no. 14.	42
Figura 9. Fundición de 11 m ³ de concreto en trabes de losa de concreto reforzado nivel 6.80 msnm., silo no. 14.	43
Figura 10. Levantamiento topográfico de 120 ml.	43
Figura 11. Colocación de vigas verticales y varillas radiales para encofrado interior de cono de concreto reforzado.....	44
Figura 12. Inicio del encofrado interior de cono de concreto reforzado.....	44
Figura 13. Vista superior de encofrado de cono de concreto reforzado.....	45
Figura 14. Canal de tanque clarificador de agua.	45
Figura 15. Encofrado de escalera de tanque clarificador.....	46
Figura 16. Armado de acero cono de concreto reforzado.....	46
Figura 17. Tendido de acero de lecho interior de cono de concreto reforzado.....	47
Figura 18. Fundición de segundo tramo del cono de concreto reforzado del silo 14.....	47
Figura 19. Fundición de huecos de unión viga muro.....	48
Figura 20. Placa de anclaje sobre vigas principales.	48
Figura 21. Levantamiento topográfico.....	49
Figura 22. Cerramiento de silo 14 con canaleta cal. 20.	49
Figura 23. Colocación de acero por temperatura.....	50
Figura 24. Fundición de losacero de cerramiento, nivel 36 msnm.....	50
Figura 25. Agujeros en losacero de cerramiento, 36 msnm.	51
Figura 26. Desencofrado interior de cono de concreto reforzado.....	51

Figura 27. Malacates.....	52
Figura 28. Canasta para tensado de torones.....	52
Figura 29. Canasta realizando la primer prueba con personas.....	53
Figura 30. Remoción de capa vegetal.....	53
Figura 31. Corte de material granular.....	54
Figura 32. Colocación de tubería Novafort de 12" para drenaje de aguas lluvias.....	54

GLOSARIO

Acero: Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que adquiere con el temple gran dureza y elasticidad.

Perno: Pieza de hierro cilíndrica, con cabeza redonda por un extremo y asegurada con una tuerca por el otro, que se usa para sujetar piezas de gran peso o volumen

Riel: Carril o pieza por la que corre o se desliza una pieza que va acoplada.

Placa: Plancha de metal u otra materia, en general rígida y poco gruesa.

Asentamiento: Acción y resultado de asentar o asentarse.

Caliza: Roca compuesta sobre todo de calcita, muy abundante en la naturaleza y utilizada en la construcción.

Arcilla: Roca sedimentaria formada a partir de depósitos de grano muy fino, compuesta esencialmente por silicatos de aluminio hidratados.

Yeso: Sulfato de calcio hidratado, compacto o terroso, generalmente blanco, que tiene la propiedad de endurecerse rápidamente cuando se amasa con agua, y se emplea en la construcción y en la escultura.

Aglomerante: Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos exclusivamente físicos:

Fraguar: Endurecerse consistentemente la cal, el yeso, etc.

Cocción: Acción y resultado de cocer.

Conglomerantes: Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que originan nuevos compuestos.

Diámetro: Línea recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada.

Hormigón: Mezcla compuesta de piedras menudas, cemento y arena que se emplea en la construcción por su gran dureza y resistencia.

Encofrado: Molde formado con tableros o chapas en el que se vacía el hormigón hasta que fragua.

Topografía: Conjunto de técnicas y conocimientos para describir y delinear la superficie de un terreno.

Peón: Obrero que realiza trabajos no especializados o trabaja como ayudante en algunos oficios.

Cuadrilla: Reunión de personas que realizan juntas una misma obra.

Viga: Elemento largo y grueso que sirve para formar los techos en los edificios y asegurar las construcciones

Junta: Pequeño espacio que queda entre las dos superficies de los sillares o ladrillos inmediatos unos a otros de una construcción que se llena de mortero o de cemento a fin de unirlos y ligarlos sólidamente.

I. INTRODUCCIÓN

Los silos son estructuras que han sido ampliamente utilizadas para el almacenamiento de materiales granulares a granel. Actualmente, se ha observado una mayor demanda de este tipo de estructuras como producto del aumento de producción y mecanización de procesos de manufactura en diversas áreas industriales; específicamente, el presente trabajo de investigación se enfoca en silos de almacenaje de cemento Portland.

Los silos se han utilizado en su mayoría para el almacenaje y distribución de materiales, en su mayoría granulares. Debido al creciente desarrollo de las áreas industrializadas, es necesaria la implementación de procesos de mezclado, homogeneización y vaciado cada vez más automatizados y eficientes. Para esto, la capacidad de los silos y de sus salidas deberán de ser proporcionales a su uso y vida útil.

El procedimiento para el manejo del material consiste en la recepción del material, para su posterior transporte mediante un elevador hacia el nivel superior del mismo, depositado de esta manera en una banda para la distribución del material dentro de la bóveda de almacenamiento y, por último, se realiza la descarga del material en los transportadores.

La forma estructural más utilizada es la circular, por lo que las fuerzas de empuje están distribuidas uniformemente a través de sus paredes, mismas que funcionan meramente a tensión.

En MAC Honduras se realizó la construcción de dos silos, circulares de 16 m. de diámetro, gemelos de concreto reforzado con capacidad de almacenaje para 5,000 ton. de cemento Portland.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA

MAC MÉXICO

“La creación de una gran empresa requiere de pensamientos claros y acciones firmes, donde las experiencias se conviertan en un cúmulo de fortalezas y donde las metas sean fuente generadora de nuevos proyectos”, bajo estas bases Medrano y Asociados Construcciones Internacional, fue fundada en el año de 1974 por el ingeniero José Luis Medrano Moreno. Un hombre emprendedor, cuya vocación lo motivó a crear una empresa leal y comprometida con su entorno y cuyos principios han dejado huella en cada creación, logrando que, en más de tres décadas de actividad, nuestra empresa se perfile como una corporación que impulsa la planta productiva y empleo en beneficio de nuestra nación. En la actualidad, con razón social Macinter, S.A. de C.V. y bajo la presidencia del ingeniero Gabriel Medrano Barriga, cuenta con un equipo humano de profesionales cuyo objetivo es trabajar con calidad, proyectar con entusiasmo y construir con fortaleza. Macinter es una empresa 100% mexicana que posee una infraestructura moderna y dinámica, sustentada en su tecnología de punta en constante proceso de actualización.

MAC HONDURAS

En el año 2000 se iniciaron los proyectos, en la planta de Cementos del Norte, hasta esta fecha, continuamos realizando expansiones. Durante estos años hemos ejecutado obra por más de 25 millones de dólares.

2.1.2 MISIÓN

Apoyar a nuestros clientes para convertir sus inversiones en obras de calidad utilizando las técnicas, materiales y procedimientos de construcción más apropiados y buscando las soluciones más funcionales y económicas.

2.1.3 VISIÓN

Ser la empresa constructora más competitiva y rentable a nivel nacional e internacional dando un valor agregado a nuestros clientes, mejorando día a día nuestros proyectos y ofreciendo a nuestros colaboradores la oportunidad de desarrollarse integralmente logrando su satisfacción personal, con el legítimo orgullo de participar en la realización de proyectos y obras de excelencia.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

Dentro de la empresa, el departamento de topografía está enfocado más que todo a la realización de topografía industrial en los proyectos constructivos llevados a cabo por la empresa. Su función es fundamental para el correcto desarrollo y satisfactoria culminación de las obras llevadas a cabo.

El departamento está encargado de diversas actividades realizadas en la fase previa, durante la realización y posterior a la finalización de los proyectos de construcción. Entre las actividades realizadas durante la fase previa se tienen, replanteo de ejes para armado de acero y carpintería, nivelación de terreno, ubicación de pilotes, entre otros. Durante la realización de las estructuras se realiza la colocación de placas, pernos, rieles, huecos u otro tipo de elementos que se encuentran embebidos a las estructuras de concreto. Luego de finalizada la obra se realizan procesos de verificación de ubicaciones finales de pernos, placas, etc., así como también se realizan procesos de control para monitoreo de asentamientos.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Poner en práctica el conjunto de conocimientos, adquiridos a lo largo de los años de estudio de la carrera de ingeniería civil, en escenarios reales en la empresa constructora Mac Honduras S.A. de C.V.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Realizar ubicación de ejes constructivos para colocación de vigas W.
- 2) Supervisar el proceso de fundición de losas y vigas de concreto reforzado del proyecto en vigencia.
- 3) Ejecutar cálculos relacionados con cantidades de obra de los proyectos.
- 4) Realizar levantamientos topográficos y delimitación de terrenos.
- 5) Monitorear asentamientos de estructuras.

III. MARCO TEORICO

3.1 CEMENTO PORTLAND

Se denomina cemento Portland al producto obtenido por mezcla íntima de calizas y arcillas, cocción de la mezcla hasta la sintetización y molienda del producto resultante, con una pequeña adición de yeso, a un grado de finura elevado. El Clinker de cemento Portland está compuesto principalmente por silicato tricálcico (SC3), silicato bicálcico (SC2), aluminato tricálcico (AC3) y aluminoferrito tetracálcico (AFC4), además de componentes secundarios como el yeso, los álcalis, la cal libre y la magnesia libre. (INGEPLAN, 2012, pág. 1)

“El cemento que se utiliza más extensamente en la construcción de edificios es el cemento portland” (Parker & Ambrose, 2001, p. 373).

“Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas.” (Nilson A. H., 1999, p. 28)

El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto define el cemento Portland como un “aglomerante, que al mezclarse con el agua se hidrata; iniciándose así complejas reacciones químicas que lo convierten en una pasta moldeable con buenas propiedades adherentes. Al fraguar en pocas horas y endurecer progresivamente, el cemento adquiere una consistencia pétreo.” (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013)

Según Rosaura Vásquez el cemento se define como un material inorgánico descompuesto en pequeñas partículas que, al ser combinado con agua, forma una pasta que cuando fragua y endurece se convierte en un material muy resistente y estable, este proceso se debe a las distintas reacciones que suceden que producen la mezcla. (Vásquez)

El cemento Portland actual se obtiene al calcinar mezclas de calizas y arcillas; preparadas artificialmente a una temperatura de aproximadamente 1.500 °C. El producto resultante que es el denominado clinker, se muele añadiendo una cantidad adecuada de regulador de fraguado; que suele ser piedra de yeso natural. Los cementos Portland con adiciones activas son aquellos que además de los componentes principales del clinker y de la piedra de yeso, contienen también algunas adiciones minerales, tales como la escoria siderúrgica, humo de sílice, puzolana natural, ceniza volante, entre otras. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013, pág. 23)

Louis Joseph Vicat, en 1812, preparó una cal artificial calcinando una mezcla íntima de caliza y arcilla molidas conjuntamente en húmedo y, en 1818, explica de manera científica el comportamiento de

estos «conglomerantes». Al producto lo denomina cal hidráulica.

En 1824, Joseph Aspdin patenta el cemento portland, fabricado de modo similar al descrito por Vicat. La evolución tecnológica del cemento portland que se ha producido desde la aparición de la patente de Aspdin hasta nuestros días, ha sido extensa. (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes, 2015, págs. 4,5)

“A diferencia del yeso, raras veces se utiliza el cemento solo, amasado con agua y formando una pasta pura. Su uso habitual es en combinación con otros materiales, especialmente con áridos para formar morteros y hormigón” (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes, 2015, p. 15).

De los distintos tipos de cemento portland estándar generalmente disponibles [...] dos tipos corresponden a casi todo el cemento utilizado en la construcción. Estos son el cemento de uso general que se utiliza en concreto, diseñado para alcanzar su resistencia requerida en aproximadamente 28 días, y el cemento de alta resistencia a corto plazo para utilizarse en concreto que alcanza su resistencia de diseño en un período de una semana o menos. (Parker & Ambrose, 2001, p. 373)

Según el Diccionario de la Real Academia el cemento es: “Mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se solidifica y endurece”.

“El cemento es un producto intermedio utilizado para fabricar materiales de construcción: morteros y concretos” (Salamanca Correa, 2001, p. 33).

“El cemento de baja temperatura, está diseñado para utilizarse donde la elevación de la temperatura durante la hidratación es un factor crítico”. (Parker & Ambrose, 2001, p. 373)

3.1.1 RESEÑA HISTÓRICA

“La historia del cemento es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posibles” (CEMEX, p. 31).

Ya en la antigüedad, y por distintas civilizaciones, se emplearon conglomerantes. Así, por ejemplo, los egipcios utilizaban una mezcla de materia cementosa y arena como mortero para la unión de grandes bloques y losas. Algunos años después, los romanos encontraron un producto volcánico óptimo para estos menesteres cerca de Pozzoli, que actualmente conocemos como puzolanas. Existieron acueductos y depósitos de agua hechos con este material, cuyos vestigios aún se conservan. (Gómez Jarillo, 2015, p. 3)

“Un material volcánico muy apropiado para estas aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzoli, de donde tomó este material el nombre con el que actualmente se le conoce: puzolana” (CEMEX, p. 31).

“La puzolana contiene sílice y alúmina, que al combinarse químicamente con la cal da como resultado el cemento puzolánico; material que ha demostrado tener un gran desempeño, tanto respecto a su resistencia como a su durabilidad” (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013, p. 21).

“Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena, producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua dulce o salada” (CEMEX, p. 31).

“Con el cemento romano se construyeron obras importantes, entre las que destaca el foro romano y el Panteón de Roma (27 A.C.). En aquella época, se utilizaron en la construcción mezclas de cal, agua, piedras, arena y ladrillos; un material similar al hormigón” (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes, 2015, p. 7).

La aparición del Cemento Portland y de su producto resultante, el concreto, han sido un factor determinante para que el mundo adquiriera una fisonomía diferente. Edificios, calles, avenidas y carreteras, presas y canales, fábricas, talleres y casas, dentro del más amplio rango de tamaños y variedad de características, nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección, y belleza donde realizar nuestros más variados anhelos: un mundo nuevo para trabajar, para crecer, para progresar, para vivir. (CEMEX, p. 33)

3.1.2 SURGIMIENTO

A mediados del siglo XVIII, el reverendo inglés James Parker creó un cemento de manera accidental, al quemar unas piedras calizas. Este descubrimiento fue bautizado como cemento romano porque entonces se pensaba que era el que se había utilizado en los tiempos de esta civilización, empezándose a utilizar en diversas obras en el Reino Unido.

Joseph Aspdin y James Parker patentaron el 21 de octubre de 1824 el primer Cemento Portland, obtenido a partir de caliza arcillosa y carbón; calcinados a alta temperatura. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013, p. 22)

William Aspdin (1815-1864), el hijo de Joseph Aspdin, inició la producción de cemento portland en 1843, en su recién instalada planta de Rotherhithe, cerca de Londres. Este cemento resultó ser muy superior al cemento romano debido a la mayor temperatura de calcinación que producía una sintetización parcial de la mezcla cruda. El ejemplo más significativo de aplicación es el Parlamento de Londres. Por tanto, William Aspdin es considerado el primer productor de cemento portland moderno. (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes, 2015, p. 9)

“Hacia finales del siglo XIX, algunos avances de la época propiciaron el empleo del cemento Portland para gran diversidad de aplicaciones. [...] fue importante el desarrollo de la industrialización, la introducción de los hornos rotatorios para la calcinación” (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2013, p. 22).

“El nombre de Cemento Portland le fue dado por la similitud que el cemento tenía con la piedra de la isla de Portland en el canal inglés” (CEMEX, p. 33).

“De toda la variedad de materiales cementantes [...] el Cemento Portland, es el más usado debido a su bajo costo, su versatilidad para ser empleado en diferentes tipos de estructuras y su habilidad [...] para soportar diferentes condiciones ambientales” (CEMEX, p. 32).

“Cuando el cemento se mezcla con el agua para conformar una pasta suave, ésta se rigidiza gradualmente hasta conformar una masa sólida. Este proceso se conoce como fraguado y endurecimiento.” (Nilson A. H., 1999, p. 29)

3.2 SILOS DE CONCRETO REFORZADO

“Un silo es un contenedor vertical, destinado al almacenamiento de materiales granulares o polvorosos a granel” (Chavez, 2001, p. 7)

Según el Diccionario de la Real Academia un silo es: “un lugar seco en donde se guarda el trigo u otros granos, semillas o forraje” también lo define como: “un lugar subterráneo, profundo y oscuro”.

“El Silo Cilíndrico (RCS) es un depósito cilíndrico vertical, cuyas paredes están construidas con hormigón postensado para las capacidades de almacenamiento habitualmente manejadas en la producción de cemento” (Azorín, 2015, p. 64).

El proceso para el manejo de materiales en un silo consiste primeramente en la recepción del material, mismo que se transporta mediante un elevador hacia el nivel superior de la bóveda, en donde es depositado en una banda que lo transfiere y distribuye en diferentes orificios para su colocación dentro de celdas. Por último, se descarga el material en un transportador de salida que lo deposita en los camiones. (Chavez, 2001)

De manera más explícita, “un silo es una estructura que presenta una relación área/altura tal que se produce el “efecto silo”, es decir, el producto almacenado roza con las paredes del silo, transmitiéndole parte de su peso por el rozamiento, reduciendo así la presión vertical, y empujes” (Azorín, 2015, p. 73)

Desde esta época se extendió el uso de silos y bunkers, no solo para almacenar granos, sino una gran cantidad de materiales granulares. Tanto para agricultura como para la industria, el mejoramiento de los métodos y procedimientos de producción y la mecanización del manejo de materiales abrió el camino para el uso de grandes y complejos almacenamientos, con sofisticados equipos y sistemas de llenado, vaciado y manejo de los materiales. (Santillán, 2012, p. 3)

El concreto es comúnmente, el material más utilizado para la construcción de silos. Estos generalmente son colados en el lugar o prefabricados. El concreto puede utilizarse para la estructura completa: cimentación, paredes, techo, fondo y tolva; o sus componentes, tales como las tolvas, soporte de las losas de fondo o del techo pueden ser de acero y el resto de concreto. (Chavez, 2001, p. 9)

La industria actual demanda la utilización de silos de grandes diámetros, con múltiples descargas y altas velocidades de descarga, que han hecho a los silos post-tensados una atractiva alternativa para el almacenamiento de materiales. El post-tensado provee un efectivo medio para el control de agrietamientos verticales de las paredes y se pueden usar paredes más esbeltas que las de concreto reforzado. Normalmente, únicamente las paredes son post-tensadas, y el resto de los elementos son reforzados convencionalmente. (Chavez, 2001, p. 10)

En general, la capacidad de almacenamiento habitual de estos silos varía de 30.000 a 60.000 Ton., encontrándose mayores construcciones que alcanzan diámetros de más de 45 m y ofrecen unas capacidades de almacenamiento superiores a 80.000 Ton. A su vez, en función del diámetro del silo, la cubierta se diseña como una estructura de acero auto portante, revestida con paneles de cerramiento de forma trapezoidal o con una capa de hormigón armado. (Azorín, 2015, p. 76)

“Los silos de concreto con cono invertido se utilizan para el mezclado y almacenamiento de materiales crudos y para almacenar cemento” (Chavez, 2001, p. 20).

“La construcción de silos de hormigón armado se vuelve simple y económica, cuando se adoptan moldes apropiados” (Carneiro, 1948, p. 20)

“Estas estructuras permiten el almacenamiento durante corto o largo tiempo, por sus dimensiones los silos permiten el almacenamiento de largo tiempo y los bunkers el almacenamiento de corto tiempo, ambos son usados para almacenar productos finales, intermedios o en greña” (Santillán, 2012, p. 2012).

IBAU-Hamburg fueron los primeros que manejaron este concepto en la industria del cemento (IBAU-Hamburg, West Germany). IBAU los clasifica como: grupo 1, en el cual el fondo del cono esta empotrado con el fondo del silo; y grupo 2, en el cual el fondo del cono esta elevado. Para el grupo 2 los huecos en las paredes para el paso de los vehículos. (Azorín, 2015, p. 20)

3.3 ENCOFRADO DESLIZANTE

Los encofrados deslizantes se utilizaron por primera vez en el año 1903, en Estados Unidos para la construcción de silos industriales, luego en Alemania (1924) y posteriormente la U.R.S.S. Luego se comenzó a diversificar su uso para construcciones de: depósitos elevados de agua (Alemania, 1932), presas (Alemania, 1933), faros (Alemania, 1939), infraestructura de puertos, torres de televisión, salas de máquinas, estructuras de edificios industriales, etc. (Llave, 2016, p. 11)

La palabra encofrado designa la técnica y puesta en forma del hormigón, siendo el hormigón una mezcla de arena, grava y cemento, añadiéndole agua, ésta entra en reacción única con el cemento, reacción llamada fraguado del hormigón; durante el fraguado, el hormigón es plástico y en este estado permanece generalmente durante varias horas, de acuerdo con la temperatura, relación agua cemento, etc. (Vintimilla, 2012, p. 9)

Los encofrados deslizantes consisten en un módulo de encofrado de algunos metros de altura que se eleva de forma continua mediante unos gatos hidráulicos o neumáticos que producen unas elevaciones pequeñas y dan un movimiento constante al encofrado. La velocidad de elevación se modera según el tiempo de curado necesario para que la parte inferior pueda ir aguantando el encofrado y de tal manera que el hormigón no se quede completamente seco y evite el deslizamiento del encofrado. (Vintimilla, 2012)

En principio el sistema no es tan moderno, nació a principios de siglo para la construcción de silos en EE. UU, hacia 1903. En Europa también se empezó por la ejecución de silos, en 1924, y en seguida se extendió a otros tipos de obras, como depósitos elevados de agua, faros o pilas de puente. En España los primeros ensayos autóctonos se realizan a finales de los años cuarenta y su primera aplicación fue también para la construcción de silos de grano. (Barrio, 1985, p. 25)

“El proceso de fraguado del hormigón determina el tiempo mínimo de permanencia dentro del molde deslizante” (Barrio, 1985, p. 26).

Fue en 1960, cuando en Rumania se mecanizó la elevación del encofrado, que el sistema cobró mucha mayor importancia y dio pie a un gran desarrollo en esta área. La mecanización del sistema consistió en la introducción de instalaciones electrohidráulicas mediante un sistema gatas hidráulicas interconectadas con bombas que permiten el levantamiento uniforme del molde. (Llave, 2016, p. 12)

Todos los elementos estructurales que forman un silo como: pilas, cabezales de cimentación, muros del túnel y el arranque de muros, losa de fondo, muros en zona de presión, losas de mezanine y cubierta, están resueltos a base de concreto reforzado con las siguientes características: Concreto con una resistencia a la compresión nominal a los 28 días. $f_c = 250 \text{ kg / cm}^2$, el módulo de elasticidad, $E_c = 220,000 \text{ kg / cm}^2$ y acero de refuerzo con un límite de fluencia. (Santillán, 2012, p. 13)

3.4 ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO

“El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y agua; después, esta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas” (Nilson A. , 1999, p. 1).

Una vez que esta mezcla plástica se coloca en cimbras, varias reacciones químicas denominadas hidratación tienen lugar y la masa se endurece. El concreto, aun cuando es resistente a la compresión, es relativamente débil para resistir esfuerzos de tensión y cortante, los cuales se generan en los miembros estructurales. Para vencer esta falta de resistencia, se colocan varillas de acero en el concreto en las posiciones adecuadas; el resultado es concreto armado o reforzado. En vigas y losas, la principal función del concreto es resistir esfuerzos de compresión, mientras que las varillas de acero soportan esfuerzos de tensión. (Parker & Ambrose, 2001, p. 371)

“Para contrarrestar esta limitación, en la segunda mitad del siglo XIX se consideró factible utilizar acero para reforzar el concreto debido a su alta resistencia a la tensión [...]” (Nilson A. H., 1999, p. 2)

“El proyectista de una estructura de concreto reforzada basa sus cálculos en el uso de concreto con una resistencia a la compresión específica de (2 500, 3 000, 3 500, etc., lb/pulg²) al término de un período de curado de 28 días” (Parker & Ambrose, 2001, p. 372).

Un importante factor que afecta la resistencia del concreto es la relación agua-cemento. Ésta se expresa como el número de libras de agua por libras de cemento utilizado en la mezcla [...] para producir concreto mezclado que posea trabajabilidad, la propiedad que controla la facilidad con la cual puede ser vertido en las cimbras y alrededor de las varillas de refuerzo, hay que utilizar más agua que la cantidad requerida para hidratar el cemento. (Parker & Ambrose, 2001, p. 373)

En tiempos más recientes se ha logrado la producción de aceros cuya resistencia a la fluencia es del orden de cuatro y más veces que la de los aceros comunes de refuerzo, a costos relativamente bajos. Asimismo, ahora es posible producir concretos con resistencias a la compresión cuatro a cinco veces mayores que los concretos comunes. (Nilson A. H., 1999, p. 2)

3.4.1 CONSTRUCCIÓN COMPUESTA: CONCRETO Y ACERO

Ésta consiste en una losa colada de concreto apoyada sobre vigas de acero estructural, las cuales se hacen interactuar mediante el uso de conectores de cortante soldados en la parte superior de las vigas y embebidos en la losa colada. La losa de concreto se puede formar mediante el uso de hojas de madera contrachapada [...] una forma de construcción más aceptada es aquella en la cual se utiliza una lámina de acero acanalada [...] soldada a la parte superior de las vigas. (Parker & Ambrose, 2001, p. 373)

3.5 TOPOGRAFÍA

“La topografía es una ciencia aplicada que, a partir de principios, métodos y con la ayuda de instrumentos permite representar gráficamente las formas naturales y artificiales que se encuentran sobre una parte de la superficie terrestre...” (Jimenez, 2007, pág. 1).

La topografía es una ciencia geométrica aplicada a la descripción de una porción relativamente pequeña de la tierra, si estamos hablando del campo o naturaleza entonces tenemos una representación de la superficie terrestre, si estamos hablando del ámbito urbano, tenemos que la representación está compuesta de muros, edificios, calles, carreteras entre otras. (Fuentes, 2012, pág. 3)

Los procedimientos destinados a lograr la representación gráfica se denominan levantamiento topográfico y al producto se le conoce como plano, el cual contiene la proyección de los puntos de terreno sobre un plano horizontal, ofreciendo una visión en planta del sitio levantado. El levantamiento consiste en la toma o captura de los datos que conducirán a la elaboración de un plano. (Jimenez, 2007, pág. 1)

“El trabajo topográfico consta de dos actividades, puede ser la medición de puntos de un terreno y mediante trabajo de gabinete llevar los datos a un plano o por el camino inverso, desde un proyecto ubicar los puntos sobre el terreno” (Fuentes, 2012, p. 3).

3.5.1 HISTORIA

Los orígenes de la profesión datan de los tiempos de Tales de Mileto y Anaximandro, de quienes se conocen las primeras cartas geográficas y las observaciones astronómicas que añadió Eratóstenes. Acto seguido, guardando la proporción del tiempo Hiparco crea la teoría de los meridianos convergentes, [...] Luego en el siglo XIII con la aplicación de la brújula y de los avances de la astronomía, se descubren nuevas aplicaciones a la Topografía. (Navarro, 2008, p. 2)

Académicamente, es importante señalar que la cátedra de Topografía se impartió por primera vez en México en el Real Seminario de Minería en el año de 1792, luego en 1843 se establece el curso de Geodesia y en 1858 se instituyó la carrera de Ingeniero Topógrafo o Agrimensor. (Navarro, 2008, pág. 3)

“Posiblemente a partir de que el hombre se hizo sedentario y comenzó a cultivar la tierra nació la necesidad de hacer mediciones o, como señala el ingeniero francés P. Merlín, la topografía nace al mismo tiempo que la propiedad privada” (Jimenez, 2007, p. 2).

“El desarrollo práctico de la topografía se le debe a los romanos pues aplicaban reglas para el cálculo exacto del área del cuadrado, rectángulo y triángulo rectángulo” (Jimenez, 2007, p. 3).

3.5.2 NIVEL DE TOPOGRAFÍA

“Son instrumentos dedicado a la medida directa de diferencias de altura entre puntos o desniveles. Su misión es lanzar visuales horizontales con la mayor precisión posible” (Santamaría & Sanz, 2005, p. 19).

“Un nivel es, en esencia, un telescopio que rota sobre el eje vertical. Se usa para crear una línea de vista horizontal de forma que se puedan determinar diferencias de cota y replanteos” (Leica Geosystems, 2013, p. 4).

3.5.3 ESTACIÓN TOTAL

Con una estación total electrónica se pueden medir distancias verticales y horizontales, ángulos verticales y horizontales; e internamente, con el microprocesador programado, calcular coordenadas topográficas (norte, este, elevación) de los puntos visados. Estos instrumentos poseen también tarjetas magnéticas para almacenar datos los cuales pueden ser cargados en el computador y utilizados con el programa de aplicación seleccionado. (Casanova, 2002, pág. 17)

Las estaciones totales se usan para calcular posición y altura de puntos, o sólo su posición. Una estación total se compone de un teodolito con un distanciómetro incorporado, posibilitando la medida simultánea de ángulos y distancias. Actualmente, todas las estaciones totales electrónicas cuentan con un distanciómetro óptico-electrónico (EDM) y un medidor electrónico de ángulos, de tal manera que se pueden leer electrónicamente los códigos de barras de las escalas de los círculos horizontal y vertical, mostrándose en forma digital los valores de los ángulos y distancias. (Leica Geosystems, 2013, p. 14)

3.5.4 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

“Conjunto de operaciones requeridas para obtener la posición de puntos” (Jimenez, 2007, p. 17).

En las operaciones de nivelación, donde es necesario el cálculo de las diferencias verticales o desniveles entre puntos, al nivel tórico se le anexa un telescopio, una base con tornillos nivelantes y un trípode. Los niveles difieren entre sí en apariencia, de acuerdo con la precisión requerida y a los fabricantes del instrumento. (Casanova, 2002, pág. 20)

“Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre” (Santamaría & Sanz, 2005, p. 7).

Navarro (2008) establece que:

Los levantamientos topográficos tienen por objeto tomar suficientes datos de campo para confeccionar planos y mapas en el que figura el relieve y la localización de puntos o detalles naturales y tiene como finalidad la determinación y fijación de terrenos, servir de base para

ejecución de proyectos, servir para la determinación de las figuras de terrenos y servir en toda obra vertical o horizontal. (Navarro, 2008, pág. 10)

“La posición propuesta de cualquier nuevo tipo de construcción debe marcarse en el terreno, en planta y elevación, operación conocida como replanteo y finalmente es por lo que se requiere hacer el levantamiento” (Navarro, 2008, p. 11)

“Para trazar la planta de una construcción, se determina la posición y altura de un punto de esta midiendo ángulos y distancias. Para hacerlo, el instrumento se coloca sobre un punto referido a un sistema de coordenadas locales” (Leica Geosystems, 2013, p. 26).

IV. DESCRIPCION DEL TRABAJO DESARROLLADO

SEMANA 1 DEL 23 DE ABRIL AL 28 DE ABRIL

Actualmente la empresa Mac Honduras se encuentra desarrollando tres proyectos simultáneos: el primero, la construcción de un tanque de concreto reforzado para planta de tratamiento de aguas residuales de Beco S.A., la construcción de los silos de concreto reforzado no. 13 y 14 para el almacenaje de cemento, con capacidad para 5,000 toneladas cada uno y la construcción de muros de contención de concreto reforzado (espesor 0.4 m.) para el almacenaje de carbón. Los primeros dos, ubicados en la Aldea Río Bijao, Choloma y el segundo en la Aldea El Chile, Puerto Cortés.

Durante la semana, como actividades a resaltar, se realizó la fundición de 15 m³ de concreto para losa de concreto reforzado ubicada en el nivel 6.80 msnm. en el silo número 13, la cuadrilla asignada para la actividad estaba conformada por 6 albañiles y 4 ayudantes. La actividad tuvo una duración de 5 horas e inició a las 8:00 am. De igual manera, se realizó el levantamiento general del terreno en donde estarán ubicados los muros de contención para el almacenamiento de carbón, la obra en su totalidad tiene 4,080 m²; el levantamiento fue realizado con la estación total marca Trimble modelo M3 DR3 y con la ayuda de dos ayudantes, se colocaron estacas a cada 15 metros para la delimitación previa del terreno. (v. Figura 5)

Se finalizó la colocación de las vigas H que sostendrán la losa de cierre de concreto reforzado del silo 14 ubicadas en el nivel 36 msnm. La actividad en total duró 3 meses y trabajaron en ella 2 soldadores y 4 ayudantes. (v. Figura 4)

SEMANA 2 DEL 30 DE ABRIL AL 05 DE MAYO

En la semana dos se continuó con la fundición del cono de concreto reforzado ubicado en el silo número 14 nivel 10.80 msnm. El cono fue fundido en tres partes, con un intervalo de dos días entre cada fundición, dando tiempo, para el desencofrado y resane del concreto. Para estas actividades se emplearon 7 carpinteros, 6 armadores de acero y 5 albañiles. (v. Figura 2 y 3)

De igual manera, se realizó la fundición de 36 m³ de concreto para la finalización del último tramo del tanque de concreto reforzado de 0.25 m. de espesor y 12.50 m. de diámetro.

Se supervisó la fundición de 35 m³ de concreto en la losa de concreto reforzado, de 20 cm. de espesor, ubicada en nivel 6.80 msnm. del silo 13. La actividad tuvo una duración de 4 horas con 6 trabajadores. (v. Figura 1)

Se realizaron correcciones en los trazos realizados en el terreno ubicado en Puerto Cortés por órdenes del cliente, debido a la existencia de discrepancias con los límites de la propiedad, se propuso un límite que compensaba las áreas en disputa y se procedió a marcar nuevamente este límite. Con la ayuda de la estación total, y colocando varillas de 1 m. a cada 15 metros.

SEMANA 3 DEL 07 DE MAYO AL 12 DE MAYO

Se realizó la supervisión de los trabajos de acabado y resane de la losa de concreto reforzado, nivel 6.80 msnm. La actividad fue realizada por dos albañiles quienes prepararon mortero para realizar el resane de los huecos existentes entre la losa y las paredes del silo, para esto, en ocasiones, fue necesario el encofrado de ciertos tramos. (v. Figura 6)

Se dio inicio al encofrado de 16 columnas que sostienen la base del cono de concreto reforzado ubicado en el silo 14, la actividad tuvo una duración de 2 días. Posteriormente, se dio paso a la fundición de éstas, en dos partes; un día 11 columnas para un total de 6 m³ de concreto y el siguiente día las restantes cinco columnas con un total de 3 m³. La actividad de desencofrado tuvo una duración de un día. (v. Figura 7 y 8)

Al mismo tiempo que se trabajó en el encofrado de las columnas, la cuadrilla de armadores de acero se dispuso a armar la trabe que cierra la base del cono de concreto reforzado, la actividad tuvo una duración de 4 días con 6 armadores en total.

De la misma manera, una tercera cuadrilla de carpinteros realizó el encofrado de las trabes que sostendrían la losa de concreto reforzado, nivel 6.80 msnm., la colocación de andamios tuvo una duración de un día. Posterior a esto, se procedió a realizar el entarimado que formaría parte del encofrado de las trabes. Una vez colocado el plywood, los armadores de acero colocaron los estribos y varillas longitudinales que forman parte del acero estructural de las trabes. Luego de

esto, la cuadrilla conformada por 10 personas, 5 carpinteros y 5 ayudantes realizó el encofrado de las trabes, en un total de 2 días. Se realizó la fundición en dos partes, un día se fundieron 16, 3 de concreto y al siguiente 11 m³ de concreto. (v. Figura 9)

SEMANA 4 DEL 14 DE MAYO AL 19 DE MAYO

El día 14 de mayo se realizó el levantamiento topográfico de 120 ml. en la propiedad donde se realizará el proyecto de construcción conformado por 1 km. de muro de contención armado de 0.35 m. de espesor y 6 m. de altura. Debido a que el terreno tenía características pantanosas, el proceso tuvo ciertas dificultades y tomó más del tiempo estipulado. El marcaje se llevó a cabo con la estación total Trimble M3, 1 cadenero y 2 peones, cuya labor fue despejar la vegetación que impedía la toma de datos. (v. Figura 10)

El mismo día se realizaron actividades en paralelo, una de ellas fue el inicio del montaje de vigas en el nivel 36 msnm. por parte de una cuadrilla conformada por 1 ingeniero, 2 soldadores y 3 ayudantes. El proceso fue llevado a cabo con la ayuda de la torre grúa ubicada en el centro, junto a los silos; misma que tiene capacidad para 8 ton. en el extremo más alejado de la pluma. Las vigas colocadas suman en total 15.9 ton. en cada silo. Se realizó la compra de vigas de 40 ft.

Otra actividad realizada ese día fue la colocación de las vigas de acero verticales y varillas radiales #6 que formarían parte del encofrado interior del silo, la actividad tuvo una duración de 2 días con 8 carpinteros y ayudantes. Para lograr la forma de la figura del cono de concreto reforzado se prolongó y proyectó el centro a una altura de 10.70 m., posterior a esto se realizó el trazo de los radios a 0 m. y en 10.70 m. y se colocaron las vigas de manera que coincidieran con ambos radios, logrando de esta manera darle la forma cónica al encofrado. (v. Figura 11 y 12)

SEMANA 5 DEL 21 DE MAYO AL 26 DE MAYO

Se realizó el encofrado de 21 ml. de escalera correspondiente al proyecto del tanque clarificador de agua de 4.5 m, de altura, con capacidad para 2,350 m³ de agua. La actividad tuvo una duración de 2.5 días y fue llevada a cabo por una cuadrilla de 5, entre armadores, carpinteros y ayudantes. (v. Figura 15)

El día 21 de mayo se encofró la pared vertical que forma parte del canal ubicado en la parte superior del tanque clarificador de agua, el encofrado circular se realizó con láminas de plywood y varillas cal. 5. La pared corresponde al cerramiento del canal que servirá de elemento de contención para el rebalse del tanque. El día 22 de mayo se realizó la fundición de la pared. (v. Figura 14)

De igual manera, el día 22 de mayo se culminó el cerramiento en su totalidad de la cimbra interior que da forma al cono de concreto reforzado en el centro del silo 14. La actividad tuvo una duración de 4 días. Ese mismo día se dio inicio al tendido de la cama interior de acero con varilla cal. 6 a cada 0.2 m. (v. Figura 13)

El día 24 de mayo se fundieron 21 m³ de concreto 5,000 psi correspondientes al primer tramo del cono de concreto reforzado del silo 14, incluyendo la trabe radial que da rigidez al cono. La actividad tuvo una duración de 3 horas. con 7 personas involucradas en la actividad, entre albañiles, carpinteros y ayudantes. Se colocaron varillas de cortante calibre 5 para proteger la junta generada. (v. Figura 17)

El día 25 de mayo se realizó el descimbrado de la madera utilizada para encofrar el primer tramo del cono de concreto reforzado del silo 14, la actividad terminó a mediodía de este. Durante la otra mitad de la jornada se empezó el encofrado del segundo tramo del cono.

SEMANA 6 DEL 28 DE MAYO AL 02 DE JUNIO

El día 28 de mayo se fundieron 21 m³ de concreto con capacidad 5,000 psi correspondientes al segundo tramo del cono de concreto reforzado del silo 14. La actividad tuvo una duración de 3.50 horas. con 8 personas involucradas en la misma, entre albañiles, carpinteros y ayudantes. Se colocaron varillas de cortante cal. 5 a cada 0.4 m. para proteger la junta generada.

De igual manera se fundieron 2 m³ de concreto utilizados para el llenado de 12 huecos correspondientes a las uniones viga-muro ubicados a 36 msnm. El concreto fue depositado en una bacha metálica y transportado mediante la grúa pluma hacia el sitio. La actividad fue realizada por dos albañiles, y tuvo una duración de 1.5 horas.

El miércoles 30 de mayo se depositaron, sobre las vigas metálicas, las láminas que serían utilizadas para la losacero del nivel 36 msnm. Las láminas no fueron colocadas en su posición final, únicamente fueron movilizadas para que al momento de su uso estuviesen disponibles. La maniobra fue realizada mediante la torre pluma. El mismo día se colocaron las placas de anclaje para estructuras secundarias del silo.

El jueves 31 de mayo y viernes 1 de junio se trabajó en el levantamiento de 9 mzs. de terreno en Puerto Cortés; se tomaron 1,200 puntos en total formando una cuadrícula a cada 5 m. El levantamiento fue llevado a cabo con la ayuda de un cadenero y mediante la estación total Trimble M3.

SEMANA 7 DEL 04 DE JUNIO AL 09 DE JUNIO

El lunes 04 de junio se inició el cerramiento del silo 14 mediante lámina estructural cal. 20, el ancho de la lámina es de 0.9 y se realizó la compra de 26 pzs. de 38 ft., 4 pzs. de 34 ft., 4 pzs. de 24 ft., 6 pzs. de 16 ft., 4 pzs. de 14 ft. y 11 pzs. de 12 ft. para ambos silos. El equipo de soldadores se encargó de la colocación de las láminas, conformado por tres soldadores y tres ayudantes. La actividad finalizó el día 05 de junio. (v. Figura 22)

El miércoles 06 de junio se inició con el tendido del acero por temperatura sobre la lámina, el arreglo según diseño fue de varilla #4 a cada 20 cm. en ambos sentidos. La actividad tuvo una duración de 8 horas. con 8 personas involucradas en la misma. En total, se colocaron 4.18 ton de acero. (v. Figura 23)

Simultáneamente, el miércoles 06 de junio y jueves 07 de junio el equipo de soldadores terminaba de re soldar las uniones de vigas primarias-secundarias del silo 13, al igual que la colocación de ángulos de apoyo adicionales en el perímetro del silo para reducir el claro que la lámina debía de soportar.

El viernes 08 de junio se realizaron tres actividades, colocación de placas de anclaje sobre vigas de silo 13 para colocación de ascensor, corte y colocación de lámina estructural sobre silo y tendido y amarrado de parrilla de temperatura sobre lámina de losacero.

El sábado 09 de junio se llevó a cabo la fundición de 72 m³ de concreto correspondientes a la losacero del nivel 36 msnm. La actividad fue iniciada a las 12:00 m. y culminó a las 6:00 p.m., participaron 6 albañiles, 2 ingenieros y 1 maestro de obra.

SEMANA 8 DEL 11 DE JUNIO AL 16 DE JUNIO

Durante la semana se realizaron trabajos de resane de las losas de concreto reforzado fundidas el día 09 de junio. Se realizó el corte de la canaleta ubicada en los huecos colocados en la losa de cierre (v. Figura 25) mediante el equipo de corte. Previo a la fundición de la losa de concreto reforzado, se ubicaron los huecos, sobre la canaleta ya tendida, mediante topografía. Se fabricaron cajones de plywood para confinar los huecos e impedir que el concreto sobrepasara y dañara los huecos.

De igual manera se realizó el resane del concreto correspondiente al cono de concreto reforzado ubicado en el nivel 10.80 msnm del silo no. 14. Debido a la falta de personal no se había culminado dicha actividad con anterioridad (v. Figura 26). Por esta razón, se encontraban aún las láminas de plywood, vigas de acero y diferentes tablonces de madera que conformaban el encofrado interior del cono.

SEMANA 9 DEL 18 DE JUNIO AL 23 DE JUNIO

Durante esta semana las actividades se enfocaron en la fabricación de dos canastas de tubos estructurales de 2" del tamaño de las pilastras en donde están ubicados los cables para el post tensado (v. Figura 28). La maniobra se realizará a través de un dispositivo mecánico llamado malacate, que permite levantar la canasta a través de sus rodillos giratorios y su motor eléctrico. Se colocarán dos malacates en las pilastras opuestas. Sin embargo, antes del inicio del proceso de post tensado se deberán de realizar labores de limpieza y desencofrado de las cajas ubicadas en los torones. Para el proceso de post tensado se contrataron los servicios de STUP COLOMBIA.

El día 18 de junio se colocaron los malacates en su posición final, el anclaje de este se realizó a través de cables de alta resistencia anclados a una varilla no. 8 embebida 20 cm. Dentro de la losa de concreto reforzado en el nivel 0 msnm. Se realizaron la pruebas eléctricas y mecánicas de la maquinaria, sin encontrar ningún desperfecto en el equipo (v. Figura 27). El día 20 de junio, se

realizó la primer prueba con personas de la canasta. Previamente se realizaron las pruebas con 0.6 ton. de prueba. (v. Figura 29).

SEMANA 10 DEL 25 DE JUNIO AL 30 DE JUNIO

Los días 25, 26 y 27 de junio, se realizó la nivelación de terreno para un área de 400 m², correspondientes al plantel donde estará ubicado una de las bodegas para el almacenaje de carbón en la Aldea El Chile, Puerto Cortés. La actividad fue realizada utilizando un tractor grúa marca Caterpillar modelo D6, el cual realizó la remoción de vegetación de todo el plantel y la colocó por separado, de igual manera realizó el corte y relleno necesarios para nivelar los 400 m². (v. Figura 30, 31)

De igual manera, los días 28 y 29 de junio se realizaron las excavaciones correspondientes a 120 ml de tubería que sería utilizada para la conexión de agua potable del terreno ubicado en la Aldea El Chile, Puerto Cortés. Las excavaciones fueron realizadas por una retroexcavadora marca Caterpillar modelo 416F. (v. Figura 32)

V. CONCLUSIONES

1) Previo al inicio del deslizado de la cimbra se marcaron ejes sobre la plataforma para su posterior uso, puesto que el proceso sería difícil una vez la cimbra estuviese a una altura de 36 msnm. Los puntos de referencia utilizados para orientar la estación total fueron los mismos con los que se marcaron los ejes para delimitación del encofrado en el nivel 0 msnm, esto para evitar discrepancias entre los distintos elementos que conforman el silo. Una vez terminado el proceso de deslizado del encofrado, se limpiaron los ejes previamente marcados y se prolongaron los mismos. Logrando de esta manera aplicar satisfactoriamente los conocimientos de topografía adquiridos durante el tiempo de entrenamiento dentro de la empresa y en la universidad. De igual manera, fue esencial la elaboración de un plan de trabajo para reducir al mínimo el margen de error, puesto que en topografía industrial la perfección es el objetivo primordial.

2) La importancia estructural de las losas y vigas de concreto reforzado que forman parte de los silos radica en el hecho de que, aparte de darle rigidez estructural a los silos, permiten el montaje de equipos mecánicos e industriales que permiten el correcto funcionamiento de los silos. Por esta razón, fue de suma importancia la supervisión de los procesos de fundición, armado de acero y encofrado de los diferentes elementos antes mencionados. Al ser este un objetivo esencial durante la estadía en la empresa, los esfuerzos fueron enfocados en una supervisión rigurosa en aspectos como: correcta separación en armados de acero, suficiente recubrimiento de las estructuras según lo establecido en los planos, correcto traslape entre varillas de acero y colocación de pernos y placas de anclaje a las estructuras.

3) Tanto los cálculos y estimaciones de encofrados necesarios para el confinamiento de las estructuras, así como las estimaciones de volúmenes de concreto y de armados de acero fueron realizados con éxito y normalidad, logrando de esta manera reducir los malgastos de material y excesos de solicitud de los materiales antes mencionado.

4) Se realizó con éxito el levantamiento topográfico de 9 mzs. de tierra en donde se iniciaría un futuro proyecto y la delimitación del terreno para su posterior revisión por parte del departamento de Catastro de la Municipalidad de Puerto Cortés. Los análisis realizados a través del programa Civil 3D permitieron ubicar la posición final de las estructuras, calcular los volúmenes de relleno y

corte necesarios para conformar el terraplén; siendo esta última actividad un elemento esencial para el control de costos y tiempos de la obra.

5) Para el proyecto de los silos de concreto reforzado fue necesaria la estabilización del suelo previo a la fundición de la losa de cimentación. Para la estabilización del suelo fue empleado un sistema de 360 Geopiers a lo largo de toda el área de la influencia, cabe mencionar que esta técnica fue empleada por primera vez en Honduras en el proyecto de los silos de concreto reforzado. Por la incertidumbre generada por esta técnica, el monitoreo de la losa de cimentación de concreto reforzado de los silos de cemento, cada 15 días, permitió constatar el estado de la estabilización de suelos y verificar la calidad del trabajo.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda marcar los ejes con clavos de $\frac{3}{4}$ a cada 1 cm., de la misma manera se deberán de cubrir dichos ejes con piezas de madera sobrantes de plywood, para su rápida ubicación cuando éstos sean necesarios. De la misma manera se recomienda marcar las ubicaciones con pintura en spray de un color llamativo y distintivo.
- 2) Se recomienda el uso de topografía para la correcta ubicación de vigas principales y secundarias, ejes principales para colocación de parrillas de acero, marcaje de nivel de concreto terminado para losas, así como también para la colocación de huecos, placas y ductos.
- 3) Las actividades relacionados con el cálculo de cantidades de obra son de mucha importancia, un error durante esta etapa podría significar pérdidas de tiempo y monetarias para la empresa. Por esta razón la revisión de los resultados juega un papel muy importante, así como el correcto seguimiento por parte de profesionales con amplia experiencia dentro del rubro.
- 4) La correcta formulación de un plan y una ruta de trabajo previo al inicio de las labores cotidianas en las obras de construcción es de suma importancia para su correcto desarrollo.
- 5) La colocación y marcaje de bancos de nivel alrededor de estructuras colindantes a los silos y que no presenten asentamientos, permite la correcta toma de datos.

BIBLIOGRAFÍA

Nilson, A. H. (1999). Diseño de Estructuras de Concreto (Duodécima ed.). Santafé de Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL.

López, L. G. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

IMCYC. (2005). Curado del Concreto. Conceptos Básicos del Concreto , 3.

Meza, L. (2017). Aspectos Fundamentales del Concreto Presforzado. Managua.

Guerra, E. (2004). Prefabricados de Concreto en la Industria de la Construcción. Ciudad de México.

Gil Martín, L. M., & Hernández Montes, E. (2007). Hormigón Armado y Pretensado. Granada.

Comité ACI 116. Terminología del cemento y el hormigón.

Torres-Pardo, A., & Morales, F. (2011). Sistemas constructivos: Hormigón pretensado y postensado. Montevideo.

CONHSA PAYHSA. Sistemas prefabricados de concreto para entresijos.

INGEPLAN. (2012). Pliego de prescripciones técnicas particulares. Bizkaia: INGEPLAN.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2013). De la historia del cemento. 20-24.

Vásquez, R. Cemento y sus Aplicaciones. Cementos Pacasmayo.

Sanjuán Barbudo, M. Á., & Chinchón Yepes, S. (2015). INTRODUCCIÓN A LA FABRICACIÓN Y NORMALIZACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND. Alicante.

Salamanca Correa, R. (2001). Aplicación del cemento portland y los cementos adicionados. Ciencia e Ingeniería Neogranadina , 33-38.

Gómez Jarillo, F. (2015). Aplicaciones en la escultura de conglomerantes hidráulicos derivados del clinker puzolánico . Madrid: Departamento de Escultura.

Chavez, A. A. (2001). Tres Métodos para el Análisis Estructural de Silos de Concreto Reforzado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León: Facultad de Ingeniería Civil.

Azorín Carrión, A. (2015). GRANDES SILOS DE ALMACENAMIENTO DE CLÍNKER: ANÁLISIS Y PRIORIZACIÓN. Universitat Politècnica de València.

Llave Frías, J. A. (2016). Los encofrados deslizantes en la construcción de silos de concreto armado en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

José Bernardo, V. C. (2012). LA INFLUENCIA DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES EN LA CONSTRUCCION DE LAS TORRES DE UN PUENTE. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA, Ambato.

Barrio García, N. (1985). El encofrado deslizante en la construcción de chimeneas industriales. Informes de la Construcción , 25-27.

CEMEX. (s.f.). Manual del Constructor , 49-60.

Santillán, A. (2012). Proyecto de rehabilitación de un Silo de concreto reforzado para almacenamiento de Clinker. P2rú.

Carneiro, O. (1948). Silos y su construcción.

Azorín, A. (2015). GRANDES SILOS DE ALMACENAMIENTO DE CLÍNKER: ANÁLISIS Y PRIORIZACIÓN. Universitat Politècnica de València.

Llave, J. A. (2016). Los encofrados deslizantes en la construcción de silos de concreto armado en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Vintimilla, J. B. (2012). LA INFLUENCIA DE LOS ENCOFRADOS DESLIZANTES EN LA CONSTRUCCION DE LAS TORRES DE UN PUENTE. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA, Ambato.

Barrio, N. (1985). El encofrado deslizante en la construcción de chimeneas industriales. Informes de la Construcción , 25-27.

Jimenez, G. (2007). Topografía para ingenieros civiles. Armenia: Universidad del Quindío.

Fuentes, J. (2012). Topografía. D.F., México: Red Tercer Milenio.

Navarro, S. (2008). Manual de topografía - Planimetría.

Santamaría, J., & Sanz, T. (2005). Manual de prácticas de topografía y cartografía. España: Universidad de La Rioja.

Casanova, L. (2002). Topografía Plana. Merida, Venezuela: Universidad de Los Andes.

Leica Geosystems. (2013). Principios básicos de topografía. Heerbrugg, Suiza: Leica Geosystems AG.

Parker, H., & Ambrose, J. (2001). Ingeniería Simplificada. Nueva York: Limusa Wiley.

Nilson, A. (1999). Diseño de Estructuras de Concreto. McGraw-Hill.

ANEXOS



Figura 1. Fundición de losa de concreto reforzado nivel 6.80 msnm., silo 13.

Fuente: Propia



Figura 2. Fundición de cono de concreto reforzado nivel 10.80 msnm., silo 13.

Fuente: Propia

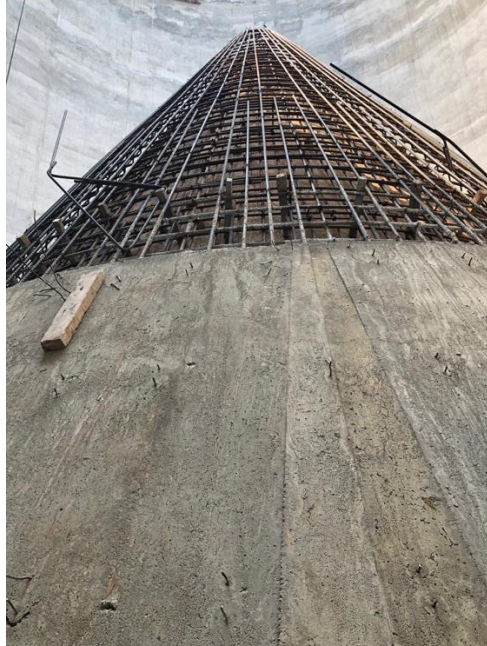


Figura 3. Fundición de cono de concreto reforzado, nivel 10.80 msnm. silo 13.

Fuente: Propia



Figura 4. Colocación de vigas H nivel 36.00 msnm silo 14.

Fuente: Propia



Figura 5. Trazado de terreno ubicado en Pto. Cortés.

Fuente: Propia



Figura 6. Resane de losa de concreto reforzado nivel 6.80 msnm. y paredes de silo.

Fuente: Propia



Figura 7. Encofrado de columnas de base de cono de concreto reforzado del silo no. 14.

Fuente: Propia

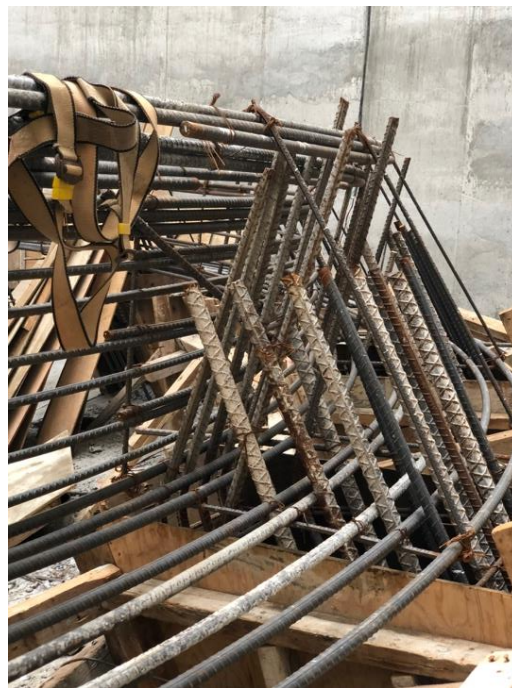


Figura 8. Acero de trabe de losa de concreto reforzado de cono del silo no. 14.

Fuente: Propia



Figura 9. Fundición de 11 m³ de concreto en traves de losa de concreto reforzado nivel 6.80 msnm., silo no. 14.

Fuente: Propia

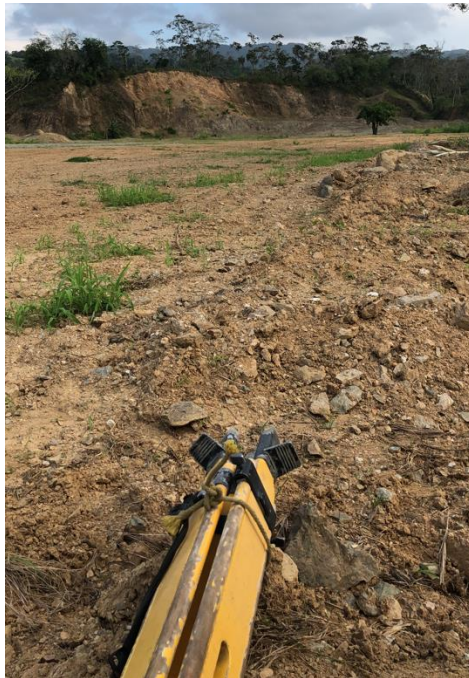


Figura 10. Levantamiento topográfico de 120 ml.

Fuente: Propia



Figura 11. Colocación de vigas verticales y varillas radiales para encofrado interior de cono de concreto reforzado.

Fuente: Propia



Figura 12. Inicio del encofrado interior de cono de concreto reforzado.

Fuente: Propia

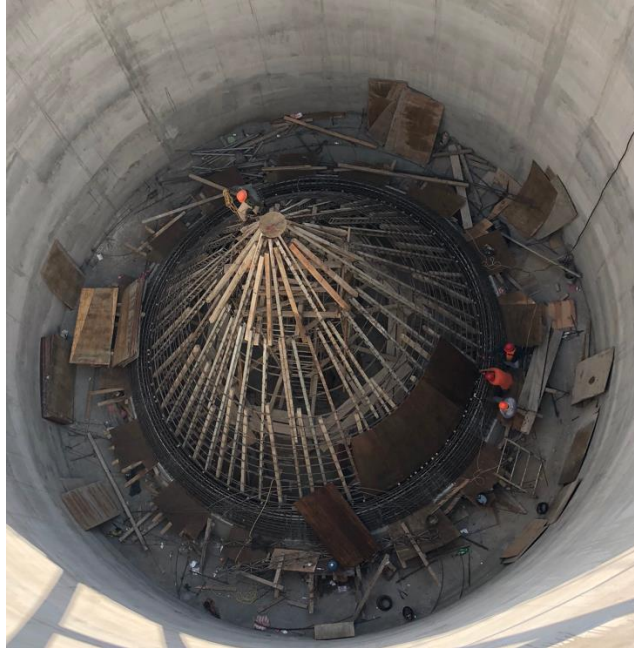


Figura 13. Vista superior de encofrado de cono de concreto reforzado.

Fuente: Propia

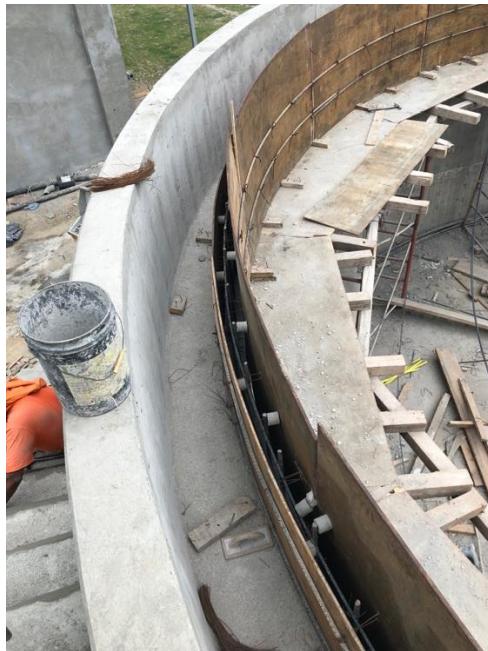


Figura 14. Canal de tanque clarificador de agua.

Fuente: Propia



Figura 15. Encofrado de escalera de tanque clarificador.

Fuente: Propia

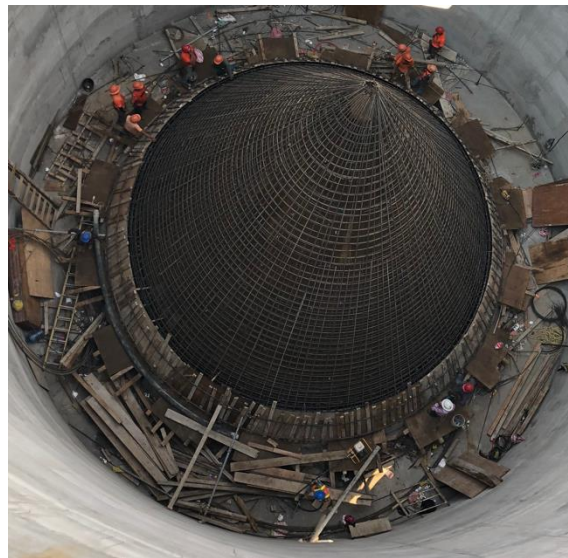


Figura 16. Armado de acero cono de concreto reforzado.

Fuente: Propia

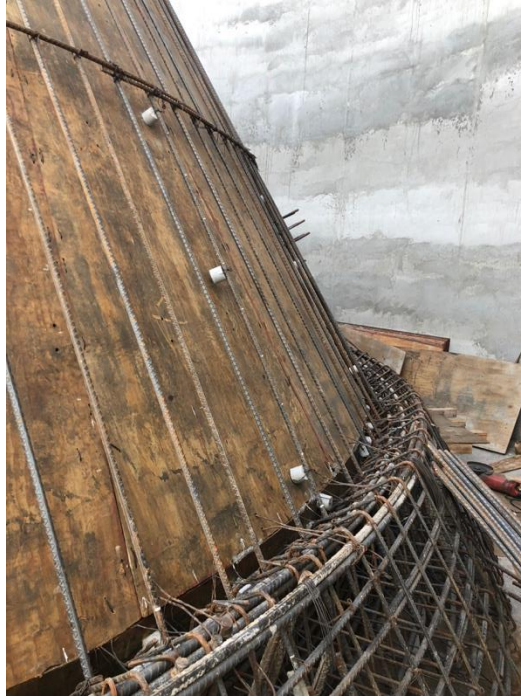


Figura 17. Tendido de acero de lecho interior de cono de concreto reforzado.

Fuente: Propia



Figura 18. Fundición de segundo tramo del cono de concreto reforzado del silo 14.

Fuente: Propia

Figura 19. Fundición de huecos de unión viga muro.

Fuente: Propia



Figura 20. Placa de anclaje sobre vigas principales.

Fuente: Propia



Figura 21. Levantamiento topográfico.

Fuente: Propia



Figura 22. Cerramiento de silo 14 con canaleta cal. 20.

Fuente: Propia



Figura 23. Colocación de acero por temperatura.

Fuente: Propia



Figura 24. Fundición de losacero de cerramiento, nivel 36 msnm.

Fuente: Propia



Figura 25. Agujeros en losacero de cerramiento, 36 msnm.

Fuente: Propia



Figura 26. Desencofrado interior de cono de concreto reforzado.

Fuente: Propia



Figura 27. Malacates.

Fuente: Propia



Figura 28. Canasta para tensado de torones.

Fuente: Propia



Figura 29. Canasta realizando la primer prueba con personas.

Fuente: Propia



Figura 30. Remoción de capa vegetal.

Fuente: Propia



Figura 31. Corte de material granular.

Fuente: Propia



Figura 32. Colocación de tubería Novafort de 12" para drenaje de aguas lluvias.

Fuente: Propia